

Avances en Actividad Física, Salud y Ciencias del Deporte

Miguel Ángel Oviedo Caro
Horacio Sánchez Trigo
Editores

AVANCES EN ACTIVIDAD FÍSICA, SALUD Y CIENCIAS DEL DEPORTE

MIGUEL ÁNGEL OVIEDO CARO
HORACIO SÁNCHEZ TRIGO
Editores

Dykinson, S.L.

**Esta obra está bajo una licencia
Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional**



© Los autores

Editorial DYKINSON, S.L. Meléndez Valdés, 61 - 28015 Madrid
Teléfono (+34) 91 544 28 46 - (+34) 91 544 28 69
e-mail: info@dykinson.com
<http://www.dykinson.es>
<http://www.dykinson.com>

ISBN: 979-13-7047-142-2

Maquetación:

Realizada por los autores

Índice

DESIGNING AND IMPLEMENTING THE IDHEAPP: A GAMIFIED MHEALTH INTERVENTION FOR PROMOTING HEALTHY LIFESTYLES IN YOUNG PEOPLE WITH INTELLECTUAL DISABILITIES.....	1
EFFECTS OF A SUPERVISED ONLINE MULTICOMPONENT EXERCISE INTERVENTION ON PHYSICAL FITNESS AND COGNITIVE FUNCTION IN OLDER ADULTS: EXERMOT4HEALTH PROJECT.....	11
MONITORIZACIÓN DE LA CARGA OSTEOGÉNICA EN LA EXTREMIDAD SUPERIOR: REVISIÓN DE EVIDENCIAS Y TECNOLOGÍAS EN MUJERES POSMENOPÁUSICAS.....	24
ANÁLISIS DE PLATAFORMAS DE OPEN DATA PARA LA CREACIÓN DE ESPACIOS URBANOS SALUDABLES.....	33
ASSOCIATIONS OF BODY MASS INDEX, PHYSICAL ACTIVITY FREQUENCY, AND PERCEIVED STRESS WITH SELF-PERCEIVED PHYSICAL FITNESS IN EUROPEAN ADOLESCENTS: FINDINGS FROM THE RYHEALTH WEB-BASED QUESTIONNAIRE	48
EVALUACIÓN TRIÁDICA EN UNIVERSITARIOS DE GRADO Y POSTGRADO: DIFERENCIAS SEGÚN EL NIVEL ACADÉMICO.....	58
CONCORDANCE BETWEEN LIFE'S ESSENTIAL 8 AND SCORE2/SCORE2-OP IN SPANISH ADULTS: ARE THEY INTERCHANGEABLE? RESULTS FROM THE INLIFE-AGING PROJECT.....	66
CEREBRAL OXYGENATION RESPONSES DURING A MAXIMAL BACK SQUAT PROTOCOL: A REPETITION-BY-REPETITION ANALYSIS	79
DEMANDAS FÍSICAS Y CINEMÁTICAS EN PÁDEL COMPETITIVO SUB-18. UN ANÁLISIS DESCRIPTIVO.....	87
IMPACTO DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO SOBRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN MUJERES CON SOBREPESO Y RESISTENCIA A LA INSULINA EVALUADO MEDIANTE DEXA.....	98
ASSOCIATION OF CARDIORESPIRATORY FITNESS, MUSCULAR STRENGTH AND ADIPOSITY WITH COMPLEMENT C3 LEVELS ACROSS AGING: FINDINGS FROM THE INLIFE-AGING PROJECT	108
EVALUACIÓN TRIÁDICA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: DIFERENCIAS SEGÚN EL SEXO.....	118
FUNDAMENTACIÓN Y DISEÑO DE 4 PROTOCOLOS DE ACTIVACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO EN 200 m ESTILO LIBRE EN NATACIÓN	126
IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS EN EL DESARROLLO MOTOR Y LA CONSTRUCCIÓN DEL ESQUEMA CORPORAL EN EDUCACIÓN INFANTIL ..	131

IMPACTO DIFERENCIAL DEL USO DE APLICACIONES MÓVILES Y DISPOSITIVOS PORTÁTILES EN INTERVENCIONES MHEALTH PARA LA MEJORA DEL CONTROL GLUCÉMICO Y DEL PESO CORPORAL	139
INNOVACIÓN DOCENTE INTERDISCIPLINAR A TRAVÉS DEL CUENTO MOTOR COMO HERRAMIENTA EDUCATIVA	150
INNOVACIÓN EN LA VALORACIÓN FUNCIONAL DE LA PARED ABDOMINAL: ANÁLISIS TECNOLÓGICO Y UTILIDAD CLÍNICA DEL HERNIACARE LAB™	161
DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA EL ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL SAQUE EN LA EFICACIA DEL COMPLEJO DE JUEGO K1 EN MINIVOLEIBOL	168
LAS TECNOLOGÍAS TRANSFORMAN EL MODELO EDUCATIVO EN LAS AULAS UNIVERSITARIAS: ESTUDIAR NEUROCIENCIA CON REDES SOCIALES	177
IMPACTO DE UN ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO EN LA FUERZA DE MUJERES CON SOBREPESO Y RESISTENCIA A LA INSULINA EVALUADO CON T-FORCE SYSTEM	181
ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL TIPO DE SAQUE SOBRE EL DESARROLLO DEL COMPLEJO DE JUEGO K1 EN MINIVOLEIBOL.....	191
ASSOCIATION BETWEEN SLEEP QUALITY AND RELATIVE LOWER LIMB POWER IN ADULTS AND COMMUNITY-DWELLING OLDER PEOPLE	202

DESIGNING AND IMPLEMENTING THE IDHEAPP: A GAMIFIED MHEALTH INTERVENTION FOR PROMOTING HEALTHY LIFESTYLES IN YOUNG PEOPLE WITH INTELLECTUAL DISABILITIES

^{1,8}Sañudo, B.; ¹Feria, A.; ¹Angosto, S.; ¹García, J.; ¹Carrasco, L.; ²Sánchez-Oliver, A.; ³Scivola, G.; ⁴Restrepo, M.; ⁵Schwarz, D.; ⁵Langbein, E.; ⁶Skullic, G.; ⁷Rodríguez, A.; ¹Sañudo, J.I.

¹*Department of Physical Education and Sport. University of Seville. Seville, Spain.*

²*Departamento de Motricidad Humana y Rendimiento Deportivo, University of Seville, Seville, Spain.*

³*Associazione Italiana Persone con Sindrome di Down ETS APS, Rome, Italy.*

⁴*INCLUSION, Asociación para la inclusión a través de la educación, la formación y el deporte, Seville, Spain.*

⁵*Department of Sport and Health Sciences, Technical University of Munich, Munich, Germany.*

⁶*Parasportski Savez Grada Rijeka Para Sports Association of the city of Rijeka, Rijeka, Croatia.*

⁷*CEIPES ETS – Centro Internazionale per la Promozione dell'Educazione e Sviluppo, Palermo, Italy.*

⁸*School of Clinical Therapies, College of Medicine & Health. University College Cork, Cork, Ireland*

Resumen: This chapter introduces the IDHEApp project, an innovative, gamified mobile health (mHealth) intervention designed to promote a holistic and healthy lifestyle among young people with intellectual disabilities (ID). Given the prevalence of health disparities in this population, including physical inactivity, sedentary behavior, poor nutrition, and sleep disturbances, and the limitations of traditional interventions, the IDHEApp project was conceived to address a critical research gap. The application was co-created with the users themselves, their caregivers, and experts, using user-centered design principles. The study was implemented as a pilot randomized controlled trial across two centers, Rome (Italy) and Rijeka (Croatia), with 60 participants aged 8 to 35. The methodology included the use of Fitbit wearable devices for objective data collection on physical activity and sleep. The app's usability was evaluated through a mixed-methods approach, which included focus groups and questionnaires. Although the pilot study was not designed to demonstrate large-scale clinical efficacy, it confirmed the feasibility and potential of the gamified approach to foster behavioral change. The qualitative results highlighted that adolescents found the challenges and rewards highly motivating. However, significant limitations were also identified, such as technical issues with device connectivity and the need for a more simplified user interface to reduce caregiver dependence. The chapter concludes with a discussion of the project's implications and proposes next steps for research, including conducting a larger trial to formally evaluate the intervention's efficacy.

1. IDHEAPP PROJECT

1.1. Context and rationale

Young individuals with intellectual disabilities (ID) consistently face significant health disparities rooted in lifestyle-related risk factors, including poor nutrition, sleep disturbances, and reduced quality of life (Allerton et al., 2011). While physical inactivity and high levels of sedentary behavior are highly prevalent in this population and have received considerable attention, other critical health domains that directly influence overall health and daily functioning have often been overlooked (Oppewal et al., 2018). The collective impact of these behavioral risk factors, including unhealthy dietary patterns and prevalent sleep problems, is a diminished quality of life, which encompasses physical, emotional, and social well-being (Harper et al., 2021).

1.2. Research gap

Traditional, face-to-face interventions aimed at addressing these issues are often resource-intensive and may not be scalable or adequately adapted to the specific cognitive and communication needs of individuals with ID (Mulhall et al., 2018). Although mobile health (mHealth) interventions offer a promising, technology-driven alternative for behavior change and have shown success in the general population, mHealth research in the field of intellectual disabilities remains scarce (Oudshoorn et al., 2020). Most existing studies have a narrow focus on physical activity, suffer from small sample sizes, and lack the tailored design necessary to address the unique barriers faced by this population, such as difficulties with digital literacy and a lack of caregiver integration. Furthermore, many interventions have concentrated on a single aspect of health rather than adopting an integrated, holistic approach (Michalsen et al., 2022).

1.3. The IDHEApp Project

The IDHEApp project was conceived to fill this critical gap by developing an innovative, gamified mHealth application specifically designed to promote a holistic healthy lifestyle in young people with ID. Moving beyond a narrow focus on physical activity, this project takes a comprehensive approach, jointly analyzing and addressing the various parameters that influence a healthy lifestyle, including physical activity, sedentary behavior, nutrition, and sleep patterns. By incorporating digital strategies tailored to this population's needs, the project aims to inform scalable, inclusive models for promoting long-term health and well-being.

1.4. Chapter structure

This chapter details the entire project lifecycle, from the conceptualization and development of the IDHEApp to its implementation and evaluation in a pilot randomized controlled trial. We will discuss the design and implementation procedures, analyze the app's usability, and present the key results related to its effectiveness in promoting sustainable behavior change and improving overall well-being in this population.

2. PROJECT METHODOLOGY

2.1. Study design

This project was designed as a multicenter, randomized controlled pilot trial with a pre-post-intervention design, which aimed to evaluate the effectiveness of the IDHEApp. The study was conducted over an 8-week period, with data collection occurring at baseline (pre-intervention) and immediately following the intervention (post-intervention). Participants were randomly assigned to one of two groups: an experimental group that received the gamified IDHEApp intervention, and a control group that

maintained their usual routine without additional support from the app. The pilot design was intended to assess the feasibility, usability, and preliminary efficacy of the intervention before a larger-scale trial.

2.2. Participants and setting

The study was conducted across two sites: Rome (Italy) and Rijeka (Croatia), with a total sample size of 60 young individuals with intellectual disabilities (ID) aged 8-35 years. The two sites were chosen to allow for the inclusion of diverse subgroups of the ID population; the site in Rome focused on adolescents and young adults with Down syndrome, while the site in Rijeka included individuals with mild to moderate ID of various etiologies. Participants were recruited through local associations and centers dedicated to supporting individuals with ID. A key inclusion criterion was the ability to understand and follow basic instructions, as well as the support from a caregiver or supervisor to assist with the intervention.

2.3. Tools and measures

2.3.1. *Wearable devices (Fitbit)*

Objective data for physical activity and sleep patterns were collected using Fitbit Charge 6 devices (Fitbit Inc., San Francisco, CA, USA). Participants wore the devices for the duration of the study, and data were automatically synchronized with a dedicated platform.

2.3.2. *Outcomes measures*

The primary outcomes were physical activity and sedentary behavior, measured in daily steps, time spent in light, moderate, and high-intensity activities, and time spent sitting and standing. The study also evaluated secondary outcomes related to sleep patterns (e.g., sleep duration, quality) and perceived quality of life using validated questionnaires. Macronutrient intake was also assessed pre- and post-intervention using the Eating Habits Questionnaire. This self-report instrument evaluates the frequency and quality of food consumption patterns, including intake of carbohydrates, proteins, and fats, as well as dietary habits related to portion control, meal timing, and snack choices. Administered at both time points, the questionnaire allowed for the examination of changes in nutritional behaviors potentially associated with the mHealth intervention.

2.3.3. *Usability measures*

The usability and satisfaction with the IDHEApp were assessed through a mixed-methods approach that combined qualitative and quantitative research techniques. In addition to objective data from the app and wearable devices, a qualitative approach was implemented through a series of focus groups involving adolescents, caregivers, and educators.

Different focus groups were conducted in Rijeka, Croatia, and in Rome, Italy. These sessions were designed to gather valuable feedback on the app's usability and accessibility and to understand the specific needs, preferences, and challenges faced by participants.

A) Initial focus groups (app development phase)

The first sessions were conducted while the app was still in its final development stages. Participants, including parents and their children with ID, caregivers, and the project team, were introduced to the IDHEApp concept and its key features, such as the use of pictograms. The goal was to determine if the participants could understand the instructions conveyed through these visual aids and if the proposed design was intuitive for users with intellectual disabilities. A key finding from these early sessions was the need for significant design modifications. Feedback from the participants led to proposed changes related to the color palette to enhance contrast, the size of the font for improved readability, and the typology of the pictograms to ensure they were universally understandable. Furthermore, and of fundamental

importance, was the feedback on the language used within the app, which led to a concerted effort to implement more inclusive and accessible language throughout the interface.

B) Second focus groups (technology introduction phase)

Follow-up sessions were held to present the fully developed app and demonstrate its integration with the Fitbit Charge 6 smartwatch. These discussions focused on potential barriers to using the technology, the importance of caregiver involvement, and the need for clear, simple instructions. This phase allowed participants to interact directly with the technology and provide firsthand feedback on its usability and how well the smartwatch integrated into daily activities.

2.4. Intervention procedures

2.4.1. Description of the IDHEApp application

The IDHEApp is a gamified mHealth application developed specifically for young people with ID. It features a user-friendly interface with visual aids and simplified language. The app's core functionality is to track and promote healthy behaviors in physical activity, sedentary behavior, and nutrition (Figure 1).



Figure 1. Screenshots of the IDHEApp

2.4.2. Details on gamification and challenges

The application used a variety of gamified elements to motivate participants. This included daily and weekly challenges, a point-based reward system, badges for achieving goals, and a leaderboard to foster friendly competition among peers. These elements were tailored to be engaging and accessible for the target population. For instance, in the nutrition challenges section, participants were tasked with goals such as having a "healthy breakfast, rich in fruit," while the physical activity challenges included specific targets like "Today I will do 3000 steps." This approach made the health objectives tangible and fun, encouraging active participation (Figure 2).

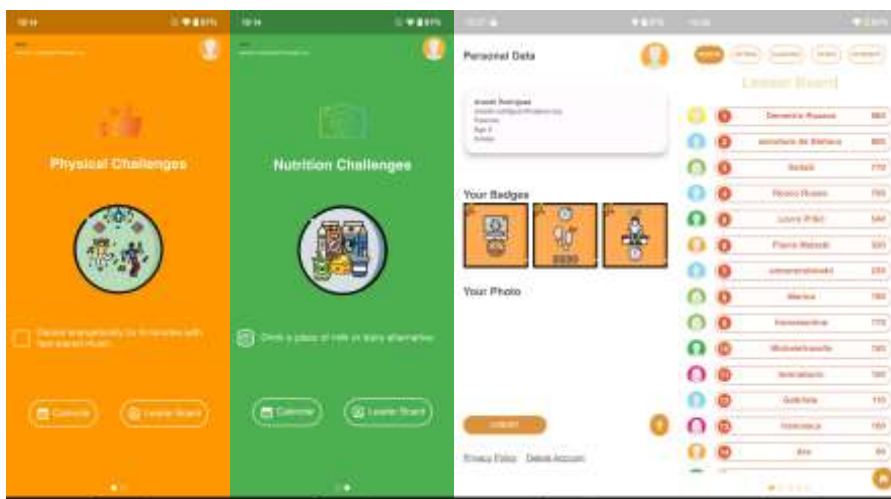


Figure 2. Examples of challenges and badges and gamification elements in the Application

2.4.3. Role of caregivers and supervisors

Given the potential cognitive and communication challenges of the participants, caregivers and supervisors played a crucial role. They were trained to support participants in using the app, explaining the challenges, helping to log data, and providing encouragement. The IDHEApp included specific functionalities to facilitate this collaborative process.

3. IDHEAPP DESIGN AND USABILITY

The development of the IDHEApp was based on user-centered design principles and "easy-reading" techniques to ensure its accessibility and adaptation to the cognitive and communication needs of young people with ID. Using a co-definition model, the project involved key stakeholders, such as adolescents with ID, their caregivers, and professional experts, in the initial stages of its design. This collaborative process ensured that the app's features, visual language, and structure were developed with direct input from the target user group. A primary focus of this method was to simplify complex information through the use of clear and intuitive visual cues, such as pictograms, to facilitate understanding and independent use. Furthermore, the design was developed following "easy-reading" principles, which involve the use of simple, concise vocabulary, short sentences, high-contrast layouts, and clear font types. Symbols, icons, and supportive images were also integrated to reduce cognitive load and improve navigation ability. By incorporating these strategies into the instructions, feedback messages, and menu options, the design team aimed to maximize clarity and usability for users with varying levels of comprehension and literacy, while also incorporating caregiver support as a central component.

3.1. Interface features and functionality

The IDHEApp's interface was designed to be visually appealing and straightforward, with core functionalities divided into distinct health modules.

3.1.1. Gamification: challenges, points, and rewards

To enhance motivation and engagement, the app integrated several gamification elements. Participants were presented with daily and weekly challenges focused on different health domains. Successful completion of these challenges earned them points and virtual rewards, such as badges, which provided a tangible sense of accomplishment. A leaderboard was also included to foster friendly competition and peer motivation (Figure 3).

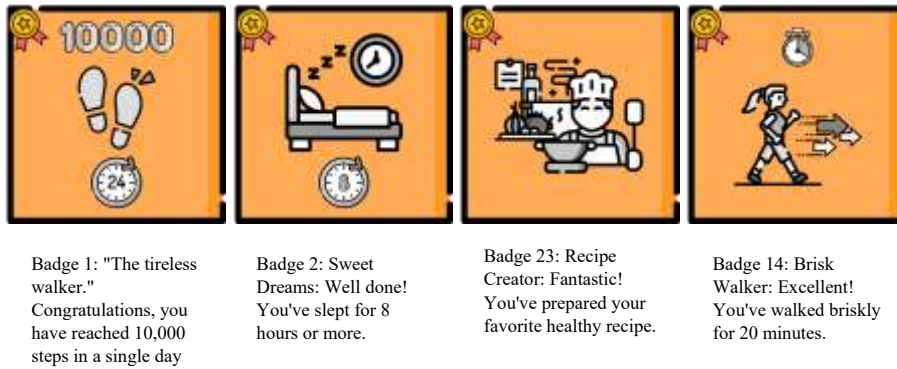


Figure 3. Example of badges used in the IDHEApp

3.1.2. Progress monitoring and feedback

The app provided clear and consistent feedback on a user's progress toward their health goals. By synchronizing with a wearable device, it offered a real-time view of achievements, such as daily step counts or time spent in physical activity. This progress tracking feature was a key facilitator, encouraging continued engagement and allowing users to see the direct results of their efforts (Figure 4).



Figure 4. Examples of feedback offered by the IDHEApp

3.1.3. Health modules: physical activity, nutrition and sleep

The IDHEApp adopted a holistic approach to health, with dedicated modules for three main domains. The physical activity module tracked daily steps and activity intensity. The nutrition module presented challenges related to healthy eating habits, such as fruit and vegetable consumption. Finally, a sleep module monitored sleep patterns and provided insights into sleep duration and quality. Each module relied on visual cues and reminders to make tasks easy to understand and follow. component.

3.2. Usability evaluation

3.2.1. Methods used

The usability of the IDHEApp was comprehensively evaluated through a mixed-methods approach that combined direct user feedback with objective data. The primary qualitative method was the use of structured focus groups with the adolescents and their parents/caregivers. In addition, feedback was

gathered from a custom questionnaire administered to participants in the experimental group at the conclusion of the pilot study.

3.2.2. Key findings on ease of use and user satisfaction

The pilot study report identified several key findings regarding the app's usability, highlighting both barriers and facilitators to adoption. Participants, particularly the adolescents, found the structured challenges and gamified rewards highly motivating. They also appreciated the progress tracking features, which helped them stay engaged. However, several barriers were identified. The primary challenges included the technical complexity of setting up and maintaining the smartwatch connectivity, frequent Bluetooth disconnections, and the need to manually sync data. The heavy reliance on caregivers for technical support was also noted as a potential barrier, as was the need to constantly remember to charge the smartwatch. Some users also found certain pictograms to be unclear, indicating a need for further refinement in the app's visual language. Overall, the qualitative feedback confirmed the potential of the gamified approach but underscored the critical need for a more technically robust and user-friendly design to overcome significant usability challenges.

4. MAIN INTERVENTION RESULTS

Based on the provided pilot study report, the document focuses on the feasibility and usability of the IDHEApp, rather than providing detailed quantitative results on the effectiveness of the intervention. The report emphasizes qualitative findings and lessons learned, which will be used to refine the intervention for a larger-scale study.

Here is a summary of the main qualitative and quantitative results and findings from the pilot study:

4.1. Changes in physical activity and sedentary behavior

The pilot study was designed to promote healthy lifestyles, including an increase in physical activity and a reduction in sedentary behavior. The study's main goal was to assess if the intervention was engaging and user-friendly enough to potentially lead to these behavioral changes in a future, larger study.

A statistically significant between-group difference was found for the daily step count, with the experimental group increasing by 2,233 steps/day more than the control group. Moderate, though non-significant, positive trends were observed for light physical activity and standing time. Importantly, no differential effects were found between participants with Down syndrome and those with other forms of ID.

4.2. Impact on sleep patterns and quality of life

The findings from our study on the impact of the intervention on quality of life suggest that the program did not have a substantial effect. After accounting for baseline differences between the groups, the statistical analysis revealed no significant changes in the post-intervention scores across any of the measured dimensions: Social Interaction, Positive Emotions, Negative Emotions, Physical Health, Leisure and the Outdoors, or Independence.

4.3. Effects on nutrition

The IDHEApp was designed to encourage healthy eating habits. The intervention produced a clear and meaningful improvement in the dietary patterns of the participants in the experimental group compared to those in the control group. In particular, there was a marked increase in the regular consumption of vegetables and fruits. Participants in the intervention group not only incorporated these foods into their meals more frequently throughout the week, but also increased the number of daily

servings, suggesting that the change went beyond occasional choices and reflected a genuine shift in eating habits.

These changes were not observed for all dietary variables. Water intake and the consumption of soft drinks and juices remained relatively stable across both groups, indicating that the intervention's influence was more pronounced in food choices than in beverage consumption. This pattern suggests that future efforts could explore additional strategies to encourage healthier hydration habits.

When exploring the results by gender, interesting differences emerged. Male participants tended to show a greater increase in the daily portions of vegetables and fruits, while female participants more often increased the number of days per week in which they consumed fruits and, in some cases, processed meats. These nuances highlight the importance of considering gender-specific approaches when designing interventions, as the same strategy may influence men and women in different ways.

Taken together, the findings point to the effectiveness of the program in promoting healthier dietary behaviors, particularly in relation to fruit and vegetable consumption, and provide valuable insight into how these improvements may vary depending on participant characteristics. This reinforces the idea that well-designed, targeted interventions can play a crucial role in fostering long-term, sustainable changes in nutrition among diverse populations.

4.4. Subgroup analysis

While the quantitative analysis did not reveal any statistically significant differences between the Down syndrome and other intellectual disability subgroups, qualitative feedback from the participants highlighted notable distinctions in their interaction with the application. Adolescents with Down syndrome showed a positive response to the app's structured challenges and the use of pictograms. In contrast, participants on the Autism Spectrum Disorder (ASD) subgroup expressed a clear preference for a more minimalist design with fewer visual distractions. Their reactions to the pictograms were mixed; some were found to be helpful, while others were perceived as overly detailed or complex. These qualitative differences, which were not captured by the quantitative data, may be attributable to the younger age of some participants or the specific limitations associated with their conditions, suggesting that future interventions should consider a more tailored approach to cater to the diverse needs within the intellectual disability population.

5. CONCLUSIONS AND FUTURE DIRECTIONS

5.1. Key conclusions

The IDHEApp pilot study demonstrated that it is both feasible and promising to use a gamified mHealth intervention to promote healthy lifestyles among young people with ID. The user-centered design, which incorporated feedback from adolescents, caregivers, and educators, was a critical factor in the development of a tailored and engaging application. The qualitative findings from the focus groups confirmed that the gamified challenges and progress-tracking features were motivating for participants. Crucially, the pilot revealed significant insights into the practical barriers to implementation, such as technical issues with device connectivity, the need for a simplified user interface, and the essential role of caregiver support. The project successfully laid the groundwork for a larger-scale study by proving the viability of this innovative approach and identifying key areas for improvement.

5.2. Limitations of the pilot project

As a pilot study, the project faced several limitations. The small sample size and limited duration of the intervention (8 weeks) mean that the findings are primarily focused on feasibility and usability, and

thus, the effectiveness of the intervention could not be conclusively determined. The reliance on caregiver support for technical aspects of the app and data collection also highlights a potential constraint on the scalability of the intervention. Furthermore, the technical challenges, such as frequent Bluetooth disconnections, were a significant limitation that could have impacted user engagement and the reliability of the collected data.

5.3. Implications for practice and policy

The results of this pilot study have important implications for both clinical practice and policy. The positive reception of the gamified mHealth approach suggests that technology can be a valuable tool for promoting healthy behaviors in individuals with ID, offering a more scalable and accessible alternative to traditional face-to-face methods. The findings underscore the importance of designing interventions that are not only technologically sound but also deeply integrated with a user-centered design and a strong support system from caregivers. For policymakers, the success of this model indicates that funding and resources should be directed toward developing and evaluating similar, inclusive digital health solutions.

5.4. Next steps for research

The findings of this pilot study provide a clear roadmap for future research. The next steps should include: (I) Conducting a larger, fully-powered randomized controlled trial (RCT) to rigorously assess the effectiveness of the IDHEApp in producing statistically significant and clinically meaningful changes in physical activity, sedentary behavior, sleep, and quality of life; (II) Improving the technological robustness of the application to address the connectivity issues identified in the pilot; (III) Refining the user interface based on feedback from the focus groups, particularly by simplifying pictograms and streamlining navigation to reduce the burden on caregivers and promote greater user autonomy; (IV) Including a long-term follow-up component in a future study to determine if the behavioral changes achieved during the intervention are sustained over time; (V) Expanding the subgroup analysis to gain a deeper understanding of how the intervention's effectiveness may vary across different intellectual disabilities and support needs.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

This work was made possible through the generous support of the European Union. The authors gratefully acknowledge the Erasmus+ (ERASMUS-SPORT-2023-SCP) programme, under the "Cooperation Partnerships in Sport" action, for funding the project titled: "IDHEApp: Using technologies to promote healthy lifestyles in adolescents with intellectual disabilities" (ref.: 101134252).

7. REFERENCES

Allerton, L. A., Welch, V., & Emerson, E. (2011). Health inequalities experienced by children and young people with intellectual disabilities: A review of literature from the United Kingdom. *Journal of Intellectual Disabilities*, 15(4). <https://doi.org/10.1177/1744629511430772>

Harper, L., Ooms, A., & Tuffrey Wijne, I. (2021). The impact of nutrition on sleep in people with an intellectual disability: An integrative literature review. In *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities* (Vol. 34, Issue 6). <https://doi.org/10.1111/jar.12911>

Michalsen, H., Wangberg, S. C., Hartvigsen, G., Henriksen, A., Pettersen, G., Jaccheri, L., Jahnsen, R. B., Thrane, G., Arntzen, C., & Anke, A. (2022). mHealth Support to Stimulate Physical Activity in Individuals With Intellectual Disability: Protocol for a Mixed Methods Pilot Study. *JMIR Research Protocols*, 11(9). <https://doi.org/10.2196/37849>

Mulhall, P., Taggart, L., Coates, V., McAloon, T., & Hassiotis, A. (2018). A systematic review of the methodological and practical challenges of undertaking randomised-controlled trials with cognitive disability populations. In *Social Science and Medicine* (Vol. 200). <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2018.01.032>

Oppewal, A., Hilgenkamp, T. I. M., Elinder, L. S., Freiburger, E., Rintala, P., Guerra-Balic, M., Giné-Garriga, M., Cuesta-Vargas, A., Oviedo, G. R., Sansano-Nadal, O., Izquierdo-Gómez, R., Einarsson, I., Teittinen, A., & Melville, C. A. (2018). Correlates of sedentary behaviour in adults with intellectual disabilities—A systematic review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 15, Issue 10). <https://doi.org/10.3390/ijerph15102274>

Oudshoorn, C. E. M., Frielink, N., Nijs, S. L. P., & Embregts, P. J. C. M. (2020). eHealth in the support of people with mild intellectual disability in daily life: A systematic review. In *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities* (Vol. 33, Issue 6). <https://doi.org/10.1111/jar.12758>

EFFECTS OF A SUPERVISED ONLINE MULTICOMPONENT EXERCISE
INTERVENTION ON PHYSICAL FITNESS AND COGNITIVE FUNCTION IN OLDER
ADULTS: EXERMOT4HEALTH PROJECT

Marta Baena Aguilera

PhD Candidate

Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Cádiz, España.

ORCID: 0000-0003-0658-5081

Iván Hoditx Martín-Costa

PhD Candidate

Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Cádiz, España.

ORCID: 0000-0002-1033-9548

Laura Martínez-Sánchez

Postdoctoral Researcher

Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Cádiz, España.

ORCID: 0000-0002-1313-322X

Sonia Ortega-Gómez

Postdoctoral Researcher

Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Cádiz, España.

ORCID: 0000-0001-8589-5672

Veronica Mihaescu-ion

PhD Candidate

Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Enfermería y Fisioterapia, Facultad de Enfermería y Fisioterapia,, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Cádiz, España.

ORCID: 0000-0003-2249-6089

Wafa Slaoui-Slaoui

PhD Candidate

Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz, e Universidad Internacional de Valencia

Juan Delgado Basterrechea

PhD Candidate

Universidad de Almería

ORCID: 0009-0007-3814-0489

David Jiménez-Pavón

Full Professor

Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Cádiz, España.

ORCID: 0000-0002-8977-4744

Pablo Jorge Marcos Pardo

Full Professor

Grupo de Investigación SPORT (CTS-1024), Centro de Investigación para el Bienestar y la Inclusión Social (CIBIS), Universidad de Almería.

ORCID: 0000-0003-1624-5013

Ana Carbonell-Baeza

Full Professor

Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Cádiz, España.

ORCID: 0000-0003-1762-2925

Abstract:

Introduction: Aging is associated with a progressive decline in physical and cognitive function. Regular physical activity has been linked to better cognitive outcomes in the elderly population. This study aimed to analyze the effects of a supervised online multicomponent exercise intervention on physical fitness and cognitive function in older adults.

Methodology: This study is part of the ExerMOT4Health project (PID2021-123688OB-C31). Forty-nine older adults (mean age 65.49 ± 4.25 years; 46.9% women) were randomly assigned to the online group ($n=29$) or the control group ($n=20$) maintained their usual lifestyle. The online group completed a supervised and synchronous multicomponent exercise program (3 sessions/week, 60 min/session) for 24 weeks. Pre- and post-intervention assessments included handgrip strength (dynamometry), maximum gait speed (6 meters), and several cognitive domains. A repeated-measures general linear model, adjusted for age and education, was used to analyze time (pre-post), group, and group \times time interaction effects.

Results: In the cognitive domains, a significant group \times time interaction was found in processing speed (Stroop Word Test; $p=0.049$; $\eta^2=0.089$), attention (Stroop Color Test; $p=0.040$; $\eta^2=0.097$), and executive function (Clock Drawing Test; $p=0.021$; $\eta^2=0.123$), adjusted for age and education. Analysis revealed improvements in the intervention group. No significant changes were detected in handgrip strength, and after adjusting for age, maximum gait speed did not show a significant group \times time interaction. The intervention showed high satisfaction (9.4/10) and adherence (87.36%).

Conclusion: Supervised online multicomponent training is an effective and feasible strategy to improve cognitive function in older adults. However, it has no substantial effect on handgrip strength or walking speed.

1. INTRODUCTION

Population aging is accelerating worldwide and is expected to intensify in the coming decades. People aged 65 and older are expected to represent 12% of the world population in 2030 and 16% in 2050 (United Nations, 2022). In Europe, this proportion will reach one in four adults, and in Spain, it already represents 20.4% of the population, with projections indicating that it will reach approximately 29.2% by 2045 (INE, 2024; Perez Diaz et al., 2025). Although life expectancy has increased, the years lived in good health remain significantly lower, indicating a prolonged period of functional vulnerability.

Aging leads to physiological and functional decline, increasing the risk of chronic conditions such as dementia, Alzheimer's disease, mild cognitive impairment, frailty, and sarcopenia (Livingston et al., 2024). These conditions are associated with falls, disability, institutionalization, and reduced quality of life (Thompson & Dodds, 2021). Comorbidities such as hypertension, diabetes, and cardiovascular disease are common in older adults. In the field of mental health, around 30% of Europeans over 65 may experience late-life depression, associated with somatic comorbidities and reduced physical and cognitive functioning (Horackova et al., 2019).

Regular physical activity reduces mortality and improves cardiometabolic, cognitive and functional health (Bull et al., 2020; Rojer et al., 2021). Despite extensive evidence on the benefits of regular physical activity, 31% of adults remain physically inactive, with inactivity increasing from the age of 60 (World Health Organization, 2024)

According to the 2020 WHO guidelines, structured exercise is essential for managing chronic conditions in older adults. These recommendations include 150-300 minutes of moderate-intensity aerobic activity per week, or 75-150 minutes of vigorous intensity activity, along with at least two days of muscle-strengthening activities (Bull et al., 2020). Multicomponent programs integrating balance and strength at least three days per week have shown effectiveness in improving gait, muscle function, and reducing falls (Cadore et al., 2019).

Supervised exercise generally produces more consistent improvements than home-based unsupervised programs (Meng et al., 2020), although some home-based approaches can achieve comparable effects (Garcia et al., 2021). A recent meta-analysis showed greater benefits in physical fitness and well-being for supervised programs, while attendance and adverse events or falls were similar across modalities (Gómez-Redondo et al., 2024).

Digital formats expand access to physical activity programs for older adults facing mobility, economic, or geographical barriers (Burton et al., 2012; Hawley-Hague et al., 2014). The COVID-19 pandemic accelerated the adoption of remote exercise (Ammar et al., 2021; Welch et al., 2023). Both synchronous and asynchronous online interventions can be effective when technological support is adequate (Mehrabi et al., 2024). Despite concerns about the digital divide, technology use in older adults has notably increased (Pérez Díaz et al., 2023).

However, methodological limitations persist in existing studies, as do doubts about whether adherence and effectiveness depend mainly on the in-person or online format or on the presence of supervision (Gamble et al., 2024). Overall, digitalization represents a significant opportunity to promote physical activity in older adults, although more robust, long-term, supervised trials are still needed. Despite this increasing interest, long-term supervised online multicomponent programs remain scarce, particularly those incorporating comprehensive cognitive assessments. This study contributes to addressing this gap.

The aim of this study was to analyze the effects of a supervised, 24-week, online multicomponent exercise intervention on physical fitness and cognitive function in older adults.

2. METHODOLOGY

2.1. Study design

A randomized controlled trial (RCT) was conducted with two parallel groups (supervised online group vs. control group), with pre- and post-intervention assessments. The study is part of the coordinated state project ExerMOT4Health (PID2021-123688OB-C31), designed to analyze the effects of different types of multicomponent exercise in older adults. The study has been approved by the Andalusian Coordinating Committee for Biomedical Research Ethics, which issued a favorable opinion at its meeting on September 26, 2023 (Minutes 08/23). The project complies with the principles of the Declaration of Helsinki and current regulations on personal data protection (EU Regulation 2016/679 and Organic Law 3/2018). All participants were informed of the objectives and procedures of the study and signed an informed consent form before being included.

2.2. Participants

Forty-nine older adults living in the community participated (mean age = 65.49 ±4.25 years; 46.9% women). Participants were residents of Cádiz, recruited through newspaper announcements, social media, informational talks, and contacts with local senior centers. Interested individuals attended an informational session and provided written informed consent before enrollment.

The inclusion criteria were being between 60 and 75 years of age, having no diseases or disabilities that would prevent exercise or evaluations, not performing supervised moderate-vigorous physical activity (>30 min, >3 days/week), having sufficient communication and comprehension skills, and having a device with an internet connection.

People with acute or terminal illness were excluded, as were those with recent cardiac history (heart attack, bypass, angioplasty, angina); conditions requiring specialized exercise programs; uncontrolled hypertension or diabetes; severe psychiatric disorders (DSM-5); three or more falls in the last year; medical contraindications to exercise; participation in other structured programs; or unwillingness to complete the study or accept random assignment.

After the initial assessment, participants were randomly assigned to the supervised online group (n=29) or the control group (n=20), which maintained its usual lifestyle.

2.3. Procedures

All participants completed pre- and post-intervention assessments that included physical and cognitive tests and questionnaires. During the first visit, participants in the supervised online group received elastic resistance bands of different intensities to allow for progressive training and were given detailed instructions on how to access the live sessions via Google Meet.

Randomization was then performed using an independent number generator. The supervised online group began the intervention immediately afterwards, while the control group did not perform any organized activities. At the end of the 24 weeks, all participants repeated the same assessments under the same conditions and with trained assessors. Participants were instructed not to modify their lifestyle habits during the intervention, including dietary changes or the use of any ergogenic nutritional aid.

2.4. Intervention

The experimental group completed a multicomponent exercise program, supervised in real time by physical exercise professionals via videoconferencing (synchronous online platform). The program lasted 24 weeks (6 months), with a frequency of 3 sessions per week and a duration of 60 minutes per session.

All sessions had the following structure in common:

- Warm-up (10 min): joint mobility, light cardiorespiratory activation.
- Main block (40 min): first, balance and muscle strength were worked, and aerobic capacity was worked on last. The strength section alternated between training the lower and upper body muscles, which allowed for balanced work between both regions.
- Cool down (10 min): static stretching to restore basic parameters, focusing on flexibility work.

The exercise program was divided into 3 progressive levels that increased in difficulty every eight weeks through more complex movements, longer execution times, and gradual adjustments in perceived exertion (RPE). Each level included three different sessions composed of 10 warm-up and joint mobility exercises, 1 balance exercise, 7 strength exercises, 2 aerobic exercises, and 6 flexibility exercises. Strength exercises were performed using elastic bands and the participants' own body weight. Participants were instructed to select the band that allowed them to reach the target RPE prescribed for each session, ensuring appropriate resistance, progression, and safety. Throughout all sessions, participants received technical instructions, postural correction, and continuous real-time supervision.

3.5. Instruments and variables

3.5.1. *Physical Fitness*

- Handgrip strength via dynamometry: This test was performed using a digital hand dynamometer (TKK Tokyo, Japan). Participants completed the assessment standing, with the arm fully extended, and were instructed to squeeze the device with maximal force. Two attempts were taken with each hand, and the best value of each hand was recorded. In women, the dynamometer was adjusted according to hand size following standard recommendations. The mean value of both hands and the value of the dominant hand were used as indicators of upper-body strength.
- Maximum gait speed (6-m test): The time required to cover the 6 meters was recorded (seconds) and converted to speed (m/s).
- Heart rate was assessed in a seated position twice, 2 minutes apart, after 5 minutes at rest, units were bpm (beats per minute), using a digital upper arm blood pressure monitor (OMRON M6, Spain).

3.5.2. *Cognitive Function*

Cognitive function was assessed using a battery of tests widely used in older populations. The following tests were administered:

- Stroop Color-Word Test (SCWT). The SCWT is a valid and widely used test for examining processing speed, selective attention, and cognitive inhibition. This test is divided into three conditions: the first condition consists of reading color names printed in black ink; the second condition consists of reading colors printed in an "X"; and the third condition consists of naming the color of the ink instead of reading the word, since the color words are printed in ink of an inconsistent color (for example, the word "blue" is printed in red ink). All conditions contain

100 words, and the time is limited to 45 seconds for each condition. The total number of correct words for each condition was recorded, indicating that the more correct words, the better the performance.

- Digit Symbol Substitution Test. This test explores visuomotor speed. The participant must transcribe symbols associated with numbers following a key presented at the top of the sheet. The total number of correct answers in a given time constitutes the final score.
- Clock Drawing Test (CDT). The CDT is a valid cognitive test used to detect deterioration in visuoconstructive and visuospatial abilities. The test consists of drawing a clock with numbers on the circle, showing the clock faces at a specific time (11:10 o'clock). Participants were not allowed to look at a clock or other timepiece for help. The total score is the sum of the scores given to the clock face, numbers, and clock hands, ranging from 0 to 10, with higher scores indicating better performance.

3.5.3. Satisfaction / adherence

Compliance with the physical training program was monitored by the trainers and calculated as the percentage of sessions completed out of the total scheduled sessions. Satisfaction with the program was evaluated at the end of the 6-month intervention using a 0–10 scale.

3.6. Statistical analysis

A general linear model of repeated measures was used to analyze the effects of time (pre–post), group, and group×time interaction. The analyses were adjusted for age and educational level when appropriate. Effect sizes were calculated using partial η^2 . The significance level was set at $p < 0.05$. The analyses were performed using SPSS statistical software (v.26).

4. RESULTS

4.1. Sample description

Forty-nine older adults participated (mean age = 65.49 ± 4.25 years; 46.9% women). A significant difference in age was observed between groups, with the control group slightly older, while no other significant differences were observed in the remaining sociodemographic variables. During the 24-week period, three participants from the control group withdrew from the study. The descriptive characteristics of the sample are presented in Table 1.

Table 1
Descriptive characteristics

Characteristics	n	Overall (n=49)	n	Control (n=20, 40.82%)	n	Online (n=29, 59.18%)	p- value
Sex							0.348
Men	26	53.1%	9	45%	17	58.6%	
Women	23	46.9%	11	55%	12	41.4%	
Age (years)		65.49 (4.25)	20	67.90 (4.79)	29	63.83 (2.89)	0.002

Educational years							0.214
Primary education	6	12.7%	4	22.2%	2	6.9%	
Secondary education	13	27.7%	6	33.3%	7	24.1%	
Non-university higher education	15	31.9%	4	22.2%	11	37.9%	
University education	13	27.7%	4	22.2%	9	31.0%	
Civil status							0.096
Married	33	67.3%	10	50.0%	23	79.3%	
Widowed	4	8.2%	2	10.0%	2	6.9%	
Divorced	7	14.3%	6	30.0%	1	3.4%	
Single	5	10.2%	2	10.0%	3	10.3%	
Weight (kg)	49	75.15 (14.60)	20	69.46 (13.44)	29	79.07 (14.27)	0.022
Height (cm)	49	165.74 (10.22)	20	163.43 (11.11)	29	167.33 (9.42)	0.193
Body Mass Index (kg/m²)	49	27.36 (4.60)	20	25.94 (3.72)	29	28.34 (4.95)	0.072

Values are presented as mean (SD) or numbers and percentages. *p*-values indicate differences between control and online groups.

4.2. Effects on physical fitness

Significant effects of the intervention were observed only for maximum gait speed in the crude analysis, with a group \times time interaction ($p = 0.024$; $\eta^2 = 0.110$) indicating improvements in the supervised online group, while the control group remained stable. This effect was attenuated and lost significance after adjusting for age ($p = 0.103$).

In contrast, no significant changes were detected in handgrip strength via dynamometry. Both the means of both hands and the dominant hand remained stable across groups, with no significant group \times time interactions in either crude or adjusted models.

Table 2
Effects of the Online Multicomponent Exercise Intervention on Physical Fitness Outcomes

Variable	Group	N	Pre	Post	P Time	P Interaction	η^2	P Group
Heart Rate (beats/min)	Control	17	71.30	68.98	0.245	0.202	0.038	0.201
	Online	29	77.56	74.12				
Handgrip strength (kg) Mean Both Hands	Control	17	30.11	29.06	0.873	0.259	0.030	0.515
	Online	29	31.85	31.85				
Handgrip strength (kg) Dominant Hand	Control	16	31.43	30.30	0.381	0.227	0.035	0.530
	Online	29	33.02	33.35				
MAXIMUM GAIT SPEED (M/S) 6 METERS	Control	17	1.91	1.95	0.349	0.103	0.061	0.840
	Online	29	1.83	2.00				

Values represented pre–post means. *p* Time = effect of time; *p* Interaction = group \times time interaction; η^2 = partial eta squared; *p* Group = between-group effect. Analyses are adjusted for age.

4.3. Effects on cognitive function

The supervised online intervention produced significant improvements in several cognitive domains (Table 3). Processing speed improved in the Stroop Word Test ($p = 0.049$; $\eta^2 = 0.089$), with the online group increasing performance while the control group remained unchanged. A similar pattern was observed for selective attention, with significant gains in the Stroop Color Test ($p = 0.040$; $\eta^2 = 0.097$).

Executive function also improved, as evidenced by a significant group \times time interaction in the Clock Drawing Test ($p = 0.021$; $\eta^2 = 0.123$).

Conversely, no significant effects were found visuomotor speed and Digit Symbol scores remained stable in both groups.

Table 3
Cognitive Outcomes Following the Online Multicomponent Exercise Intervention

Variable	Group	N	Pre	Post	P Time	P Interaction	η^2	P Group
STROOP WORD Processing Speed	Control	17	101.046	96.586	0.745	0.049*	0.089	0.552
	Online	29	100.007	102.519				
STROOP COLOR Attention	Control	17	70.344	65.298	0.402	0.040*	0.097	0.348
	Online	29	62.936	65.894				
STROOP WORD_COLOR Cognitive Inhibition	Control	17	42.827	41.877	0.578	0.543	0.009	0.078
	Online	29	36.136	36.865				
Digit Symbol Processing Speed	Control	16	44.644	44.024	0.235	0.759	0.002	0.914
	Online	27	44.655	44.763				
CDT Executive Function	Control	16	8.59	7.89	0.104	0.021*	0.123	0.173
	Online	29	8.97	9.02				

Values represented pre–post means. p Time = effect of time; p Interaction = group \times time interaction; η^2 = partial eta squared; p Group = between-group effect. Significant results at $p < .05$ are marked with an asterisk (*). Adjusted analyses control for age and education. CDT (Clock Drawing Test).

4.4. Adherence and satisfaction

The supervised online group showed high adherence to the program, with an average attendance rate of 87.36% of sessions and a very high overall satisfaction rating (9.4/10). The average rating of perceived exertion (RPE) during the 24-week intervention was 6.1.

5. DISCUSSION

The results of this study show that a 24-week supervised, online, multicomponent intervention produced improvements in several key cognitive processes, specifically processing speed, selective attention, and executive function, compared to a control group that maintained their usual lifestyle. These findings reinforce the accumulated evidence that regular structured physical exercise contributes to the preservation of cognitive health in older adults, as noted in previous studies that highlight its relevance in preventing age-related cognitive decline (Gomes-Osman et al., 2018) and its potential to reduce the risk of transition to more advanced stages of cognitive impairment (Yoneda et al., 2021).

The improvement in processing speed and selective attention observed in this study is consistent with research showing that these abilities are particularly sensitive to exercise-based interventions, especially when they include aerobic, strength, and balance components integrated into dynamic and varied tasks, as is characteristic of multicomponent training (Rojer et al., 2021). These domains tend to show an early response to regular exercise, which could explain the effects detected after a prolonged period of intervention. In addition, the significant improvement in executive function suggests that the intervention favored more complex cognitive processes related to planning, visuospatial organization, and attentional control, the preservation of which is crucial for maintaining functional autonomy in daily life (Gomes-Osman et al., 2018; Livingston et al., 2024), suggesting enhanced planning, visuospatial organization, and executive control in the intervention group. The current results support this relationship and extend the evidence toward a supervised online intervention model.

On the other hand, some cognitive processes, such as working memory and visuomotor speed, did not show significant changes. This pattern is consistent with research indicating that certain domains require more specific programs or more cognitively intensive interventions to generate detectable changes (Gomes-Osman et al., 2018). It is also important to consider that online interventions may have limitations in terms of intensity or variety of stimuli available, which could explain the absence of changes in these domains that are more dependent on sustained cognitive load. Similar results have been observed in previous online or home-based exercise programs in older adults, where improvements were mainly detected in physical fitness, well-being, or mood, but not consistently in cognitively demanding domains, particularly in programs of shorter duration or with minimal supervision (Baez et al., 2017; Mendes Maranhão et al., 2024)

In relation to physical condition, the intervention produced more modest effects. Handgrip strength via dynamometry showed no significant changes, which may be related to the characteristics of online training in older adults, where strength gains tend to be smaller compared with supervised, in-person programs, even when elastic bands and structured progressions are provided, according to previous home-based or remotely supervised interventions (García-Esquinas et al., 2021; Meng et al., 2020). Regarding maximum gait speed, no significant was found after adjusting for age, although the direction of change suggested a modest improvement in the intervention group. This result is consistent with previous evidence, which suggests that multicomponent interventions can improve or maintain functional capacity related to walking, especially when mobility, strengthening, and balance exercises are integrated (Makizako et al., 2020).

The supervised online intervention showed high adherence and a high level of satisfaction, which is consistent with previous studies suggesting that real-time professional supervision can increase commitment and perceived safety during exercise (Gómez-Redondo et al., 2024). This level of participation is particularly relevant considering that one of the main challenges of online exercise is maintaining adherence over time, as some studies have documented progressive declines in attendance in prolonged interventions (Beauchamp et al., 2021). Our results suggest that the supervised synchronous modality may partially mitigate this trend, possibly thanks to the social component and immediate feedback, aspects identified by older adults as determinants for their continuity in digital programs (Villa-García et al., 2023). These data reinforce the viability of the supervised online format.

The results of this study take on additional relevance in the context of the digitization of exercise interventions. Although supervised programs tend to generate more consistent benefits and higher adherence, most existing trial are short in duration, involve small samples, or present heterogeneous designs (Gómez-Redondo et al., 2024; Gamble et al., 2024). In this regard, the present intervention

provides valuable evidence by evaluating a 24-week supervised online program with a randomized design, prolonged duration, and a broad cognitive battery, aspects that are rare in existing literature.

Finally, although the study has some limitations, such as the moderate sample size and the age difference between groups, which affected some adjusted analyses, the consistency of the effects in the cognitive domains most sensitive to aging supports the relevance of the program applied. Taken together, these results suggest that multicomponent online and supervised interventions may be an effective strategy for improving cognitive health in older adults living in the community, especially in contexts where accessibility barriers hinder participation in face-to-face programs. The evidence provided reinforces the importance of continuing to develop and research supervised digital models, with larger-scale studies, longer durations, and complementary evaluations to consolidate their effectiveness and applicability in healthy aging.

6. CONCLUSION

The 24-week supervised online multicomponent intervention produced significant improvements in various cognitive domains, especially those related to processing speed, selective attention, and executive function, in older adults. In contrast, no significant changes were observed in physical fitness outcomes, although walking speed remained stable or showed slight non-significant improvements in the intervention group. High adherence and satisfaction rates support the viability of the supervised online format as an alternative for promoting cognitive and functional health in this population. Overall, these results indicate that multicomponent exercise programs conducted online and with professional supervision can be an effective strategy for promoting healthy aging.

Project PID2021-123688OB-C31 funded by MICIU / AEI / 10.13039 / 501100011033 / FEDER, EU

7. REFERENCES

- Ammar, A., Bouaziz, B., Trabelsi, K., Glenn, J. M., Zmijewski, P., Müller, P., Chtourou, H., Jmaiel, M., Chamari, K., Driss, T., & Hökelmann, A. (2021). Applying digital technology to promote active and healthy confinement lifestyle during pandemics in the elderly. *Biology of Sport*, 38(3), 391–396.
- Baez, M., Far, I. K., Ibarra, F., Ferron, M., Didino, D., & Casati, F. (2017). Effects of online group exercises for older adults on physical, psychological and social wellbeing: a randomized pilot trial. *PeerJ*, 5(4).
- Beauchamp, M. R., Hulteen, R. M., Ruissen, G. R., Liu, Y., Rhodes, R. E., Wierds, C. M., Waldhauser, K. J., Harden, S. H., & Puterman, E. (2021). Online-Delivered Group and Personal Exercise Programs to Support Low Active Older Adults' Mental Health During the COVID-19 Pandemic: Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research*, 23(7).
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J. P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., Di Pietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451–1462.

- Cadore, E. L., Sáez de Asteasu, M. L., & Izquierdo, M. (2019). Multicomponent exercise and the hallmarks of frailty: Considerations on cognitive impairment and acute hospitalization. *Experimental Gerontology*, 122, 10–14.
- Gamble, C. J., van Haastregt, J. C. M., van Dam van Isselt, E. F., Zwakhalen, S. M. G., & Schols, J. M. G. A. (2024). Effectiveness of guided telerehabilitation on functional performance in community-dwelling older adults: A systematic review. *Clinical Rehabilitation*, 38(4), 457–477.
- Garcia, R. N. S. D. A., Costa, S. N., Garcia, E. D. S. D. A., & Bento, P. C. B. (2021). Does Home-Based Exercise Improve the Physical Function of Prefrail Older Women? *Rejuvenation Research*, 24(1), 6–13.
- García-Esquinas, E., Ortolá, R., Gine-Vázquez, I., Carnicero, J. A., Mañas, A., Lara, E., Alvarez-Bustos, A., Vicente-Rodriguez, G., Sotos-Prieto, M., Olaya, B., Garcia-Garcia, F. J., Gusi, N., Banegas, J. R., Rodríguez-Gómez, I., Struijk, E. A., Martínez-Gómez, D., Lana, A., Haro, J. M., Ayuso-Mateos, J. L., ... Rodríguez-Artalejo, F. (2021). Changes in Health Behaviors, Mental and Physical Health among Older Adults under Severe Lockdown Restrictions during the COVID-19 Pandemic in Spain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13).
- Gomes-Osman, J., Cabral, D. F., Morris, T. P., McInerney, K., Cahalin, L. P., Rundek, T., Oliveira, A., & Pascual-Leone, A. (2018). Exercise for cognitive brain health in aging: A systematic review for an evaluation of dose. *Neurology. Clinical Practice*, 8(3), 257–265.
- Gómez-Redondo, P., Valenzuela, P. L., Morales, J. S., Ara, I., & Mañas, A. (2024). Supervised Versus Unsupervised Exercise for the Improvement of Physical Function and Well-Being Outcomes in Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 54(7), 1877–1906.
- Hawley-Hague, H., Horne, M., Campbell, M., Demack, S., Skelton, D. A., & Todd, C. (2014). Multiple levels of influence on older adults' attendance and adherence to community exercise classes. *The Gerontologist*, 54(4), 599–610.
- Horackova, K., Kopecek, M., Machů, V., Kagstrom, A., Aarsland, D., Motlova, L. B., & Cermakova, P. (2019). Prevalence of late-life depression and gap in mental health service use across European regions. *European Psychiatry: The Journal of the Association of European Psychiatrists*, 57, 19–25.
- INE. (2024). España en Cifras 2024.
- Livingston, G., Huntley, J., Liu, K. Y., Costafreda, S. G., Selbæk, G., Alladi, S., Ames, D., Banerjee, S., Burns, A., Brayne, C., Fox, N. C., Ferri, C. P., Gitlin, L. N., Howard, R., Kales, H. C., Kivimäki, M., Larson, E. B., Nakasujja, N., Rockwood, K., ... Mukadam, N. (2024). Dementia prevention, intervention, and care: 2024 report of the Lancet standing Commission. *Lancet (London, England)*, 404(10452), 572–628.
- Makizako, H., Nakai, Y., Tomioka, K., Taniguchi, Y., Sato, N., Wada, A., Kiyama, R., Tsutsumimoto, K., Ohishi, M., Kiuchi, Y., Kubozono, T., & Takenaka, T. (2020). Effects of a Multicomponent Exercise Program in Physical Function and Muscle Mass in Sarcopenic/Pre-Sarcopenic Adults. *Journal of Clinical Medicine*, 9(5).

- Mehrabi, S., Drisdelle, S., Dutt, H. R., & Middleton, L. E. (2024). "If I want to be able to keep going, I must be active." Exploring older adults' perspectives of remote physical activity supports: a mixed-methods study. *Frontiers in Public Health*, 12.
- Mendes Maranhão, D. C., de Araújo Silva, J. D., Farah, B. Q., Pirauá, N. B. B., de Araújo, R. C., Cavalcante, B. R., & Pirauá, A. L. T. (2024). Effects of 12-Weeks of Home-Based Exercise Training on Physical and Cognitive Function of Older Adults: Randomized Trial Comparing Virtual Versus Minimal Supervision in the Context of the Covid-19 Pandemic in Brazil. *Canadian Geriatrics Journal : CGJ*, 27(1), 47–55.
- Meng, N. H., Li, C. I., Liu, C. S., Lin, C. H., Chang, C. K., Chang, H. W., Yang, C. W., Li, T. C., & Lin, C. C. (2020). Effects of concurrent aerobic and resistance exercise in frail and pre-frail older adults: A randomized trial of supervised versus home-based programs. *Medicine*, 99(29), E21187.
- Perez Diaz, J., Castillo Belmonte, A. B., Aceituno Nieto, P., & Ramiro Fariñas, D. (2025). Un perfil de las personas mayores en España, 2025 Indicadores estadísticos básicos. Madrid, *Informes Envejecimiento En Red*, no 34, 46p.
- Pérez Díaz, J., Ramiro Fariñas, D., Aceituno Nieto, P., Escudero Martínez, J., Bueno López, C., Castillo Belmonte, A. B., Obras-Loscertales Sampérez, J. de las, Fernández Morales, I., & Villuendas Hija, B. (2023). Un perfil de las personas mayores en España, 2023. *Indicadores estadísticos básicos*.
- Rojer, A. G. M., Ramsey, K. A., Amaral Gomes, E. S., D'Andrea, L., Chen, C., Szoek, C., Meskers, C. G. M., Reijnierse, E. M., & Maier, A. B. (2021). Objectively assessed physical activity and sedentary behavior and global cognitive function in older adults: a systematic review. *Mechanisms of Ageing and Development*, 198.
- Thompson, C., & Dodds, R. M. (2021). The ageing syndromes of sarcopenia and frailty. *Medicine (United Kingdom)*, 49(1), 6–9.
- United Nations. (2022). *World Population Prospects 2022 Summary of Results*.
- Villa-García, L., Davey, V., Pérez, L. M., Soto-Bagaria, L., Risco, E., Díaz, P., Kuluski, K., Giné-Garriga, M., Castellano-Tejedor, C., & Inzitari, M. (2023). Co-designing implementation strategies to promote remote physical activity programs in frail older community-dwellers. *Frontiers in Public Health*, 11.
- Welch, V., Ghogomu, E. T., Barbeau, V. I., Dowling, S., Doyle, R., Beveridge, E., Boulton, E., Desai, P., Huang, J., Elmetekawy, N., Hussain, T., Wadhvani, A., Boutin, S., Haitas, N., Kneale, D., Salzwedel, D. M., Simard, R., Hébert, P., & Mikton, C. (2023). Digital interventions to reduce social isolation and loneliness in older adults: An evidence and gap map. *Campbell Systematic Reviews*, 19(4).
- World Health Organization. (2024). *Global levels of physical inactivity in adults: off track for 2030*.
- Yoneda, T., Lewis, N. A., Knight, J. E., Rush, J., Vendittelli, R., Kleindam, L., Hyun, J., Piccinin, A. M., Hofer, S. M., Hoogendijk, E. O., Derby, C. A., Scherer, M., Riedel-Heller, S., Wagner, M., Van Den Hout, A., Wang, W., Bennett, D. A., & Muniz-Terrera, G. (2021). The Importance of Engaging in Physical Activity in Older Adulthood for Transitions Between Cognitive Status

Categories and Death: A Coordinated Analysis of 14 Longitudinal Studies. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 76(9), 1668–1677.

MONITORIZACIÓN DE LA CARGA OSTEOGÉNICA EN LA EXTREMIDAD SUPERIOR: REVISIÓN DE EVIDENCIAS Y TECNOLOGÍAS EN MUJERES POSMENOPÁUSICAS

Gonzalo Reverte-Pagola^{1,2}; José Luis Gil Delgado¹; Borja Sañudo Corrales^{1,3}

¹ *Departamento de Educación Física y Deporte, Universidad de Sevilla.*

² *Universidad o Facultad de Humanidades, Educación y Deporte, Universidad CEU Fernando III, CEU Universities.*

³ *School of Clinical Therapies, College of Medicine & Health. University College Cork, Cork, Ireland*

ORCID Gonzalo Reverte Pagola: 0000-0001-9396-6354

ORCID José Luis Gil Delgado: 0009-0002-3552-7796

ORCID Borja Sañudo Corrales: 0000-0002-9969-9573

Resumen:

La osteoporosis posmenopáusica constituye un problema de salud pública de primera magnitud, caracterizado por una pérdida progresiva de la densidad mineral ósea y un aumento del riesgo de fracturas. Este capítulo examina la evidencia científica sobre el impacto del ejercicio físico en la salud ósea de la extremidad superior (radio y cúbito), una localización a menudo relegada frente a la cadera o la columna vertebral, pero crítica en términos de funcionalidad. A través de una revisión sistemática de la literatura y un análisis del marco teórico de la mecanotransducción, se discute cómo los estímulos mecánicos específicos (impacto, fuerza, vibración) modulan la respuesta ósea. Asimismo, se aborda una brecha fundamental en la investigación actual: la falta de cuantificación objetiva de la "dosis osteogénica" mediante tecnologías *wearables* y *mHealth*. Los resultados sugieren que, mientras que el ejercicio genérico tiene un efecto limitado en el radio, las intervenciones de carga localizada son efectivas. Sin embargo, la transición hacia una prescripción de precisión requiere la integración urgente de sensores que monitoricen la carga real en la vida cotidiana.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La osteoporosis posmenopáusica como desafío de salud pública

La osteoporosis constituye un problema de salud pública de primera magnitud entre las mujeres posmenopáusicas, dado que la pérdida de densidad mineral ósea (DMO) y el deterioro microestructural aumentan de forma significativa el riesgo de fracturas, con especial incidencia en columna, cadera y muñeca (García-Bravo et al., 2025). Estas fracturas no son eventos aislados, sino que se asocian a dolor crónico, disminución de la capacidad funcional, mayor dependencia, reducción de la calidad de vida y un incremento del riesgo de mortalidad. Además, factores clínicos como la sarcopenia u osteosarcopenia pueden coexistir en esta población, agravando la debilidad muscular y la vulnerabilidad del sistema musculoesquelético (Li et al., 2025).

La literatura reciente subraya también la existencia de desigualdades persistentes en la salud de las mujeres, que han retrasado avances en prevención y diagnóstico, y justifican un mayor desarrollo de tecnologías destinadas específicamente a esta población (Moghimi-kandelousi et al., 2025).

1.2. Especificidad de la pérdida ósea en extremidades superiores

Los estudios disponibles evidencian que la pérdida ósea es un fenómeno sistémico que afecta tanto a huesos axiales como periféricos. En mujeres posmenopáusicas, la microarquitectura del radio distal muestra alteraciones profundas en la densidad trabecular, así como en el área y la densidad corticales. Estas variables estructurales se asocian de forma significativa con la masa muscular apendicular y la fuerza de prensión, lo que sugiere una

estrecha relación biomecánica entre el tejido muscular y el óseo en la extremidad superior (Gandham et al., 2025).

1.3. Importancia de los estímulos mecánicos y de la adherencia al ejercicio

La evidencia sintetizada muestra que el ejercicio físico es una estrategia eficaz no farmacológica para modular el metabolismo óseo en mujeres posmenopáusicas, incrementando marcadores de formación (ALP, P1NP, osteocalcina) y reduciendo marcadores de resorción como CTX (Zhang et al., 2025). Además, combinaciones de ejercicio con estímulos específicos (vibración, fuerza, impactos) y suplementación pueden mejorar la DMO, la masa muscular y la función física global (Li et al., 2025).

Por otra parte, la adherencia resulta crucial para el éxito de cualquier intervención: estudios de intervenciones digitales muestran que, aunque son factibles, no siempre logran mejoras sostenidas en comportamientos de salud o adherencia terapéutica (Hunegnaw et al., 2025). Asimismo, los patrones de actividad cotidiana, incluso con volúmenes de ejercicio similares, pueden influir en el riesgo de salud ósea si existen mayores periodos de inactividad sedentaria o fragmentación del movimiento (Jahanian et al., 2025).

1.4. Limitaciones actuales en la cuantificación de la dosis osteogénica

Existe una dificultad técnica reconocida para cuantificar con precisión la carga mecánica real que recibe el esqueleto durante las actividades cotidianas o programas de ejercicio. En particular, los ensayos de impacto dependen tradicionalmente de la monitorización acelerométrica en laboratorio y de la estimación indirecta de fuerzas, lo cual limita la capacidad de determinar si una persona recibe estímulos suficientes en su vida diaria para inducir una respuesta osteogénica (Sañudo et al., 2025).

Los documentos científicos actuales no proporcionan definiciones cuantitativas estandarizadas de "dosis osteogénica", pero sí señalan que las mediciones de volumen bruto (pasos, tiempo activo), intensidad (cadencia, impactos >3.9 G) o patrones de movimiento no siempre se traducen en indicadores precisos de estimulación ósea, especialmente en el miembro superior.

1.5. El papel emergente de wearables y tecnologías mHealth

Las tecnologías portátiles y las soluciones mHealth aparecen como herramientas clave para superar las limitaciones de monitorizar la carga mecánica en entornos reales. Los dispositivos actuales permiten el seguimiento continuo de biomarcadores y patrones de actividad, y se consideran una vía prometedora para mejorar la accesibilidad de la salud de las mujeres y el diagnóstico temprano de patologías, incluida la osteoporosis posmenopáusica (Moghimikandelousi et al., 2025).

En el ámbito del ejercicio, los wearables han sido integrados en intervenciones para registrar cadencia, intensidad e impactos, y para ofrecer retroalimentación personalizada, con el objetivo de optimizar la adherencia y la efectividad osteogénica (Sañudo et al., 2025). Además, revisiones sobre intervenciones digitales en personas mayores muestran que los programas tele-ejecutados son seguros, viables y pueden mejorar la función física, lo que refuerza su potencial en programas osteogénicos (Wing et al., 2025).

1.6. Justificación y objetivos

En este contexto, el presente capítulo se justifica por la necesidad de integrar la evidencia actual sobre ejercicio, tecnologías emergentes y salud ósea para avanzar hacia una prescripción osteogénica fundamentada en datos objetivos. Esto es especialmente relevante para intervenciones centradas en el miembro superior, un área donde la evidencia es más limitada que en extremidades inferiores, y para la comunicación científica de programas basados en impactometría y monitorización digital.

2. MARCO TEÓRICO Y FISIOLÓGICO

2.1. Principios de mecanotransducción aplicados a la extremidad superior

La mecanotransducción ósea se define como el proceso biológico mediante el cual las células óseas detectan estímulos mecánicos y los convierten en señales bioquímicas que regulan la remodelación y adaptación estructural del hueso. Este proceso se encuentra mediado principalmente por los osteocitos, que actúan como

sensores del microentorno mecánico y comunican los cambios de carga a osteoblastos y osteoclastos, modulando la formación y resorción ósea (Zhang et al., 2025).

Aunque la mayoría de los estudios se centran en extremidades inferiores, la misma lógica de mecanotransducción es aplicable al miembro superior, especialmente en el radio distal y el húmero proximal, donde la carga transmitida por las actividades de empuje, suspensión o impacto directo (p. ej., flexiones de pared o golpeteos controlados) puede inducir adaptaciones corticales y trabeculares (Sañudo et al., 2025).

2.1.1. Osteocitos como sensores mecánicos

Los osteocitos constituyen la red celular más abundante en el hueso y desempeñan un papel esencial como mecanorreceptores. Su morfología alargada y las prolongaciones dendríticas permiten captar las deformaciones inducidas por las cargas y transmitir señales a través del fluido canalicular y de la matriz ósea. Este flujo activa rutas de señalización intracelular que modulan la expresión de factores como esclerostina y DKK1, inhibidores de la vía Wnt/ β -catenina, crucial para la formación ósea (Boxer et al., 2025). Tras estímulos de impacto o resistencia, se ha observado un aumento transitorio de esclerostina y DKK1 seguido de un incremento sostenido de PINP, lo que indica una activación secuencial de remodelación anabólica del hueso.

2.1.2. Magnitud, tasa de carga y frecuencia como estímulos clave

La respuesta osteogénica depende de tres parámetros mecánicos fundamentales:

- Magnitud de carga: La fuerza aplicada o deformación ósea.
- Tasa de aplicación: La velocidad con que se aplica dicha carga.
- Frecuencia: El número de ciclos en un periodo determinado.

El metaanálisis de Zhang et al. (2025) demostró que los programas de ejercicio de hasta 6 meses y sesiones ≤ 60 minutos son eficaces para aumentar los niveles de PINP y osteocalcina y reducir CTX, sugiriendo que frecuencias altas con cargas rápidas, pero de corta duración, inducen una mayor formación ósea. Asimismo, la revisión de Whitman et al. (2025) mostró que el entrenamiento de fuerza mejora la DMO total y de cadera durante la transición menopáusica, destacando el papel de la intensidad del esfuerzo sobre la magnitud del estímulo. Estos principios son aplicables al miembro superior, donde la aplicación de impactos controlados puede reproducir la estimulación necesaria para preservar la masa ósea radial.

2.2. Variables del entrenamiento relevantes para la salud ósea

Las adaptaciones óseas al ejercicio se determinan no solo por la magnitud de la carga, sino también por las variables clásicas del entrenamiento:

- Intensidad y fuerza: generada La intensidad del esfuerzo es un determinante crítico de la estimulación osteogénica. El entrenamiento de fuerza de alta intensidad produce incrementos significativos en masa magra y fuerza muscular, variables que se asocian positivamente con la DMO y la microarquitectura cortical (Gandham et al., 2025). Li et al. (2025) demostraron que la combinación de vibración corporal total (WBV) y suplementación con vitamina D mejora la fuerza de prensión y la masa muscular apendicular, reforzando la interacción entre intensidad mecánica y metabolismo óseo-muscular.
- Volumen y número de ciclos: El volumen de entrenamiento influye directamente en el estímulo osteogénico acumulativo. Sin embargo, existe evidencia de efectos de saturación. El ensayo LIMB-Q (Gregori et al., 2025) mostró que un programa de intervención intensiva de 12 meses preservó la calidad ósea sin incrementar el grosor cortical, sugiriendo que la calidad del estímulo (tasa y tipo de carga) puede ser más determinante que la cantidad total. Sañudo et al. (2025) propusieron un volumen semanal basado en actividad de impacto (>3.9 G) monitorizada por Fitbit, integrando el número de impactos y su cadencia.
- Impacto en desplazamientos verticales y cargas rápidas: Los ejercicios que generan aceleraciones verticales y fuerzas rápidas de reacción (saltos, golpeteos) son los que más estimulan la formación ósea. Boxer et al. (2025) observaron que los saltos multidireccionales provocan aumentos inmediatos en marcadores anabólicos (PINP) y activan señales Wnt. Su traslado a la extremidad superior podría lograrse mediante ejercicios como golpeteos de pared o flexiones modificadas.

2.3. Tecnologías de monitorización aplicadas al ejercicio osteogénico

La incorporación de tecnologías portátiles ha transformado la capacidad de cuantificar y controlar la carga mecánica durante el ejercicio.

- **Acelerometría de muñeca y brazo:** Los acelerómetros ubicados en muñeca o antebrazo permiten medir la magnitud y frecuencia de los movimientos del miembro superior. Jahanian et al. (2025) demostraron su utilidad para caracterizar la distribución del esfuerzo y los periodos sedentarios. Dispositivos como Fitbit pueden estimar impactos de baja y moderada intensidad, representando un primer paso para evaluar la carga osteogénica radial.
- **Podómetros:** Aunque útiles para el volumen de actividad (pasos), carecen de sensibilidad para medir las fuerzas específicas aplicadas a los huesos del miembro superior.
- **Wearables con sensores de impacto:** Los sensores de impacto triaxiales permiten identificar aceleraciones verticales superiores a 3–4 G, consideradas umbral osteogénico (Sañudo et al., 2025). La integración de estos sensores en pulseras podría permitir medir los impactos transmitidos al radio o al húmero durante actividades cotidianas.
- **Plataformas y dispositivos emergentes (IMUs):** Las unidades de medición inercial proporcionan información tridimensional sobre orientación y aceleración segmentaria. Moghimikandelousi et al. (2025) destacan el potencial de la biomonitorización continua y de los sensores corporales integrados en textiles para detectar alteraciones en la salud ósea femenina.

3. METODOLOGÍA DE LA REVISIÓN

Para la elaboración de este capítulo, se ha llevado a cabo una revisión sistemática exhaustiva, estructurada conforme a los estándares académicos de síntesis de evidencia.

3.1. Diseño y criterios de elegibilidad

La pregunta de investigación se formuló siguiendo el esquema PICO, tomando como población diana a mujeres posmenopáusicas y como intervención programas de ejercicio físico planificado, supervisado y/o domiciliario. Se consideraron elegibles intervenciones basadas en fuerza o entrenamiento de resistencia de moderada-alta carga, ejercicios de impacto (saltos, pliometría, agilidad), entrenamiento aeróbico, vibración de cuerpo completo y programas multicomponente.

Los criterios de inclusión abarcaron:

- **Población:** Mujeres posmenopáusicas (≥ 12 meses de amenorrea).
- **Diseño:** Ensayos clínicos aleatorizados y estudios experimentales controlados.
- **Resultados:** DMO en distintas localizaciones clínicas (radio ultradistal, columna, cadera), parámetros de microarquitectura ósea y variables relacionadas con la carga mecánica.
- **Tecnología:** Se buscó explícitamente el uso de dispositivos wearable o acelerometría para cuantificar la carga.

Se excluyeron estudios con hombres, mujeres premenopáusicas, patologías óseas no osteoporóticas y tipos de publicación no originales (revisiones, cartas).

3.2. Estrategia de búsqueda y fuentes de información

Se realizó una búsqueda sistemática en tres bases de datos de alto impacto: PubMed/MEDLINE, Web of Science y Scopus, cubriendo desde el inicio de cada base hasta el 15 de septiembre de 2025. La estrategia combinó términos MeSH y palabras clave relacionadas con cuatro bloques conceptuales:

- Osteoporosis y DMO ("Osteoporosis, Postmenopausal", "Bone Density").
- Ejercicio ("Resistance Training", "Exercise").
- Localización anatómica ("Radius", "Forearm", "Upper Extremity").
- Tecnologías de monitorización ("Accelerometry", "Mobile Applications", "Wearable").

3.3. Procedimiento de análisis y extracción de datos

Para cada estudio incluido, se extrajeron datos sobre características de la muestra (edad, estado menopáusico, perfil óseo), protocolo de intervención (tipo, frecuencia, intensidad, duración) y resultados óseos (DMO mediante DXA, pQCT o HR-pQCT). Se prestó especial atención a cómo se cuantificó la carga mecánica ("dosis") y si se emplearon tecnologías objetivas para ello. La síntesis de resultados se realizó de forma narrativa debido a la heterogeneidad de las intervenciones.

4. RESULTADOS

La revisión sistemática ha permitido identificar y analizar 16 estudios experimentales de relevancia directa. A pesar de la heterogeneidad metodológica, el análisis detallado de los datos arroja luz sobre tres ejes fundamentales: la caracterización de las intervenciones, la ausencia sistemática de monitorización tecnológica objetiva y la especificidad biomecánica de la respuesta ósea en el miembro superior.

4.1. Características de los estudios y perfil de las participantes

El cuerpo de evidencia abarca un espectro demográfico amplio, permitiendo observar la respuesta ósea en distintas etapas del envejecimiento femenino. Los estudios oscilan desde cohortes de mujeres perimenopáusicas y posmenopáusicas recientes (40-60 años), donde el objetivo primordial es la prevención de la pérdida acelerada (Danz et al., 1998; Martin & Notelovitz, 1993), hasta mujeres de edad avanzada (75-85 años) con diagnóstico confirmado de baja masa ósea o fragilidad (Liu-Ambrose et al., 2004; Korpelainen et al., 2005).

La mayoría de las participantes presentaban un perfil sedentario al inicio de las intervenciones y no recibían Terapia Hormonal Sustitutiva (THS), aunque es reseñable que algunos protocolos permitieron la co-intervención con suplementos de calcio y vitamina D o fármacos antirresortivos, lo que añade una variable de confusión que debe ser considerada al interpretar la magnitud pura del efecto del ejercicio (Liphardt et al., 2015). Las intervenciones tuvieron una duración media de entre 9 y 12 meses, destacando la excepcionalidad del ensayo de Korpelainen et al. (2005) con un seguimiento de 30 meses, lo que aporta datos valiosos sobre la sostenibilidad de los efectos a largo plazo.

4.2. La brecha tecnológica: ausencia de monitorización objetiva de la carga

Uno de los hallazgos más contundentes y transversales de esta revisión es la inexistencia de cuantificación objetiva de la carga mecánica en el miembro superior mediante tecnologías portátiles.

4.2.1. Control de la intensidad y volumen

Ninguno de los ensayos analizados implementó el uso de acelerometría de muñeca, sensores inerciales o *wearables* comerciales para medir la "dosis osteogénica" real en condiciones de vida libre.

- Intensidad: Se reguló exclusivamente mediante variables tradicionales internas y externas: frecuencia cardíaca de reserva, porcentaje de una repetición máxima (%1RM) y escalas de esfuerzo percibido (Martin & Notelovitz, 1993; Adami et al., 1999). Si bien Basse y Ramsdale (1995) caracterizaron las fuerzas de reacción del suelo de los "heel drops", estas mediciones se restringieron al entorno de laboratorio con plataformas de fuerza, sin transferencia a la monitorización ambulatoria.
- Volumen: La cuantificación del volumen de ejercicio (repeticiones totales o tiempo de actividad) dependió enteramente de registros manuales, diarios de entrenamiento autoinformados y asistencia a sesiones supervisadas. Esto introduce un sesgo de memoria y subjetividad que impide conocer con exactitud el número de impactos osteogénicos que las participantes recibieron fuera de las sesiones controladas.

4.3. Efectos del ejercicio en la DMO y geometría del miembro superior

El análisis comparativo de los resultados densitométricos y estructurales (evaluados mediante DXA, pQCT y HR-pQCT) revela una dicotomía clara basada en la especificidad biomecánica del estímulo.

4.3.1. Ineficacia del ejercicio aeróbico y de impacto global para el radio

Los protocolos centrados en la carga de la extremidad inferior no mostraron transferencia de beneficios al miembro superior.

- En el ensayo de Martin y Notelovitz (1993), 12 meses de marcha en cinta (3 sesiones/semana, 30-45 min al 70–85% de la FC máx) mejoraron la capacidad cardiorrespiratoria, pero la DMO del antebrazo continuó su declive natural, comportándose el radio como un hueso "no cargado".
- Similarmente, el estudio de impacto de Bassey y Ramsdale (1995) demostró que, aunque los saltos ("heel drops") preservaron la DMO trocantérea, la DMO del radio disminuyó significativamente en el grupo de intervención. Esto evidencia que la onda de choque generada en el talón se disipa antes de alcanzar el umbral osteogénico necesario en la muñeca.

4.3.2. Eficacia de la fuerza sitio-específica y la remodelación geométrica

Por el contrario, las intervenciones que aplicaron cargas mecánicas directas sobre la muñeca lograron resultados estructurales positivos, incluso en ausencia de grandes cambios en la DMO total.

- Prevención de pérdida: Danz et al. (1998) reportaron que la adición de un ejercicio específico de fortalecimiento de muñeca a un programa general detuvo la pérdida de DMO en el radio distal a los 6 meses, manteniendo el efecto al año, correlacionándose con un aumento de la osteocalcina sérica.
- Cambios estructurales (pQCT): El estudio de Adami et al. (1999) es particularmente revelador. Mediante tomografía computarizada periférica, observaron que 6 meses de entrenamiento de fuerza específico aumentaron el área transversal del hueso cortical en un 2,8% y la densidad cortical en un 2,2%, a pesar de una disminución aparente de la densidad trabecular. El resultado neto fue un incremento del 3,1% en el contenido mineral cortical. Esto sugiere que el hueso responde al estrés mecánico redistribuyendo su mineral hacia la corteza para mejorar la resistencia a la flexión (momento de inercia), un cambio biomecánicamente más relevante que la simple DMO areolar.

4.3.3. Resultados mixtos en vibración y programas combinados

El entrenamiento vibratorio (WBV) mostró resultados inconsistentes para el miembro superior. Stolzenberg et al. (2013) encontraron incrementos modestos (~1%) en la DMO del radio distal tras 9 meses de WBV combinada con resistencia. Sin embargo, Liphardt et al. (2015), utilizando HR-pQCT de alta resolución, no hallaron mejoras significativas en la microarquitectura radial en mujeres osteopénicas tras 12 meses, sugiriendo que la transmisión de la vibración desde una plataforma de pie hasta la muñeca es insuficiente para superar el umbral de adaptación ósea.

5. DISCUSIÓN

La integración de los hallazgos obtenidos en esta revisión ofrece una perspectiva crítica sobre la prevención de la osteoporosis en la extremidad superior, revelando una clara dicotomía entre el conocimiento fisiológico teórico y su aplicación metodológica en los ensayos clínicos. El análisis conjunto de la evidencia confirma, en primer lugar, que la respuesta del tejido óseo en el radio y el cúbito está gobernada por un estricto principio de especificidad biomecánica. A diferencia de lo que ocurre con intervenciones farmacológicas que actúan sistémicamente, el ejercicio físico solo induce adaptaciones estructurales allí donde se produce una deformación mecánica directa y suficiente (Forwood & Burr, 1993). Los resultados de los estudios analizados desmienten la noción de que el ejercicio aeróbico general o los impactos centrados en el tren inferior (como la marcha o los saltos verticales estándar) generan un beneficio transferible a la muñeca; en estos casos, el radio actúa como un mero "testigo" pasivo de la pérdida ósea posmenopáusica, dado que la onda de choque generada en el suelo se disipa a través de las cadenas cinéticas antes de alcanzar el umbral de estimulación osteocitaria en la extremidad superior (Martin & Notelovitz, 1993; Bassey & Ramsdale, 1995; Korpelainen et al., 2005).

Esta realidad fisiológica, respaldada por la incapacidad de los protocolos de marcha para frenar la pérdida de DMO radial, contrasta con la eficacia observada en aquellas intervenciones que incorporan cargas sitio-específicas. Cuando se aplican fuerzas de tracción muscular directa o compresión axial sobre la muñeca — mediante ejercicios de fuerza, soporte de peso o gimnasia específica—, se activa la cascada de mecanotransducción mediada por los osteocitos y la vía Wnt/ β -catenina, promoviendo la osteogénesis o, al

menos, inhibiendo la resorción (Boxer et al., 2025; Zhang et al., 2025). De hecho, es revelador que incluso en ausencia de grandes cambios en la densidad mineral ósea areolar, el hueso responda redistribuyendo su mineral hacia la corteza para aumentar su resistencia a la flexión, tal y como evidencian los estudios con tomografía cuantitativa periférica, donde se observan mejoras en la geometría cortical tras protocolos de fuerza localizada (Adami et al., 1999; Danz et al., 1998; Stolzenberg et al., 2013). Este fenómeno subraya la importancia de considerar la interacción funcional de la unidad músculo-hueso: la fuerte asociación entre la fuerza de presión manual y la microarquitectura radial sugiere que el músculo no es solo un efector mecánico, sino un modulador directo de la salud ósea local, lo que refuerza la necesidad de abordar la osteosarcopenia mediante el fortalecimiento específico de la musculatura del antebrazo (Gandham et al., 2025; Li et al., 2025).

Sin embargo, la revisión pone de manifiesto una disonancia metodológica crítica que limita el avance de la prescripción clínica: la desconexión entre la definición biológica de "carga" y su cuantificación en la práctica investigadora. Mientras que la mecanobiología establece que la respuesta ósea depende de la magnitud, la tasa y la frecuencia de la deformación (strain), los ensayos clínicos continúan prescribiendo y monitorizando el ejercicio mediante variables tradicionales del entrenamiento de fuerza (series, repeticiones, porcentaje de 1RM) o volumen de tiempo (Zhang et al., 2025; Gregori et al., 2025). Estas métricas, aunque útiles para el rendimiento muscular, son indicadores imprecisos de la carga osteogénica real. Un ejercicio ejecutado lentamente puede fatigar el músculo sin generar la tasa de deformación necesaria para estimular el hueso, mientras que un impacto breve y rápido podría ser altamente osteogénico pero pasar desapercibido en un registro de "minutos de actividad" (Sañudo et al., 2017).

Esta limitación se ve exacerbada por el hallazgo más transversal de este trabajo: la ausencia sistemática de monitorización tecnológica objetiva en los estudios sobre extremidad superior. A pesar de la disponibilidad actual de acelerómetros triaxiales, sensores inerciales y dispositivos wearable capaces de discriminar impactos y caracterizar patrones de movimiento en la vida libre, la investigación clínica sigue dependiendo de diarios autoinformados y registros de asistencia, herramientas vulnerables al sesgo de memoria y subjetividad (Bassey & Ramsdale, 1995; Jahanian et al., 2025). Esta "ceguera tecnológica" impide establecer curvas dosis-respuesta precisas y deja sin respuesta la pregunta fundamental de cuántos impactos o qué magnitud de fuerza específica se requiere diariamente para preservar la integridad del radio distal. En consecuencia, el futuro de la prevención de fracturas de muñeca no reside únicamente en el diseño de nuevos ejercicios, sino en la integración de soluciones mHealth y biomonitorización que permitan cuantificar, validar y prescribir la dosis mecánica real que recibe la paciente en su día a día, cerrando así la brecha entre el laboratorio de biomecánica y la práctica clínica real (Sañudo et al., 2025; Moghimikandelousi et al., 2025).

6. CONCLUSIÓN

En conclusión, la síntesis de la evidencia científica valida la capacidad del hueso del miembro superior para preservar su integridad estructural y densidad mineral, pero únicamente cuando se somete a estímulos mecánicos sitio-específicos de fuerza y soporte de peso, descartando la eficacia de intervenciones sistémicas o de impacto exclusivo en el tren inferior para proteger el radio distal. No obstante, la aplicabilidad clínica de estos hallazgos se ve severamente limitada por una brecha tecnológica transversal: la ausencia de cuantificación objetiva de la dosis osteogénica real mediante dispositivos *wearables* o acelerometría en los ensayos actuales. Por tanto, es imperativo que la prescripción de ejercicio evolucione desde modelos genéricos basados en variables tradicionales hacia una metodología de precisión apoyada en soluciones *mHealth*, capaz de monitorizar, validar y asegurar el umbral de carga mecánica necesario para combatir la osteosarcopenia y reducir el riesgo de fracturas en esta población vulnerable.

7. REFERENCIAS

Adami, S., Gatti, D., Braga, V., Bianchini, D., & Rossini, M. (1999). Site-specific effects of strength training on bone structure and geometry of ultradistal radius in postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 14(1), 120–124.

Bassey, E. J., & Ramsdale, S. J. (1995). Weight-bearing exercise and ground reaction forces: A 12-month randomized controlled trial of effects on bone mineral density in healthy postmenopausal women. *Bone*, 16(4), 469–476.

Boxer, B., Zhang, Z., Folland, J. P., Eastell, R., Gossiel, F., Caliskan, O., & Brooke-Wavell, K. (2025). Acute effect of impact and resistance exercise on Wnt signaling modulators, bone and cartilage metabolism. *Journal of Bone and Mineral Research*, zjaf128.

Daly, R. M., Gianoudis, J., Kersh, M. E., Bailey, C. A., Ebeling, P. R., Krug, R., Nowson, C. A., Hill, K., & Sanders, K. M. (2020). Multicomponent exercise programs are recommended to reduce fracture risk; however, their effectiveness in real-world community settings remain uncertain. *Journal of Bone and Mineral Research*, 35(3), 417–418.

Danz, A. M., Zittermann, A., Schiedermaier, U., Klein, K., Hötzel, D., & Schönau, E. (1998). The effect of a specific strength-development exercise on bone mineral density in perimenopausal and postmenopausal women. *Journal of Women's Health*, 7(6), 701-709.

Du, J., Hartley, C., Brooke-Wavell, K., et al. (2021). High-impact exercise stimulated localised adaptation of microarchitecture across distal tibia in postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 32(5), 907–919.

Forwood, M. R., & Burr, D. B. (1993). Physical activity and bone mass: Exercises in futility? *Bone Mineral*, 21, 89–112.

Gandham, A., Vandenput, L., Turbic, A., MacRae, M., Nassar, H., Kolterman, O. G., ... & Lorentzon, M. (2025). Associations between muscle mass and strength and bone microarchitecture in Caucasian postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 36(10), 2031-2039.

García-Bravo, S., García-Bravo, C., Gil-Manglano, M., Rodríguez-Pérez, M., Poveda-García, A., & Huertas-Hoyas, E. (2025). Impact of the Pilates Method on Quality of Life and Functional Well-Being in Women with Osteoporosis: Protocol for a Randomized Controlled Trial. *Healthcare*, 13(22), 2950.

Gregori, G., Mediwala, S., Liebschner, M., Kim, D., Bryant, M. S., Klonis, N., ... & Villareal, D. T. (2025). Bone quality response to lifestyle intervention in older adults with obesity (LIMB-Q trial): a randomised controlled trial. *The Lancet Healthy Longevity*, 6(9).

Hunegnaw, M. T., Mesinovic, J., Jansons, P., George, E. S., De Ross, B., Kiss, N., ... & Scott, D. (2025). Feasibility and effectiveness of a digital voice assistant for improving anti-osteoporosis medication adherence, and osteoporosis knowledge and attitudes, in postmenopausal women with osteoporosis: A 12-month randomised controlled trial. *Archives of Osteoporosis*, 20(1), 43.

Jahanian, O., Winham, S. J., Kapoor, E., Rocca, W. A., LeBrasseur, N., Kantarci, K., ... & Fortune, E. (2024). Habitual physical activity and sedentary behavior among women with and without premenopausal bilateral oophorectomy: an exploratory study. *Menopause*, 10-1097.

Korpelainen, R., Keinänen-Kiukaanniemi, S., Heikkinen, J., Väänänen, K., & Korpelainen, J. (2005). Effect of impact exercise on bone mineral density in elderly women with low BMD: A population-based randomized controlled 30-month intervention. *Osteoporosis International*, 17, 109–118.

Li, W., Li, Y., Wang, Z., Lu, Y., Qiu, Y., Li, Z., & Yang, F. (2025). Effects of 12 Weeks of Whole-Body Vibration Training and Vitamin D Supplementation on Bone Density and Muscle Quality in the Aged with Osteosarcopenia: A Randomized Controlled Trial. *Gerontology*, 71(11), 899-909.

Liang, M. T., Quezada, L., Lau, W. J., Sokmen, B., & Spalding, T. W. (2012). Effect of short-term upper-body resistance training on muscular strength, bone metabolic markers, and BMD in premenopausal women. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 201-208.

Liphardt, A. M., Schipilow, J., Hanley, D. A., & Boyd, S. K. (2015). Bone quality in osteopenic postmenopausal women is not improved after 12 months of whole-body vibration training. *Osteoporosis International*, 26(3), 911-920.

Liu-Ambrose, T. Y., Khan, K. M., Eng, J. J., Heinonen, A., & McKay, H. A. (2004). Both resistance and agility training increase cortical bone density in 75-to 85-year-old women with low bone mass: a 6-month randomized controlled trial. *Journal of Clinical Densitometry*, 7(4), 390-398.

Martin, D., & Notelovitz, M. (1993). Effects of aerobic training on bone mineral density of postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 8, 931–936.

Moghimikandelousi, S., Najm, L., Lee, Y., Bayat, F., Prasad, A., Khan, S., ... & Didar, T. F. (2025). *Advances in biomonitoring technologies for women's health*. *Nature Communications*, 16(1), 8507.

Sañudo, B., de Hoyo, M., Del Pozo-Cruz, J., Carrasco, L., Del Pozo-Cruz, B., Tejero, S., & Firth, E. (2017). A systematic review of the exercise effect on bone health: The importance of assessing mechanical loading in perimenopausal and postmenopausal women. *Menopause*, 24(10), 1208–1216.

Sañudo, B., Reverte-Pagola, G., Maher, C., Godino, J., Carrasco, L., Oviedo, M. Á., ... & Tejero, S. (2025). Effectiveness of an mHealth-based impact exercise program for bone health in postmenopausal women: a randomised controlled trial protocol. *BMC Public Health*, 25(1), 2426.

Stolzenberg, N., Belavy, D. L., Beller, G., Ambrecht, G., Semler, J., & Felsenberg, D. (2013). Bone strength and density via pQCT in post-menopausal osteopenic women after 9 months resistive exercise with whole body vibration or proprioceptive exercise. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 13(1), 66–76.

Wing, D., Nichols, J. F., Parra, M. T., Barkai, H. S., & Moran, R. J. (2025). Digitally delivered, group-based exercise interventions for older adults: Scoping review. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e73578.

Zhang, W., Li, X., He, Q., & Wang, X. (2025). Effects of exercise on bone metabolism in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Endocrinology*, 16, 1597046.

ANÁLISIS DE PLATAFORMAS DE OPEN DATA PARA LA CREACIÓN DE ESPACIOS URBANOS SALUDABLES

¹Cobos-Valiente, David; ² Núñez-Sánchez, José Manuel; ¹Bernal-García, Ainara; ¹Grimaldi-Puyana, Moisés; ¹García-Fernández, Jerónimo

¹ *Departamento de Educación Física y Deporte, Universidad de Sevilla.*

² *Departamento Organización de Empresas y Marketing, Universidad de Málaga.*

[ORCID David Cobos-Valiente: 0009-0003-3544-1009](#)

[ORCID José Manuel Núñez-Sánchez: 0000-0002-0766-8551](#)

[ORCID Ainara Bernal-García: 0000-0003-3656-3860](#)

[ORCID Moisés Grimaldi-Puyana: 0000-0003-4722-1532](#)

[ORCID Jerónimo García-Fernández: 0000-0001-6574-9758](#)

Resumen:

Introducción: El desarrollo de plataformas de open data en el ámbito municipal generó nuevas oportunidades para la planificación urbana basada en evidencia, especialmente en la creación de entornos que favorezcan la salud y la actividad física. Sin embargo, persistían dudas sobre el grado real de madurez y utilidad de estas plataformas en diferentes ciudades. El objetivo de este trabajo fue analizar comparativamente diversas plataformas de open data de capitales españolas para evaluar su potencial en la creación de espacios urbanos saludables.

Método: Se llevó a cabo un análisis comparativo de plataformas de open data en capitales españolas, utilizando un enfoque descriptivo. La evaluación se realizó a partir de criterios técnicos y funcionales, incluyendo formatos de datos, disponibilidad de API, visualización, licencias, actualización, cobertura temática y calidad de metadatos, siguiendo una lógica de benchmark.

Resultados: Los resultados muestran una notable heterogeneidad entre ciudades, identificándose tres niveles de desarrollo: plataformas avanzadas, con alta capacidad de reutilización; plataformas intermedias, con estructuras funcionales pero mejorables; y plataformas rezagadas, con limitaciones significativas. Las principales diferencias se concentraron en la accesibilidad, actualización e interoperabilidad de los datos.

Conclusión: El open data presentó un elevado potencial para apoyar la creación de espacios urbanos saludables, aunque su impacto depende de la calidad y gestión de los datos. En este sentido, resultó necesario avanzar hacia modelos más estandarizados, interoperables y orientados al usuario, que permitan transformar la información en conocimiento útil para la toma de decisiones públicas.

Palabras clave: Open Data; ciudades inteligentes; salud urbana; actividad física; planificación urbana

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la transformación digital de las administraciones públicas ha impulsado un cambio significativo en la forma en que se generan, gestionan y utilizan los datos para la toma de decisiones. En este contexto, el concepto de *open data* o datos abiertos ha adquirido un papel central como instrumento para mejorar la transparencia, fomentar la innovación y optimizar la prestación de servicios públicos.

Janssen et al. (2022) ha definido los datos abiertos, de manera general, como aquellos que podían ser utilizados, reutilizados y redistribuidos libremente por cualquier persona, sujetos, como máximo, al requisito de atribución o de compartirse bajo las mismas condiciones. Esta apertura no solo respondió a una lógica de rendición de cuentas, sino que se configuró como un elemento clave en la construcción de ecosistemas digitales que favoreció la generación de valor público.

En particular, el desarrollo de políticas de open data ha sido especialmente relevante en el ámbito urbano, donde las ciudades han comenzado a desplegar portales de datos abiertos como parte de sus estrategias de digitalización y modernización administrativa. Estas plataformas han permitido el acceso a grandes volúmenes de información sobre múltiples dimensiones de la realidad urbana, incluyendo movilidad, medio ambiente, demografía, equipamientos y, en menor medida, actividad física y deporte. Sin embargo, la mera disponibilidad de datos no garantiza su utilidad. Tal y como señalan Zuiderwijk y Janssen (2014), uno de los principales retos de las iniciativas de datos abiertos reside en asegurar su calidad, accesibilidad y capacidad de reutilización efectiva, aspectos que han dependido en gran medida del diseño y funcionamiento de las plataformas digitales que los albergan. De igual forma, la creciente preocupación por la salud pública y el bienestar de la población ha situado a las ciudades en el centro de las estrategias de promoción de estilos de vida activos. La evidencia científica ha demostrado de forma consistente que el entorno urbano influye de manera decisiva en los niveles de actividad física de la población, condicionando aspectos como la accesibilidad a instalaciones deportivas, la disponibilidad de espacios verdes o la conectividad peatonal (Sallis et al., 2016). En este sentido, el diseño de espacios urbanos saludables se ha convertido en una prioridad para los gobiernos locales, que han buscado integrar criterios de salud en la planificación urbana con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la ciudadanía.

En este contexto, la intersección entre open data y salud urbana han planteado, por tanto, un campo de gran interés tanto desde el punto de vista académico como aplicado. El acceso a datos abiertos sobre infraestructuras deportivas, hábitos de actividad física, uso de espacios públicos o indicadores de salud ha permitido a las administraciones públicas desarrollar diagnósticos más precisos y diseñar intervenciones más ajustadas a las necesidades reales de la población. Además, según Attard et al. (2015) estos datos pudieron ser utilizados por investigadores, empresas y ciudadanía para generar conocimiento, desarrollar aplicaciones y promover iniciativas que contribuyan a la creación de entornos más activos y saludables.

No obstante, a pesar del potencial del open data en este ámbito, diversos estudios han señalado la existencia de importantes limitaciones en su implementación. Attard et al. (2015) establecieron que entre los principales desafíos han destacado la heterogeneidad de los formatos de datos, la ausencia de estándares comunes, la escasa actualización de los datasets y la falta de metadatos adecuados que faciliten su comprensión y reutilización. Estas carencias dificultaron la integración de la información y reducen su aplicabilidad en procesos de planificación y toma de decisiones. Asimismo, la disponibilidad de datos relacionados específicamente con la actividad física, el deporte y la salud urbana ha sido más limitada en comparación con otros ámbitos como la movilidad o el medio ambiente, lo que ha puesto de manifiesto una brecha en la apertura de información relevante para la promoción de estilos de vida saludables.

En este contexto, resultó necesario avanzar hacia análisis que no solo examinen la existencia de portales de datos abiertos, sino que evalúen de manera crítica su calidad, funcionalidad y utilidad real para la gestión pública. Como señaló Kitchin (2014), la revolución de los datos no debe medirse únicamente en términos de volumen, sino en función de la capacidad de los datos para ser transformados en conocimiento útil que apoye la toma de decisiones. Esto implica considerar aspectos técnicos como la interoperabilidad, la disponibilidad de interfaces de programación de aplicaciones (API), la claridad de las licencias de uso o la calidad de la visualización de los datos, todos ellos elementos que condicionan la accesibilidad y el aprovechamiento de la información.

En el ámbito específico de la planificación urbana saludable, el análisis de plataformas de open data ha adquirido una relevancia estratégica. La posibilidad de acceder a datos estructurados y actualizados ha permitido identificar desigualdades territoriales, evaluar la distribución de equipamientos deportivos, analizar patrones de uso de los espacios públicos y diseñar políticas basadas en evidencia. Sin embargo, cuando los datos no están disponibles en formatos reutilizables o carecen de actualización, su utilidad se ve significativamente reducida, limitando la capacidad de las administraciones para desarrollar intervenciones eficaces. Así, y a pesar de la creciente literatura sobre open data y smart cities, Lnenicka et al. (2024) cuentan que existe una carencia de estudios que analicen de forma específica el grado de desarrollo de las plataformas de datos abiertos en relación con la actividad física, el deporte y la salud urbana, especialmente en el contexto español. La mayoría de las investigaciones se han centrado en aspectos generales del open data o en ámbitos como la movilidad o la sostenibilidad ambiental, dejando en un segundo plano el análisis de los datos vinculados a la promoción de estilos de vida activos. Esta laguna justificó la necesidad de realizar estudios que aborden de manera específica la evaluación de plataformas de open data desde la perspectiva de la salud urbana.

En respuesta a esta necesidad, el presente capítulo tuvo como objetivo analizar comparativamente diversas plataformas de open data de capitales españolas, con el fin de evaluar su potencial para contribuir a la creación de espacios urbanos saludables. El análisis ha permitido identificar fortalezas y debilidades en el desarrollo de las plataformas, así como establecer recomendaciones orientadas a mejorar su utilidad en la planificación de políticas públicas relacionadas con la actividad física y la salud. A través de un análisis comparativo de carácter aplicado, se ha pretendido contribuir al avance del conocimiento en este ámbito y ofrecer orientaciones prácticas para el desarrollo de políticas públicas más eficaces y orientadas al bienestar de la ciudadanía.

2. OPEN DATA, HERRAMIENTAS DIGITALES Y ESPACIOS URBANOS SALUDABLES

2.1 Open Data en la gestión pública

El desarrollo de políticas de datos abiertos se ha consolidado como uno de los elementos clave en los procesos de transformación digital de las administraciones públicas. El concepto de *open data* hace referencia a la disponibilidad de datos públicos en formatos accesibles, reutilizables y libres de restricciones técnicas o legales, lo que permite su uso por parte de distintos agentes sociales, como administraciones, empresas, investigadores o ciudadanía (Open Knowledge Foundation, 2020). Este enfoque se integra dentro del paradigma de gobierno abierto, orientado a promover la transparencia, la participación y la colaboración institucional.

En el ámbito urbano, la apertura de datos adquiere una especial relevancia debido a la creciente complejidad de las ciudades y a la necesidad de gestionar grandes volúmenes de información en múltiples áreas. Las administraciones locales generan datos de forma continua en ámbitos como la movilidad, el medio ambiente, el urbanismo o los servicios públicos. Atendiendo a Janssen et al. (2012) cuando estos datos se estructuran y se ponen a disposición de forma abierta, se convierten en un recurso estratégico que puede mejorar la toma de decisiones y la eficiencia en la gestión pública. No obstante, la apertura de datos no debe entenderse únicamente como un ejercicio de transparencia, sino como una oportunidad para generar valor público. En este sentido, la utilidad real de los datos abiertos depende de su calidad, su accesibilidad y su capacidad de reutilización. Tal y como señalan Attard et al. (2015), la mera publicación de datos no garantiza su aprovechamiento, siendo necesario que estos se presenten en formatos adecuados, con metadatos suficientes y bajo condiciones que faciliten su uso por parte de terceros.

2.2 Plataformas digitales y ecosistemas de datos

Las plataformas de datos abiertos constituyeron la infraestructura tecnológica que permitió materializar las políticas de open data. Estos portales actuaron como repositorios digitales donde se almacenaron, organizaron y difundieron datasets procedentes de diferentes áreas de la administración. Su diseño y funcionamiento han condicionado de manera directa la accesibilidad y la reutilización de la información, lo que convirtió a estos sistemas en elementos centrales dentro de los ecosistemas de datos urbanos.

Desde una perspectiva técnica, existieron diversos factores que determinan la calidad de una plataforma de open data. Entre ellos destacaron los formatos de los datos, la existencia de interfaces de programación de aplicaciones (API), la claridad de las licencias de uso, la disponibilidad de metadatos y la calidad de la visualización de la información. La utilización de formatos abiertos como CSV, JSON o XML ha facilitado el tratamiento automatizado de los datos y su integración en diferentes aplicaciones, mientras que las APIs han facilitado acceder a la información de forma dinámica y escalable (Nogueras-Iso et al., 2021).

La interoperabilidad constituyó otro de los elementos clave en el desarrollo de ecosistemas de datos. La capacidad de integrar información procedente de distintas fuentes resultó esencial para generar análisis complejos y desarrollar soluciones innovadoras. En este sentido, la adopción de estándares comunes, como el modelo de metadatos DCAT-AP promovido por la Unión Europea, ha contribuido en la mejora de la calidad y la comparabilidad de los datos publicados (European Commission, 2020). Además, el desarrollo de plataformas de open data se enmarcó en estrategias más amplias orientadas a la economía del dato y la digitalización de los servicios públicos. Tal y como señalan Jetzek et al. (2012), el valor de los datos abiertos no ha residido únicamente en su disponibilidad, sino en su capacidad para generar nuevas oportunidades de innovación, tanto en el sector público como en el privado. Sin embargo, este potencial dependió en gran medida del grado de madurez de las plataformas y de la existencia de condiciones que faciliten la reutilización efectiva de la información.

2.3 Open Data y planificación de espacios urbanos saludables

La relación entre open data y salud urbana se ha intensificado en los últimos años, en paralelo al reconocimiento del papel que desempeña el entorno construido en los niveles de actividad física y bienestar de la población. Las ciudades no solo son espacios de convivencia, sino también entornos que influyen de manera directa en los hábitos de vida de sus habitantes. Estudios como los de Sallis et al. (2016) informaron que factores como la disponibilidad de instalaciones deportivas, la accesibilidad a espacios verdes o la conectividad urbana condicionan la práctica de actividad física y, en consecuencia, los niveles de salud de la ciudadanía. Así, el acceso a datos abiertos sobre infraestructuras deportivas, uso de los espacios públicos o indicadores de salud han facilitado a las administraciones públicas desarrollar diagnósticos más precisos y diseñar intervenciones basadas en evidencia. La posibilidad de analizar la distribución territorial de los equipamientos o identificar áreas con menor acceso a recursos favoreció la planificación de políticas orientadas a reducir desigualdades y promover estilos de vida activos (Giles-Corti et al., 2016), en línea con enfoques recientes que propusieron el uso de indicadores integrados para evaluar la relación entre diseño urbano, salud y sostenibilidad en las ciudades (Montana et al., 2025). Asimismo, el uso de herramientas digitales y plataformas de datos abiertos ha facilitado la integración de información procedente de diferentes ámbitos, como la movilidad, el urbanismo o el medio ambiente. Esta visión integral resultó fundamental para abordar la complejidad de los entornos urbanos y diseñar estrategias que tengan en cuenta la interacción entre múltiples factores. En este sentido, el open data ha podido actuar como un elemento facilitador en la construcción de ciudades más sostenibles, inclusivas y saludables (Batty, 2018).

Sin embargo, el potencial de los datos abiertos en la planificación urbana saludable no siempre se ha materializado plenamente. Dawes et al. (2016) informaron sobre la existencia de limitaciones relacionadas

con la fragmentación de la información, la falta de actualización de los datasets o la ausencia de estándares comunes, lo que dificultó su reutilización efectiva. Además, los datos específicos sobre actividad física y deporte han estado menos desarrollados que los de otros ámbitos, lo que limitó su capacidad para apoyar la toma de decisiones en este campo. Por lo descrito, resultó necesario analizar de manera crítica el grado de desarrollo de las plataformas de open data y su capacidad real para contribuir a la creación de espacios urbanos saludables. Evaluar aspectos como la calidad de los datos, su accesibilidad y su interoperabilidad ha permitido identificar tanto buenas prácticas como áreas de mejora, contribuyendo así a fortalecer el papel de los datos abiertos en la gestión urbana y en la promoción del bienestar de la población.

3. DISEÑO METODOLÓGICO DEL ANÁLISIS COMPARATIVO.

3.1 Enfoque metodológico.

El presente estudio adoptó un enfoque metodológico de carácter descriptivo y comparativo, orientado al análisis de plataformas de open data desde una perspectiva aplicada. A diferencia de otros trabajos centrados en la revisión de literatura científica, este estudio se ha basado en la evaluación directa de infraestructuras digitales reales, lo que ha permitido aproximarse al grado de desarrollo efectivo de los datos abiertos en el ámbito de la gestión pública local.

Este enfoque resultó especialmente adecuado para el objeto de estudio, ya que el interés no ha residido únicamente en la existencia de políticas de open data, sino en su materialización operativa a través de plataformas digitales y en su capacidad para generar información útil en procesos de planificación urbana. Tal y como señalan Zuiderwijk et al. (2015), el análisis de los sistemas de datos abiertos debe considerar no solo aspectos normativos o estratégicos, sino también dimensiones técnicas y funcionales que condicionan su uso real.

Desde esta perspectiva, el estudio se configuró como un benchmark de plataformas, entendido como un proceso sistemático de comparación entre diferentes portales de datos abiertos con base en criterios homogéneos de evaluación. Este tipo de aproximación ayudó a determinar diferencias en el grado de madurez de las plataformas, así como detectar buenas prácticas y áreas de mejora en la gestión de datos públicos (European Commission, 2020; Lnenicka et al., 2024).

3.2 Muestra.

La muestra analizada se compuso por 15 capitales españolas que disponen de portales de open data accesibles públicamente: Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Zaragoza, Málaga, Murcia, Palma, Las Palmas de Gran Canaria, Bilbao, Alicante, Córdoba, Valladolid, Vigo y A Coruña. La selección se realizó atendiendo a un criterio de inclusión basado en la disponibilidad de datasets relacionados, directa o indirectamente, con la actividad física, el deporte y la salud urbana. Asimismo, se ha considerado el tamaño poblacional de las ciudades, priorizando aquellas con mayor número de habitantes, dado que presentan una mayor complejidad en la gestión urbana y, por tanto, un mayor desarrollo potencial de infraestructuras digitales y ecosistemas de datos abiertos.

En este sentido, se han considerado aquellas ciudades cuyos portales incluyen información susceptible de ser utilizada en la planificación de entornos urbanos saludables, tales como datos sobre instalaciones deportivas, uso de espacios públicos, equipamientos urbanos, movilidad o variables ambientales. Este enfoque ha respondido a una concepción amplia de la salud urbana, en la que la actividad física se entiende como un fenómeno influido por múltiples factores territoriales y sociales (Giles-Corti et al., 2016).

Cabe señalar que la selección no se ha limitado exclusivamente a la presencia de datos específicos sobre deporte, sino que incorpora también datasets complementarios que pueden contribuir al análisis del entorno urbano, en línea con enfoques integradores de planificación. De este modo, se garantizó una visión

más completa del potencial de los portales de open data en la generación de conocimiento útil para la toma de decisiones.

3.3 Variables de análisis.

El análisis de las plataformas se ha estructurado a partir de un conjunto de criterios homogéneos, definidos con el objetivo de evaluar la calidad, accesibilidad y reutilización de los datos. Estos criterios se basaron en estándares ampliamente reconocidos en la literatura sobre open data y en las recomendaciones de organismos internacionales.

Los principales criterios considerados son los siguientes:

Formatos de los datos: se evaluó si los datasets están disponibles en formatos abiertos y estructurados (como CSV, JSON o XML), frente a formatos cerrados o de difícil tratamiento (como PDF). La utilización de formatos abiertos facilitó la reutilización y el análisis automatizado de la información (Janssen et al., 2012).

Disponibilidad de API: se analizó la existencia de interfaces de programación de aplicaciones que permitan el acceso automatizado a los datos. Las APIs constituyeron un elemento clave para el desarrollo de aplicaciones y servicios basados en datos abiertos (Attard et al., 2015).

Visualización y experiencia de usuario: se consideró la presencia de herramientas de visualización (gráficos, dashboards) y la facilidad de navegación en los portales, aspectos que influyeron en la accesibilidad y comprensión de la información.

Licencias de uso: se evaluó la claridad y apertura de las licencias asociadas a los datasets, teniendo en cuenta si permiten su reutilización sin restricciones significativas. La definición de licencias claras fue fundamental para garantizar la seguridad jurídica en el uso de los datos (Attard et al., 2015).

Frecuencia de actualización: se examinó la periodicidad con la que se actualizan los datasets, ya que la obsolescencia de los datos puede limitar su utilidad para la toma de decisiones.

Cobertura temática: se valoró la diversidad y relevancia de los datasets disponibles en relación con la actividad física, el deporte y la salud urbana.

Metadatos y accesibilidad: se revisó la disponibilidad de información descriptiva sobre los datasets (fecha, fuente, descripción, formato), así como la facilidad de acceso a los mismos. La presencia de metadatos adecuados resultó esencial para facilitar la comprensión y reutilización de los datos (European Commission, 2020), siendo además un elemento clave en la evaluación de la calidad de los catálogos de datos abiertos mediante enfoques automatizados (Martínez-Gil, 2025).

Estos criterios permitieron realizar una evaluación integral de las plataformas, considerando tanto aspectos técnicos como funcionales, y ofreciendo una base sólida para la comparación entre diferentes ciudades.

Según Ruijter et al. (2017) y Veljković et al. (2014), este tipo de análisis comparativo de plataformas se alineó con enfoques previos orientados a evaluar el desarrollo y la utilidad de los ecosistemas de datos abiertos, especialmente en relación con su capacidad para generar valor público y facilitar su reutilización. En este sentido, más que centrarse exclusivamente en aspectos normativos, estos enfoques destacaron por la importancia de analizar las dimensiones técnicas y funcionales de las plataformas, tales como la accesibilidad, la calidad de los datos y las posibilidades de uso por parte de diferentes agentes.

3.4 Procedimiento.

La recogida de información se llevó a cabo mediante la revisión directa de los portales oficiales de datos abiertos de las ciudades seleccionadas. Para cada plataforma, se ha realizado un análisis sistemático de los datasets disponibles, prestando especial atención a aquellos relacionados con el ámbito de estudio.

El proceso de recogida incluyó la identificación y registro de variables específicas, tales como la URL del dataset, el formato de los datos, la fecha de actualización, el tipo de licencia y la existencia de API. Esta información ha sido recopilada en una matriz de análisis que ha permitido organizar y comparar los datos de forma estructurada.

Posteriormente, se aplicó un sistema de evaluación comparativa, asignando puntuaciones a cada uno de los criterios definidos. Este sistema permitió elaborar un ranking de plataformas en función de su grado de desarrollo y su capacidad para facilitar la reutilización de los datos.

El análisis se desarrolló siguiendo una lógica coherente con iniciativas como DataActive, orientada a evaluar el nivel de madurez de los ecosistemas de datos abiertos en el ámbito urbano. Este tipo de aproximación permitió no solo describir el estado actual de las plataformas, sino también identificar patrones comunes y diferencias significativas entre ciudades.

4. RESULTADOS DEL BENCHMARK DE PLATAFORMAS.

4.1 Panorama general de los portales de open data.

El análisis realizado sobre las plataformas de open data de las capitales seleccionadas pusieron de manifiesto la existencia de un ecosistema ampliamente desarrollado, aunque heterogéneo en términos de calidad, accesibilidad y capacidad de reutilización de los datos. En términos generales, la mayoría de las ciudades analizadas disponen de portales de datos abiertos consolidados, lo que evidencia un avance significativo en la adopción de políticas de transparencia y digitalización en el ámbito municipal.

Sin embargo, la presencia de un portal de open data no implicó necesariamente un alto nivel de madurez, ya que se identificaron diferencias sustanciales en la estructura de los portales, en la organización de los datasets y, especialmente, en su utilidad práctica para el análisis y la planificación urbana. En este sentido, se observó que algunos portales funcionan principalmente como repositorios informativos, mientras que otros se han configurado como verdaderas plataformas de datos orientadas a la reutilización y al desarrollo de aplicaciones.

Una de las tendencias más relevantes detectadas es la predominancia de plataformas basadas en tecnologías estandarizadas, como CKAN, lo que facilitó en cierta medida la homogeneidad estructural entre portales. No obstante, esta base común no garantizó niveles equivalentes de calidad, ya que la implementación concreta de cada portal varía significativamente en función de los recursos técnicos y organizativos de cada administración.

4.2 Clasificación de las plataformas según su grado de desarrollo.

El análisis comparativo realizado permitió establecer una clasificación de las plataformas de open data en función de su grado de desarrollo, atendiendo a los criterios definidos en el apartado metodológico. Esta clasificación no solo ha respondido a la disponibilidad de datos, sino especialmente a su calidad, accesibilidad y capacidad de reutilización, aspectos clave para su aplicación en la planificación de espacios urbanos saludables.

En términos generales, se identificaron tres niveles diferenciados de desarrollo: un grupo líder, caracterizado por plataformas maduras y orientadas a la reutilización; un grupo intermedio, con estructuras funcionales

pero con ciertas limitaciones; y un grupo rezagado, donde los portales presentaron déficits importantes en términos técnicos y organizativos.

Con el objetivo de sintetizar el análisis comparativo realizado, la Tabla 1 presenta la evaluación de las plataformas en función de los criterios considerados.

Tabla 1

Ranking comparativo de plataformas

Ciudad	Formatos (0-5)	API (0-5)	Visualización (0-5)	Licencia (0-5)	Actualización (0-5)	Cobertura Temática (0-5)	Accesibilidad (0-5)	Puntuación global
Málaga	5	5	4	5	4	4	3	23
Madrid	5	5	3	4	5	5	3	22
Valencia	5	5	5	5	5	4	4	22
Barcelona	4	4	4	5	4	4	4	21
Zaragoza	4	4	4	3	2	4	3	21
Salamanca	5	4	4	4	4	3	3	20
Córdoba	5	5	3	2	1	3	3	18
Murcia	3	0	2	1	2	4	2	17
A Coruña	2	0	2	2	2	4	3	15
Valladolid	3	4	2	5	2	3	3	15
Sevilla	0	0	3	0	1	3	2	12
Bilbao	0	0	3	0	1	4	2	12

Asimismo, la Figura 1 muestra de forma visual la distribución de las plataformas en función de su puntuación global, permitiendo identificar claramente los distintos niveles de desarrollo.



Figura 1

Clasificación de plataformas de open data según puntuación

A partir de los resultados recogidos en la Tabla 1 y en la Figura 1, se identificaron tres niveles claramente diferenciados de desarrollo entre las plataformas analizadas.

En primer lugar, el grupo líder estuvo compuesto por Málaga, Madrid y Valencia, que obtienen las puntuaciones más elevadas en el conjunto de criterios evaluados. Estas plataformas destacaron por ofrecer datos en formatos abiertos y estructurados, disponer de APIs funcionales que han facilitado el acceso automatizado a la información y han presentado niveles adecuados de actualización. Además, incorporaron herramientas de visualización y han contado con una cobertura temática amplia, lo que las convirtieron en entornos especialmente adecuados para el análisis urbano y la planificación de políticas públicas orientadas a la promoción de la actividad física y la salud.

En un segundo nivel se situaron ciudades como Barcelona, Zaragoza y Salamanca, que han configurado un grupo intermedio. Estas plataformas presentaron una base sólida en términos de estructura y disponibilidad de datos, pero han mostrado ciertas limitaciones en aspectos como la frecuencia de actualización, la consistencia de las licencias o la profundidad de los metadatos. A pesar de ello, concedieron un uso relativamente eficaz de la información y constituyen ejemplos de desarrollo funcional, aunque con margen de mejora.

Por último, el grupo rezagado, integrado por ciudades como Sevilla y Bilbao, se caracterizó por presentar mayores dificultades en términos de reutilización de los datos. En estos casos, se observó una menor disponibilidad de formatos abiertos, ausencia de APIs y carencias en la organización de la información. Estas limitaciones han reducido significativamente el potencial de los portales como herramientas para el análisis y la planificación urbana, situándolos en una posición menos favorable dentro del ecosistema de open data.

En conjunto, esta clasificación ha puesto de manifiesto la existencia de una brecha en el desarrollo de las plataformas de datos abiertos entre ciudades, lo que tiene implicaciones directas en su capacidad para apoyar la creación de entornos urbanos saludables. Mientras que algunas administraciones han avanzado

hacia modelos más abiertos, interoperables y orientados a la reutilización, otras mantuvieron estructuras más limitadas que dificultaron el aprovechamiento de la información disponible.

4.3 Análisis de los criterios de evaluación.

El análisis detallado de los criterios definidos permitió identificar patrones comunes y diferencias significativas entre las plataformas analizadas, evidenciando que el grado de desarrollo no dependió únicamente de la disponibilidad de datos, sino también de sus características técnicas y funcionales. En relación con los formatos de los datos, se observó que las plataformas más avanzadas priorizaron el uso de formatos abiertos como CSV y JSON, lo que facilitó el tratamiento automatizado de la información. Por el contrario, en los portales menos desarrollados persistió el uso de formatos como PDF, lo que dificultó la reutilización de los datos y limitó su potencial analítico. En esta misma línea, la disponibilidad de APIs se configuró como uno de los elementos más diferenciadores, ya que las ciudades del grupo líder ofrecieron acceso mediante interfaces que permitieron la consulta dinámica de los datos, favoreciendo el desarrollo de aplicaciones y análisis en tiempo real, mientras que su ausencia en otros portales limitó considerablemente la escalabilidad y la automatización de los procesos de análisis.

Asimismo, en cuanto a la visualización y la experiencia de usuario, se detectó una notable variabilidad entre plataformas, lo que influyó directamente en la accesibilidad de la información. Algunas incorporaron dashboards interactivos y herramientas de visualización que facilitaron la interpretación de los datos, mientras que otras presentaron interfaces más básicas, centradas en la descarga de archivos sin apoyo visual significativo, lo que supuso una barrera especialmente relevante para usuarios no especializados. Del mismo modo, en relación con las licencias de uso, se observó que, aunque la mayoría de los portales incluyeron algún tipo de licencia abierta, no siempre existió una claridad suficiente sobre las condiciones de reutilización, generando incertidumbre jurídica y limitando el uso de los datos por parte de terceros. A esta situación se sumó la frecuencia de actualización, identificada como otro aspecto crítico, ya que mientras algunas plataformas mantuvieron datasets actualizados de forma periódica, en otros casos se detectaron datos obsoletos o sin información clara sobre su fecha de actualización, reduciendo su fiabilidad y su utilidad para la toma de decisiones.

Finalmente, el análisis permitió constatar una implementación desigual en lo relativo a los metadatos y la accesibilidad de la información, elementos clave para garantizar la comprensión y reutilización de los datos, así como para evaluar la calidad global de los catálogos de open data (Martínez-Gil, 2025). Las plataformas más avanzadas incluyeron descripciones detalladas, información sobre la fuente y características técnicas de los datasets, lo que facilitó su interpretación y uso en contextos analíticos. Sin embargo, en otros casos los metadatos resultaron escasos o inexistentes, lo que dificultó la comprensión de la información disponible y limitó su aprovechamiento en procesos de planificación urbana.

4.4 Síntesis de los resultados.

De forma global, los resultados evidenciaron la existencia de un desarrollo desigual de las plataformas de open data en el contexto urbano analizado. Aunque la mayoría de las ciudades han avanzado en la implementación de portales de datos abiertos, persistieron diferencias significativas en su grado de madurez y en su capacidad para generar valor público. En este sentido, las plataformas más avanzadas no solo cumplieron con los requisitos básicos de apertura de datos, sino que han incorporado elementos que facilitan su reutilización, como APIs, formatos estructurados y herramientas de visualización. Estas características las convierten en instrumentos útiles para la planificación urbana y la promoción de entornos saludables.

Por el contrario, las plataformas menos desarrolladas presentaron limitaciones que dificultaron el aprovechamiento de los datos, lo que ha puesto de manifiesto la necesidad de avanzar hacia modelos más

estandarizados e interoperables. En este sentido, la heterogeneidad observada refleja la existencia de una brecha en el desarrollo de los ecosistemas de datos abiertos entre ciudades.

En definitiva, los resultados obtenidos han afirmado que, aunque el open data se encuentra ampliamente implantado a nivel municipal, su potencial para contribuir a la creación de espacios urbanos saludables dependió en gran medida de la calidad y funcionalidad de las plataformas que lo sustentan. Este hecho ha subrayado la importancia de seguir avanzando en el desarrollo de infraestructuras digitales que faciliten la generación y el uso de datos en la planificación urbana.

5. DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos en el análisis comparativo de plataformas de open data permitieron profundizar en el papel que estas infraestructuras digitales desempeñaron en la planificación y gestión de entornos urbanos saludables. Más allá de la mera disponibilidad de datos, los hallazgos evidenciaron que la calidad, accesibilidad e interoperabilidad de la información constituyeron factores determinantes para que los datos abiertos pudieran convertirse en una herramienta útil en la toma de decisiones públicas. En este sentido, las diferencias observadas entre ciudades no solo reflejaron distintos niveles de desarrollo tecnológico, sino también diferentes grados de integración del dato en los procesos de gobernanza urbana.

Desde una perspectiva aplicada, se constató que las plataformas más avanzadas identificadas en el análisis presentaron un mayor potencial para apoyar la planificación de políticas públicas orientadas a la promoción de la actividad física y la salud. La disponibilidad de datos estructurados, actualizados y accesibles permitió a las administraciones realizar diagnósticos territoriales más precisos, identificar áreas con déficit de equipamientos o analizar patrones de uso del espacio público. Tal y como señalaron Longley et al. (2018), el aprovechamiento de los datos geoespaciales y urbanos facilitó la comprensión de los comportamientos sociales en el territorio, lo que resultó clave para diseñar intervenciones más eficaces. En este contexto, el open data se configuró como un elemento estratégico para avanzar hacia modelos de planificación urbana basados en evidencia.

No obstante, los resultados también pusieron de manifiesto que este potencial no se materializó de forma homogénea. Las limitaciones detectadas en numerosas plataformas, especialmente en términos de formatos, actualización y metadatos, redujeron significativamente la capacidad de reutilización de los datos. Esta situación coincidió con lo señalado por Safarov et al. (2017), quienes advirtieron que uno de los principales obstáculos en el desarrollo de iniciativas de open data radicó en la dificultad de transformar la apertura de datos en valor público efectivo. En muchos casos, los portales funcionaron como repositorios de información, pero no como herramientas operativas para la toma de decisiones, lo que limitó su impacto real en la gestión urbana. En esta línea, estudios como el de Liang et al. (2025) han puesto de manifiesto que la creación de valor a partir de los datos abiertos no depende únicamente de su disponibilidad, sino también de su uso continuado, su calidad y su integración en procesos de decisión. Asimismo, se identificó una brecha relevante entre ciudades en el desarrollo de sus ecosistemas de datos abiertos. Mientras que algunas administraciones lograron consolidar plataformas maduras, con altos niveles de interoperabilidad y orientación al usuario, otras presentaron estructuras más limitadas que dificultaron el acceso y uso de la información. Esta desigualdad tuvo implicaciones directas en la capacidad de los municipios para diseñar e implementar políticas públicas eficaces. Tal y como apuntaron Meijer y Bolívar (2016), el desarrollo desigual de las capacidades digitales en las administraciones locales pudo generar nuevas formas de desigualdad territorial, afectando a la calidad de los servicios públicos y a la capacidad de innovación institucional.

En relación con la creación de espacios urbanos saludables, esta brecha adquirió una relevancia particular. Las ciudades que dispusieron de mejores sistemas de información mostraron mayores posibilidades de identificar necesidades, evaluar intervenciones y optimizar la distribución de recursos. Por el contrario, aquellas con sistemas de datos más limitados enfrentaron mayores dificultades para desarrollar políticas basadas en evidencia, lo que pudo traducirse en una menor efectividad en la promoción de la actividad física y el bienestar de la población. En este sentido, el acceso a datos abiertos de calidad no solo se configuró como una cuestión técnica, sino también como un factor que pudo influir en la equidad en salud urbana. Otro elemento clave que emergió del análisis fue la necesidad de avanzar hacia una integración real de los datos entre diferentes ámbitos de la gestión urbana. La promoción de entornos saludables no dependió únicamente de la disponibilidad de instalaciones deportivas, sino también de factores como la movilidad, el diseño urbano, la seguridad o la calidad ambiental. Sin embargo, la fragmentación de los datos entre distintas áreas administrativas dificultó la adopción de enfoques integrados. Según Kourtit et al. (2012), el desarrollo de ciudades inteligentes requirió precisamente la capacidad de integrar múltiples fuentes de información para abordar problemas complejos de manera holística. En este contexto, el open data pudo actuar como un facilitador, siempre que se desarrollaran mecanismos adecuados de interoperabilidad y coordinación institucional.

Por último, los resultados sugirieron que la dimensión técnica del open data debía complementarse con una dimensión organizativa y estratégica. La implementación de plataformas de datos abiertos no pudo entenderse como un proceso meramente tecnológico, sino que requirió cambios en la cultura organizativa de las administraciones públicas, así como el desarrollo de capacidades técnicas y analíticas. Tal y como indicaron Chatfield y Reddick (2017), el éxito de las iniciativas de open data dependió en gran medida del compromiso institucional y de la existencia de estrategias claras orientadas a la creación de valor público. En ausencia de estos elementos, existió el riesgo de que los portales de datos abiertos se convirtieran en herramientas infrautilizadas.

6. CONCLUSIONES.

El análisis comparativo de plataformas de open data en capitales españolas evidenció que, si bien la apertura de datos se ha consolidado como una práctica extendida en la gestión pública local, su desarrollo presenta niveles desiguales de madurez que condicionaron su utilidad real en la planificación urbana. En este sentido, la existencia de portales de datos abiertos no garantizó por sí misma la generación de valor, siendo imprescindible que estos cumplan criterios de calidad, accesibilidad e interoperabilidad que faciliten su reutilización. Los resultados obtenidos mostraron que las plataformas más avanzadas, caracterizadas por el uso de formatos abiertos, la disponibilidad de APIs, la actualización periódica de los datos y una adecuada estructuración de los metadatos, ofrecen un mayor potencial para apoyar la toma de decisiones basada en evidencia. En contraste, aquellas con limitaciones técnicas y organizativas redujeron significativamente su capacidad para contribuir al diseño de políticas públicas eficaces.

En el ámbito específico de la salud urbana, el open data se posicionó como una herramienta estratégica para la creación de entornos que favorezcan la actividad física y el bienestar de la población. No obstante, la escasa disponibilidad de datos específicos sobre deporte y salud, junto con la fragmentación de la información, ha limitado su aprovechamiento en este campo. En definitiva, avanzar hacia modelos de datos abiertos más estandarizados, actualizados y orientados al usuario resultó fundamental para consolidar el papel del open data como soporte de la planificación urbana saludable. La calidad del dato, más que su volumen, se configuró como el elemento clave para transformar la información en conocimiento útil al servicio de la ciudadanía.

7. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

A pesar del rigor aplicado en el diseño del estudio, se identificaron algunas limitaciones que debieron tenerse en cuenta en la interpretación de los resultados. En primer lugar, el análisis se sustentó en la información disponible en los portales de open data en un momento concreto, por lo que eventuales actualizaciones posteriores podrían haber modificado la evaluación realizada. En segundo lugar, la valoración de determinados criterios, como la experiencia de usuario o la calidad de la visualización, incorporó inevitablemente cierto grado de subjetividad, aunque se establecieron pautas homogéneas con el fin de reducir su impacto. Por último, se constató que la disponibilidad de datos específicos relacionados con la actividad física y el deporte era limitada en algunos casos, lo que condicionó parcialmente la comparabilidad entre las ciudades analizadas.

Lejos de invalidar los hallazgos obtenidos, estas limitaciones permitieron identificar oportunidades de mejora en el ámbito metodológico. En este sentido, se consideró necesario avanzar hacia el desarrollo de indicadores más estandarizados que posibiliten evaluar de manera más objetiva la calidad de las plataformas y su capacidad para generar valor público. Asimismo, se evidenció la conveniencia de incorporar diseños longitudinales que permitieran analizar la evolución de los ecosistemas de datos abiertos a lo largo del tiempo, así como enfoques metodológicos mixtos que profundicen en el uso efectivo de los datos por parte de los distintos agentes implicados.

En esta misma línea, se planteó como relevante explorar con mayor profundidad la relación entre la disponibilidad de datos abiertos y los resultados en salud urbana, con el fin de determinar en qué medida la calidad de estos sistemas de información influye en la promoción de la actividad física y el bienestar de la población. Finalmente, se consideró pertinente ampliar el alcance del estudio a otros contextos territoriales, tanto a nivel nacional como internacional, lo que permitiría comparar modelos de desarrollo y extraer aprendizajes transferibles a diferentes entornos urbanos.

8. IMPLICACIONES PARA LA CREACIÓN DE ESPACIOS URBANOS SALUDABLES

A partir de los hallazgos obtenidos, se identificaron diversas implicaciones relevantes para la planificación y gestión de entornos urbanos saludables, evidenciando la necesidad de que las administraciones avanzaran hacia modelos de open data más orientados a la toma de decisiones. En este sentido, se puso de manifiesto que no resultó suficiente con garantizar la apertura de los datos, sino que fue necesario priorizar su calidad, actualización e interoperabilidad, aspectos clave para facilitar su uso en el diseño de políticas públicas basadas en evidencia. Asimismo, se evidenció la importancia de ampliar la disponibilidad de información relacionada con la actividad física, el deporte y la salud urbana, ámbitos que presentaron una menor presencia en las plataformas analizadas, lo que limitó parcialmente su capacidad para apoyar diagnósticos precisos y la planificación de intervenciones ajustadas a las necesidades de la población.

Del mismo modo, el análisis permitió identificar como prioritario el avance hacia una mayor integración de los datos entre diferentes áreas de la gestión municipal, favoreciendo enfoques transversales que conectaran urbanismo, movilidad, medio ambiente y salud. Esta integración se consideró fundamental para comprender de manera más completa los factores que influyen en la creación de entornos saludables y para optimizar la planificación de recursos. En paralelo, se destacó la necesidad de reforzar las capacidades técnicas y organizativas de las administraciones públicas, promoviendo una cultura institucional orientada al uso estratégico de los datos, así como el desarrollo de herramientas analíticas que permitieran maximizar su potencial.

Finalmente, se subrayó la relevancia de fomentar la colaboración entre los distintos actores del ecosistema urbano con el objetivo de impulsar procesos de innovación y mejorar la toma de decisiones. En este sentido,

el open data se configuró no solo como una herramienta de gestión, sino también como un instrumento clave para la generación de valor social y la promoción de ciudades más saludables y sostenibles.

9. REFERENCIAS.

- Attard, J., Orlandi, F., Scerri, S., & Auer, S. (2015). A systematic review of open government data initiatives. *Government Information Quarterly*, 32(4), 399-418. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2015.07.006>
- Batty, M. (2018). *Inventing future cities*. MIT press.
- Chatfield, A. T., & Reddick, C. G. (2017). A longitudinal cross-sector analysis of open data portal service capability: The case of Australian local governments. *Government Information Quarterly*, 34(2), 231-243. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2017.02.004>
- DataActive. (2025). *Grupo de Investigación en Gestión e Innovación en Servicios Deportivos, Ocio y Recreación*. <https://www.gisdor.es/dataactive>
- Dawes, S. S., Vidasova, L., & Parkhimovich, O. (2016). Planning and designing open government data programs: An ecosystem approach. *Government Information Quarterly*, 33(1), 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2016.01.003>
- European Commission. (2020). *A European strategy for data*. Publications Office of the European Union.
- Giles-Corti, B., Vernez-Moudon, A., Reis, R., Turrell, G., Dannenberg, A. L., Badland, H., Foster, S., Lowe, M., Sallis, J. F., Stevenson, M., & Owen, N. (2016). City planning and population health: A global challenge. *The Lancet*, 388(10062), 2912-2924. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30066-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30066-6)
- Janssen, M., Charalabidis, Y., & Zuiderwijk, A. (2012). Benefits, Adoption Barriers and Myths of Open Data and Open Government. *Information Systems Management*, 29(4), 258-268. <https://doi.org/10.1080/10580530.2012.716740>
- Jetzek, T., Avital, M., & Bjørn-Andersen, N. (2012). The value of open government data: A strategic analysis framework.
- Kitchin, R. (2014). *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures, and Their Implications*. Sage.
- Kourtit, K., Nijkamp, P., & Arribas, D. (2012). Smart cities in perspective – a comparative European study by means of self-organizing maps. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 25(2), 229-246. <https://doi.org/10.1080/13511610.2012.660330>
- Liang, Y., Cao, Y., Chen, M., Dong, H., & Wang, H. (2025). Determinants of open government data continuance usage and value creation: A self-regulation framework analysis. *Government Information Quarterly*, 42(2), 102022. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2025.102022>
- Lnenicka, M., Nikiforova, A., Clarinval, A., Luterek, M., Rudmark, D., Neumaier, S., Kević, K., & Rodríguez Bolívar, M. P. (2024). Sustainable open data ecosystems in smart cities: A platform theory-based analysis of 19 European cities. *Cities*, 148, 104851. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.104851>
- Lnenicka, M., Nikiforova, A., Luterek, M., Milic, P., Rudmark, D., Neumaier, S., Santoro, C., Casiano Flores, C., Janssen, M., & Rodríguez Bolívar, M. P. (2024). Identifying patterns and recommendations of and for sustainable open data initiatives: A benchmarking-driven analysis of open government data initiatives among European countries. *Government Information Quarterly*, 41(1), 101898. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2023.101898>
- Longley, P., Cheshire, J., & Singleton, A. (Eds.). (2018). *Consumer data research*. UCL Press.
- Martinez-Gil, J. (2025). Framework to automatically determine the quality of open data catalogs. *Expert Systems with Applications*, 289, 128379. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2025.128379>
- Meijer, A., & Bolívar, M. P. R. (2016). Governing the smart city: A review of the literature on smart urban governance. *International Review of Administrative Sciences*, 82(2), 392-408. <https://doi.org/10.1177/0020852314564308>

- Montana, F., Mueller, N., Barboza, E. P., Khomenko, S., Iungman, T., Cirach, M., Daher, C., Chakraborty, T., De Hoogh, K., Battiston, A., Schifanella, R., & Nieuwenhuijsen, M. (2025). Building a Healthy Urban Design Index (HUDI): How to promote health and sustainability in European cities. *The Lancet Planetary Health*, 9(6), e511-e526. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(25\)00109-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(25)00109-3)
- Nogueras-Iso, J., Lacasta, J., Urena-Camara, M. A., & Ariza-Lopez, F. J. (2021). Quality of Metadata in Open Data Portals. *IEEE Access*, 9, 60364-60382. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3073455>
- Open Knowledge Foundation. (2020). *Open definition 2.1*. <https://opendefinition.org/od/2.1/en/>
- Ruijter, E., Grimmelikhuisen, S., & Meijer, A. (2017). Open data for democracy: Developing a theoretical framework for open data use. *Government Information Quarterly*, 34(1), 45-52. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2017.01.001>
- Safarov, I., Meijer, A., & Grimmelikhuisen, S. (2017). Utilization of open government data: A systematic literature review of types, conditions, effects and users. *Information Polity*, 22(1), 1-24. <https://doi.org/10.3233/IP-160012>
- Sallis, J. F., Cerin, E., Conway, T. L., Adams, M. A., Frank, L. D., Pratt, M., Salvo, D., Schipperijn, J., Smith, G., Cain, K. L., Davey, R., Kerr, J., Lai, P.-C., Mitás, J., Reis, R., Sarmiento, O. L., Schofield, G., Troelsen, J., Van Dyck, D., ... Owen, N. (2016). Physical activity in relation to urban environments in 14 cities worldwide: A cross-sectional study. *The Lancet*, 387(10034), 2207-2217. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)01284-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01284-2)
- Veljković, N., Bogdanović-Dinić, S., & Stoimenov, L. (2014). Benchmarking open government: An open data perspective. *Government Information Quarterly*, 31(2), 278-290. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2013.10.011>
- Zuiderwijk, A., & Janssen, M. (2014). Open data policies, their implementation and impact: A framework for comparison. *Government Information Quarterly*, 31(1), 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2013.04.003>
- Zuiderwijk, A., Janssen, M., & Dwivedi, Y. K. (2015). Acceptance and use predictors of open data technologies: Drawing upon the unified theory of acceptance and use of technology. *Government Information Quarterly*, 32(4), 429-440. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2015.09.005>

ASSOCIATIONS OF BODY MASS INDEX, PHYSICAL ACTIVITY FREQUENCY, AND PERCEIVED STRESS WITH SELF-PERCEIVED PHYSICAL FITNESS IN EUROPEAN ADOLESCENTS: FINDINGS FROM THE RYHEALTH WEB-BASED QUESTIONNAIRE

Sonia Ortega-Gómez

Postdoctoral Researcher

Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Cádiz, España.

ORCID: 0000-0001-8589-5672

Iván Hoditx Martín-Costa

PhD Candidate

Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Cádiz, España.

ORCID: 0000-0002-1033-9548

Cristina Cadenas-Sanchez

Assistant Professor

Departamento de Educación Física y Deportiva, Facultad de Ciencias del Deporte, Instituto Mixto Universitario Deporte y Salud (IMUDS), Universidad de Granada, Granada, España. Centro de Investigación Biomédica en Red Fisiopatología de la Obesidad y Nutrición (CIBEROBN), Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España.

ORCID: 0000-0002-4513-9108

Joslin Alfaro-Fernández

PhD Candidate

Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Cádiz, España.

ORCID: 0009-0009-5650-1705

Paula Tavares

Associate Professor

Universidade de Coimbra, Centro de Inovação em Biomedicina e Biotecnologia (CIBB); Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Portugal.

ORCID: 0000-0002-2287-2446

Ana Carbonell-Baeza

Full Professor

Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Cádiz, España.

ORCID: 0000-0003-1762-2925

David Jiménez-Pavón

Full Professor

Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Cádiz, España. Centro de Investigación Biomédica en Red de Fragilidad y Envejecimiento Saludable (CIBERFES), Madrid, España.

ORCID: 0000-0002-8977-4744

Abstract:

Introduction: Self-perceived physical fitness is a key health indicator during adolescence. This study aimed to analyse associations of body mass index (BMI), physical activity, and perceived stress with self-perceived fitness among European adolescents using an e-questionnaire.

Methods: A total of 2,431 adolescents (mean age: 13.9±1.94 years; 47.4% boys) from the RYHEALTH Project completed a self-administered e-questionnaire. Fitness was self-reported via the International Fitness Scale. BMI was calculated from self-reported height and weight and classified into four categories using World Obesity Federation cut-offs. Frequency of physical activity per week (moderate, vigorous, and walking ≥10 minutes) and perceived stress (rarely/never, occasionally, often, frequently) were also recorded. Ordered logistic regressions were conducted, first unadjusted, then adjusted for age and sex.

Results: Compared to normal-weight peers (reference category), adolescents with underweight, overweight, and obesity had 29%, 44%, and 71% lower odds, respectively (all $p < 0.05$), of reporting better fitness. Stress levels were inversely associated with perceived fitness: occasional, often, and frequent stress corresponded to 61%, 80%, and 71% lower odds, respectively (all $p < 0.001$), compared to rarely feeling stressed. Each additional day of vigorous, moderate, and walking activity was linked to 48%, 27%, and 11% higher odds of reporting better fitness (all $p < 0.001$). All associations remained significant independently of age and sex.

Conclusions: Adolescents at both ends of the BMI spectrum and those reporting frequent stress perceived their physical fitness more negatively. Promoting regular physical activity may help improve fitness perception, while digital tools like the RYHEALTH e-questionnaire offer scalable ways to support adolescent health monitoring.

1. INTRODUCTION

Adolescence is a sensitive period for the development of lifestyle habits that may persist into adulthood. During these years, biological maturation coincides with changes in social environment, academic demands and the increasing influence of digital media (Kieling et al., 2011). In this context, physical fitness is considered a key component of health because it is associated with cardiometabolic risk, mental well-being and, in some cases, school performance (Ortega et al., 2008; Segura-Jiménez et al., 2016). Despite its importance, the assessment of physical fitness in real-world settings is often limited by the need for time, space, equipment and trained personnel, particularly in large-scale epidemiological or school-based contexts (Ortega et al., 2011).

Self-perceived physical fitness has been proposed as a feasible alternative or complement to traditional field-based tests, especially in large-scale or school-based assessments. Questionnaires such as the International Fitness Scale invite adolescents to rate how fit they feel compared with their peers. This type of measure is brief, inexpensive and can be easily integrated into digital platforms (Ortega et al., 2011). Although it is subjective by nature, previous research suggests that self-perceived fitness shows acceptable agreement with objective fitness tests and is associated with relevant health indicators (Gestsdottir et al., 2016; Ortega et al., 2011). Moreover, it reflects aspects of physical self-concept, body image and confidence in one's own physical abilities that are not captured by performance tests alone (Shi et al., 2022).

Several determinants may influence how adolescents perceive their own fitness. Young people with overweight or obesity tend to report poorer fitness and lower health-related quality of life, but those with underweight may also experience fatigue, reduced physical capacity or dissatisfaction with their body (Galán-Arroyo et al., 2023; Petrovics et al., 2020; Plaza-Flórida et al., 2021). Physical activity could be another central determinant. Higher levels of physical activity are usually related to better self-perceived fitness (Palacios-Cartagena et al., 2022). Perceived stress is also likely to play a role. Elevated stress levels

can reduce motivation to be active, disturb sleep and recovery, and lead to a more negative appraisal of one's own body and performance, even when objective fitness is not severely compromised (Kieling et al., 2011).

Despite the growing interest in this topic, there are still relatively few studies that examine BMI, physical activity and perceived stress in relation to self-perceived physical fitness, and even fewer that do so in adolescents from several European countries using harmonised procedures (Ortega-Gómez et al., 2024). At the same time, web-based questionnaires and digital health tools are becoming increasingly common in both research and practice (Rocliffe et al., 2024). These instruments make it possible to reach large numbers of adolescents in a short period of time, to collect comparable data across different contexts and to provide timely feedback to educational and community stakeholders (Ortega-Gómez et al., 2024).

Within this framework, a better understanding of which adolescents feel less fit and which factors are associated with this perception can provide useful information for the design of targeted actions. Clarifying how BMI categories, weekly physical activity and perceived stress relate to self-perceived fitness may help to identify priority groups and to refine the content of digital resources and school-based programmes. Therefore, this chapter aims to analyse the associations between BMI, physical activity frequency and perceived stress and self-perceived physical fitness in European adolescents who completed the RYHEALTH e-questionnaire, and to discuss the implications of these findings for digital health promotion and interventions in educational settings.

2. PARTICIPANTS AND METHODS

2.1. Study design and participants

This work is based on a cross-sectional analysis of data collected within the European project *Rock Your Health (RYHEALTH)*, which focuses on healthy lifestyles in young people and is funded by the European Commission under the EU4Health programme (Grant Agreement No. 101079938; EU4H-2021-PJ). Adolescents completed an online self-report questionnaire specifically designed to gather information on lifestyle behaviours and health-related indicators.

In total, 2,431 adolescents aged between 10 and 17 years took part in the survey (mean age 13.9 ± 1.94 years), of whom 47.4% were boys. Most participants were recruited in Portugal (71%), followed by Spain (24%), Germany (3%), Sweden (1%) and other countries (1%). Only adolescents with complete information on self-perceived physical fitness, body mass index (BMI), physical activity and perceived stress were included in the present analyses.

2.2. Ethical considerations

Before completing the questionnaire, parents or legal guardians provided online informed consent for their children's participation, authorising the use of anonymised data for research purposes within the European RYHEALTH project. They were informed that no personally identifiable information would be collected and that data would only be used as specified in the research protocol. The design of the questionnaire and all data handling procedures complied with the General Data Protection Regulation (GDPR; Regulation (EU) 2016/679), which replaced Directive 95/46/EC.

2.3. Procedure and e-questionnaire

Data were collected using the RYHEALTH multilingual web-based questionnaire, specifically developed to assess lifestyle behaviours and health-related indicators in European adolescents. The overall design and development of the questionnaire, including its structure, translation process and choice of validated instruments, has been described in detail elsewhere (Ortega-Gómez et al., 2024).

The original version was drafted in English and subsequently translated into other European languages following a standard forward-back translation procedure. The survey was hosted on a secure online platform and could be completed using a computer, tablet or smartphone.

Schools, youth organisations and project partners disseminated the survey link through email, social networks and on-site activities. Participation was voluntary and anonymous. Adolescents were informed that the questionnaire focused on lifestyle habits and health-related perceptions and that their answers would be used for research purposes within the RYHEALTH project.

The questionnaire included several sections, such as sociodemographic information, self-reported anthropometry, physical activity and sedentary behaviour, dietary habits and mental health. For the present chapter, we used data from the anthropometry, physical activity, self-perceived fitness and perceived stress sections.

2.4. Measures

2.4.1. *Self-perceived fitness*

Self-perceived physical fitness was assessed with the International Fitness Scale (IFIS) (Ortega et al., 2011). The IFIS asks participants to rate their overall fitness and different components of fitness in comparison with their peers, using a five-point response scale from “very poor” to “very good”. In the present analysis, we focused on the overall fitness item, which was used as the main outcome and treated as an ordered categorical variable, where higher categories indicate better perceived fitness.

2.4.2. *Anthropometry and body mass index*

Height and weight were self-reported by the adolescents. BMI was calculated as weight in kilograms divided by height in metres squared (kg/m^2). To classify participants according to weight status, we applied the extended international cut-offs proposed by the International Obesity Task Force, which provide age- and sex-specific thresholds for thinness, overweight and obesity. Based on these cut-offs, four categories were created: underweight, normal weight, overweight and obesity (Cole & Lobstein, 2012).

2.4.3. *Physical activity frequency*

Physical activity was assessed with a set of questions adapted from the International Physical Activity Questionnaire for Children and Adolescents (Craig et al., 2003), which is designed to capture the frequency and duration of different intensities of activity in young people. Adolescents reported the number of days in a typical week in which they engaged, for at least 10 minutes, in vigorous physical activity, moderate physical activity and walking. Each variable ranged from 0 to 7 days per week and was entered as a continuous predictor in the analyses.

2.4.4. *Perceived stress*

Perceived stress was evaluated using items from the Perceived Stress Scale (PSS), a widely used instrument that captures the degree to which individuals appraise situations in their lives as stressful (Cohen et al., 1983). Adolescents were asked how often they had experienced stress-related thoughts and feelings over the past month. For analytical purposes, responses were collapsed into four ordered categories: rarely or never, occasionally, often and very often stressed, which were used as an ordinal exposure variable in the analyses.

2.5. Statistical analysis

Descriptive statistics were used to characterise the sample, presenting continuous variables as means and standard deviations and categorical variables as absolute and relative frequencies. The associations of BMI categories, physical activity frequency and perceived stress with self-perceived physical fitness were examined using ordered logistic regression models, with the IFIS overall fitness item as the ordinal dependent variable. Each exposure (BMI category, days per week of vigorous, moderate and walking activity, and stress category) was first analysed in unadjusted models and then in models adjusted for age and sex. Results are reported as odds ratios (OR) and 95% confidence intervals (CI), representing the odds

of reporting a higher level of self-perceived fitness. Statistical significance was set at $p < 0.05$, and all analyses were performed using Stata (StataCorp, College Station, TX, USA).

3. RESULTS

Descriptive characteristics of the total sample and by sex are presented in Table 1. Briefly, most adolescents were classified within the normal-weight range, with smaller proportions in the underweight, overweight and obesity categories, and the distributions of self-perceived fitness, physical activity frequency and perceived stress are also included in this table.

Table 1
Descriptive characteristics of the study sample

Variable	Total (n = 2,431)	Boys (n = 1,151)	Girls (n = 1,237)
Age (years, mean \pm SD)	13.91 \pm 1.94	13.84 \pm 1.94	13.97 \pm 1.94
BMI (mean \pm SD)	20.47 \pm 4.08	20.44 \pm 4.28	20.42 \pm 4.83
BMI Category (% , underweight/ normal weight/overweight/ obesity)	9.35/70.18/16.15/ 4.32	8.80/67.33/18.73/ 5.14	9.87/72.82/13.75/ 3.56
Self-perceived fitness (% , very poor/ poor/ average/ good/ very good)	3.33/7.36/26.00/ 34.55/28.75	3.91/5.47/21.98/ 33.63/35.01	2.59/8.89/29.91/ 35.89/22.72
Days per week of walking ≥ 10 min (% , 0/1–2/3–4/ ≥ 5)	8.47/20.81/16.99/ 53.72	9.30/19.46/18.42/ 52.82	7.60/22.15/15.76/ 54.49
Days per week of moderate PA (% , 0/1–2/3–4/ ≥ 5)	15.92/39.82/24.80 /19.46	12.86/35.53/26.32 /25.28	18.59/44.22/23.52 /13.66
Days per week of vigorous PA (% , 0/1–2/3–4/ ≥ 5)	19.83/31.63/30.23 /18.31	13.81/25.98/34.75 /25.46	25.22/36.94/26.76 /11.08
Perceived stress (% , rarely-never/ occasionally/often/very often)	3.87/65.24/28.26/ 2.63	4.69/69.16/22.07/ 4.08	2.91/61.92/34.11/ 1.05

Values are presented as mean \pm SD or % as indicated. BMI categories (underweight, normal weight, overweight and obesity) were defined using the age- and sex-specific cut-offs of the International Obesity Task Force (IOTF). BMI: body mass index; PA: physical activity.

Figure 1 shows a clear inverse gradient between BMI categories and self-perceived physical fitness. Compared with normal-weight peers, adolescents with underweight, overweight and obesity were progressively less likely to report higher levels of fitness. These associations remained statistically significant after adjustment for age and sex.

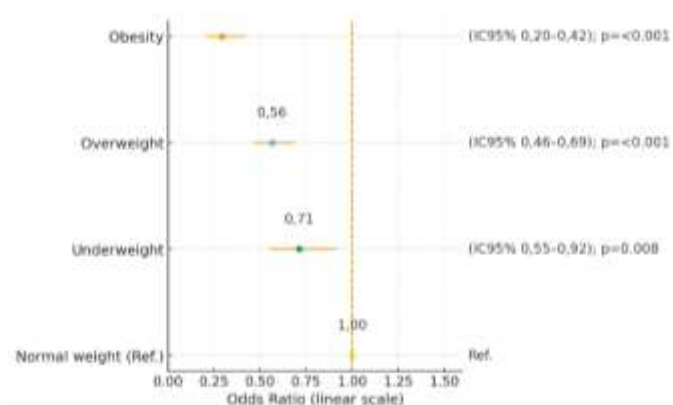


Figure 1. Association of BMI categories with the odds of reporting higher self-perceived physical fitness.

Figure 2 summarises the association between weekly physical activity and self-perceived fitness. More frequent participation in vigorous, moderate and walking activity was consistently linked to higher odds of reporting better fitness, with the strongest association observed for vigorous physical activity. All associations remained significant after adjustment for age and sex.

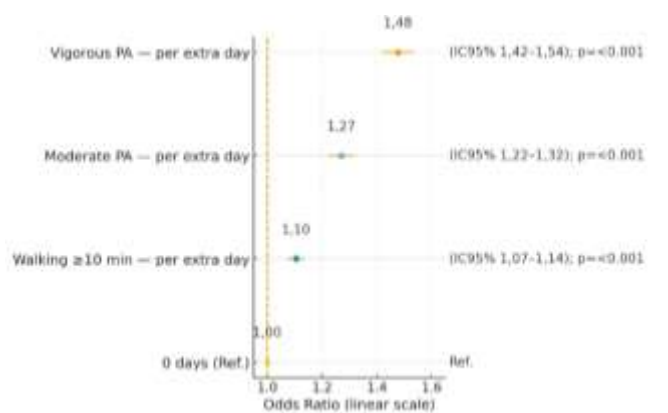


Figure 2. Association of physical activity frequency with the odds of reporting higher self-perceived physical fitness.

As illustrated in Figure 3, higher levels of perceived stress were strongly related to poorer fitness perception. Moving from rarely/never feeling stressed to occasionally, often or very often stressed was associated with a stepwise decrease in the odds of reporting better self-perceived fitness, and these patterns persisted in age- and sex-adjusted models.

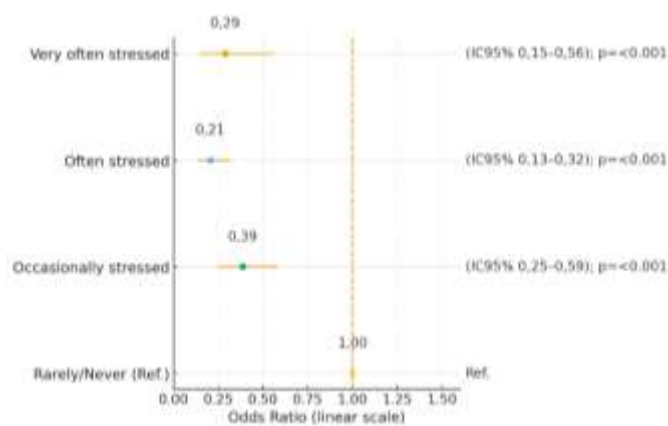


Figure 3. Association of stress level with the odds of reporting higher self-perceived physical fitness.

4. DISCUSSION

This chapter analysed how BMI, physical activity frequency and perceived stress relate to self-perceived physical fitness in European adolescents who completed the RYHEALTH e-questionnaire. In summary, the results show that boys and girls at both ends of the BMI spectrum and those reporting higher levels of stress are less likely to perceive themselves as fit, whereas a higher weekly frequency of physical activity is associated with better fitness perception, independently of age and sex.

The gradient observed across BMI categories and self-perceived fitness is in line with the idea that body weight has biological as well as psychological and social implications (Ortega et al., 2008; Voelker et

al., 2015). Greater excess fat is linked to lower cardiorespiratory fitness, higher mechanical load and a greater feeling of fatigue when moving or sustaining effort, while very low BMI may be accompanied by reduced muscle mass and a sense of limited strength or endurance (Artero et al., 2010; Ortega et al., 2008; Petrovics et al., 2020). Adolescents with overweight or obesity may therefore find it more difficult to take part in some activities and, at the same time, be exposed to negative comments or comparisons with their peers, which is likely to influence how they rate their own fitness (Petrovics et al., 2020; Voelker et al., 2015). The fact that adolescents with underweight also perceive their fitness more negatively suggests that both extremes of the BMI distribution may be associated with feelings of low energy and body dissatisfaction (Artero et al., 2010). Altogether, these findings reinforce the need to address body weight in adolescence from a health-oriented perspective, avoiding stigmatising messages and working on **body image and confidence in one's physical abilities**.

Regarding physical activity, the finding that each additional active day per week, especially at vigorous and moderate intensities, is related to better fitness perception is consistent with previous evidence and has clear practical implications (Galán-Arroyo et al., 2023; Palacios-Cartagena et al., 2022). It is not only about improving performance in objective tests, but also about helping adolescents feel more capable in their everyday lives (Gestsdottir et al., 2016; Shi et al., 2022). The fact that walking frequency also shows a positive association indicates that relatively small changes in daily movement may already be relevant for how young people see their own fitness (Craig et al., 2003; Rodriguez-Ayllon et al., 2019). This supports current recommendations to offer varied opportunities for physical activity in school and community settings, allowing boys and girls with different interests and ability levels to experience success and enjoyment (Ortega et al., 2008; Rodriguez-Ayllon et al., 2019).

The association between higher perceived stress and poorer fitness perception highlights the close link between mental health and physical self-concept at this age (Cadenas-Sanchez et al., 2021; Kieling et al., 2011). This aligns with literature suggesting that psychosocial stress may negatively influence physical self-concept and motivational pathways related to physical activity. Adolescents who feel more stressed may have less motivation to be active, sleep worse or feel more tired, which can easily translate into a sense of being “less fit” (Rodriguez-Ayllon et al., 2019). It is also plausible that those who see themselves as unfit experience higher tension in situations that involve physical and social exposure, such as physical education classes or organised sport with peers (Morano et al., 2022; Rodriguez-Ayllon et al., 2018). Although the cross-sectional design does not allow us to determine the direction of these relationships, the results suggest that interventions aiming to improve adolescent health should explicitly integrate stress management and emotional well-being together with physical activity promotion.

Beyond the specific associations observed, this work shows that it is feasible to collect information on multiple health-related behaviours and on fitness perception through a digital tool such as the RYHEALTH online questionnaire (Ortega et al., 2011; Rocliffe et al., 2024). Using a web-based format made it possible to reach a large number of adolescents from several countries and to apply harmonised procedures (Ortega-Gómez et al., 2024). Incorporating this type of instrument into educational and public health programmes could help to identify early on those groups who feel less fit, provide tailored feedback and monitor changes over time.

Some limitations should be considered when interpreting these findings. The cross-sectional design does not allow causal inferences, and all main variables (height, weight, physical activity, stress and self-perceived fitness) were self-reported, with the associated risk of recall bias and social desirability; thus, interpretations should consider the inherent subjectivity of both exposure and outcome measures. In addition, although the sample is relatively large and multinational, it was obtained through convenience sampling and is not necessarily representative of all European adolescents, which limits the generalisability of the findings. On the other hand, the study has several strengths, including the sample size, the inclusion of boys and girls from different contexts, the use of a validated scale for self-perceived fitness and the joint consideration of BMI, physical activity and stress. Taken together, the results support the need for comprehensive strategies that combine the promotion of healthy weight, increased physical activity and support for emotional well-being to foster a more positive perception of physical fitness during adolescence.

5. CONCLUSION

In this multi-country sample of European adolescents, BMI, perceived stress and physical activity frequency were all independently associated with how fit participants felt. Adolescents at both ends of the BMI distribution, particularly those with overweight or obesity but also those classified as underweight, and those reporting higher stress were less likely to perceive their physical fitness positively than their normal-weight and less stressed peers. In contrast, engaging in physical activity on more days per week, especially at moderate and vigorous intensities, was consistently related to better fitness perception. These findings suggest that school- and community-based strategies that promote regular physical activity, support healthy weight and address stress management may contribute to a more favourable physical self-concept in adolescence. They also illustrate how digital tools such as the RYHEALTH e-questionnaire can provide a practical, scalable approach to monitoring lifestyle behaviours and perceived fitness in large groups of young people and to informing targeted health promotion initiatives.

6. FUNDING

This work is funded by the European Commission Project – EU4Health “RYHEALTH” (Project ID: 101079938). The research work done by DJP is supported by the Biomedical Research Networking Center on Frailty and Healthy Aging (CIBERFES) and FEDER funds from the European Union (CB16/10/00477). The content is solely the responsibility of the authors and does not necessarily represent the official views of the funding institutions.

7. REFERENCES

- Artero, E. G., España-Romero, V., Ortega, F. B., Jiménez-Pavón, D., Ruiz, J. R., Vicente-Rodríguez, G., Bueno, M., Marcos, A., Gómez-Martínez, S., Urzanqui, A., González-Gross, M., Moreno, L. A., Gutiérrez, A., & Castillo, M. J. (2010). Health-related fitness in adolescents: underweight, and not only overweight, as an influencing factor. The AVENA study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *20*(3), 418–427. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0838.2009.00959.X>
- Cadenas-Sanchez, C., Mena-Molina, A., Torres-Lopez, L. V., Migueles, J. H., Rodriguez-Ayllon, M., Lubans, D. R., & Ortega, F. B. (2021). Healthier Minds in Fitter Bodies: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Association between Physical Fitness and Mental Health in Youth. *Sports Medicine*, *51*(12), 2571–2605. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01520-y>
- Cohen, S., Kamarck, T., & Mermelstein, R. (1983). A global measure of perceived stress. *Journal of Health and Social Behavior*, *24*(4), 385–396. <https://doi.org/10.2307/2136404>
- Cole, T. J., & Lobstein, T. (2012). Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatric Obesity*, *7*(4), 284–294. <https://doi.org/10.1111/J.2047-6310.2012.00064.X>
- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., Pratt, M., Ekelund, U., Yngve, A., Sallis, J. F., & Oja, P. (2003). International physical activity questionnaire: 12-Country reliability and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *35*(8), 1381–1395. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB>
- Galán-Arroyo, C., Mendoza-Muñoz, D. M., Pérez-Gómez, J., Hernández-Mosqueira, C., & Rojo-Ramos, J.

- (2023). Analysis of Self-Perceived Physical Fitness of Physical Education Students in Public Schools in Extremadura (Spain). *Children*, *10*(3), 604. <https://doi.org/10.3390/CHILDREN10030604>
- Gestsdottir, S., Svansdottir, E., Ommundsen, Y., Arnarsson, A., Arngrimsson, S., Sveinsson, T., & Johannsson, E. (2016). Do aerobic fitness and self-reported fitness in adolescence differently predict body image in young adulthood? An eight year follow-up study. *Mental Health and Physical Activity*, *10*, 40–47. <https://doi.org/10.1016/J.MHPA.2015.12.001>
- Kieling, C., Baker-Henningham, H., Belfer, M., Conti, G., Ertem, I., Omigbodun, O., Rohde, L. A., Srinath, S., Ulkuer, N., & Rahman, A. (2011). Child and adolescent mental health worldwide: Evidence for action. *The Lancet*, *378*(9801), 1515–1525. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60827-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60827-1)
- Morano, M., Robazza, C., Ruiz, M. C., & Bortoli, L. (2022). Sport Participation in Early and Middle Adolescence: The Interplay Between Self-Perception and Psychobiosocial Experiences in Predicting Burnout Symptoms. *Frontiers in Psychology*, *13*. <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2022.855179/PDF>
- Ortega-Gómez, S., Cadenas-Sanchez, C., Aragón-Martín, R., Alfaro-Fernández, J., Nobre, P., Campos, M. J., Machado-Rodrigues, A. M., Tavares, P., Carbonell-Baeza, A., & Jiménez-Pavón, D. (2024). A EUROPEAN INITIATIVE PROMOTING A HEALTHY LIFESTYLE AMONG YOUNG PEOPLE AGED 10-17: THE ROCK YOUR HEALTH PROJECT (RYHEALTH). *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, *17*(4). <https://doi.org/10.33155/RAMD.V17I4.1190>
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjostrom, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *INTERNATIONAL JOURNAL OF OBESITY*, *32*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., España-Romero, V., Vicente-Rodriguez, G., Martínez-Gómez, D., Manios, Y., Béghin, L., Molnar, D., Widhalm, K., Moreno, L. A., Sjöström, M., & Castillo, M. J. (2011). The International Fitness Scale (IFIS): Usefulness of self-reported fitness in youth. *International Journal of Epidemiology*, *40*(3), 701–711. <https://doi.org/10.1093/ije/dyr039>
- Palacios-Cartagena, R. P., Parraca, J. A., Mendoza-Muñoz, M., Pastor-Cisneros, R., Muñoz-Bermejo, L., & Adsuar, J. C. (2022). Level of Physical Activity and Its Relationship to Self-Perceived Physical Fitness in Peruvian Adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(3), 1182. <https://doi.org/10.3390/IJERPH19031182>
- Petrovics, P., Sandor, B., Palfi, A., Szekeres, Z., Atlasz, T., Toth, K., & Szabados, E. (2020). Association between Obesity and Overweight and Cardiorespiratory and Muscle Performance in Adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(1), 134. <https://doi.org/10.3390/IJERPH18010134>
- Plaza-Flórido, A., Altmäe, S., Esteban, F. J., Löf, M., Radom-Aizik, S., & Ortega, F. B. (2021). Cardiorespiratory Fitness in Children with Overweight-Obesity: Insights into the Molecular Mechanisms. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *31*(11), 2083. <https://doi.org/10.1111/SMS.14028>
- Rocliffé, P., Sherwin, I., Mannix-McNamara, P., MacDonncha, C., & T. O' Keeffe, B. (2024). Test-Retest Reliability of a Physical Activity Behavior, Health and Wellbeing Questionnaire in Adolescents. *Open Research Europe*, *3*, 154. <https://doi.org/10.12688/OPENRESEUROPE.16535.3>
- Rodriguez-Ayllon, M., Cadenas-Sanchez, C., Esteban-Cornejo, I., Migueles, J. H., Mora-Gonzalez, J., Henriksson, P., Martín-Matillas, M., Mena-Molina, A., Molina-García, P., Estévez-López, F., Enriquez, G. M., Perales, J. C., Ruiz, J. R., Catena, A., & Ortega, F. B. (2018). Physical fitness and psychological health in overweight/obese children: A cross-sectional study from the ActiveBrains project. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *21*(2), 179–184. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.019>

- Rodríguez-Ayllon, M., Cadenas-Sánchez, C., Estévez-López, F., Muñoz, N. E., Mora-Gonzalez, J., Migueles, J. H., Molina-García, P., Henriksson, H., Mena-Molina, A., Martínez-Vizcaíno, V., Catena, A., Löf, M., Erickson, K. I., Lubans, D. R., Ortega, F. B., & Esteban-Cornejo, I. (2019). Role of Physical Activity and Sedentary Behavior in the Mental Health of Preschoolers, Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *49*(9), 1383–1410. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01099-5>.
- Segura-Jiménez, V., Parrilla-Moreno, F., Fernández-Santos, J. R., Esteban-Cornejo, I., Gómez-Martínez, S., Martínez-Gomez, D., Marcos, A., & Castro-Piñero, J. (2016). Physical fitness as a mediator between objectively measured physical activity and clustered metabolic syndrome in children and adolescents: The UP&DOWN study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, *26*(11), 1011–1019. <https://doi.org/10.1016/j.NUMECD.2016.07.001>
- Shi, C., Yan, J., Wang, L., & Shen, H. (2022). Exploring the self-reported physical fitness and self-rated health, mental health disorders, and body satisfaction among Chinese adolescents: A cross-sectional study. *Frontiers in Psychology*, *13*, 1003231. <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2022.1003231>
- Voelker, D. K., Reel, J. J., & Greenleaf, C. (2015). Weight status and body image perceptions in adolescents: current perspectives. *Adolescent Health, Medicine and Therapeutics*, *6*, 149. <https://doi.org/10.2147/AHMT.S68344>

EVALUACIÓN TRIÁDICA EN UNIVERSITARIOS DE GRADO Y POSTGRADO: DIFERENCIAS SEGÚN EL NIVEL ACADÉMICO

Sánchez-García, Andrés¹, Mata-Ordoñez, Fernando², López-León, Inmaculada³, Casuso, Rafael⁴,
Sánchez-Oliver, Antonio Jesús³

¹ *Departamento de Educación Física y Deporte, Universidad de Sevilla. Sevilla, España.*

² *Department of Cell Biology, Physiology and Immunology, University of Cordoba.*

³ *Departamento de Motricidad Humana y Rendimiento Deportivo, Universidad de Sevilla. Sevilla, España.*

⁴ *Department of Health Sciences, Universidad Loyola Andalucía, Córdoba, Spain.*

Fernando Mata-Ordoñez ORCID: 0000-0003-4126-577X

Rafael Casuso ORCID: 0000-0002-4482-3186

Inmaculada López León ORCID: 0000-0002-0405-1724

Antonio Jesús Sánchez Oliver ORCID: 0000-0001-9022-6043

Resumen:

Este capítulo analiza cómo el nivel académico influye en la aplicación y percepción de la evaluación triádica —autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación— en estudiantes universitarios. La evaluación formativa, especialmente en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), se considera clave para promover un aprendizaje autónomo, reflexivo y participativo. Entre sus metodologías, la evaluación triádica destaca por integrar tres perspectivas complementarias: la reflexión individual, la valoración entre iguales y la supervisión docente, favoreciendo la corresponsabilidad y la comprensión compartida de los criterios de calidad.

La literatura señala que la autoevaluación y la coevaluación aportan beneficios como el desarrollo de competencias metacognitivas y la mejora de la autorregulación. Sin embargo, estos procesos pueden variar según el nivel académico. La transición del Grado al Postgrado implica cambios en la madurez cognitiva, la experiencia previa y la percepción de competencia, factores que condicionan la forma en que los estudiantes valoran su propio desempeño y el trabajo ajeno. Estudios previos indican que los estudiantes de Postgrado tienden a mostrar juicios más críticos y ajustados, mientras que en Grado es frecuente observar sesgos optimistas.

El estudio se realizó con 252 estudiantes de Grado y Postgrado en el ámbito de la Educación Física, analizando 6.560 evaluaciones (691 autoevaluaciones, 5.615 coevaluaciones y 254 heteroevaluaciones). Se empleó una rúbrica validada con ocho criterios esenciales, aplicada en presentaciones teórico-prácticas. El análisis estadístico se efectuó mediante la prueba de Kruskal-Wallis y un post hoc de Dunn ($p < 0.05$).

Los resultados revelaron diferencias significativas en autoevaluación y coevaluación, pero no en heteroevaluación. En la autoevaluación, los estudiantes de Grado obtuvieron puntuaciones más altas ($M = 3.15$; $DT = 0.60$) que los de Postgrado ($M = 2.92$; $DT = 0.65$), lo que sugiere una tendencia a sobrevalorar el propio desempeño en etapas iniciales. En la coevaluación, las puntuaciones también fueron mayores en Grado ($M = 3.10$; $DT = 0.59$) frente a Postgrado ($M = 2.95$; $DT = 0.61$), reflejando una actitud más indulgente hacia el trabajo de los compañeros. Por el contrario, la heteroevaluación se mantuvo estable y objetiva en ambos grupos (Grado: $M = 2.98$; Postgrado: $M = 3.02$; $p > 0.05$).

La discusión conecta estos hallazgos con la literatura, destacando que la madurez académica y la experiencia previa favorecen la autorregulación y la coherencia evaluativa. Las implicaciones prácticas son claras: en Grado se recomienda formación específica en autoevaluación y coevaluación, uso sistemático de rúbricas y retroalimentación guiada; mientras que en Postgrado conviene profundizar en la calidad de la retroalimentación y plantear tareas evaluativas más complejas.

En conclusión, el nivel académico condiciona la forma en que se aplican las modalidades participativas de la evaluación triádica. Adaptar las estrategias formativas a las características de cada etapa resulta esencial para garantizar procesos más equitativos, conscientes y orientados al aprendizaje.

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación constituye un elemento central en la educación superior, no solo como mecanismo para certificar el aprendizaje, sino también como herramienta para orientar el progreso del estudiantado y mejorar la práctica docente. En este contexto, la evaluación formativa ha adquirido un papel protagonista, especialmente en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), donde se promueve un aprendizaje autónomo, reflexivo y participativo. Entre las metodologías más destacadas se encuentra la evaluación triádica, que integra tres perspectivas complementarias: autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación. Este enfoque busca implicar al alumnado en la comprensión de los criterios de calidad, la reflexión sobre su propio desempeño y la emisión de juicios fundamentados hacia el trabajo de sus pares, sin renunciar a la supervisión docente como garante de validez y equidad.

La literatura ha documentado múltiples beneficios asociados a la evaluación triádica: incremento de la implicación del alumnado, desarrollo de competencias metacognitivas, mejora de la autorregulación y fortalecimiento de la responsabilidad compartida en el aprendizaje. Sin embargo, estos procesos no son homogéneos y pueden verse condicionados por variables contextuales y personales, entre ellas el nivel académico. La transición del Grado al Postgrado implica cambios sustanciales en la madurez cognitiva, la experiencia previa y la percepción de competencia, factores que podrían influir en la forma en que los estudiantes participan en la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación.

Diversos estudios han señalado que los estudiantes de Postgrado suelen mostrar una mayor capacidad de autorregulación y un enfoque más crítico en la valoración de su propio desempeño, mientras que en Grado es frecuente observar sesgos optimistas o sobreestimación de la competencia. Estas diferencias pueden explicarse por la experiencia acumulada, la familiaridad con procesos evaluativos complejos y la mayor claridad en la interpretación de los criterios de calidad en niveles avanzados. Asimismo, la madurez académica influye en la disposición para emitir juicios objetivos hacia el trabajo de otros, lo que podría repercutir en la calidad de la coevaluación y en la coherencia con la heteroevaluación.

En este contexto, el presente capítulo tiene como objetivo analizar las diferencias en la aplicación y percepción de la evaluación triádica entre estudiantes de Grado y Postgrado, centrándose en la valoración de presentaciones orales en el ámbito de la Educación Física. El interés radica en comprender cómo el nivel académico condiciona la forma en que se utilizan estas herramientas y en qué medida estas diferencias pueden orientar la implementación de estrategias formativas adaptadas a cada etapa educativa. Este análisis resulta esencial para avanzar hacia modelos de evaluación más inclusivos, equitativos y ajustados a las necesidades reales del alumnado universitario.

2. METODOLOGÍA

2.1 Diseño del estudio

Se desarrolló un estudio cuantitativo, descriptivo y comparativo, orientado a analizar la implementación de un sistema de evaluación triádica —autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación— en estudiantes universitarios, explorando las diferencias en función del nivel académico (Grado vs. Postgrado). La elección de este diseño responde a la necesidad de identificar patrones de

comportamiento evaluativo en dos etapas formativas que presentan características diferenciadas en términos de madurez cognitiva, experiencia previa y autorregulación.

2.2 Participantes

La muestra estuvo compuesta por 252 estudiantes universitarios, distribuidos entre programas de Grado en Educación Primaria (mención Educación Física) y Postgrado en áreas afines. En total, se analizaron 6.560 evaluaciones, correspondientes a 691 autoevaluaciones, 5.615 coevaluaciones y 254 heteroevaluaciones. La participación fue voluntaria y se incluyeron únicamente aquellos estudiantes que completaron todas las fases del proceso evaluativo. Se garantizó el anonimato mediante la codificación de los datos y el tratamiento agregativo de la información, siguiendo la normativa vigente en protección de datos y los principios éticos institucionales.

La comparación entre Grado y Postgrado se justificó por el interés en examinar cómo la madurez académica y la experiencia previa influyen en la percepción y aplicación de la evaluación triádica. Se parte de la hipótesis, respaldada por estudios previos (Panadero et al., 2016; Pérez-Pueyo et al., 2021), de que los estudiantes de Postgrado presentan una mayor capacidad de autorregulación y un enfoque más crítico en la valoración del propio desempeño, mientras que en Grado es más frecuente observar sesgos optimistas.

2.3 Sistema de evaluación triádica

El sistema aplicado se estructuró en tres componentes:

Autoevaluación: Cada estudiante valoró su propio desempeño utilizando una rúbrica previamente explicada en clase, que incluía criterios claros y niveles de logro definidos. Este proceso exigió justificar la puntuación y reflexionar sobre fortalezas y áreas de mejora.

Coevaluación: Los estudiantes evaluaron el trabajo de sus compañeros en parejas o pequeños grupos, empleando la misma rúbrica y aportando retroalimentación cualitativa. Este componente permitió analizar la objetividad y profundidad de los juicios emitidos entre iguales.

Heteroevaluación: El profesorado aplicó la rúbrica para evaluar las tareas, proporcionando retroalimentación individualizada. Esta modalidad sirvió como referencia para valorar la coherencia entre las evaluaciones del alumnado y la emitida por el docente.

2.4 Instrumento

En este estudio se utilizó una herramienta previamente validada por Sánchez-Oliver y colaboradores (2025), diseñada específicamente para evaluar presentaciones teórico-prácticas en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). La metodología aplicada siguió las directrices propuestas por estos autores, basadas en una rúbrica con criterios claros, niveles de logro bien definidos y un enfoque mixto —cualitativo y cuantitativo— que permite emplearla tanto en procesos formativos como en la asignación de calificaciones.

La elaboración de la rúbrica contó con la participación activa de profesorado y alumnado, incorporando las tres perspectivas evaluativas: autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación. Su diseño partió de una definición precisa de los objetivos y contenidos de las tareas académicas, lo que facilitó la identificación de indicadores concretos para valorar la calidad del trabajo del estudiantado. A partir de estos indicadores se establecieron niveles de logro progresivos que reflejan distintos grados de desempeño.

La herramienta incluía ocho ítems destinados a evaluar aspectos esenciales de las presentaciones: calidad del contenido, organización de la información, claridad en la exposición, expresión oral, comunicación no verbal, gestión del tiempo, uso de materiales de apoyo y trabajo en equipo. Cada criterio se valoró en una escala de 1 a 4 (insuficiente, mejorable, satisfactorio, excelente), acompañada de descripciones detalladas que facilitaban la interpretación y garantizaban la coherencia en la evaluación.

Aunque la rúbrica podía emplearse para calificar, su propósito principal fue favorecer la evaluación formativa. Por ello, las valoraciones cualitativas se transformaban en puntuaciones numéricas únicamente

al final del proceso. La versión completa de la rúbrica, con todas las descripciones, se encuentra disponible en los materiales complementarios.

2.5 Procedimiento

El proceso se desarrolló durante un cuatrimestre académico. En una primera fase, se dedicaron varias sesiones a explicar la finalidad de la evaluación triádica, el funcionamiento de la rúbrica y el tipo de retroalimentación esperada. Posteriormente, se aplicó el sistema en cada actividad evaluable, registrando las puntuaciones de autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación.

2.6 Análisis de datos

Las puntuaciones obtenidas en las tres modalidades se compararon entre los grupos de Grado y Postgrado mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, complementada con un análisis post hoc de Dunn para identificar diferencias específicas. Se estableció un nivel de significancia de $p < 0.05$. La elección de pruebas no paramétricas se justificó por la naturaleza ordinal de los datos y la ausencia de normalidad en la distribución.

3. RESULTADOS

El análisis comparativo entre estudiantes de Grado y Postgrado reveló diferencias significativas en dos de las tres modalidades evaluativas: autoevaluación y coevaluación, mientras que en la heteroevaluación no se observaron variaciones relevantes.

Tabla 1. Resultados de la autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación por nivel académico

Modalidad	Nivel Académico	Media	Desviación Típica	Significancia (p)
Autoevaluación	Grado	3.15	0.60	< 0.05
Autoevaluación	Postgrado	2.92	0.65	
Coevaluación	Grado	3.10	0.59	< 0.05
Coevaluación	Postgrado	2.95	0.61	
Heteroevaluación	Grado	2.98	0.54	> 0.05
Heteroevaluación	Postgrado	3.02	0.55	

En la autoevaluación, los estudiantes de Grado obtuvieron puntuaciones medias más elevadas ($M = 3.15$; $DT = 0.60$) que los de Postgrado ($M = 2.92$; $DT = 0.65$), diferencia que resultó estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Este patrón sugiere que los estudiantes de Grado tienden a sobrevalorar su propio desempeño, mostrando un sesgo optimista que podría estar vinculado a una menor experiencia en procesos evaluativos complejos y a una percepción más indulgente de su competencia. Por el contrario, las valoraciones emitidas por los estudiantes de Postgrado se aproximaron más a las puntuaciones otorgadas por el profesorado, lo que indica un enfoque más crítico y ajustado a los estándares externos.

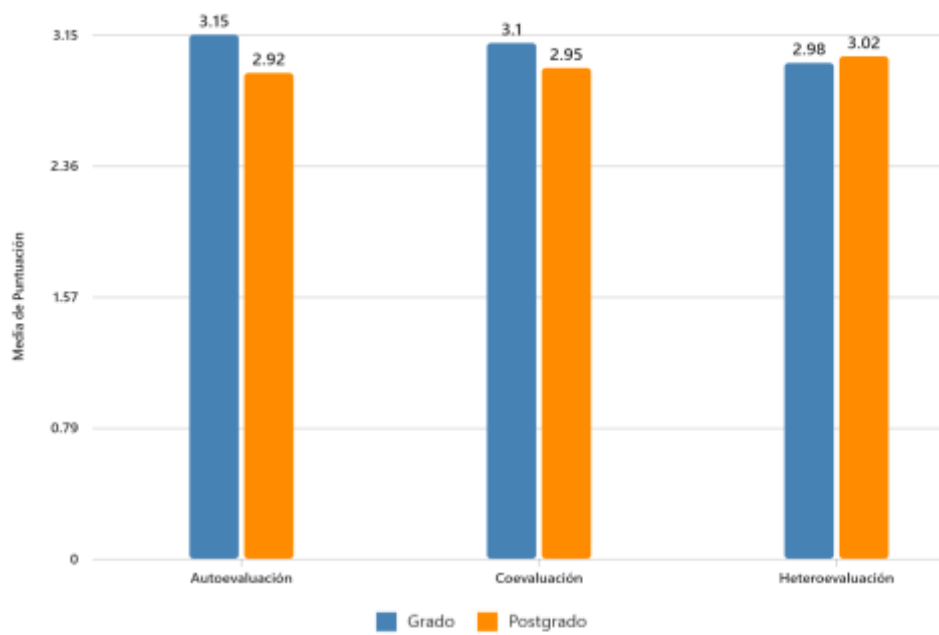


Figura 1. Comparación de puntuaciones por nivel académico y modalidad evaluativa.

En la coevaluación también se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$). Los estudiantes de Grado otorgaron puntuaciones medias de 3.10 (DT = 0.59), mientras que los de Postgrado alcanzaron una media de 2.95 (DT = 0.61). Este resultado refleja que, además de sobrevalorar su propio rendimiento, los estudiantes de Grado tienden a ser más indulgentes al evaluar el trabajo de sus compañeros, lo que podría estar relacionado con dinámicas de empatía o con una menor capacidad para aplicar criterios de manera objetiva. En cambio, los estudiantes de Postgrado mostraron una actitud más crítica y coherente con la heteroevaluación, lo que refuerza la hipótesis de una mayor madurez evaluativa en niveles académicos superiores.

Por último, en la heteroevaluación no se detectaron diferencias significativas entre ambos grupos ($p > 0.05$). Las puntuaciones fueron muy similares: 2.98 (DT = 0.54) para Grado y 3.02 (DT = 0.55) para Postgrado. Este hallazgo confirma que la evaluación realizada por el profesorado se mantiene estable y objetiva, constituyendo un referente común para ambos colectivos.

En síntesis, los resultados evidencian que las diferencias asociadas al nivel académico se concentran en las modalidades participativas —autoevaluación y coevaluación—, mientras que la heteroevaluación permanece constante. Estos datos sugieren que la percepción evaluativa está condicionada por la experiencia y la madurez académica, factores que influyen en la capacidad para emitir juicios equilibrados tanto sobre el propio desempeño como sobre el trabajo ajeno.

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que el nivel académico constituye una variable relevante en la forma en que el alumnado participa en procesos de evaluación triádica. Las diferencias significativas encontradas en la autoevaluación y la coevaluación entre estudiantes de Grado y Postgrado sugieren que la experiencia académica y la madurez cognitiva influyen directamente en la percepción evaluativa y en la capacidad para emitir juicios equilibrados.

En primer lugar, la tendencia de los estudiantes de Grado a otorgarse puntuaciones más elevadas en la autoevaluación coincide con investigaciones previas que señalan la presencia de sesgos optimistas en etapas formativas iniciales (Panadero, Tapia & Huertas, 2013; López-Pastor & Sicilia-Camacho, 2017). Este comportamiento puede explicarse por una menor familiaridad con procesos evaluativos complejos y por la falta de referentes claros sobre los estándares de calidad, lo que conduce a valoraciones más indulgentes. Por el contrario, los estudiantes de Postgrado mostraron puntuaciones más ajustadas y

próximas a la heteroevaluación, lo que refleja una mayor capacidad de autorregulación y un enfoque crítico, características asociadas a la madurez académica y a la experiencia acumulada en contextos evaluativos (Panadero et al., 2016).

En relación con la coevaluación, las diferencias observadas también son coherentes con la literatura que indica que la calidad de la retroalimentación entre iguales mejora con la experiencia y la formación específica (Pérez-Pueyo et al., 2021). Los estudiantes de Grado, al igual que en la autoevaluación, tendieron a ser más indulgentes al valorar el trabajo de sus compañeros, lo que podría estar vinculado a dinámicas de empatía o a la dificultad para aplicar criterios de manera objetiva. En cambio, los estudiantes de Postgrado mostraron una actitud más crítica y coherente con la heteroevaluación, reforzando la idea de que la madurez académica favorece la consistencia evaluativa.

Por otro lado, la ausencia de diferencias en la heteroevaluación confirma la estabilidad y objetividad de la valoración docente, que actúa como referente común para ambos grupos. Este hallazgo subraya la importancia de mantener la heteroevaluación como elemento regulador dentro del sistema triádico, garantizando la equidad y la coherencia en el proceso evaluativo.

Implicaciones prácticas

Los resultados obtenidos tienen implicaciones relevantes para la práctica educativa. En el caso de los estudiantes de Grado, se recomienda:

- Incorporar formación específica en autoevaluación y coevaluación, orientada a desarrollar habilidades metacognitivas y criterios objetivos.
- Utilizar rúbricas detalladas y ejemplos prácticos, que faciliten la comprensión de los estándares de calidad y reduzcan la tendencia a la sobreestimación.
- Promover espacios de reflexión y retroalimentación guiada, que ayuden a ajustar las percepciones del propio desempeño.

Para los estudiantes de Postgrado, las estrategias pueden centrarse en:

- Profundizar en la calidad de la retroalimentación, fomentando comentarios más analíticos y orientados a la mejora.
- Introducir tareas evaluativas más complejas, que desafíen la capacidad crítica y la aplicación de criterios en contextos diversos.
- Favorecer la discusión sobre la coherencia entre evaluaciones, para consolidar la competencia evaluativa como parte del desarrollo profesional.

En conjunto, estos hallazgos refuerzan la necesidad de adaptar la implementación de la evaluación triádica al nivel académico del alumnado, garantizando que las prácticas formativas respondan a sus características y necesidades específicas. De este modo, se contribuye a construir una cultura evaluativa más equitativa, consciente y orientada al aprendizaje.

5. CONCLUSIÓN

Las diferencias encontradas demuestran que el nivel académico del alumnado influye en la percepción evaluativa, lo que sugiere que las estrategias formativas deben ser ajustadas para cada nivel. Es crucial implementar programas de capacitación en autoevaluación en los primeros años de Grado, mientras que en Postgrado se podría enfocar la retroalimentación en aspectos más específicos, dada la mayor madurez evaluativa del alumnado.

6. BIBLIOGRAFÍA

Barrientos Hernán, E. J., & López-Pastor, V. M. (2015). La evaluación formativa en educación superior: una revisión internacional. *Revista arbitrada del CIEG*, (21), 272–284.

- Esquivel Rivero, Y., Rivero Rodríguez, E. M., & Sánchez Armijos, T. M. (2025). Evaluación formativa en la educación superior: Prácticas innovadoras para la formación docente. *Revista Científica de Salud y Desarrollo Humano*, 6(1), 648–662. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i1.501>
- Garcimartín, C. F., Nieto, T. F., Molina, M., & Pastor, V. M. L. (2022). La participación del alumnado en la evaluación formativa en formación del profesorado. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 15(1), 61-80.
- González-Gutiérrez, I., López-García, S., Barcala-Furelos, M., Mecías-Calvo, M., & Navarro-Patón, R. (2024). ¿Existen diferencias en la percepción del alumnado sobre la evaluación recibida en las clases de educación física? Un estudio en función del género y etapa educativa. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 59, 632–641. <https://doi.org/10.47197/retos.v59.108260>
- López Pastor, V. M., González Pascual, M., & Barba Martín, J. J. (2005). La participación del alumnado en la evaluación: la autoevaluación, la coevaluación y la evaluación compartida. *Tándem: Didáctica de la Educación Física*, 17, 21-37.
- López-Pastor, V., & Sicilia-Camacho, A. (2017). Formative and shared assessment in higher education. Lessons learned and challenges for the future. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 42(1), 77-97.
- Martín, R. B., & Alcalá, D. H. (2022). Si la Evaluación es Aprendizaje, he de Formar parte de la misma. Razones que Justifican la Implicación del Alumnado. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 15(1), 9-22.
- Mendoza, S. T. B., Cedeño, J. A. M., Espinales, A. N. V., & Gámez, M. R. (2021). Autoevaluación, Coevaluación y Heteroevaluación como enfoque innovador en la práctica pedagógica y su efecto en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(3), 828-845.
- Olague, M. Z., Cañadas, L., & Manso, J. (2025). Percepción del profesorado de educación básica sobre la participación de los diferentes agentes (profesorado y alumnado) en los procesos de evaluación. *Revista Fuentes*, 27(3), 289-300.
- Panadero, E., Brown, G. T., & Strijbos, J. W. (2016). The future of student self-assessment: A review of known unknowns and potential directions. *Educational Psychology Review*, 28, 803-830.
- Panadero, E., Tapia, J. A., & Huertas, J. A. (2013). Autoevaluación: Connotaciones teóricas y prácticas. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 11(2), 551–576.
- Pérez-Pueyo, Á., & López-Pastor, V. M. (Coords.). (2017). *Evaluación formativa y compartida en educación: experiencias de éxito en todas las etapas educativas*. León, España: Universidad de León.
- Pérez-Pueyo, A., Hortigüela-Alcalá, D., Gutiérrez-García, C., & López-Pastor, V. (2021). Evaluación formativa y compartida. In *Los modelos pedagógicos en educación física: qué, cómo, por qué y para qué*. Universidad de León.
- Romero, M. R., Castejón, F. J., López, V. M., & Fraile, A. (2017). Evaluación formativa, competencias comunicativas y TIC en la formación del profesorado= Formative Assessment, Communication Skills and ICT in Initial Teacher Training. *Comunicar: Revista Científica Iberoamericana de Comunicación y Educación= Scientific Journal of Media Education*: 52, 3, 2017, 73-82.
- Romero-Martín, M. R., Castejón-Oliva, F. J., López-Pastor, V. M., & Fraile-Aranda, A. (2017). Evaluación formativa, competencias comunicativas y TIC en la formación del profesorado. *Comunicar*, 25(52), 73–82. <https://doi.org/10.3916/C52-2017-07>
- Salom, M. A. C., & Tena, B. A. (2022). Complicidad entre Autoevaluación y Aprendizaje. Matices para su Implantación en la Universidad. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 15(1), 23-42.
- Sánchez Mesa, S. J. (2004). *La heteroevaluación, coevaluación y autoevaluación como dinamizadores del proceso enseñanza-aprendizaje* [Tesis de especialización, Universidad Industrial de Santander].

- Sánchez-Oliver, A. J., Carnero-Díaz, Á., Muñoz-Llerena, A., & Bianchi, P. (2025). Proyecto de innovación docente para la implementación de la evaluación formativa en la universidad. En *Acciones educativas innovadoras en el ámbito universitario* (pp. 85-103). Dykinson.
- Sánchez-Oliver, A. J., et al. (2025). Validación de una herramienta para evaluar las presentaciones teórico-prácticas en la Educación Superior. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, (67).
- Zubillaga-Olagüe, M., & Cañadas, L. (2022). Agentes participantes en los procesos de evaluación y calificación en Educación Física. *Contextos Educativos*, 30, 83–98. <https://doi.org/10.18172/con.5371>

CONCORDANCE BETWEEN LIFE'S ESSENTIAL 8 AND SCORE2/SCORE2-OP IN SPANISH ADULTS: ARE THEY INTERCHANGEABLE? RESULTS FROM THE INLIFE-AGING PROJECT.

Iván Hoditx Martín-Costa
PhD Candidate

MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain
ORCID: 0000-0002-1033-9548

Veronica Mihaescu-ion
PhD Candidate

MOVE-IT Research Group, Department of Nursing and Physical Therapy, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Faculty of Nursing and Physical Therapy, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain
ORCID: 0000-0003-2249-6089

Laura Martínez-Sánchez
Postdoctoral Researcher

MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain
ORCID: 0000-0002-1313-322X

Sonia Ortega-Gómez
Postdoctoral Researcher

MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain
ORCID: 0000-0001-8589-5672

Marta Baena-Aguilera
PhD Candidate

MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain
ORCID: 0000-0003-0658-5081

Wafa Slaoui-Slaoui
PhD Candidate

MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain;
International University of Valencia, Valencia, Spain

Javier Salvador Morales
Postdoctoral Researcher

SPORT Research Group, Department of Education, Faculty of Education Sciences, Centro de Investigación para el Bienestar y la Inclusión Social (CIBIS), Universidad de Almería, Almería, Spain; Biomedical Research Unit, Hospital Universitario Torrecárdenas, Almería, Spain
ORCID: 0000-0002-3255-3246

Raquel Tinoco-Gardón
Internal Medicine Specialist
Internal Medicine, Hospital Universitario Puerto Real, Cádiz, Spain

José Diego Santotoribio
Clinical Biochemist
*Laboratory Medicine Department, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INiBICA),
Hospital Universitario Puerto Real, Cádiz, Spain*
ORCID: 0000-0002-8851-7551

María José Pedrosa-Martínez
Clinical Pharmacology Specialist
Clinical Pharmacology, Hospital Universitario Puerto Real, Cádiz, Spain
ORCID: 0000-0003-3443-3819

David Jiménez-Pavón
Full Professor
*MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación
Biomédica de Cádiz (INiBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain; CIBER
of Frailty and Healthy Aging (CIBERFES), Madrid, Spain*
ORCID: 0000-0002-8977-4744

Ana Carbonell-Baeza
Full Professor
*MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación
Biomédica de Cádiz (INiBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain;
Healthy-Age Research Networ: Active aging, exercise and health, Consejo Superior de Deportes (CSD),
Ministry of Culture and Sport of Spain, Madrid, Spain*
ORCID: 0000-0003-1762-2925

Abstract:

Introduction: Cardiovascular disease remains the leading cause of mortality worldwide, particularly affecting ageing populations. Assessing cardiovascular health (CVH) through Life's Essential 8 (LE8) and estimating 10-year cardiovascular risk using SCORE2/SCORE2-OP are key for prevention. However, little is known about how these systems align when applied to the same population. This study examined the relationship between LE8 cardiovascular health and SCORE2/SCORE2-OP 10-year predicted cardiovascular risk in Spanish adults aged 50–79 years.

Methods: Analyses included descriptive statistics and group comparisons using ANOVA and chi-square tests. Agreement between LE8 categories and SCORE2/SCORE2-OP risk groups was evaluated using Cohen's weighted kappa and percentage agreement. Continuous associations between LE8 scores and SCORE2/SCORE2-OP risk were examined using Spearman correlations and simple linear regression.

Results: Overall, CVH scores were predominantly moderate, while SCORE2/SCORE2-OP estimates showed wide variability. Categorical concordance between both systems was limited. The total sample showed low agreement beyond chance ($\kappa=0.14$, $p<0.001$) while only middle-aged women demonstrated significant concordance ($\kappa=0.07$, $p=0.007$). Continuous analyses revealed a consistent inverse relationship in the total sample ($\rho=-0.334$, $p<0.001$; $\beta=-1.05$, $p<0.001$; $R^2=0.090$). Significant associations were also observed in

middle-aged men and in both middle-aged and older women, whereas the relationship was not significant in older men.

Conclusions: These findings indicate that LE8 and SCORE2/SCORE2-OP capture related but distinct aspects of cardiovascular status. Their combined use may support improved prevention strategies in adult and ageing populations.

1. INTRODUCTION

Cardiovascular disease (CVD) remains the leading cause of mortality worldwide and continues to impose a substantial burden on health systems, particularly in ageing populations (World Health Organization, 2025). Recent global projections estimate a sustained increase in CVD incidence and mortality over the coming decades, underscoring the need for robust strategies for prevention and early identification of cardiovascular risk (Chong et al., 2024). Within this context, assessing cardiovascular health (CVH) across the adult lifespan has become essential for guiding clinical decision-making and informing public health interventions.

In 2022, the American Heart Association (AHA) updated its construct of CVH with the introduction of Life's Essential 8 (LE8), building on and expanding the earlier "Life's Simple 7" framework (Lloyd-Jones et al., 2022, 2010). LE8 integrates eight components—diet quality, physical activity, nicotine exposure, sleep health, body mass index (BMI), blood lipids, blood glucose, and blood pressure—producing a global 0–100 CVH score.

In parallel, the European Society of Cardiology (ESC) introduced the Systematic Coronary Risk Evaluation 2 (SCORE2), for adults aged 40–69, and the Systematic Coronary Risk Evaluation 2 – Older Persons (SCORE2-OP), for those aged ≥ 70 years, as updated algorithms to estimate 10-year risk of first-onset cardiovascular events in European adults. These models incorporate age, sex, systolic blood pressure, non-HDL cholesterol, smoking status, and region-specific risk calibrations (SCORE2 working group and ESC Cardiovascular risk collaboration, 2021; SCORE2-OP working group and ESC Cardiovascular risk collaboration, 2021).

Although several studies have examined the association between LE8 or its predecessor, Life's Simple 7, and cardiovascular risk (Dong et al., 2019; Guo & Zhang, 2017; Hernández-Martínez et al., 2024; Zhou et al., 2018), little is known about how LE8 CVH scores align specifically with the SCORE2/SCORE2-OP classification system when applied to the same population. Despite their distinct conceptual bases—LE8 reflecting current cardiovascular health and SCORE2/SCORE2-OP predicting 10-year event risk—it is still unknown whether both systems classify individuals consistently or whether their classifications diverge in applied settings (Sebastian et al., 2024).

This gap is particularly relevant in Spain, where population ageing and lifestyle transitions may influence both CVH and risk estimates (Hernández-Martínez et al., 2024). Understanding whether LE8 and SCORE2/SCORE2-OP classify individuals consistently is essential for determining the extent to which lifestyle-derived cardiovascular health and clinically derived predicted risk can be used interchangeably or must be jointly integrated for decision-making.

Therefore, the primary aim of this study was to analyze the categorical agreement between LE8 categories and SCORE2/SCORE2-OP risk classifications in a Spanish cohort. A secondary aim was to evaluate the continuous association between LE8 scores and SCORE2/SCORE2-OP risk estimates, and to explore potential differences by sex and age.

2. PARTICIPANTS AND METHODS

2.1. Study sample

This is a cross-sectional study, part of the Inlife-Aging Project. This project was co-financed by the European Union's Regional Development Fund (EU2014-2020 ERDF) and the Regional Government of Andalusia (FEDER UCA18-107040).

A total of 524 participants aged 50-79 years were recruited between January 2022 and June 2024 in (Cádiz, Spain), as part of the Inlife-Aging Project. Recruitment took place through community centers, senior associations, and primary healthcare facilities. Eligible individuals were those without major physical illness that could limit assessment, able to communicate effectively, and capable of understanding the study aims and informed consent. Exclusion criteria included acute or terminal illness, history of cerebral infarction, epilepsy, brain tumor, or alcohol or drug abuse.

All procedures followed the principles of the Declaration of Helsinki (2024) (World Medical Association, 2013, 2024). Written informed consent was obtained from all participants. The study was approved by the Clinical Research Ethics Committee of Hospital Universitario Puerta del Mar, Cádiz (Trial registration: 0653-N-20).

2.2. Comorbidities and cardiovascular assessment

Comorbidities were evaluated by a physician during a clinical consultation. Individuals with elevated fasting glucose levels (>125 mg/dL) or elevated HbA1c ($>6.4\%$) without a history of diabetes were treated as cases of undiagnosed diabetes and included in the diabetes group, as described elsewhere (Huang et al., 2024). All blood measurements were obtained after an 8-hour overnight fast and 48 hours of abstention from alcohol and caffeine. Serum and plasma samples were processed and analyzed according to standard procedures at the Biochemistry Unit of Hospital Universitario Puerto Real.

2.2.1. Quantification of CVH score and LE8 components

The CVH score comprises eight components grouped into two domains: health behaviors (HB)—diet quality, physical activity, nicotine exposure, and sleep health—and health factors (HF)—BMI, blood lipids, blood glucose, and blood pressure. Each component was scored on a 0-100 scale according to the AHA guidelines (Lloyd-Jones et al., 2022).

A) Quantification of Health Behaviors

Diet quality was assessed using the PREDIMED semi-quantitative food frequency questionnaire (FFQ) (Fernández-Ballart et al., 2010; Martin-moreno et al., 1993), which includes 136 dietary items ranging from no intake to ≥ 6 servings/day. Standard portion sizes were specified. Daily consumption of each item was estimated by multiplying the portion size by its frequency of intake using an ad hoc computer program specifically developed for this purpose (Moreiras et al., 2005; Verdú & Navarro, 2009). Diet quality was summarized using the Healthy Eating Index 2020 (HEI-2020) (Shams-White et al., 2023).

Physical activity was assessed with the Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) and the guidelines for data processing and analysis were considered (Bull et al., 2009).

Nicotine exposure was self-reported and based on smoking status (never, current, or former smoker), as well as time since quitting in former smokers. Assessment was limited to cigarette smoking, as data on other combustible tobacco products (e.g., cigars or little cigarettes), nicotine delivery systems, or household exposure to tobacco smoke were not available.

Sleep health was assessed using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) (Buysse et al., 1989; Fernández & Rico, 1996), following standardized data processing guidelines. Sleep duration was calculated by subtracting

time to fall asleep (item 2) from time in bed, which was derived by subtracting wake-up time (item 3) from bedtime (item 1).

B) Quantification of Health Factors

BMI was calculated as body weight in kilograms divided by height in meters squared (kg/m^2). Standardized protocols were followed for anthropometric measurements. Height was measured without shoes using a stadiometer (Charder Medical, model HM200P), and weight was assessed using the InBody 770 device, with participants wearing light indoor clothing and no shoes. The device was calibrated daily.

Blood lipid levels were calculated as non-high-density lipoprotein cholesterol by subtracting HDL cholesterol from total cholesterol.

Blood glucose categories were determined based on serum glucose and hemoglobin A1c concentrations. Participants were classified as having diabetes if they met any of the following criteria: HbA1c $\geq 6.5\%$, fasting blood glucose (FBG) ≥ 126 mg/dL, use of glucose-lowering medications, or self-reported history of diabetes (Huang et al., 2024).

Blood pressure was assessed using the Omron M6 Comfort (HEM-7360-E) device and measured in both arms using standardized procedures. Three consecutive measurements were taken, and the average of the last two readings (from the arm with the highest values) was used for analysis as described elsewhere (Higuera-Fresnillo et al., 2023).

CVH score was computed as the unweighted mean of the eight components scores. HB and HF domain scores were calculated by an unweighted mean of their components. Depending on the score, low (<50), moderate (50-79), and high (≥ 80) categories were established for all LE8 variables, as previously described (Lloyd-Jones et al., 2022).

2.2.2. Quantification of SCORE2 and SCORE2-OP

SCORE2 and SCORE2-OP were calculated in accordance with the 2021 European Society of Cardiology (ESC) Guidelines for cardiovascular disease prevention. SCORE2 was applied to participants aged 50–69 years, while SCORE2-OP was used for those aged ≥ 70 years, as recommended (SCORE2 working group and ESC Cardiovascular risk collaboration, 2021; SCORE2-OP working group and ESC Cardiovascular risk collaboration, 2021).

Both models estimate the 10-year risk of first-onset cardiovascular disease using age, sex, systolic blood pressure, non-high-density lipoprotein cholesterol (non-HDL-c), and smoking status. As Spain is classified as a low-risk European region, the corresponding ESC equations and thresholds were applied (SCORE2 working group and ESC Cardiovascular risk collaboration, 2021; SCORE2-OP working group and ESC Cardiovascular risk collaboration, 2021).

Risk estimates were expressed as a continuous probability value and classified according to ESC-defined categories:

SCORE2 (50–69 years): $<2\%$ (low to moderate), 2 – $<5\%$ (high), $\geq 5\%$ (very high) (SCORE2 working group and ESC Cardiovascular risk collaboration, 2021).

SCORE2-OP (≥ 70 years): $<7.5\%$ (low to moderate), 7.5 – $<15\%$ (high), $\geq 15\%$ (very high) (SCORE2-OP working group and ESC Cardiovascular risk collaboration, 2021).

2.3. Statistical analysis

To describe the distribution of CVH (LE8) and cardiovascular risk (SCORE2/SCORE2-OP), continuous variables were summarized as mean \pm standard deviation (SD), and categorical variables as frequencies and percentages. Differences by age group (middle-aged adults: 50–64 years; older adults: 65–79 years) and by sex

were examined for all main study variables. Mean differences (MD) were tested using one-way ANOVA for combined sex–age categories and Pearson’s chi-square tests for categorical variables, when necessary, followed by Bonferroni-adjusted post hoc tests.

Comorbidities (including hypertension, diabetes mellitus, dyslipidemia, and other clinically relevant chronic conditions) were compared across sex–age categories using Pearson’s chi-square tests. When significant global differences were observed, pairwise comparisons were performed using Bonferroni-adjusted p-values.

Agreement between LE8 categories and SCORE2/SCORE2-OP risk categories was evaluated using Cohen’s weighted kappa coefficient (quadratic weights) and percentage agreement, both in the total sample and across combined sex–age groups.

The interpretation of kappa values is classified as *poor* (<0), *slight* (0.00–0.20), *fair* (0.21–0.40), *moderate* (0.41–0.60), *substantial* (0.61–0.80), and *almost perfect* (0.81–1.00) (Landis & Koch, 1977).

To explore the continuous association between CVH and predicted risk, two complementary approaches were used. First, Spearman’s rank correlation coefficients were calculated to assess the monotonic relationship between LE8 total score and SCORE2/SCORE2-OP continuous risk. Second, simple linear regression models were fitted using SCORE2/SCORE2-OP risk as the outcome and LE8 total score as the predictor. Regression coefficients (β), two-sided p-values, and model R^2 were reported.

Statistical significance was set at $p < 0.05$. Analyses were performed using Stata SE 14.2 (StataCorp, College Station, TX, USA) and R version 4.4.1 (R Core Team) via RStudio 2024.12.0 (Posit Software).

3. RESULTS

3.1. Sample characteristics

Table 1 summarizes the participants’ sociodemographic and clinical characteristics. After excluding incomplete cases, the final analytical sample included 495 participants (mean age: 61.7 ± 7.4 years; 59.4% women; 34.7% aged ≥ 65 years).

LE8 CVH scores were overall moderate, with marked differences across sex–age groups. Middle-aged women showed the highest mean LE8 values and a greater proportion in the high CVH category, differing significantly from both middle-aged men and older men ($p < 0.05$). Older men presented the lowest mean LE8 scores, with most individuals classified in the moderate category and fewer reaching high CVH levels.

SCORE2/SCORE2-OP 10-year cardiovascular risk showed clear differences across sex–age groups. Middle-aged women presented the lowest mean estimated risk and were predominantly classified in the low–moderate risk category, differing significantly from all other groups ($p < 0.05$). Older men showed the highest mean risk values, with most individuals classified in the high or very high-risk categories.

Comorbidities such as dyslipidemia, hypertension, diabetes mellitus, and cardiovascular disease were also more frequent among older men (all $p < 0.05$), whereas middle-aged women consistently showed the lowest prevalence.

Table 1
Sample characteristics

Variables	Total	Middle-aged Adults (50-64y) (n=323)		Older Adults (65-79y) (n=172)	
		Men	Women	Men	Women
Number of participants (%)	495	136 (27.5)	187 (37.9)	65 (13.1)	107 (21.6)
Age, y, Mean (SD)	61.7 (7.4)	57.5 (4.4)	57.1 (4.3)	70.3 (3.5)	69.9 (4.0)
LE8 CVH, Score 0-100 (SD)	69.0 (11.5)	67.4 (10.6) ^A	71.8 (11.8) ^{AB}	65.9 (9.8) ^B	68.3 (12.1)
LE8 CVH score categories, Frequency (%)*					
		α	αβ	β	
- Low (>50)	27 (5.4)	9 (6.6)	7 (3.7)	4 (6.2)	7 (6.5)
- Moderate (50-79)	379 (76.6)	111 (81.6)	132 (70.6)	58 (89.2)	78 (72.9)
- High (>80)	89 (18.0)	16 (11.8)	48 (25.7)	3 (4.6)	22 (20.6)
SCORE2/SCORE2-OP 10 years risk, % (SD)	5.2 (3.3)	5.1 (1.6) ^A	2.5 (1.4) ^A	10.2 (2.6) ^A	7.2 (2.7) ^A
SCORE2/SCORE2-OP categories, Frequency (%)*					
		α	α	α	α
- Low-moderate (>2%/<7.5%)	246 (49.7)	58 (42.6)	169 (90.4)	0 (0.0)	19 (17.8)
- High (2-<5%/7.5-<15%)	226 (45.7)	75 (55.2)	18 (9.6)	49 (75.4)	84 (78.5)
- Very high (≥5%/≥15%)	23 (4.6)	3 (2.2)	0 (0.0)	16 (24.6)	4 (3.7)
Comorbidities, Frequency (%)					
Dyslipidemia	184 (37.2)	44 (32.4) ^A	55 (29.4) ^{BC}	35 (53.9) ^{AB}	50 (46.7) ^C
Hypertension	167 (33.7)	38 (27.9) ^{AC}	45 (24.1) ^{BD}	35 (53.9) ^{AB}	49 (45.8) ^{CD}
Diabetes Mellitus	55 (11.1)	16 (11.8) ^A	12 (6.4) ^B	15 (23.1) ^{ABC}	12 (11.2) ^C
Cardiovascular Disease	46 (9.3)	11 (8.1)	8 (4.3) ^A	14 (21.5) ^A	13 (12.2)
Peripheral arterial disease	7 (1.4)	2 (1.5)	1 (0.5)	0 (0.0)	4 (3.7)

The table presents a comparison of comorbidities and cardiovascular assessments across different age and sex groups. Values are expressed as absolute numbers (n) and percentages (%). Symbols A–D (for mean comparisons) and α–β (for distributional comparisons) indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) between groups sharing the same symbol. CVH (Cardiovascular Health), LE8 (Life's Essential 8), SCORE2 (Systematic Coronary Risk Evaluation 2), SCORE2-OP (Systematic Coronary Risk Evaluation 2 – Older Persons), SD (Standard Deviation).

3.2. Categorical concordance between LE8 and SCORE2/SCORE2-OP.

Marked discrepancies were observed between LE8 CVH categories and SCORE2/SCORE2-OP risk classifications. In the low LE8 group, participants were split equally between low–moderate and high ESC risk (44.4% each), with 11.1% classified as very high risk. Among those with moderate LE8, the distribution remained balanced, with 45.9% in the low–moderate risk category and 48.8% in the high-risk category, while only 5.3% reached very high risk. In contrast, individuals with high LE8 showed a clearer association with lower estimated risk, as 67.4% were classified as low–moderate ESC risk and none as very high risk.

In the overall sample, the concordance (Table 2) beyond chance remained slight ($\kappa=0.14$; $p<0.001$). The only subgroup showing statistically significant concordance was middle-aged women, in whom both systems aligned slightly ($\kappa=0.07$; $p=0.007$). In all other sex–age groups, agreement did not exceed chance levels ($p>0.05$).

Table 2
Categorical concordance between LE8 and SCORE2/SCORE2-OP

Group	Kappa Index	% Observed agreement	% Expected agreement	<i>p</i> -value
Total	0.14	85.7	83.4	<0.001
Middle-aged men	0.10	86.8	85.2	0.058
Older men	0.07	91.9	91.3	0.254
Middle-aged women	0.07	81.3	80.0	0.007
Older women	−0.05	88.3	88.8	0.685

Cohen’s weighted kappa coefficient (quadratic weights) and observed and expected agreement percentages for the categorical concordance between LE8 CVH categories and SCORE2/SCORE2-OP 10-year cardiovascular risk categories. Values are presented stratified by combined sex–age groups. Statistical significance is indicated by *p*-values < 0.05.

3.3. Continuous association between LE8 and SCORE2/SCORE2-OP

Table 4 shows the continuous association between LE8 CVH scores and SCORE2/SCORE2-OP 10-year cardiovascular risk. Higher LE8 scores were significantly associated with lower predicted cardiovascular risk, and the model accounted for a modest proportion of variance in risk estimates.

When stratified by sex and age, a clear sex pattern emerged. Among women, the association was consistently significant in both middle-aged and older groups, with LE8 scores explaining a modest share of variability in estimated risk. Middle-aged women showed the strongest overall relationship, while older women also displayed a clear inverse association with preserved explanatory capacity. In men, by contrast, a significant association was only observed in middle-aged individuals and was comparatively weaker, whereas in older men the relationship between LE8 and SCORE2/SCORE2-OP was not statistically significant.

Table 3

Association between continuous LE8 CVH score and SCORE2/SCORE2-OP 10-year cardiovascular risk

Group	Spearman's rho (ρ)	p-value (ρ)	Regression slope (β)	p-value (β)	R ²
Total sample	-0.334	<0.001	-1.05	<0.001	0.090
Middle-aged men	-0.268	0.002	-1.62	0.003	0.063
Middle-aged women	-0.382	<0.001	-3.23	<0.001	0.141
Older men	-0.146	0.245	-0.59	0.220	0.024
Older women	-0.417	<0.001	-1.45	0.001	0.103

Spearman's rank correlation coefficient (ρ), simple linear regression slopes (β), and coefficient of determination (R²) assessing the association between continuous LE8 CVH scores and SCORE2/SCORE2-OP 10-year cardiovascular risk percentage. Slopes represent the change in SCORE2/SCORE2-OP 10-year cardiovascular risk percentage per one-unit increase in LE8 score. Statistical significance is indicated by p-values < 0.05.

4. DISCUSSION

Overall, the findings showed that LE8 CVH and SCORE2/SCORE2-OP predicted risk capture related but not equivalent dimensions of cardiovascular status. While both tools identified clear sex- and age-related patterns, their categorical classifications aligned only modestly, indicating that individuals were often placed into different health or risk categories depending on the system used. Nevertheless, when examined as continuous measures, LE8 and SCORE2/SCORE2-OP displayed a consistent inverse association across all subgroups, suggesting that better CVH tended to correspond to lower predicted risk, even though this relationship did not translate into strong categorical concordance. Age exerts a dominant influence in SCORE2/SCORE2-OP equations, often outweighing behavioral or intermediate health metrics captured by LE8. This may partly explain why individuals with favorable CVH profiles can still be classified as high-risk according to ESC algorithms.

The overall pattern observed in this study aligns with prior research consistently reporting inverse associations between lifestyle-based CVH scores and cardiovascular risk or outcomes (Dong et al., 2019; Guo & Zhang, 2017; Hernández-Martínez et al., 2024; Zhou et al., 2018), supporting the continuous relationship identified in our analysis. However, no previous studies have examined the categorical agreement between LE8 and SCORE2/SCORE2-OP. A recent systematic review noted that LE8 has rarely been compared directly with established clinical algorithms and highlighted considerable variability in how individuals are classified across systems (Sebastian et al., 2024). The limited categorical alignment observed in our findings is therefore consistent with the small body of evidence addressing concordance between health indices and cardiovascular risk prediction models.

The divergence between LE8 and SCORE2/SCORE2-OP categorizations is consistent with their conceptual differences. LE8 incorporates behavioral and biological components that describe current CVH, whereas SCORE2/SCORE2-OP estimates the probability of future cardiovascular events based on age region and clinical factors. Similar discrepancies have been documented in other cohorts, where individuals with favorable lifestyle profiles may still present elevated predicted risk due to age-related or clinical factors, and vice versa (Guo & Zhang, 2017; Hernández-Martínez et al., 2024; Joseph et al., 2019; Ogunmoroti et al., 2017; Zhou et al., 2018). The clearer gradients observed across sex and age groups in both systems are also in line with previous literature showing that women typically present more favorable CVH profiles and lower predicted risk throughout midlife, while risk rises sharply with age, particularly among men (Benjamin et al., 2019; Folsom et al., 2011; Hernández-Martínez et al., 2024; LaMonte et al., 2022).

Together, these comparisons indicate that while LE8 and SCORE2/SCORE2-OP are related constructs, they do not classify individuals in equivalent ways, reinforcing the idea that each tool provides distinct and complementary information about cardiovascular status.

The joint use of LE8 and SCORE2/SCORE2-OP may enable clinicians to simultaneously capture long-term risk and modifiable determinants, allowing a more comprehensive preventive approach. LE8 provides a detailed evaluation of modifiable behaviors and physiological factors, making it particularly useful for guiding lifestyle counselling, monitoring changes over time, and supporting preventive strategies in community and primary care settings. In contrast, SCORE2/SCORE2-OP remains essential for stratifying 10-year cardiovascular risk and informing decisions related to pharmacological treatment or clinical follow-up. The limited categorical concordance observed between both systems suggests that relying on one measure exclusively may overlook important aspects of CVH or risk. Integrating LE8 into routine assessments could help identify individuals with suboptimal health behaviors who may still fall within low- or moderate-risk categories according to SCORE2/SCORE2-OP, while risk algorithms can detect individuals whose predicted risk is elevated despite relatively favorable CVH profiles. Such complementary use may enhance early prevention efforts and support more tailored approaches to cardiovascular risk management in adult and ageing populations.

This study has several strengths, including the use of two contemporary and internationally endorsed tools for assessing CVH and risk, the inclusion of adults across a broad age range, and the standardized procedures applied for data collection. The analysis also considered sex and age subgroups, providing a more nuanced understanding of concordance patterns across demographic groups.

However, certain limitations should be acknowledged. The cross-sectional design precludes establishing temporal or causal relationships between CVH and predicted risk. The sample, although sizeable, was regionally based, which may limit generalizability to the wider Spanish population. Several components of LE8, such as diet, sleep, or physical activity, relied on self-reported information, which is susceptible to measurement error. Finally, the distribution of participants across SCORE2/SCORE2-OP risk categories was imbalanced, particularly in the very high-risk group, which may have influenced categorical agreement estimates.

5. CONCLUSIONS AND FUTURE DIRECTIONS

In summary, this study shows that LE8 CVH and SCORE2/SCORE2-OP predicted risk are related yet distinct indicators of cardiovascular status in adults aged 50–79 years. Although both tools revealed consistent patterns across sex and age groups, their categorical concordance was limited, indicating that they classify individuals differently when applied in parallel. Nevertheless, the inverse association observed at the continuous level suggests that the two systems reflect complementary dimensions of CVH and risk. Future research should examine these relationships in larger and more diverse populations, incorporate longitudinal follow-up to evaluate clinical outcomes, and explore how integrating both tools may enhance risk communication and preventive strategies in real-world practice.

6. FUNDING

This research is part of the InLIFE-AGING project (Influence of LIFEstyle Behaviors and Cellular Hallmarks of AGING on age-related health problems associated with dementia and frailty), funded under the FEDER Andalucía 2014-2020 Operational Program (18INPA1827). This support reinforces its relevance within the framework of public health priorities and its potential impact on improving the quality of life of the elderly population.

Iván H. Martín-Costa is supported by a predoctoral contract for University Teaching Staff Training awarded by the Universidad de Cádiz under the competitive call UCA/REC64VPCT/2021.

David Jiménez-Pavón is supported by the Biomedical Research Networking Centre on Frailty and Healthy Aging (CIBERFES) and FEDER funds from the European Union (CB16/10/00477), as well as by Red EXERNET-Red de Ejercicio Físico y Salud (RED2022-134800) from the Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Javier S. Morales is supported by a Ramón y Cajal Fellowship (Grant RYC2023-045783-I) funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by the European Social Fund Plus (ESF+), as well as by Plan Propio de Investigación y Transferencia 2023, 'Acciones Hipatia para la Excelencia Investigadora' (HIPATIA2023_03), from University of Almería.

7. REFERENCES

- Benjamin, E. J., Muntner, P., Alonso, A., Bittencourt, M. S., Callaway, C. W., Carson, A. P., Chamberlain, A. M., Chang, A. R., Cheng, S., Das, S. R., Delling, F. N., Djousse, L., Elkind, M. S. V., Ferguson, J. F., Fornage, M., Jordan, L. C., Khan, S. S., Kissela, B. M., Knutson, K. L., ... American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. (2019). Heart disease and stroke statistics-2019 update: A report from the American heart association. *Circulation*, *139*(10), e56–e528. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000659>
- Bull, F. C., Maslin, T. S., & Armstrong, T. (2009). Global physical activity questionnaire (GPAQ): Nine country reliability and validity study. *Journal of Physical Activity & Health*, *6*(6), 790–804. <https://doi.org/10.1123/jpah.6.6.790>
- Buyse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, *28*(2), 193–213. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(89\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0165-1781(89)90047-4)
- Chong, B., Jayabaskaran, J., Jauhari, S. M., Chan, S. P., Goh, R., Kueh, M. T. W., Li, H., Chin, Y. H., Kong, G., Anand, V. V., Wang, J.-W., Muthiah, M., Jain, V., Mehta, A., Lim, S. L., Foo, R., Figtree, G. A., Nicholls, S. J., Mamas, M. A., ... Chan, M. Y. (2024). Global burden of cardiovascular diseases: projections from 2025 to 2050. *European Journal of Preventive Cardiology*. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwae281>
- Dong, Y., Hao, G., Wang, Z., Wang, X., Chen, Z., & Zhang, L. (2019). Ideal Cardiovascular Health Status and Risk of Cardiovascular Disease or All-Cause Mortality in Chinese Middle-Aged Population. *Angiology*, *70*(6), 523–529. <https://doi.org/10.1177/0003319718813448>
- Fernández, J. A., & Rico, A. (1996). La versión española del índice de la calidad de sueño de Pittsburgh. *Informaciones Psiquiátricas*, *146*, 465–472.
- Fernández-Ballart, J. D., Piñol, J. L., Zazpe, I., Corella, D., Carrasco, P., Toledo, E., Perez-Bauer, M., Martínez-González, M. Á., Salas-Salvadó, J., & Martín-Moreno, J. M. (2010). Relative validity of a semi-quantitative food-frequency questionnaire in an elderly Mediterranean population of Spain. *The British Journal of Nutrition*, *103*(12), 1808–1816. <https://doi.org/10.1017/s0007114509993837>
- Folsom, A. R., Yatsuya, H., Nettleton, J. A., Lutsey, P. L., Cushman, M., & Rosamond, W. D. (2011). Community prevalence of ideal cardiovascular health, by the American heart association definition, and relationship with cardiovascular disease incidence. *Journal of the American College of Cardiology*, *57*(16), 1690–1696. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.11.041>
- Guo, L., & Zhang, S. (2017). Association between ideal cardiovascular health metrics and risk of cardiovascular events or mortality: A meta-analysis of prospective studies. *Clinical Cardiology*, *40*(12), 1339–1346. <https://doi.org/10.1002/clc.22836>
- Hernández-Martínez, A., Duarte-Junior, M. A., Sotos-Prieto, M., Ortolá, R., Banegas, J. R., Rodríguez-Artalejo, F., Soriano-Maldonado, A., & Martínez-Gómez, D. (2024). Cardiovascular health in Spain based on the Life's Essential 8 and its association with all-cause and cardiovascular mortality: the ENRICA cohort. *Revista Espanola de Cardiologia (English Ed.)*, *77*(5), 372–380. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2023.09.001>
- Higuera-Fresnillo, S., Herraiz-Adillo, Á., Ahlqvist, V. H., Berglind, D., Lenander, C., Daka, B., Brännholm Syrjälä, M., Sundström, J., Östgren, C. J., Rådholm, K., & Henriksson, P. (2023). Low prevalence of ideal cardiovascular health in the general Swedish population: Results from the Swedish

- CardioPulmonary bioImage Study (SCAPIS). *Scandinavian Journal of Public Health*, 51(4), 527–530. <https://doi.org/10.1177/14034948221147093>
- Huang, H., Wang, J., Dunk, M. M., Guo, J., Dove, A., Ma, J., Bennett, D. A., & Xu, W. (2024). Association of Cardiovascular Health With Brain Age Estimated Using Machine Learning Methods in Middle-Aged and Older Adults. *Neurology*, 103(2). <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000209530>
- Joseph, J. J., Bennett, A., Echouffo Tcheugui, J. B., Effoe, V. S., Odei, J. B., Hidalgo, B., Dulin, A., Safford, M. M., Cummings, D. M., Cushman, M., & Carson, A. P. (2019). Ideal cardiovascular health, glycaemic status and incident type 2 diabetes mellitus: the REasons for Geographic and Racial Differences in Stroke (REGARDS) study. *Diabetologia*, 62(3), 426–437. <https://doi.org/10.1007/s00125-018-4792-y>
- LaMonte, M. J., Manson, J. E., Anderson, G. L., Baker, L. D., Bea, J. W., Eaton, C. B., Follis, S., Hayden, K. M., Kooperberg, C., LaCroix, A. Z., Limacher, M. C., Neuhouser, M. L., Odegaard, A., Perez, M. V., Prentice, R. L., Reiner, A. P., Stefanick, M. L., Van Horn, L., Wells, G. L., ... WHI Investigators. (2022). Contributions of the Women’s Health Initiative to cardiovascular research: JACC state-of-the-art review. *Journal of the American College of Cardiology*, 80(3), 256–275. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.05.016>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lloyd-Jones, D. M., Allen, N. B., Anderson, C. A. M., Black, T., Brewer, L. C., Foraker, R. E., Grandner, M. A., Lavretsky, H., Perak, A. M., Sharma, G., & Rosamond, W. (2022). Life’s Essential 8: Updating and Enhancing the American Heart Association’s Construct of Cardiovascular Health: A Presidential Advisory From the American Heart Association. *Circulation*, 146(5), E18–E43. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001078>
- Lloyd-Jones, D. M., Hong, Y., Labarthe, D., Mozaffarian, D., Appel, L. J., Van Horn, L., Greenlund, K., Daniels, S., Nichol, G., Tomaselli, G. F., Arnett, D. K., Fonarow, G. C., Ho, P. M., Lauer, M. S., Masoudi, F. A., Robertson, R. M., Roger, V., Schwamm, L. H., Sorlie, P., ... Rosamond, W. D. (2010). Defining and setting national goals for cardiovascular health promotion and disease reduction. *Circulation*, 121(4), 586–613. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.109.192703>
- Martin-moreno, J. M., Boyle, P., Gorgojo, L., Maisonneuve, P., Fernandez-rodriguez, J. C., Salvini, S., & Willett, W. C. (1993). Development and validation of a food frequency questionnaire in Spain. *International Journal of Epidemiology*, 22(3), 512–519. <https://doi.org/10.1093/ije/22.3.512>
- Moreiras, O., Carbajal, A., & Cabrera, L. (2005). Tablas de Composición de Alimentos. *Tablas de Composición de Alimentos. Pirámide*.
- Ogunmoroti, O., Oni, E. T., Michos, E. D., Patel, R. S., Polineni, S. C., Malik, R., & Blaha. (2017). Life’s Simple 7 and incident cardiovascular disease: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *American Journal of Preventive Medicine*, 53(1), 26–33.
- SCORE2 working group and ESC Cardiovascular risk collaboration. (2021). SCORE2 risk prediction algorithms: new models to estimate 10-year risk of cardiovascular disease in Europe. *European Heart Journal*, 42(25), 2439–2454. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab309>
- SCORE2-OP working group and ESC Cardiovascular risk collaboration. (2021). SCORE2-OP risk prediction algorithms: estimating incident cardiovascular event risk in older persons in four geographical risk regions. *European Heart Journal*, 42(25), 2455–2467. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab312>
- Sebastian, S. A., Shah, Y., Paul, H., & Arsene, C. (2024). Life’s Essential 8 and the risk of cardiovascular disease: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwae280>
- Shams-White, M. M., Pannucci, T. R. E., Lerman, J. L., Herrick, K. A., Zimmer, M., Meyers Mathieu, K., Stoody, E. E., & Reedy, J. (2023). Healthy Eating Index-2020: Review and Update Process to Reflect the Dietary Guidelines for Americans, 2020-2025. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 123(9), 1280–1288. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2023.05.015>
- Verdú, F. J. M., & Navarro, S. Z. (2009). *Tablas de composición de alimentos*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8894422>
- World Health Organization. (2025, July 31). *Cardiovascular diseases (CVDs)*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-cvds>

- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- World Medical Association. (2024). *World Medical Association declaration of Helsinki – ethical principles for medical research involving human participants (2024 revision)*. World Medical Association. <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki/>
- Zhou, L., Zhao, L., Wu, Y., Wu, Y., Gao, X., Li, Y., Mai, J., Nie, Z., Ou, Y., Guo, M., & Liu, X. (2018). Ideal cardiovascular health metrics and its association with 20-year cardiovascular morbidity and mortality in a Chinese population. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 72(8), 752–758. <https://doi.org/10.1136/jech-2017-210396>

CEREBRAL OXYGENATION RESPONSES DURING A MAXIMAL BACK SQUAT PROTOCOL: A REPETITION-BY-REPETITION ANALYSIS

Luis Leitão

Lecture

Polytechnic University of Setubal

ORCID: 0000-0002-1981-6638

Teresa Figueiredo

Senior Lecture

Polytechnic University of Setubal

ORCID: 0000-0002-1981-6638

Maria Silva

Bachelor

Polytechnic University of Setubal

ORCID: 0000-0002-1981-6638

Abstract: Technical proficiency in sport and exercise performance is fundamentally dependent on the interplay between coordination and strength. The execution of complex motor tasks, which are integral to athletic performance, is regulated by the prefrontal cortex (PFC). The PFC plays a crucial role in cognitive functions, including motor planning and decision-making during physical exertion. The sustainability of these processes is contingent on adequate cerebral blood flow and oxygen delivery, as heightened metabolic demand during exercise necessitates increased oxygen consumption within the brain (Herold et al., 2018). **Methodology:** The objective of this study was to analyze the dynamics of PFC oxygenation during a maximal-intensity back squat (BS) protocol. We recruited nine healthy, recreationally trained men (31.2±3.2 years; 76.7±4.1 kg; 176.0±1.2 cm). Each participant performed a 3-repetition maximum (3RM) back squat protocol to volitional failure. During the protocol, PFC oxygenation was monitored continuously using near-infrared spectroscopy (NIRS) to measure the concentration of oxygenated hemoglobin (O₂Hb), deoxygenated hemoglobin (HHb), total hemoglobin (tHb), and the tissue oxygenation index (TOI) across all three repetitions. **Results and Discussion:** The data revealed significant changes in PFC oxygenation metrics as the participants approached failure. The concentration of O₂Hb progressively increased with each repetition (12.21±2.5 vs 16.5±1.9 vs 17.6±3.5 μmol/L; p<0.05). This finding indicates a repetition-dependent cerebral vasodilation and a subsequent increase in regional cerebral blood flow. Conversely, a significant increase in HHb concentration was only observed during the final, third repetition (1.21±0.9 vs 1.32±1.1 vs 2.31±1.6 μmol/L; p<0.05), suggesting a substantial increase in oxygen extraction as fatigue mounted. The TOI, a measure of the balance between oxygen supply and demand, showed a significant decrease only after the first repetition (73.37±4.14 vs 72.5±1.65 vs 72.42±1.33 μmol/L; p<0.05). These results collectively demonstrate that the maximal exertion experienced during the final repetition of a 3RM back squat protocol elicits a robust increase in oxygen supply to the PFC. This phenomenon is indicative of a heightened neurovascular coupling, whereby the brain's metabolic demand is met by a compensatory increase in cerebral

blood flow. This acute physiological response suggests that high-intensity resistance exercise may serve as a potent stimulus for improving long-term cerebrovascular health and cognitive function, as enhanced oxygen availability is critical for maintaining intact cognitive processes.

Keywords: Resistance training; PFC; Strength protocols; Oxygenated hemoglobin

1. Introduction

Technical proficiency in sport and exercise performance relies on the intricate interplay between coordination and strength, with the prefrontal cortex (PFC) serving as a key regulator of complex motor tasks essential for athletic achievement (Leitão et al., 2025; Herold et al., 2018). The PFC is instrumental in cognitive functions such as motor planning, decision-making, inhibitory control, and sustaining attention during physical exertion. Maintaining these processes requires adequate cerebral blood flow and oxygen delivery, as exercise-induced metabolic demands heighten brain oxygen consumption (Herold et al., 2018; Perrey, 2023).

The brain, despite comprising only about 2% of body weight, consumes approximately 20% of the body's oxygen at rest, underscoring its high metabolic demand (Attwell & Iadecola, 2002). During physical activity, particularly resistance exercise, this demand intensifies due to increased neural activation involved in motor control, force production, and fatigue management (Perrey, 2023). Neurovascular coupling (NVC) is the mechanism that links neuronal activity to regional cerebral blood flow (CBF), ensuring that oxygen and nutrient supply matches metabolic needs (Attwell & Iadecola, 2002; Orcioli-Silva et al., 2024). This process involves neurons, astrocytes, and vascular cells coordinating to induce vasodilation and increase blood flow in active brain regions.

Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) has emerged as a valuable non-invasive tool for measuring cortical hemodynamics during exercise, capturing changes in oxygenated hemoglobin (O_2Hb), deoxygenated hemoglobin (HHb), total hemoglobin (tHb), and tissue oxygenation index (TOI) (Herold et al., 2018; Leitao et al., 2025; Hortobágyi et al., 2021; Perrey, 2023). Unlike aerobic exercise, where PFC oxygenation often declines at high intensities due to hyperventilation-induced hypocapnia (De Wachter et al., 2021), resistance exercise elicits distinct responses. Studies indicate that acute high-intensity resistance exercise modulates PFC activity, with heavier loads producing greater oxygenation changes compared to lighter ones (Leitão et al., 2025; Zafeiridis et al., 2022).

The PFC's role extends beyond cognition to motor execution and fatigue perception during resistance training. It regulates the motor cortex during concentric, eccentric, and isometric contractions, influencing inter- and intra-muscular coordination (Leitão et al., 2025; Perrey, 2023). Strength training promotes neural adaptations, including long-term potentiation in the central nervous system, particularly in motor areas (Hortobágyi et al., 2021; Orcioli-Silva et al., 2024). fNIRS studies reveal that resistance protocols increase O_2Hb and tHb in the PFC, reflecting heightened neurovascular coupling to meet elevated metabolic demands (Formenti et al., 2018; Leitão et al., 2025).

In multi-joint exercises like the back squat, which engages large muscle groups and requires substantial neural drive, PFC oxygenation dynamics are particularly relevant. Heavier loads (e.g., 3RM) induce greater increases in O_2Hb and tHb than moderate (6RM) or lighter (10RM) loads, suggesting load-dependent central nervous system involvement (Leitão et al., 2025). This aligns with

findings that slower repetitions or higher metabolic stress amplify PFC activation (Formenti et al., 2018). Conversely, lighter, higher-repetition protocols may prioritize peripheral fatigue, with delayed PFC changes until near failure (Leitão et al., 2025).

Neurovascular coupling during resistance exercise differs markedly from aerobic modalities. In aerobic exercise, PFC oxygenation declines beyond the respiratory compensation point due to vasoconstriction from hypocapnia (De Wachter et al., 2021; Santos-Concejero et al., 2017). Resistance exercise, however, promotes vasodilation and increased blood volume, enhancing oxygen delivery (Zafeiridis et al., 2022). This may underlie potential cerebrovascular benefits, as repeated stimuli could improve long-term vascular health and cognitive resilience (Perrey, 2023).

Age and training status also modulate PFC responses. Older adults show enhanced PFC activation post-moderate exercise, linked to improved executive function (Coetsee & Terblanche, 2017). Trained individuals exhibit more efficient oxygenation, requiring fewer resources for tasks (neural efficiency hypothesis) (Neubauer & Fink, 2009). In resistance contexts, acute bouts increase PFC oxygenation, supporting inhibitory control and working memory (Byun et al., 2014).

Despite these insights, research on multi-joint resistance exercises like the back squat remains limited, especially repetition-by-repetition analyses during maximal efforts. Understanding PFC oxygenation dynamics in such protocols could inform training prescriptions for neural adaptations, fatigue management, and cognitive enhancement (Hartman et al., 2025).

The back squat, a fundamental multi-joint movement, demands high neural input for coordination and force generation. Maximal 3RM protocols to failure impose significant central demands, potentially eliciting robust NVC responses (Leitão et al., 2025). Progressive O_2Hb increases and delayed HHb rises suggest repetition-dependent vasodilation and oxygen extraction, peaking near failure.

Therefore, the aim of the study was analyze PFC oxygenation on a repetition-by-repetition basis during a 3RM back squat to volitional failure. By focusing on high-intensity, low-repetition loading, we aim to elucidate how maximal resistance exercise influences brain function, contributing to knowledge on NVC in strength training.

2. Methods

2.1 Participants

Nine healthy, recreationally trained men (age: 31.2 ± 3.2 years; body mass: 76.7 ± 4.1 kg; height: 176.0 ± 1.2 cm) were recruited. Inclusion criteria included at least two years of resistance training experience and a 1RM back squat ≥ 1.5 times body mass. Exclusion criteria encompassed musculoskeletal disorders, heart problems, or medication affecting measurements. All participants provided written informed consent, and the study was approved by the local ethics committee, adhering to the Declaration of Helsinki.

2.2 Procedures

Participants performed a standardized warm-up followed by a 3RM back squat protocol to volitional failure, using loads corresponding to approximately 93% of 1RM. The back squat technique involved full knee and hip extension, controlled descent below parallel, and explosive ascent. Blood lactate was monitored to control for fatigue. (Leitão et al., 2025)

2.2.1. Prefrontal Cortex Oxygenation Measurement

PFC oxygenation was continuously monitored using a near-infrared spectrometer (NIRO-200X, Hamamatsu, Japan), measuring changes in O_2Hb , HHb , tHb , and TOI at 20 Hz. The sensor was placed over the left PFC according to the international 10-20 EEG system. (Leitão et al., 2025)

2.3 Statistical Analysis

All statistical procedures were made with IBM SPSS Statistics version 26.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The Shapiro-Wilk test was used to verify normal distribution of all variables ($p > 0.05$). A one-way repeated-measures ANOVA was performed to examine differences in prefrontal cortex oxygenation parameters (ΔO_2Hb , ΔHHb , ΔtHb , and TOI) across the three repetitions (first, second, and third) of the 3RM back squat protocol. Mauchly's test indicated no violation of sphericity for any variable ($p > 0.05$). When significant main effects were found, Bonferroni-adjusted post-hoc pairwise comparisons were applied to identify specific differences between repetitions. Effect sizes were calculated using partial eta-squared (η_p^2), interpreted as small (0.01), medium (0.06), and large (0.14). Statistical significance was set at $p \leq 0.05$. Descriptive data are presented as mean \pm standard deviation.

3. Results

The 3RM back squat protocol induced significant changes in prefrontal cortex (PFC) oxygenation parameters across the three repetitions. Oxygenated hemoglobin (O_2Hb) concentration increased progressively and significantly with each repetition ($F(2,16) = 18.42$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.70$): from $12.21 \pm 2.5 \mu\text{mol/L}$ in the first repetition to $16.5 \pm 1.9 \mu\text{mol/L}$ in the second ($p = 0.012$) and $17.6 \pm 3.5 \mu\text{mol/L}$ in the third ($p = 0.003$ vs. first; $p = 0.048$ vs. second). This pattern reflects a repetition-dependent increase in cerebral blood flow and oxygen delivery to the PFC.

Deoxygenated hemoglobin (HHb) showed a significant main effect of repetition ($F(2,16) = 9.67$, $p = 0.002$, $\eta_p^2 = 0.55$), but post-hoc analysis revealed that the increase occurred exclusively in the final repetition ($1.21 \pm 0.9 \mu\text{mol/L}$ in first, $1.32 \pm 1.1 \mu\text{mol/L}$ in second, and $2.31 \pm 1.6 \mu\text{mol/L}$ in third; $p = 0.004$ vs. first; $p = 0.009$ vs. second), indicating heightened oxygen extraction as participants approached volitional failure.

Tissue oxygenation index (TOI) decreased significantly after the first repetition ($F(2,16) = 6.81$, $p = 0.007$, $\eta_p^2 = 0.46$): $73.37 \pm 4.14\%$ (first), $72.5 \pm 1.65\%$ (second; $p = 0.021$), and $72.42 \pm 1.33\%$ (third; $p = 0.018$ vs. first). No further decline occurred between second and third repetitions.

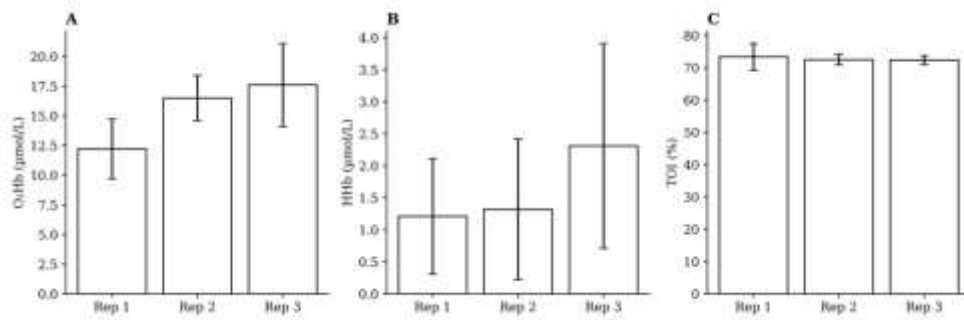


Figure 1.

PFC response in 3RM

4. Discussion

The progressive increase in oxygenated hemoglobin (O₂Hb) observed across the three repetitions in the maximal 3RM back squat protocol reflects a repetition-dependent enhancement in cerebral vasodilation and regional blood flow to the prefrontal cortex (PFC) (Herold et al., 2018). This stepwise escalation in O₂Hb (from 12.21 ± 2.5 µmol/L in the first repetition to 16.5 ± 1.9 in the second and 17.6 ± 3.5 µmol/L in the third) highlights the dynamic nature of neurovascular coupling (NVC) during high-intensity resistance exercise. NVC ensures that cerebral blood flow adapts precisely to neuronal metabolic demands through mechanisms involving astrocytes, nitric oxide, and potassium signaling (Attwell & Iadecola, 2002; Hartman et al., 2025). In the context of resistance training, the PFC's involvement in executive functions—such as maintaining technique, perceiving effort, and deciding whether to continue despite discomfort—likely drives this increased demand as repetitions progress toward volitional failure (Robertson & Marino, 2016; Hartman et al., 2025).

A key observation is the significant rise in deoxygenated hemoglobin (HHb) confined to the final repetition (increasing to 2.31 ± 1.6 µmol/L, $p < 0.05$). This delayed pattern suggests that oxygen delivery adequately matches consumption during initial repetitions, but extraction surges dramatically as central fatigue intensifies near failure. This finding supports the central theory, wherein the brain modulates effort to prevent catastrophic failure, with PFC oxygenation playing a pivotal role in effort perception and exercise termination (Noakes, 2012; Hartman et al., 2025; Perrey, 2023). The pattern mirrors results from multi-load back squat studies, where heavier protocols (3RM) elicit more substantial HHb increases compared to higher-repetition schemes (Leitão et al., 2025).

The slight decrease in tissue oxygenation index (TOI) after the first repetition (from 73.37 ± 4.14% to around 72.4%), with subsequent stabilization, indicates an initial mismatch between supply and demand that is quickly compensated by enhanced perfusion. Although total hemoglobin (tHb) was monitored but not the primary focus, the combined O₂Hb and HHb trends imply rising blood volume, consistent with sympathetic-driven vasodilation during heavy resistance efforts (Perrey, 2023; Zafeiridis et al., 2022).

These hemodynamic responses align closely with prior resistance exercise research. Zafeiridis et al. (2022) documented progressive O₂Hb and tHb increases across sets of leg press exercises, attributing them to heightened neuronal activation and systemic hemodynamic changes. Leitão et al. (2025) demonstrated load-dependent effects in back squats, with 3RM producing markedly greater O₂Hb and tHb elevations than 6RM or 10RM protocols to failure. The current repetition-by-repetition breakdown reveals that, within a single heavy set, changes are not linear but accelerate toward the end, emphasizing the critical role of the final repetition in eliciting peak central stress.

This load specificity suggests differential contributions to fatigue: heavier loads impose greater central demands through elevated neural drive and motor unit recruitment, while lighter loads generate more peripheral metabolic accumulation (Formenti et al., 2018; Leitão et al., 2025). Multi-joint movements like the back squat amplify this central involvement due to complex coordination requirements across multiple muscle groups and stabilizers.

In stark contrast to aerobic exercise, where PFC oxygenation typically declines at maximal intensities due to hypocapnia-induced vasoconstriction and rising HHb (De Wachter et al., 2021; Santos-Concejero et al., 2017), resistance exercise promotes sustained or increased oxygenation. This modality difference may stem from distinct ventilatory and pressor responses: resistance efforts involve Valsalva maneuvers and acute blood pressure spikes that favor cerebral perfusion (Zafeiridis et al., 2022).

Beyond acute responses, these findings have implications for chronic adaptations. Repeated high-intensity resistance stimuli may enhance cerebrovascular reactivity, angiogenesis, and neuroplasticity, contributing to preserved cognitive function and reduced neurodegenerative risk (Herold et al., 2018; Perrey, 2023). Acute PFC hyperoxygenation could also prime post-exercise cognitive enhancements via increased arousal and dopamine release (Byun et al., 2014; Leitao et al., 2025).

Practically, incorporating heavy-load protocols like 3RM back squats may optimize central nervous system adaptations, benefiting sports requiring explosive power, decision-making under fatigue, and mental resilience. Integrating fNIRS monitoring could personalize training by tracking central fatigue markers.

Study limitations include the small sample (n=9 recreationally trained males), unilateral PFC assessment, and lack of concurrent systemic measures. Future investigations should employ crossover designs comparing loads, diverse populations, combine fNIRS with EEG and muscle NIRS, and explore long-term training effects (Perrey, 2023).

5. Conclusions

In summary, this study demonstrates progressive, failure-proximate enhancements in PFC oxygenation during maximal 3RM back squats, underscoring heavy resistance exercise's potent central stimulus and potential for neural and cerebrovascular benefits.

6. Practical applications

Coaches can use heavy-load protocols like 3RM back squats to enhance central adaptations, potentially improving fatigue resistance and cognitive function in athletes.

7. References

Attwell, D., & Iadecola, C. (2002). The neural basis of functional brain imaging signals. *Trends in neurosciences*, 25(12), 621–625. [https://doi.org/10.1016/s0166-2236\(02\)02264-6](https://doi.org/10.1016/s0166-2236(02)02264-6)

Byun, K., Hyodo, K., Suwabe, K., Ochi, G., Sakairi, Y., Kato, M., Dan, I., & Soya, H. (2014). Positive effect of acute mild exercise on executive function via arousal-related prefrontal activations: an fNIRS study. *NeuroImage*, 98, 336–345. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.04.067>

De Wachter, J., Proost, M., Habay, J., Verstraelen, M., Díaz-García, J., Hurst, P., Meeusen, R., Van Cutsem, J., & Roelands, B. (2021). Prefrontal Cortex Oxygenation During Endurance Performance:

A Systematic Review of Functional Near-Infrared Spectroscopy Studies. *Frontiers in physiology*, 12, 761232. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.761232>

Formenti, D., Perpetuini, D., Iodice, P., Cardone, D., Michielon, G., Scurati, R., Alberti, G., & Merla, A. (2018). Effects of knee extension with different speeds of movement on muscle and cerebral oxygenation. *PeerJ*, 6, e5704. <https://doi.org/10.7717/peerj.5704>

Hartman, M. E., Kantor, M., Thornhill, K., Reiner, S. L., Winn, B. J., Kramer, M., Pettitt, R. W., & Kirby, B. S. (2025). Sequential Oxygen Mismatch from Skeletal Muscle to Prefrontal Cortex Underpins the Rate of Exhaustion during All-Out Exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 57(11), 2368–2381. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003771>

Herold, F., Wiegel, P., Scholkmann, F., & Müller, N. G. (2018). Applications of Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) Neuroimaging in Exercise-Cognition Science: A Systematic, Methodology-Focused Review. *Journal of clinical medicine*, 7(12), 466. <https://doi.org/10.3390/jcm7120466>

Hortobágyi, T., Granacher, U., Fernandez-Del-Olmo, M., Howatson, G., Manca, A., Deriu, F., Taube, W., Gruber, M., Márquez, G., Lundbye-Jensen, J., & Colomer-Poveda, D. (2021). Functional relevance of resistance training-induced neuroplasticity in health and disease. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 122, 79–91. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.12.019>

Leitão, L., Pareja-Blanco, F., Marinho, D., & Neiva, H. (2025). Effects of Different Back Squat Protocols on Prefrontal Cortex Oxygenation Responses. *Journal of strength and conditioning research*, 39(8), 845–849. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000005141>

Noakes T. D. (2012). Fatigue is a Brain-Derived Emotion that Regulates the Exercise Behavior to Ensure the Protection of Whole Body Homeostasis. *Frontiers in physiology*, 3, 82. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00082>

Orcioli-Silva, D., Beretta, V. S., Santos, P. C. R., Rasteiro, F. M., Marostegan, A. B., Vitória, R., Gobatto, C. A., & Manchado-Gobatto, F. B. (2024). Cerebral and muscle tissue oxygenation during exercise in healthy adults: A systematic review. *Journal of sport and health science*, 13(4), 459–471. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.03.003>

Perrey S. (2023). The potential of fNIRS, EEG, and transcranial current stimulation to probe neural mechanisms of resistance training. *Frontiers in human neuroscience*, 17, 1295993. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1295993>

Robertson, C. V., & Marino, F. E. (2016). A role for the prefrontal cortex in exercise tolerance and termination. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 120(4), 464–466. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00363.2015>

Santos-Concejero, J., Billaut, F., Grobler, L., Oliván, J., Noakes, T. D., & Tucker, R. (2017). Brain oxygenation declines in elite Kenyan runners during a maximal interval training session. *European journal of applied physiology*, 117(5), 1017–1024. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3590-4>

Teo, W. P., Rodrigues, J. P., & Poon, M. (2023). Brain activation associated with low-and high-intensity concentric versus eccentric muscle actions. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33(5), 904–915. <https://doi.org/10.1111/sms.14289>

Zafeiridis, A., Kounoupis, A., Papadopoulos, S., Koutlas, A., Boutou, A. K., Smilios, I., & Dipla, K. (2022). Brain oxygenation during multiple sets of isometric and dynamic resistance exercise of equivalent workloads: Association with systemic haemodynamics. *Journal of sports sciences*, 40(9), 1020–1030. <https://doi.org/10.1080/02640414.2022.2045061>

DEMANDAS FÍSICAS Y CINEMÁTICAS EN PÁDEL COMPETITIVO SUB-18. UN ANÁLISIS DESCRIPTIVO.

Fernandez-de-Osso, Ana I.,

Profesor

Centro Universitario San Isidoro (Adscrito Universidad Pablo de Olavide)

ORCID: 0009-0009-0513-0131

Martín-Barrero, Alberto.

Profesor

Universidad de Huelva

ORCID: 0000-0001-9424-8506

Resumen:

El presente capítulo aborda el análisis de las variables cinemáticas en el pádel de competición de categoría sub-18, un ámbito de estudio fundamental dada la escasa literatura existente en etapas formativas pese al crecimiento exponencial y la profesionalización global de este deporte. Con el objetivo de estudiar las demandas físicas y cinemáticas del pádel en condiciones reales de competición, se llevó a cabo un estudio de diseño descriptivo y comparativo con una muestra de 20 deportistas sub-18 de alto nivel autonómico, distribuidos equitativamente por sexo. Mediante monitorización con dispositivos de tecnología GPS, se midieron variables determinantes del rendimiento como la distancia total recorrida, la velocidad máxima, la distribución de los desplazamientos por zonas de intensidad y el volumen de aceleraciones y desaceleraciones. Los resultados principales evidencian un perfil de esfuerzo intermitente caracterizado por la predominancia de desplazamientos a baja y media intensidad, destacando notablemente la ausencia de acciones a velocidades máximas (superiores a 17,9 km/h), lo que sugiere que en estas edades prevalece el control táctico y el posicionamiento sobre la velocidad de desplazamiento absoluta. El análisis comparativo reveló diferencias significativas en función del sexo, mostrando los jugadores masculinos una mayor demanda física global, con valores superiores en distancia total, velocidad pico y frecuencia de acciones explosivas. Por el contrario, no se hallaron diferencias relevantes en función de la posición de juego (derecha o revés), observándose perfiles cinemáticos homogéneos que indican que el rol táctico no condiciona de manera diferencial la carga física en esta categoría. A modo de conclusión, se establece que la planificación del entrenamiento en etapas juveniles debe priorizar la capacidad de repetir esfuerzos de intensidad moderada y baja intensidad, diferenciando las cargas de trabajo según el sexo del deportista, pero manteniendo una estructura común independientemente del lado de la pista en el que se compita.

1. INTRODUCCIÓN

El pádel es un deporte de raqueta que se juega en parejas en una cancha de 20x10m dividida por una red central y rodeada por paredes de malla y vidrio, de 3 a 4 m de altura en el fondo y los costados, que pueden usarse estratégicamente durante el juego (Federación Internacional de Pádel, 2025). Este joven deporte que fue creado en 1969 en Acapulco, México, ha experimentado un desarrollo exponencial en la última década,

consolidándose como uno de los deportes de raqueta más practicados en el ámbito internacional, especialmente en países como España y Argentina, donde ha alcanzado un elevado grado de profesionalización y una importante base de practicantes jóvenes (Courel-Ibáñez et al., 2017; Federación Internacional de Padel, 2025).

En la actualidad el número de jugadores de pádel ha superado los 35 millones personas, según un reciente informe de la Federación Internacional de Pádel y concretamente en España más de 6,2 millones de personas practican este joven deporte (Federación Internacional de Pádel, 2025). Esta expansión ha fomentado un creciente interés científico por el deporte centrado en el análisis del rendimiento (Martín-Miguel et al., 2025). Concretamente dentro de este ámbito de estudio, el análisis de las variables cinemáticas es una de las áreas más relevantes para comprender y mejorar el desempeño de los jugadores tanto en el entrenamiento como en la competición.

Las variables cinemáticas describen los patrones de movimiento durante la acción deportiva y engloban aquellas variables como la distancia recorrida, la velocidad máxima, número de aceleraciones, e incluso la frecuencia de determinados gestos y desplazamientos (Sánchez-Alcaraz et al., 2018; Ramón-Llín et al., 2021). En pádel, el análisis de estas variables ha demostrado ser fundamental tanto para estudiar los requerimientos de la competición como para optimizar el entrenamiento y la prevención de lesiones (Castillo-Rodríguez et al., 2014; Ramón-Llín et al., 2014).

En la actualidad, la investigación sobre el pádel en categorías inferiores es limitada (Ruschel et al., 2025), a pesar de ello ha destacado peculiaridades propias de la edad que inciden en las variables cinemáticas, resaltando aspectos como la mayor variabilidad, la adaptación a nuevas situaciones tácticas y la necesidad de desarrollar patrones eficientes de movimiento desde edades tempranas (Sánchez-Alcaraz, 2014b; Sánchez-Alcaraz et al., 2016).

La evolución de las tecnologías para el análisis de rendimiento (sistemas de vídeo, tracking y sensores inerciales) ha permitido obtener datos precisos sobre las demandas y características del juego en distintas categorías y niveles, sentando las bases para un enfoque científico integral del rendimiento (Ramón-Llín et al., 2021; Carrasco et al., 2011). Diversos estudios han evidenciado que los jugadores de pádel recorren entre 2.000 y 3.000 metros en partidos de competición, con una significativa proporción de desplazamientos a baja y media velocidad, y picos de demanda específicos en acciones explosivas como la salida de pared los remates o los cambios de dirección (Amieba y Salinero, 2013; Priego et al., 2013).

Estas características se ven moduladas por factores como el género, la edad y el nivel de especialización, incidiendo en la estructura y el resultado del juego (García-Benítez et al., 2016; Escudero-Tena et al., 2021). En el caso particular de los jugadores de categorías en formación, los valores de distancia, velocidad y frecuencia gestual difieren sustancialmente respecto a jugadores de élite, lo que demanda propuestas de entrenamiento y evaluación adaptadas a las necesidades y potencialidades de esta etapa evolutiva (Sánchez-Alcaraz, 2014b; Torres-Luque et al., 2015).

Concretamente, resulta especialmente interesante destacar la serie de trabajos recientes de Miralles y colaboradores, que han profundizado en el análisis de las variables cinemáticas y de carga externa en jugadores de élite mediante dispositivos inerciales (WIMU Pro), sentando bases empíricas sólidas para la interpretación de la demanda competitiva en pádel de alto nivel. En un estudio con 83 jugadores durante 23 partidos del circuito profesional, Miralles, Martínez-Gallego, Guzmán y Ramón-Llín (2025a) describieron patrones de movimiento y carga externa que diferencian a ganadores y perdedores, mostrando que los jugadores vencedores recorren una distancia relativa por hora significativamente mayor (2.518 vs. 2.339 m/h) y realizan más aceleraciones por hora (415 vs. 382), lo que evidencia la importancia de la anticipación y la eficiencia cinemática en el éxito deportivo. Estos hallazgos confirman que la carga de movimiento y la capacidad de generar aceleraciones de corta distancia (el 80% entre 1 y 2 m) son determinantes del rendimiento, y permiten diseñar tareas de entrenamiento más específicas y personalizadas (Miralles et al., 2025a).

Además, el análisis de la carga acumulada en torneos ha mostrado que dos partidos consecutivos generan un aumento significativo en aceleraciones, deceleraciones y velocidad máxima en el primer encuentro, con una posterior reducción de la velocidad media en el segundo partido, lo que refleja signos de fatiga acumulada y adaptaciones fisiológicas que pueden afectar al rendimiento técnico-táctico (Miralles, Martínez-Gallego, Guzmán y Ramón-Llin, 2025b). Por otro lado, el estudio sobre la influencia de la posición de juego (derecha/revés) revela que los jugadores de revés soportan una mayor carga física (mayor distancia recorrida, más aceleraciones y cambios de dirección), lo que responde a diferencias tácticas y de rol en el juego profesional y subraya la necesidad de ajustar el entrenamiento y la prevención de lesiones según la posición y el tipo de jugador (Miralles, Guzmán, Ramón-Llin y Martínez-Gallego, 2025c).

Esta evidencia en jugadores de categoría élite resulta especialmente relevante para el análisis del rendimiento en categorías sub18, ya que permite establecer referentes cinemáticos y de carga que orientan la planificación de la formación, la progresión técnica y la gestión de la fatiga en jóvenes jugadores de pádel competitivo.

El análisis de las variables cinemáticas no solo aporta información objetiva sobre el rendimiento, sino que también permite relacionar indicadores fisiológicos, técnicos-tácticos, facilitando intervenciones personalizadas en los programas de formación deportiva (Muñoz et al., 2016; Sánchez-Alcaraz et al., 2018). Del mismo modo, la identificación de indicadores clave en categorías inferiores es esencial para el diseño de tareas de entrenamiento, optimizando tanto la progresión del aprendizaje como la transición hacia niveles competitivos superiores (Ramón-Llín et al., 2021; Fernández de Ossó y León, 2017).

Finalmente, el creciente interés a nivel científico hacia el análisis del rendimiento en pádel permite avanzar hacia un conocimiento científico más profundo y transferible sobre las demandas cinemáticas del deporte siendo fundamental su adecuada síntesis e integración para promover el desarrollo del talento, la tecnificación y minimizar los riesgos asociados a la práctica deportiva de alta exigencia (Ruschel et al., 2025).

Teniendo en cuenta la escasez de literatura específica en etapas formativas y la relevancia de establecer valores de referencia para el desarrollo del talento, el presente trabajo tiene como objetivo caracterizar y analizar comparativamente las demandas cinemáticas en jugadores y jugadoras de pádel de categoría sub-18 en competición oficial, diferenciando según el sexo y la posición de juego.

2. MÉTODO

El presente trabajo se estructuró bajo un diseño no experimental de corte descriptivo y comparativo, orientado a la caracterización del comportamiento de los deportistas en condiciones reales de competición. Se llevó a cabo un análisis descriptivo con el propósito de caracterizar de manera precisa las demandas cinemáticas asociadas a la competición. Este enfoque metodológico facilitó la identificación de patrones de carga externa específicos del contexto de juego tanto en categoría masculina como femenina y también analizando si el perfil en el que se desenvuelven en la pista (derecha o revés). Asimismo, el análisis descriptivo permitió establecer perfiles cinemáticos representativos, fundamentales para comprender las exigencias reales de la competición y para orientar futuras intervenciones orientadas a la optimización del rendimiento

2.1. Participantes

En la presente investigación se contó con la participación de un total de 20 deportistas pertenecientes al máximo nivel competitivo autonómico de Andalucía. La muestra estuvo compuesta de forma equitativa por 10 deportistas de categoría masculina y 10 deportistas de categoría femenina, todos ellos integrados en la categoría sub-18. La edad media del conjunto de participantes fue de $17,34 \pm 0,45$ años, un rango que asegura una adecuada uniformidad en términos de desarrollo biológico, madurativo y deportivo.

La elección de deportistas de categoría sub-18 responde a la relevancia que esta etapa representa dentro del proceso de formación del deportista de alto rendimiento. En este periodo se consolidan las capacidades físicas específicas, se perfeccionan los patrones técnico-tácticos y se alcanza un nivel de especialización que permite analizar el rendimiento en condiciones cercanas al ámbito profesional. Asimismo, la participación simultánea de deportistas masculinos y femeninos posibilita un abordaje comparativo entre sexos, favoreciendo la identificación de posibles diferencias o similitudes en los perfiles de rendimiento, en la respuesta a las cargas de competición o en la interacción con las demandas del entorno competitivo.

Los sujetos incluidos en el estudio competían regularmente en pruebas oficiales organizadas por la federación autonómica correspondiente, lo que garantiza que todos ellos estuvieran sometidos a un nivel exigente y homogéneo de carga competitiva. Estas competiciones se desarrollan bajo reglamentos y estructuras comunes, lo que asegura la estandarización del entorno de rendimiento y minimiza la influencia de variables externas que pudieran comprometer la comparabilidad de los datos. El hecho de trabajar con deportistas inmersos en un calendario competitivo estable permite, además, examinar su rendimiento en situaciones reales, evitando las posibles limitaciones asociadas a estudios basados exclusivamente en contextos de laboratorio o pruebas aisladas.

Los deportistas participantes acumulaban una experiencia media prolongada en sus respectivas disciplinas, tanto en entrenamientos sistematizados como en competiciones de alto nivel, lo que constituye un componente esencial para la interpretación de los resultados. La exposición continuada a escenarios competitivos de alto nivel autonómico implica un dominio avanzado de las habilidades técnico-tácticas y una adaptación fisiológica específica a las demandas del deporte, factores que condicionan significativamente su comportamiento durante las evaluaciones.

La selección de deportistas pertenecientes al máximo nivel autonómico de Andalucía no solo responde a cuestiones logísticas o de accesibilidad, sino también a la necesidad de trabajar con una población altamente entrenada y expuesta a estándares competitivos exigentes. Este enfoque permite obtener datos representativos de un perfil de deportista cuyos parámetros de rendimiento y adaptación fisiológica resultan especialmente pertinentes para el objetivo central de la investigación.

2.2. Instrumentos

Para la monitorización precisa del rendimiento externo durante la competición se empleó tecnología GPS de última generación, concretamente dispositivos OliverPro, ampliamente utilizados en contextos de alto rendimiento por su fiabilidad, resolución temporal y capacidad de integración con sistemas avanzados de análisis. La elección de este instrumento responde a la necesidad de registrar de manera detallada y en tiempo real los parámetros locomotores asociados al comportamiento competitivo, permitiendo una evaluación objetiva de la carga externa experimentada por cada deportista.

Los dispositivos OliverPro operan con una frecuencia de muestreo elevada, lo que facilita la captación de variaciones rápidas en velocidad, aceleración y cambios de dirección, factores fundamentales en deportes de alta intensidad intermitente.

2.3. Variables analizadas

Una de las métricas principales analizadas fue la velocidad máxima alcanzada, entendida como el mayor valor instantáneo de velocidad registrado durante la competición. Este parámetro constituye un marcador relevante del potencial de sprint y de la capacidad para ejecutar acciones explosivas en momentos clave del juego. Asimismo, la velocidad máxima proporciona información indirecta sobre la eficacia de los desplazamientos lineales, la técnica de carrera y el nivel de preparación física propio del deportista.

Además de la velocidad punta, se registró la distancia total recorrida por cada participante a lo largo de la competición. Esta variable ofrece una visión global de la carga externa, al reflejar la magnitud general del esfuerzo físico realizado. Sin embargo, dado que la distancia total no permite distinguir las características cualitativas del movimiento, se complementa con un análisis pormenorizado de la distancia recorrida en diferentes rangos de intensidad, segmentados en cinco zonas locomotoras previamente validadas en la literatura científica y ampliamente empleadas en el análisis del rendimiento.

Estas zonas de intensidad se definieron del siguiente modo:

- Z1 (0–3,9 km/h): desplazamientos a muy baja intensidad, como caminatas y movimientos de transición.
- Z2 (3,9–6,9 km/h): desplazamientos de baja intensidad, asociados a carreras suaves o fases de posicionamiento táctico.
- Z3 (6,9–12,9 km/h): desplazamientos de intensidad moderada, representativos de acciones continuas durante secuencias prolongadas del juego.
- Z4 (12,9–17,9 km/h): desplazamientos de alta intensidad, típicos de esfuerzos demandantes relacionados con persecuciones, recuperación defensiva o rupturas ofensivas.
- Z5 (>17,9 km/h): desplazamientos de muy alta intensidad, incluidos sprints y acciones explosivas que suelen estar directamente vinculadas con momentos decisivos de la competición.

El análisis de la distancia recorrida en estos cinco rangos permite obtener un perfil detallado del patrón locomotor de cada deportista, identificando tanto la distribución del esfuerzo como la disponibilidad para ejecutar acciones en zonas de alta exigencia metabólica y neuromuscular. Esta segmentación resulta especialmente relevante en disciplinas donde la intermitencia y la variabilidad del ritmo competitivo determinan el rendimiento.

Complementando las métricas de velocidad y distancia, se cuantificó también el número total de aceleraciones y desaceleraciones, registradas mediante los sensores inerciales integrados en los dispositivos OliverPro. Las aceleraciones y desaceleraciones constituyen componentes críticos de la carga mecánica, ya que implican elevadas demandas musculares, especialmente en miembros inferiores, y representan acciones frecuentes en escenarios de oposición, cambios tácticos o ajustes en la trayectoria del desplazamiento. Su análisis proporciona información clave sobre la dinámica de esfuerzo, el control del centro de masas y la capacidad del deportista para responder a estímulos del entorno con rapidez y eficacia. En la Tabla 1 se muestra de manera resumida lo indicado anteriormente.

Tabla 1
Variables cinemáticas analizadas

Variable	Descripción
Velocidad Máx.	Velocidad máxima alcanzada durante el partido.
Dist. Total	Distancia total recorrida (m) durante el partido.
Dis. Total z1	Distancia total recorrida (m) durante el partido entre 0-3,9km/h.
Dis. Total z2	Distancia total recorrida (m) durante el partido entre 3,9-6,9km/h.
Dis. Total z3	Distancia total recorrida (m) durante el partido entre 6,9-12,9km/h.
Dis. Total z4	Distancia total recorrida (m) durante el partido entre 12,9-17,9km/h.
Dis. Total z5	Distancia total recorrida (m) durante el partido => 17,9km/h.
Acc./Desc.	Distancia total (m.) de Aceleraciones ($3m/s^2$) y desaceleraciones ($3m/s^2$) durante el partido.

2.4. Procedimientos

El procedimiento experimental se desarrolló durante un periodo específico del calendario competitivo autonómico. Antes del inicio del estudio, se realizó una sesión informativa con los deportistas y sus equipos técnicos, en la que se explicó en detalle el protocolo, los objetivos de la investigación y las implicaciones derivadas de la participación. Todos los participantes o sus tutores legales firmaron un consentimiento informado, en cumplimiento con las normativas éticas y de protección de datos vigentes.

Las evaluaciones se llevaron a cabo en el entorno habitual de competición de los deportistas, respetando las condiciones reglamentarias y sin alterar el desarrollo natural de los encuentros o pruebas. Esta estrategia metodológica favorece la obtención de datos ecológicamente válidos, ya que las mediciones se realizan en un contexto real en el que convergen factores como la presión competitiva, la interacción con adversarios, las decisiones tácticas y el entorno físico específico.

Durante la competición, los dispositivos de registro permanecieron activos de forma continua, garantizando un seguimiento exhaustivo del comportamiento de cada deportista. Tras finalizar cada sesión competitiva, se procedió a la verificación del almacenamiento de datos y al vaciado de los registros, empleando protocolos estandarizados para evitar pérdidas o alteraciones en la información. El análisis preliminar se realizó antes de proceder al procesamiento estadístico, con el fin de comprobar la integridad de los conjuntos de datos.

Por último, se llevó a cabo el análisis de datos descargando los mismos desde el software OliverPro Analytics. Previamente al análisis estadístico, se efectuó una revisión exhaustiva de los registros con el fin de identificar posibles errores de medición, pérdidas de señal o valores atípicos que pudieran comprometer la calidad de los resultados. Solo los datos validados fueron incluidos en los cálculos posteriores.

2.5. Análisis estadístico

El procesamiento y análisis inicial de los datos se realizó utilizando Microsoft Excel (Office 2021). Con el propósito de obtener indicadores comparables entre deportistas y entre diferentes contextos competitivos, se calcularon valores relativos normalizados por minuto de juego. Esta estandarización resulta especialmente relevante en estudios donde la duración efectiva de participación puede variar entre sujetos, permitiendo un análisis más equitativo y ajustado a la carga real experimentada por cada individuo. Las métricas

locomotoras —incluyendo distancia total, distancia recorrida en cada zona de intensidad, número de aceleraciones y desaceleraciones, y velocidad máxima— fueron transformadas a valores relativos (por minuto) para facilitar la interpretación comparativa.

El análisis estadístico descriptivo se centró en la obtención de medidas de tendencia central y dispersión, específicamente la media (m) y la desviación típica (dt). Estos parámetros permitieron describir de manera cuantitativa el comportamiento general de la muestra y estimar el grado de variabilidad presente en cada una de las variables estudiadas. La media proporcionó un estimador representativo del valor central para cada métrica, mientras que la desviación típica indicó la dispersión de los datos respecto a dicho valor.

Asimismo, se organizaron tablas de resultados y se generaron gráficos descriptivos que facilitan la visualización de los patrones observados.

3. RESULTADOS

En la siguiente Tabla (Tabla 2) se muestran, a modo resumen, los resultados según las variables analizadas y su relación con la categoría (masculina o femenina) y en la tabla 3 los correspondientes a su posición en la pista o lado de juego ya sea de derecha o de revés (Tabla 3).

Tabla 2
Resultados de las diferentes variables cinemáticas según categoría (Masculino o Femenino)

Variable	Masculino		Femenino	
	m	dt	m	dt
Vel. Max. (km/h)	17,67	1,35	15,90	1,72
Dist. Recorrida (m)	4038,33	280,13	2587,50	227,10
Zona 1 (m)	1806,00	120,14	1665,11	240,30
Zona 2 (m)	1653,27	127,42	712,77	159,64
Zona 3 (m)	522,57	121,72	201,40	51,94
Zona 4 (m)	56,57	14,22	8,21	7,09
Zona 5 (m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Acc (m)	24,83	8,76	5,49	1,24
Desc (m)	24,27	7,47	16,47	5,66

Tabla 3**Resultados de las diferentes variables cinemáticas según lado de juego (Derecha o Revés)**

Variable	Derecha		Revés	
	m	dt	m	dt
Vel. Max. (km/h)	15,75	1,31	16,88	2,06
Dist. Recorrida (m)	2996,00	854,56	3040,58	747,18
Zona 1 (m)	1703,08	199,07	1710,25	270,02
Zona 2 (m)	961,75	503,56	1017,03	505,86
Zona 3 (m)	312,78	174,60	287,73	190,17
Zona 4 (m)	18,43	23,41	25,58	12,33
Zona 5 (m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Acc (m)	12,85	7,29	10,25	18,68
Desc (m)	20,48	9,77	17,70	9,80

3.1. Velocidad máxima

La velocidad máxima alcanzada por los deportistas masculinos fue de $17,67 \pm 1,35$ km/h, mientras que en el grupo femenino se registró un valor inferior de $15,90 \pm 1,72$ km/h. Estos resultados indican que los jugadores masculinos fueron capaces de alcanzar picos de velocidad más altos, mostrando un mayor potencial para acciones explosivas y sprints durante la competición. Por otro lado, la velocidad máxima registrada en el posicionamiento de derecha fue de $15,75 \pm 1,31$ km/h, mientras que el posicionamiento de los jugadores/as en el revés alcanzaron $16,88 \pm 2,06$ km/h. Esto indica que, en esta muestra, los deportistas fueron capaces de generar picos de velocidad ligeramente superiores al desplazarse hacia el revés, posiblemente reflejando ajustes técnicos y biomecánicos específicos de esta dirección de golpe.

3.2. Distancia total recorrida

La distancia total recorrida también reflejó diferencias significativas entre sexos. Los hombres recorrieron en promedio $4038,33 \pm 280,13$ m, mientras que las mujeres recorrieron $2587,50 \pm 227,10$ m. Esta diferencia evidencia una mayor implicación en desplazamientos globales durante el juego en la categoría masculina, así como un patrón de carga externa más intenso. Por otro lado, la distancia total recorrida fue similar entre posiciones, con $2996,00 \pm 854,56$ m para la derecha y $3040,58 \pm 747,18$ m para el revés. Aunque los valores medios son cercanos, la dispersión observada en ambas posiciones sugiere que la estrategia de desplazamiento y la variabilidad individual en la ejecución del juego pueden influir significativamente en la carga externa acumulada.

3.3. Distribución por zonas de intensidad

Al analizar la distancia recorrida en zonas de intensidad, se observa un patrón similar de mayor actividad en los hombres a medida que aumenta la intensidad:

- **Zona 1 (0–3,9 km/h):** 1806,00 ± 120,14 m en hombres frente a 1665,11 ± 240,30 m en mujeres. Aunque la diferencia es menor en esta zona de baja intensidad, los hombres presentan una menor dispersión relativa. Por otro lado, 1703,08 ± 199,07 m fue la distancia para el perfil de derecha y 1710,25 ± 270,02 m para el perfil de revés, mostrando una implicación comparable en desplazamientos de baja intensidad.
- **Zona 2 (3,9–6,9 km/h):** 1653,27 ± 127,42 m en hombres y 712,77 ± 159,64 m en mujeres. Aquí se evidencia una diferencia considerable, mostrando que los hombres realizan más desplazamientos de baja-moderada intensidad. 961,75 ± 503,56 m hacia el perfil de derecha frente a 1017,03 ± 505,86 m del perfil de revés, indicando un ligero predominio de desplazamientos de baja-moderada intensidad al ejecutar golpes de revés.
- **Zona 3 (6,9–12,9 km/h):** 522,57 ± 121,72 m en hombres frente a 201,40 ± 51,94 m en mujeres. La brecha se amplía aún más en la intensidad moderada, indicando una mayor exposición a esfuerzos continuos de mayor demanda en los hombres. Por otro lado, 312,78 ± 174,60 m para el perfil de derecha y 287,73 ± 190,17 m para el perfil del revés, evidenciando un patrón similar moderado.
- **Zona 4 (12,9–17,9 km/h):** 56,57 ± 14,22 m en hombres y 8,21 ± 7,09 m en mujeres. Esta zona de alta intensidad muestra un marcado predominio masculino en la realización de acciones exigentes. Por otro lado, 18,43 ± 23,41 m para el perfil de derecha y 25,58 ± 12,33 m para el perfil de revés, mostrando que las acciones de alta intensidad fueron escasas en ambos casos, pero ligeramente mayores en revés.
- **Zona 5 (>17,9 km/h):** Ambos grupos registraron 0,00 m, reflejando que no se alcanzaron velocidades superiores a 17,9 km/h durante la competición en esta muestra específica.

3.4. Aceleraciones y desaceleraciones

El número total de aceleraciones fue superior en hombres (24,83 ± 8,76) comparado con mujeres (5,49 ± 1,24), lo que sugiere una mayor implicación en movimientos explosivos y cambios de velocidad. Respecto a las desaceleraciones, los hombres también presentaron valores mayores (24,27 ± 7,47) frente a las mujeres (16,47 ± 5,66), lo que refleja una mayor demanda mecánica asociada a la detención y cambio de dirección. Respecto al posicionamiento, el número total de aceleraciones fue de 12,85 ± 7,29 para el perfil de derecha y 10,25 ± 18,68 para el perfil de revés. Por su parte, las desaceleraciones fueron ligeramente superiores para el perfil de derecha (20,48 ± 9,77) en comparación con el revés (17,70 ± 9,80).

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten extraer varias conclusiones relevantes sobre el perfil locomotor y la carga externa en la categoría sub-18 de competición autonómica, tanto en términos de intensidad como de lateralidad y sexo de los deportistas.

En primer lugar, los datos muestran que estamos ante un deporte caracterizado por un patrón intermitente de esfuerzo, en el que predominan aceleraciones y desaceleraciones de moderada y baja intensidad, así como recorridos a velocidades medias o bajas. Las acciones que implican velocidades máximas se producen con muy baja frecuencia, lo que sugiere que los picos de velocidad constituyen eventos aislados y esporádicos dentro del desarrollo del juego. Este perfil es consistente con la naturaleza táctica y estratégica de la competición, donde la capacidad de realizar cambios rápidos de dirección y mantener un desplazamiento constante a intensidades moderadas resulta más determinante que la ejecución de sprints continuos de alta velocidad.

En cuanto a la comparación entre categorías femenina y masculina, los resultados muestran que los deportistas masculinos presentan una mayor demanda cinemática general, con distancias totales recorridas superiores, mayor número de aceleraciones y desaceleraciones, y velocidades máximas más altas. Además, en la categoría masculina se describen acciones de mayor intensidad, particularmente en las zonas de media y alta velocidad, lo que indica que los jugadores masculinos están expuestos a cargas físicas más exigentes durante la competición. Esta diferencia pone de manifiesto la necesidad de diseñar programas de entrenamiento diferenciados, adaptados a las características fisiológicas y mecánicas propias de cada sexo, para optimizar el rendimiento y prevenir riesgos de lesión.

Por otro lado, al analizar la lateralidad o posicionamiento en el campo, no se observaron diferencias descriptivas importantes entre los jugadores que se desempeñan en posiciones de derecha frente a revés. La distancia total recorrida, la distribución por zonas de intensidad y el número de aceleraciones y desaceleraciones mostraron patrones muy similares en ambas posiciones. Esto sugiere que, en términos de carga externa y comportamiento locomotor, la dirección del golpe no constituye un factor determinante del perfil físico de los deportistas dentro del contexto competitivo analizado.

En conjunto, los hallazgos de esta investigación permiten caracterizar el perfil locomotor típico de la competición autonómica sub-18, resaltando la predominancia de esfuerzos intermitentes de media y baja intensidad, la mayor exigencia física en la categoría masculina y la ausencia de diferencias significativas relacionadas con la lateralidad. Esta información puede ayudar a orientar la planificación de cargas de entrenamiento, la individualización de estrategias de preparación física y la optimización de programas de prevención de lesiones en deportistas jóvenes de alto rendimiento.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amieba, A. I., y Salinero, J. J. (2013). Análisis de la estructura temporal y de las acciones de juego en pádel de competición. *Revista de Psicología del Deporte*, 22(2), 357–361.

Carrasco, L., Sánchez-Alcaraz, B. J., y Gómez, M. A. (2011). Game analysis and energy requirements of paddle tennis competition. *Science & Sports*, 26(6), 338–344. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2010.12.016>

Castillo-Rodríguez, A., Chinchilla-Minguet, J. L., y Chinchilla-Soto, P. (2014). Physical and physiological responses in paddle tennis competition. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(2), 524–534. <https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868740>

Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz, B. J., y Gómez, M. A. (2017). Game performance and length of rally in professional padel players. *Journal of Human Kinetics*, 55, 161–169.

Escudero-Tena, A., García-Benítez, S., y Sánchez-Alcaraz, B. J. (2021). Sex differences in professional padel players: analysis across four seasons. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 21(6), 1011–1022. <https://doi.org/10.1080/24748668.2021.1930363>

Federación Internacional de Padel. (2025). Reglamento oficial de pádel.

Federación Internacional de Padel. (Noviembre de 2025). FIP World Padel Report 2025. <https://www.padelfip.com/es/world-padel-report-2025/>

Fernández de Ossó, A., y León, J. A. (2017). Herramienta de evaluación técnico-táctica en pádel. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 17(68), 693–714. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2017.68.008>

- García-Benítez, S., Escudero-Tena, A., y Sánchez-Alcaraz, B. J. (2016). Influencia del género en la estructura temporal y las acciones de juego del pádel profesional. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 11(33), 241–247.
- Martín-Miguel, I., Escudero-Tena, A., Sánchez-Alcaraz, B. J., Courel-Ibáñez, J., y Muñoz, D. (2025). Physiological, physical and anthropometric parameters in padel: A systematic review. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 20, 407–424. <https://doi.org/10.1177/17479541241287439>
- Miralles, R., Martínez-Gallego, R., Guzmán, J., y Ramón-Llín, J. (2025a). Movement patterns and player load: Insights from professional padel. *Biology of Sport*, 42(1), 163–169. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2025.139856>
- Miralles, R., Martínez-Gallego, R., Guzmán, F. J., y Ramón-Llín, J. (2025b). Effects of two consecutive matches on the physical demands of elite padel players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 20(2), in press. <https://doi.org/10.1177/17479541251333952>
- Miralles, R., Guzmán, J. F., Ramón-Llín, J., y Martínez-Gallego, R. (2025c). Impact of playing position on competition external load in professional padel players using inertial devices. *Sensors*, 25(3), 800. <https://doi.org/10.3390/s25030800>
- Muñoz, D., Sánchez-Alcaraz, B. J., y Gómez, M. A. (2016). Influencia de la duración del set sobre variables temporales de juego en pádel. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 123, 69–75.
- Priego, J. I., Sánchez-Alcaraz, B. J., y Gómez, M. A. (2013). Pádel: A quantitative study of the shots and movements in the high-performance. *Journal of Human Sport & Exercise*, 8(4), 925–931. <http://dx.doi.org/10.4100/jhse.2013.84.04>
- Ramón-Llín, J., Sánchez-Alcaraz, B. J., y Gómez, M. A. (2021). Análisis de la distancia recorrida en pádel en función del nivel de juego y el número de puntos por partido. *Retos*, 39, 205–209. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.79322>
- Ruschel, T. V., Arbo, D. de M., Klein, C. N., Costa, G. de C. T., Laporta, L. I., y Leonardi, T. J. (2025). El panorama científico sobre los jóvenes jugadores de pádel: una revisión sistemática. *Retos*, 69, 666–677. <https://doi.org/10.47197/retos.v69.106791>
- Sánchez-Alcaraz, B. J. (2014a). Diferencias en las acciones de juego y la estructura temporal entre el pádel masculino y femenino profesional. *Acción Motriz*, 12, 17–22.
- Sánchez-Alcaraz, B. J. (2014b). Análisis de la exigencia competitiva del pádel en jóvenes jugadores. *Kronos*, 13(1), 1–7. <https://doi.org/10.64197/Kronos.13.01-02.781>
- Sánchez-Alcaraz, B. J., Gómez, M. A., y Ibáñez, S. J. (2016). Análisis de la estructura temporal y de las acciones de juego en pádel de competición. *Revista de Psicología del Deporte*, 25(2), 1–7.
- Sánchez-Alcaraz, B. J., Gómez, M. A., y Ibáñez, S. J. (2018). Estructura temporal, movimientos en pista y acciones de juego en pádel: revisión sistemática. *Retos*, 33, 129–133. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i33.55025>
- Torres-Luque, G., Sánchez-Alcaraz, B. J., y Gómez, M. A. (2015). Características temporales, de movimientos y de juego en pádel de competición. *Revista de Psicología del Deporte*, 24(2), 1–7.

IMPACTO DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO SOBRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN MUJERES CON SOBREPESO Y RESISTENCIA A LA INSULINA EVALUADO MEDIANTE DEXA

Pablo Casillas Llamas¹, Joaquín Ordoñez Vega¹, José Antonio González Jurado¹, Antonio Jesús Sánchez Oliver²

¹ *Facultad del Deporte, Universidad Pablo de Olavide (Sevilla, España).*

² *Departamento de Motricidad Humana y Rendimiento Deportivo, Universidad de Sevilla (Sevilla, España).*

Pablo Casillas Llamas ORCID: 0009-0002-5697-6507

José Antonio González Jurado ORCID: 0000-0003-2222-6089

Antonio Jesús Sánchez Oliver ORCID: 0000-0001-9022-6043

Resumen:

El presente capítulo analiza los efectos de un programa de entrenamiento interválico de fuerza de intensidad media-alta sobre la composición corporal de mujeres con sobrepeso, con y sin resistencia a la insulina, evaluada mediante absorciometría de rayos X de doble energía (DEXA). Cuarenta y cuatro mujeres fueron clasificadas según el índice HOMA2-IR y realizaron un protocolo de diez semanas, llevando a cabo un entrenamiento de fuerza tipo interválico, distribuido en tres sesiones semanales. Los resultados mostraron que ambos grupos experimentaron reducciones en la masa grasa total y aumentos moderados en la masa magra tras la intervención, acompañados de una relativa estabilidad en el peso corporal. En cuanto a la grasa visceral, se observó una reducción en las mujeres con resistencia a la insulina, mientras que en el grupo sin resistencia a la insulina la grasa visceral experimentó un aumento, lo que sugiere una respuesta diferencial al estímulo del ejercicio en función del perfil metabólico. Estos hallazgos respaldan la eficacia del entrenamiento interválico de fuerza como estrategia segura y eficiente para optimizar la composición corporal en mujeres con sobrepeso, contribuyendo a la mejora de marcadores relacionados con la salud metabólica. Además, la utilización del DEXA permitió identificar adaptaciones específicas en los compartimentos corporales que no serían detectables mediante métodos menos precisos que el gold standard. En conjunto, los resultados refuerzan la importancia de diseñar programas de ejercicio estructurados y ajustados al estado metabólico individual, orientados a la mejora del perfil corporal y la prevención de alteraciones asociadas a la resistencia a la insulina.

1. INTRODUCCIÓN

La resistencia a la insulina (IR) constituye una alteración metabólica caracterizada por una respuesta disminuida de los tejidos periféricos —principalmente músculo esquelético, hígado y tejido adiposo— a la acción de la insulina. Esta disfunción origina una menor captación de glucosa y una alteración del metabolismo energético, generando un entorno fisiológico propicio para el desarrollo de enfermedades cardiometabólicas como la diabetes mellitus tipo 2, la obesidad abdominal y el síndrome metabólico (Cerf, 2013; Freeman et al., 2023).

Durante las últimas décadas, el incremento en la prevalencia del sobrepeso y la obesidad ha intensificado la aparición de la IR, particularmente en mujeres adultas, donde las adaptaciones hormonales y los cambios en la distribución del tejido adiposo parecen desempeñar un papel determinante (Petersen et al., 2022). En este contexto, la acumulación de grasa visceral —metabólicamente activa y altamente sensible a la acción de catecolaminas— se ha identificado como un factor clave en la resistencia a la insulina, dada su asociación con un mayor flujo de ácidos grasos libres y una elevada producción de citoquinas proinflamatorias (Hardy et al., 2012; Smith-Ryan et al., 2016).

El ejercicio físico se ha consolidado como una de las estrategias más efectivas para contrarrestar los efectos metabólicos adversos de la IR. Diversas investigaciones han demostrado que los programas de entrenamiento, especialmente aquellos que combinan componentes aeróbicos y de fuerza, contribuyen a mejorar la sensibilidad a la insulina, reducir la masa grasa —en especial la visceral— y preservar la masa magra, mejorando con ello la composición corporal global (Kwon et al., 2010; Niyazi et al., 2024). Entre los distintos modelos de ejercicio, el entrenamiento interválico de media-alta intensidad HIIT ha mostrado una notable eficiencia para inducir adaptaciones metabólicas en periodos relativamente cortos, debido a su elevada demanda energética y a su potencial para optimizar la oxidación de grasas (Niyazi et al., 2024; Zhang et al., 2021). En el caso de las mujeres con resistencia a la insulina, los beneficios del entrenamiento interválico podrían ser particularmente relevantes, dado que esta población tiende a presentar un perfil muscular menos favorable y una menor respuesta adaptativa al ejercicio (Ghodrati et al., 2023). Además, se ha descrito que la respuesta adaptativa al ejercicio puede estar condicionada por el grado de resistencia a la insulina, lo que resalta la necesidad de explorar protocolos ajustados a esta condición fisiológica.

Para evaluar los cambios inducidos por el ejercicio en la composición corporal, el DEXA representa el método de referencia o gold standard. Esta técnica permite estimar con alta precisión la masa magra, la masa grasa total y segmental, así como los depósitos de grasa visceral y la densidad mineral ósea, proporcionando un perfil corporal completo y clínicamente relevante. En comparación con otras técnicas, el DEXA ofrece una mayor sensibilidad para detectar variaciones sutiles derivadas del entrenamiento, incluso en periodos de intervención relativamente cortos.

En este contexto, el presente capítulo tiene como objetivo analizar los efectos de un programa de entrenamiento interválico de fuerza de media-alta intensidad sobre la composición corporal de mujeres con sobrepeso, comparando la respuesta entre aquellas con y sin resistencia a la insulina, mediante la evaluación con DEXA. Este enfoque busca contribuir a la comprensión de cómo el ejercicio estructurado puede modular los componentes corporales en función del estado metabólico, aportando evidencia aplicable a la práctica clínica y al diseño de programas de ejercicio orientados a la mejora de la salud metabólica.

2. METODOLOGÍA

2.1. Diseño del estudio y participantes

El presente estudio siguió un diseño cuasi-experimental longitudinal, con tres momentos de evaluación: preintervención, postintervención y tras un periodo de desentrenamiento de cuatro semanas. Participaron cuarenta y cuatro mujeres adultas con sobrepeso, que completaron al menos el 80 % de las sesiones programadas. Las participantes fueron clasificadas en dos grupos en función del índice HOMA2-IR (Ghasemi et al., 2015): un grupo con resistencia a la insulina (IR; n = 21) y otro sin resistencia a la insulina (NoIR; n = 23). Todas las participantes firmaron un consentimiento informado previo y el estudio se llevó a cabo conforme a los principios éticos de la Declaración de Helsinki.

2.2. Protocolo de entrenamiento

La Figura 1 muestra el diseño y el protocolo de entrenamiento aplicado en la intervención.



IR: grupo con resistencia a la insulina; NoIR: grupo sin resistencia a la insulina; MI: miembro inferior; MS: miembro superior.

Figura 1. Diseño experimental y cronología del protocolo de entrenamiento interválico de fuerza de media-alta intensidad aplicado en mujeres con sobrepeso, con y sin resistencia a la insulina.

El programa de entrenamiento tuvo una duración total de diez semanas, con una frecuencia de tres sesiones semanales en días alternos y una duración aproximada de sesenta minutos por sesión. El objetivo principal fue inducir adaptaciones en la composición corporal mediante un entrenamiento interválico de fuerza de intensidad media-alta, combinando períodos de trabajo con otros de recuperación. Cada sesión se estructuró en tres fases: calentamiento, parte principal y vuelta a la calma.

El calentamiento tuvo una duración aproximada de entre diez y quince minutos e incluyó una fase de activación cardiovascular de cinco minutos, ejercicios de movilidad articular durante cinco minutos y una primera vuelta al circuito de trabajo para familiarizar a las participantes con la ejecución de los movimientos específicos de la sesión.

La parte principal del entrenamiento se estructuró en formato de circuito de fuerza, con ejercicios multiarticulares seleccionados por su elevado coste energético y su capacidad para implicar grandes grupos musculares. El protocolo incluyó seis ejercicios distribuidos de forma alternada entre el tren inferior, el tronco y el tren superior. Para el tren inferior se emplearon sentadillas, peso muerto y subidas al cajón, mientras que para el tren superior se utilizaron flexiones, remos con sistema en suspensión y remos a la cara con bandas elásticas. Durante las primeras semanas, las participantes realizaron tres vueltas al circuito, con períodos de 30 segundos de trabajo y 30 segundos de descanso, y una recuperación de dos minutos entre series, manteniendo una intensidad percibida aproximada de 2/10 en la escala modificada de percepción subjetiva del esfuerzo (sRPE) de Borg (0–10). A lo largo del programa, el volumen y la intensidad se incrementaron de manera progresiva, alcanzando al final del protocolo cuatro vueltas al circuito, con intervalos de 60 segundos de trabajo y 15 segundos de descanso, y una recuperación de dos minutos entre series, situando el esfuerzo percibido entre 7 y 8/10, correspondiente a una intensidad media-alta. La intensidad del esfuerzo fue autorregulada mediante la sRPE, considerada un indicador válido y fiable de la carga interna en programas de entrenamiento funcional (Foster et al., 2021). Este registro se realizó cinco minutos después de cada sesión, tras la vuelta a la calma. Durante todo el protocolo

se enfatizó la correcta ejecución técnica y el control postural con el fin de optimizar la activación muscular y minimizar el riesgo de lesión.

La fase de vuelta a la calma tuvo una duración aproximada de diez a quince minutos e incluyó ejercicios de estiramientos dirigida a los principales grupos musculares implicados en el circuito, seguidos de una breve rutina de ejercicios de relajación y respiración consciente orientada a facilitar la recuperación fisiológica y la disminución de la frecuencia cardíaca.

2.3. Evaluaciones y mediciones

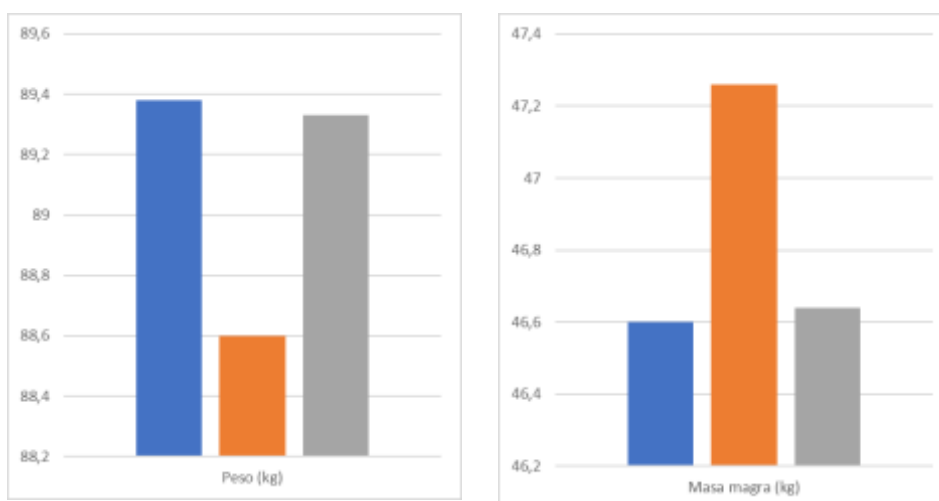
Las evaluaciones se realizaron en tres momentos: una semana antes del inicio del programa (pretest), una semana después de la última sesión (postest) y tras cuatro semanas de desentrenamiento. La composición corporal se analizó mediante el DEXA, utilizando un densitómetro Hologic Horizon, considerado el método de referencia o gold standard para la valoración de la composición corporal. Las variables obtenidas incluyeron el peso corporal (kg), la masa grasa total (kg y %), la masa magra total (kg), la grasa visceral (g) (GV), y el área de la grasa visceral (cm²) (AGV). Todas las mediciones se realizaron bajo condiciones estandarizadas, en ayunas de al menos ocho horas.

El análisis estadístico incluyó procedimientos descriptivos básicos para cada variable y momento temporal. Se calcularon las medias y desviaciones estándar, así como los cambios relativos porcentuales entre evaluaciones. Los análisis se realizaron utilizando un nivel de confianza del 95 %, y todas las pruebas se llevaron a cabo con el software estadístico IBM SPSS Statistics.

3. RESULTADOS

El análisis de la composición corporal evidenció variaciones diferenciadas entre las participantes con y sin resistencia a la insulina tras el programa de entrenamiento interválico de diez semanas (Figura 2 y 3).

En términos generales, la masa grasa total mostró una tendencia descendente en las dos condiciones tras la intervención, con una ligera recuperación durante el periodo de desentrenamiento. Aun así, los valores finales permanecieron por debajo de los iniciales, lo que sugiere un efecto positivo del entrenamiento sobre la reducción del tejido adiposo.



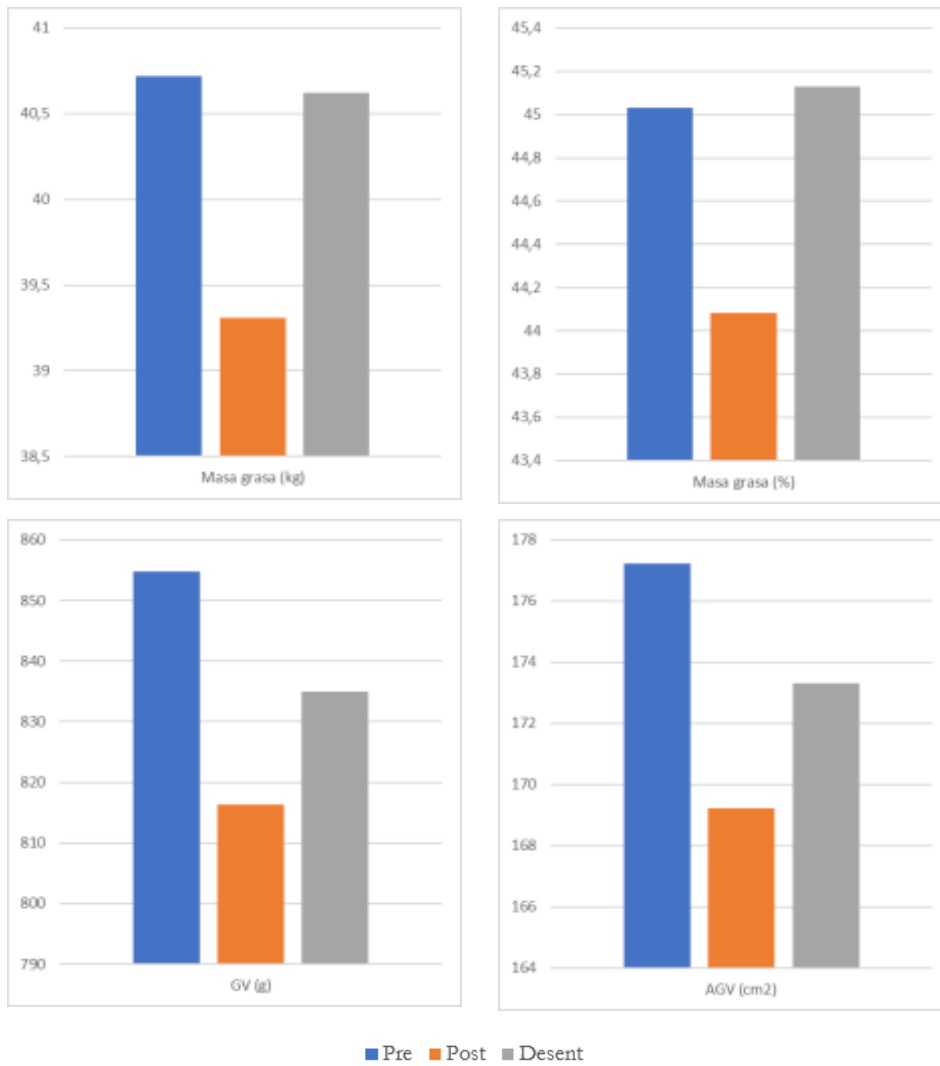


Figura 2. Pre, post y Desentrenamiento de los datos medios evaluados en las diferentes variables composición corporal del grupo con resistencia a la insulina.

En lo que respecta a la masa magra, se observó un incremento leve tras el entrenamiento tanto en las participantes con resistencia a la insulina como en aquellas sin esta condición, seguido de un descenso durante la fase de desentrenamiento. Este comportamiento indica que las adaptaciones en el tejido magro fueron transitorias y dependientes del estímulo de ejercicio.

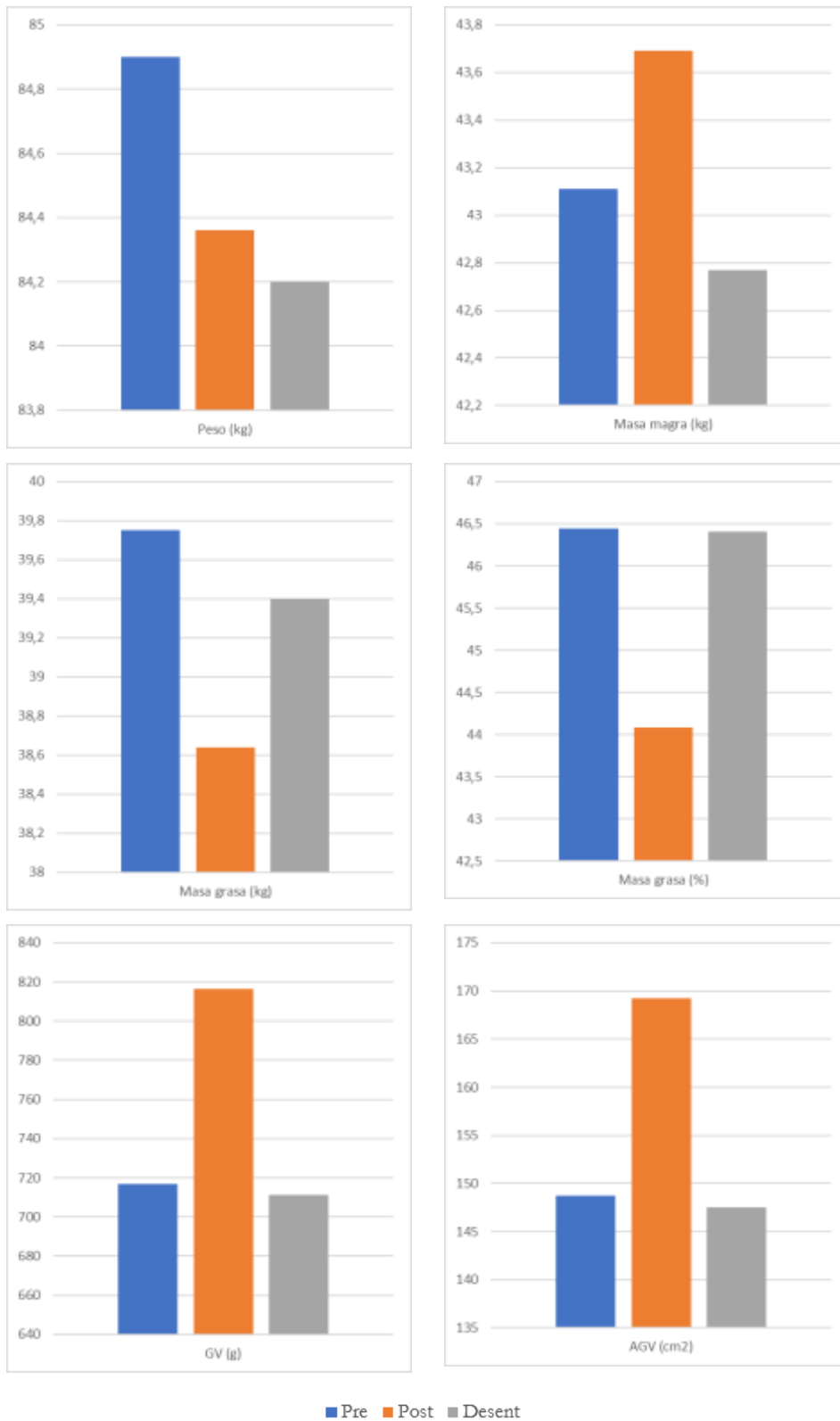


Figura 3. Pre, post y Desentrenamiento de los datos medios evaluados en las diferentes variables composición corporal del grupo sin resistencia a la insulina.

Por su parte, el peso corporal se mantuvo estable a lo largo de todo el estudio en los dos grupos de análisis, sin variaciones apreciables entre las mediciones. Esto sugiere que las modificaciones observadas en la composición corporal derivan principalmente de una redistribución interna de los tejidos —reducción del componente graso y aumento del magro— más que de una alteración del peso global.

En cuanto a la grasa visceral, se observó una reducción en el grupo con resistencia a la insulina tras la intervención, mientras que en el grupo sin resistencia a la insulina los valores aumentaron. Tras el periodo de desentrenamiento, los valores tendieron a incrementarse nuevamente en el grupo IR, sin alcanzar los niveles basales iniciales.

En conjunto, los resultados obtenidos mediante DEXA mostraron una evolución positiva de la composición corporal tras el entrenamiento interválico, caracterizada por una reducción de la masa grasa total, así como por un incremento moderado de la masa magra en ambos grupos. En lo referente a la grasa visceral, únicamente el grupo con resistencia a la insulina experimentó una reducción tras la intervención.

4. DISCUSIÓN

El presente estudio analizó los cambios en la composición corporal de mujeres con sobrepeso, con y sin resistencia a la insulina, tras la aplicación de un programa de entrenamiento interválico de fuerza de intensidad media-alta. Los resultados mostraron una tendencia general hacia la mejora de la composición corporal en ambos grupos, con reducciones en la masa grasa y aumentos moderados en la masa magra, lo que coincide con lo reportado en investigaciones previas que destacan la eficacia del ejercicio de fuerza intermitente para mejorar la calidad corporal y el perfil metabólico en mujeres con exceso de peso (Smith-Ryan et al., 2016; Willis et al., 2012).

En términos globales, el comportamiento del peso corporal se mantuvo relativamente estable a lo largo del programa, lo cual podría deberse a la compensación entre la disminución de la masa grasa y el incremento de la masa libre de grasa. Esta estabilidad ponderal ha sido descrita también en otros estudios de intervención con ejercicio de resistencia y fuerza, donde la pérdida de grasa corporal no necesariamente se refleja en una reducción del peso total (Heilbronn et al., 2006; Martins et al., 2016). En este sentido, la utilización del DEXA como herramienta de medición permitió identificar adaptaciones cualitativas en la composición corporal que no hubieran sido detectadas mediante indicadores antropométricos convencionales.

En relación con los componentes corporales específicos, las reducciones observadas en la masa grasa total y el incremento posterior durante el periodo de desentrenamiento reflejan la naturaleza transitoria de las adaptaciones inducidas por el ejercicio. La literatura sugiere que los beneficios derivados de los programas de entrenamiento pueden atenuarse tras periodos de inactividad, especialmente cuando estos superan las tres o cuatro semanas (Coelho et al., 2017; Delshad et al., 2013). Sin embargo, el mantenimiento parcial de las mejoras tras la interrupción del entrenamiento podría indicar un efecto residual del programa, posiblemente relacionado con una mayor eficiencia metabólica o con cambios en la distribución del tejido adiposo.

En cuanto a la masa magra, la tendencia observada hacia el aumento durante el periodo de entrenamiento y su posterior reducción tras el desentrenamiento es consistente con las adaptaciones fisiológicas propias del estímulo de fuerza. Estos resultados refuerzan la idea de que el entrenamiento interválico de fuerza constituye un estímulo suficiente para inducir la síntesis proteica muscular, aún en mujeres con resistencia a la insulina, quienes suelen presentar un entorno metabólico menos favorable para el desarrollo y mantenimiento del tejido magro (Batitucci et al., 2022; Kwon et al., 2010). Este tipo de entrenamiento, al combinar fases de alta y moderada intensidad, podría favorecer tanto la activación de fibras musculares tipo II como la mejora de la sensibilidad a la insulina, promoviendo un entorno anabólico más eficiente.

Por otro lado, la grasa visceral mostró comportamientos diferenciados entre los grupos. Mientras que las participantes con resistencia a la insulina presentaron una disminución de este compartimento tras la intervención, las mujeres sin resistencia a la insulina no experimentaron esa reducción, sino que registraron un incremento de la grasa visceral. Este hallazgo es relevante, dado que la grasa visceral se considera un

marcador clave de riesgo cardiometabólico y un determinante importante de la sensibilidad a la insulina (Hardy et al., 2012; Zhang et al., 2021). En este sentido, el hecho de que las reducciones se hayan manifestado únicamente en las mujeres con resistencia a la insulina sugiere que la respuesta al entrenamiento podría estar modulada por el estado metabólico de partida. Tal como proponen Niyazi et al., (2024) y Cai et al., (2023), las personas con alteraciones metabólicas más avanzadas pueden requerir protocolos de mayor duración o de mayor intensidad para inducir reducciones significativas en los depósitos de grasa central.

En conjunto, los hallazgos de este trabajo refuerzan la utilidad del entrenamiento interválico de fuerza como estrategia para mejorar la composición corporal en mujeres con sobrepeso, independientemente de su condición de resistencia a la insulina. Sin embargo, las diferencias observadas en la respuesta de la grasa visceral sugieren la necesidad de individualizar la prescripción del ejercicio en función del perfil metabólico. La implementación de programas más prolongados y con una mayor especificidad en la intensidad o en el volumen de trabajo podría optimizar las adaptaciones en las mujeres con resistencia a la insulina, especialmente en lo relativo a la reducción de tejido adiposo central.

A partir de estos hallazgos, se refuerza la recomendación de incorporar programas de ejercicio interválico de fuerza dentro de estrategias integrales de mejora de la salud metabólica, especialmente en mujeres con exceso de peso, dada su capacidad para generar adaptaciones positivas en un periodo relativamente corto y con una alta eficiencia fisiológica. Asimismo, la integración de programas de entrenamiento interválico de fuerza, combinados con estrategias nutricionales adecuadas, podría representar una herramienta efectiva y segura para la mejora del estado metabólico, la composición corporal y la salud cardiometabólica en mujeres con sobrepeso y resistencia a la insulina.

Futuras investigaciones deberían centrarse en analizar el impacto de variaciones en la duración, la intensidad y la combinación de estímulos aeróbicos y de fuerza, con el fin de optimizar la respuesta fisiológica en mujeres con resistencia a la insulina y establecer pautas de intervención más específicas y personalizadas.

5. CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio respaldan la eficacia del entrenamiento interválico de fuerza como una intervención viable para optimizar la composición corporal en mujeres con sobrepeso, promoviendo reducciones en la masa grasa y preservando simultáneamente la masa magra. De manera destacable, la grasa visceral mostró un comportamiento diferencial entre los grupos, reduciéndose únicamente en las mujeres con resistencia a la insulina, mientras que en el grupo sin resistencia a la insulina se registró un aumento de este compartimento. Este resultado sugiere que la respuesta adaptativa al entrenamiento puede estar modulada por el estado metabólico de partida, lo que refuerza la importancia de individualizar las intervenciones en función del grado de alteración insulínica. Considerando el papel clave de la grasa visceral en la fisiopatología del síndrome metabólico y de la diabetes tipo 2, la mejora observada en el grupo con resistencia a la insulina podría tener implicaciones relevantes para la prevención de estas enfermedades.

Asimismo, la utilización del DEXA permitió identificar cambios específicos en los diferentes compartimentos corporales que no serían detectables mediante métodos antropométricos tradicionales. Este aspecto subraya la importancia de emplear herramientas de evaluación precisas en la investigación y el seguimiento de programas de ejercicio físico, especialmente en poblaciones con riesgo metabólico.

6. BIBLIOGRAFÍA

Batitucci, G., Faria Junior, E. V., Nogueira, J. E., Brandão, C. F. C., Abud, G. F., Ortiz, G. U., Marchini, J. S., & Freitas, E. C. (2022). Impact of Intermittent Fasting Combined With High-Intensity Interval Training on Body Composition, Metabolic Biomarkers, and Physical Fitness in Women With Obesity. *Frontiers in Nutrition*, 9, 884305. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.884305>

Cai, Y., Long, Z., & Guo, Z. (2023). Effect of high-intensity interval training on body composition and glucose control in type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis (p. 2023.01.27.23285090). medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2023.01.27.23285090>

Cerf, M. E. (2013). Beta Cell Dysfunction and Insulin Resistance. *Frontiers in Endocrinology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fendo.2013.00037>

Coelho, H. J., Rodrigues, B., Gonçalves, I. de O., Uchida, M. C., Coelho, H. J., Rodrigues, B., Gonçalves, I. de O., & Uchida, M. C. (2017). Effects of a short-term detraining period on muscle functionality and cognition of strength trained older women: A preliminary report. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 13(5), 559-567. <https://doi.org/10.12965/jer.1735010.505>

Delshad, M., Ghanbarian, A., Mehrabi, Y., Sarvghadi, F., & Ebrahim, K. (2013). Effect of Strength Training and Short-term Detraining on Muscle Mass in Women Aged Over 50 Years Old. *International Journal of Preventive Medicine*, 4(12), 1386-1394.

Foster, C., Boulosa, D., McGuigan, M., Fusco, A., Cortis, C., Arney, B. E., Orton, B., Dodge, C., Jaime, S., Radtke, K., Erp, T. van, Koning, J. J. de, Bok, D., Rodriguez-Marroyo, J. A., & Porcari, J. P. (2021). 25 Years of Session Rating of Perceived Exertion: Historical Perspective and Development. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(5), 612-621. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0599>

Freeman, A. M., Acevedo, L. A., & Pennings, N. (2023). Insulin Resistance. *En StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507839/>

Ghasemi, A., Tohidi, M., Derakhshan, A., Hasheminia, M., Azizi, F., & Hadaegh, F. (2015). Cut-off points of homeostasis model assessment of insulin resistance, beta-cell function, and fasting serum insulin to identify future type 2 diabetes: Tehran Lipid and Glucose Study. *Acta Diabetologica*, 52(5), 905-915. <https://doi.org/10.1007/s00592-015-0730-3>

Ghodrati, N., Haghghi, A. H., Hosseini Kakhak, S. A., Abbasian, S., & Goldfield, G. S. (2023). Effect of Combined Exercise Training on Physical and Cognitive Function in Women With Type 2 Diabetes. *Canadian Journal of Diabetes*, 47(2), 162-170. <https://doi.org/10.1016/j.cjcd.2022.11.005>

Hardy, O. T., Czech, M. P., & Corvera, S. (2012). What causes the insulin resistance underlying obesity? *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*, 19(2), 81. <https://doi.org/10.1097/MED.0b013e3283514e13>

Heilbronn, L. K., de Jonge, L., Frisard, M. I., DeLany, J. P., Larson-Meyer, D. E., Rood, J., Nguyen, T., Martin, C. K., Volaufova, J., Most, M. M., Greenway, F. L., Smith, S. R., Deutsch, W. A., Williamson, D. A., Ravussin, E., & Pennington CALERIE Team. (2006). Effect of 6-month calorie restriction on biomarkers of longevity, metabolic adaptation, and oxidative stress in overweight individuals: A randomized controlled trial. *JAMA*, 295(13), 1539-1548. <https://doi.org/10.1001/jama.295.13.1539>

Kwon, H. R., Han, K. A., Ku, Y. H., Ahn, H. J., Koo, B.-K., Kim, H. C., & Min, K. W. (2010). The Effects of Resistance Training on Muscle and Body Fat Mass and Muscle Strength in Type 2 Diabetic Women. *Korean Diabetes Journal*, 34(2), 101-110. <https://doi.org/10.4093/kdj.2010.34.2.101>

Martins, C., Kazakova, I., Ludviksen, M., Mehus, I., Wisloff, U., Kulseng, B., Morgan, L., & King, N. (2016). High-Intensity Interval Training and Isocaloric Moderate-Intensity Continuous Training Result in Similar Improvements in Body Composition and Fitness in Obese Individuals. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26(3), 197-204. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2015-0078>

Niyazi, A., Yasrebi, S. M. A., Yazdani, M., & Mohammad Rahimi, G. R. (2024). High-Intensity Interval Versus Moderate-Intensity Continuous Exercise Training on Glycemic Control, Beta Cell Function, and Aerobic Fitness in Women with Type 2 Diabetes. *Biological Research For Nursing*, 26(3), 449-459. <https://doi.org/10.1177/10998004241239330>

Petersen, M. H., De Almeida, M. E., Wentorf, E. K., Jensen, K., Ørtenblad, N., & Højlund, K. (2022). High-intensity interval training combining rowing and cycling efficiently improves insulin

sensitivity, body composition and VO₂max in men with obesity and type 2 diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, 13, 1032235. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1032235>

Smith-Ryan, A. E., Trexler, E. T., Wingfield, H. L., & Blue, M. N. M. (2016). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic risk factors in overweight/obese women. *Journal of Sports Sciences*, 34(21), 2038-2046. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1149609>

Willis, L. H., Slentz, C. A., Bateman, L. A., Shields, A. T., Piner, L. W., Bales, C. W., Houmard, J. A., & Kraus, W. E. (2012). Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 113(12), 1831-1837. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01370.2011>

Zhang, H., Tong, T. K., Kong, Z., Shi, Q., Liu, Y., & Nie, J. (2021). Exercise training-induced visceral fat loss in obese women: The role of training intensity and modality. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(1), 30-43. <https://doi.org/10.1111/sms.13803>

ASSOCIATION OF CARDIORESPIRATORY FITNESS, MUSCULAR STRENGTH AND
ADIPOSIITY WITH COMPLEMENT C3 LEVELS ACROSS AGING: FINDINGS FROM
THE INLIFE-AGING PROJECT

Jostin Alfaro Fernandez

PhD Candidate

*Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la
Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz*

ORCID: 0009-0009-5650-1705

Veronica Mihaescu-ion

PhD Candidate

*Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Enfermería y Fisioterapia, Facultad de Enfermería
y Fisioterapia, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (*

ORCID: 0000-0003-2249-6089

Iván Hoditx Martín-Costa

PhD Candidate

*Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la
Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz*

ORCID: 0000-0002-1033-9548

Sonia Ortega-Gómez

Postdoc Researcher

*Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la
Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz*

ORCID: 0000-0001-8589-5672

Laura Martínez-Sánchez

Postdoctoral Researcher

*Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la
Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz*

ORCID: 0000-0002-1313-322X

Marco Guzmán-García

Internal Medicine Specialist

Hospital Universitario Puerto Real

ORCID: 0000-0002-4661-3203

Gema M^a Ruiz-Villena

Internal Medicine Specialist

Medicina Interna, Hospital Universitario Puerto Real, Puerto Real, España

ORCID:

José Luis Andrey Guerrero
Internal Medicine Specialist
Medicina Interna, Hospital Universitario de Puerto Real
Medicina Interna, Hospital de la Concepción, Línea de la Concepción, España
ORCID:

Ana Carbonell-Baeza
Full Professor
Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la
Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz
ORCID: 0000-0003-1762-2925

David Jiménez-Pavón
Full Professor
Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la
Educación, Universidad de Cádiz, e Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz
ORCID: 0000-0002-8977-4744

Abstract:

Introduction: Complement C3 plays a central role in innate immunity and is an established biomarker of chronic low-grade inflammation related to aging and age-associated diseases. However, the independent associations of cardiorespiratory fitness (CRF), muscular strength (MS) and adiposity with circulating C3 remain unclear. This study examined how these variables relate to C3 levels across adulthood and older age.

Methodology: Data from 514 individuals aged 50 to 79 years (40.6% men), from the InLife-Aging Project (Cádiz, Spain) were analysed. CRF was assessed using the 6-minute walk test (6MWT), MS using the 30-second chair test (30s-CST), and body fat percentage (BFP) using bioelectrical bioimpedance. C3 was assessed using an automated biochemical analysis. Robust linear regression models stratified by age group and adjusted for sex, civil status and perceived economics status, were applied.

Results: Older adults (65-79 years) showed significantly lower CRF and MS and higher BFP than adults (all $p < 0.001$). In adults, neither CRF nor MS were associated with C3 (all $p > 0.05$), whereas BFP showed a strong positive association (adjusted $\beta = 0.53$, $p < 0.001$). Among older adults, higher CRF was inversely associated with C3 (adjusted $\beta = -0.28$, $p < 0.001$), while MS showed no association. BFP was positively associated with C3 in both age groups (all $p < 0.001$).

Conclusion: Adiposity was consistently associated with higher circulating C3 across adulthood and older age, supporting its role as a key correlate of inflammaging. CRF was inversely associated with C3 only in older adults, suggesting a lower inflammatory burden in those with higher aerobic capacity. MS showed

no association with C3. These findings highlight the need to consider both fitness and adiposity when interpreting inflammation-related biomarkers in aging populations.

1. INTRODUCTION

The complement system plays a central role in innate immunity protecting the host against viruses, fungi and parasites. In addition, it contributes to several homeostatic processes, such as maintaining tissue integrity and stabilizing blood clots, as well as to immune responses such as pathogen elimination and clearance of circulating immune complex (Sahu & Lambris, 2001; Zheng et al., 2022). Among its components, complement factor C3 – synthesized in the liver – is the pivotal protein that activates and regulates the complement activation cascade (Muscari et al., 2007). Low circulating C3 has been linked autoimmune disorders and organ dysfunction, whereas excessive or dysregulated C3 activation drives chronic low-grade inflammation, thereby increasing cardiometabolic risk (Zheng et al., 2022).

One of the most common factors in inflammation is excess adipose tissue, known as body fat or fat, which plays an important role in storing energy in the form of lipids, protecting organs, and systemic secretion of adipokines and cytokines (Khanna et al., 2022). These substances are involved in metabolic and physiological signalling cascades, as well as in the regulation of inflammation (Zhou et al., 2024). Consequently, increased fat can directly influence circulating C3 levels (Hertle et al., 2012; Khanna et al., 2022; Xin et al., 2018). This implies an increased risk of hypertension, type 2 diabetes, dyslipidaemia, cardiovascular disease and mortality (Onat et al., 2011; Phillips et al., 2012).

With aging, immune and inflammatory processes tend to worsen, contributing to the phenomenon of “inflammaging” (Baker et al., 2019; Singh et al., 2024; Zhou et al., 2024); in parallel, body composition tends to change, with decreased muscle mass and increased adiposity, which are also influenced by other factors such as gender, age, decreased physical activity, marital status and monthly incomes (Sen et al., 2013). In this context, the prevalence of excess adiposity in older adults in Europe is 33.6% and in Spain it is particularly high in both women and men, with southern regions recording the highest rates nationally (Khaleghi et al., 2025; Pérez-Rodrigo et al., 2022), posing a significant challenge to public health. Therefore, attenuating excessive complement activation and reducing excess adiposity, may represent a potential strategy to mitigate age-related inflammation (Engström et al., 2005; Li et al., 2023).

Furthermore, increasing evidence shows that physical activity can modulate inflammatory signalling through several immunometabolic pathways. Exercise induces the release of myokines such as IL-6 and IL-10, which exert anti-inflammatory effects and contribute to the attenuation of chronic low-grade inflammation (Pedersen & Febbraio, 2012). Recent reviews confirm that exercise can regulate multiple components of the complement cascade in humans (Rothschild-Rodriguez et al., 2022). Together with the age-related alterations in complement biology described in aging research (Zheng et al., 2022), these findings support the hypothesis that physical fitness may interact with adiposity to shape complement activation and inflammaging patterns.

Physical fitness –especially cardiorespiratory fitness and muscular strength– is widely recognized as a strong predictor of health and longevity. Higher levels of fitness are associated with lower incidence of chronic diseases, improved body composition, and reduced systemic inflammation (Jiménez-Pavón et al., 2019; Kim et al., 2018; Kodama et al., 2009; Laukkanen et al., 2020). Evidence suggests that regular exercise can modulate the immune function and reduce inflammatory markers such as C-Reactive protein (CRP), interleukins, and potentially C3. However, the specific relationship between distinct components of physical fitness, adiposity and circulating C3 levels have not been systemically investigated, particularly in older adults.

The present study aims to analyse the independent association of adiposity, cardiorespiratory fitness (CRF) and muscular strength (MS) with circulating C3 levels across adulthood and older age. We additionally examined whether these associations differed by age group after accounting for key sociodemographic variables such sex, marital status and perceived economic status.

2. METHODOLOGY

This study used data from cross-sectional InLife-Aging Project, carried out in Cadiz, Spain. This project was co-financed by the European Union's Regional Development Fund (EU2014-2020 ERDF) and the Regional Government of Andalusia (FEDER UCA18-107040).

The overall participants belong to two different age groups: adults (50 to 64 years old) and older adults (≥ 65 years old). A total of 514 participants were recruited. The exclusion criteria comprised: (1) acute or terminal illness, (2) history of cerebral infraction, epilepsy, brain tumour, (3) alcohol or drug abuse and (4) any medical condition that could compromise safe participation in the study.

All procedures followed the principles of the Declaration of Helsinki (2024) (World Medical Association, 2013, 2024) (World Medical Association, 2013, 2024). Written informed consent was obtained from all participants. The study was approved by the Clinical Research Ethics Committee of Hospital Universitario Puerta del Mar, Cádiz (Trial registration: 0653-N-20).

2.1. Blood Sample and Complement C3 Analysis

Blood measurements were obtained after an 8-hour overnight fast and 48-hour abstentions from alcohol and caffeine; and to avoid any moderate or vigorous intensity physical activity 24-hours before. Serum and plasma samples were processed and analysed according to standard procedures at the Biochemistry Unit of Hospital Universitario Puerto Real. Serum Complement C3 concentration were obtained and determined according to hospital protocols.

2.2. Body fat percentage

Anthropometrics measurements included body weight, height and body fat percentage. Height was calculated using Harpen stadiometer (Charter Medical, model HM200P); and weight and body fat percentage were assessed using a multifrequency bioimpedance (INBODY 770) in specific conditions such as fasting, not drinking liquids, as well as avoiding vigorous or moderate physical activity and exercise before the test, and wearing light clothing.

2.3. Physical fitness measurements

Physical Fitness was assessed using selected components of the Senior Fitness Test Battery , validated for older adults. (Rikli & Jones, 2013).

Cardiorespiratory fitness Test

Was assessed with the 6-minute walk test (6MWT) from the Senior Fitness Test Battery. The maximum distance walked by the participant in 6 minutes along 30 metres was registered.

Muscular Strength Test

Was assessed with Chair Stand Test – 30 seconds. The number of times within 30 seconds that the participant can raise to a full stand from a seated position with the feet on the floor without pushing arms was recorded.

2.4. Statistical Analyses

The data were analysed running Stata statistical software (version 14.2; Stata Corp. LCC, USA). Descriptive statistics and normality analysis were performed for independent and dependent variables. Independent t-tests were used to compare the means of continuous variables between age groups. Categorical variables were analysed using chi-square test and presented as percentages. Furthermore, parametric data related to the C3 biomarker, body composition and fitness were expressed as mean \pm standard deviation. Linear regression with robust standard errors was used to examine the association

between physical fitness components, adiposity and C3 levels. In addition to the crude model, adjusted model was performed to account for potential cofounders, including sex, civil status and perceived economics status. The results of linear regression analysis are presented as β coefficient with 95% confidence intervals (CI). A p-value < 0.05 was considered as statistically significant.

3. RESULTS

Table 1 presents the descriptive characteristics of the study population by age group. Of the total 514 participants (mean age: 61.32 \pm 7.39 years, 59.34% women; 36.34% age \geq 65). Both groups presented a high prevalence of elevated body fat, older adults had higher body fat percentage compared to adults. Similarly, older adults also exhibited lower aerobic and muscular strength.

Table 1
Sample characteristics

Characteristics	All (n=514)	Adults (n=332, 63.36%)	Older Adults (n=182, 36.64%)	p-value
Age	61.32 \pm 7.39	56.78 (\pm 4.26)	69.60 (\pm 3.86)	0.001
Sex				0.453
Women	305 (59.34%)	193 (58.13%)	70 (38.46%)	-
Men	209 (40.66%)	139 (41.87%)	112 (61.54%)	-
Body Composition				
Weight (kg)	73.9 \pm 14.0	74.63 (\pm 14.23)	72.56 (\pm 13.52)	0.114
Height (cm)	164.90 \pm 9.14	166.36 (\pm 8.87)	162.23 (\pm 9.04)	0.001
Body Fat Percentage (%)	34.4 \pm 8.99	33.53 (\pm 8.68)	36.95 (\pm 9.14)	0.001
Physical Fitness Components				
6 Minute Walk Test (m)	556.41 (\pm 90.01)	578.26 (\pm 86.39)	516.68 (\pm 82.79)	0.001
30 Chair Stand Test (reps)	17.2 (\pm 4.48)	18.03 (\pm 4.37)	15.69 (\pm 4.31)	0.001
Biomarker				
Complement C3 (mg/dL)	117.24 \pm 24.01	115.85 (\pm 23.51)	119.83 (\pm 24.78)	0.075
Civil Status				0.048
Married	355 (70.02%)	238 (72.12%)	117 (66.10%)	-
Widowed	32 (6.31%)	8 (2.42%)	24 (13.56%)	-
Single	47 (9.27%)	36 (10.91%)	11 (6.21%)	-
Separated	73 (14.4%)	48 (14.55%)	25 (14.12%)	-
Perceived Economic Status				0.008
With great difficulty	14 (2.76%)	11 (3.33%)	3 (1.69%)	-
Great difficulty	22 (4.34%)	19 (5.76%)	3 (1.69%)	-
With some difficulty	97 (19.13%)	67 (20.30%)	30 (19.95%)	-
With some ease	128 (25.25%)	86 (26.06%)	42 (23.73%)	-
Great ease	180 (35.50%)	106 (32.12%)	74 (41.81%)	-
With great ease	66 (13.02%)	41 (12.42%)	25 (14.12%)	-

Minute walk test, m: meters; 30 CST: 30 second chair stand test, reps: repetitions. Data are presented as mean \pm : standard deviation. Significant differences (p<0.05) between age groups are showed in bold.

The association between physical fitness body, fat and C3 was examined in two models. In adults (Table 2), MS and CRF showed no significant associations with circulating C3 levels in either the crude and adjusted models (all $p < 0.26$). In contrast, adiposity was positively and strongly associated with C3 in both crude ($\beta = 0.39$, $p < 0.001$) and adjusted models ($\beta = 0.53$, $p < 0.001$)

Table 2
Association between physical fitness components, adiposity with Complement C3 in Adults

Variables	Adults					
	Crude			Adjusted ¹		
	β	95% CI	p - value	β	95% CI	p - value
Physical Components						
30s - CST	-0.06	(-1.02, 0.28)	0.26	-0.04	(-0.93, 0.40)	0.44
6MWT	-0.06	(-0.05, 0.01)	0.31	0.008	(-0.03, 0.04)	0.90
Body fat percentage	0.39	(0.81, 1.35)	<0.001	0.53	(1.12, 1.80)	<0.001

Regression coefficients (β) were obtained using standardized linear regression, while 95% CI and p-values were obtained from robust linear regression. 1: adjusted for sex, civil status and perceived economic status

In older adults' group (Table 3), MS did not show a statistically significant association with circulating C3 levels. In the crude model, the association approached significance ($\beta = -0.13$, $p = 0.06$) but remained non-significant after adjustment for sociodemographic variables ($\beta = -0.13$, $p = 0.08$).

Conversely, CRF showed an inverse association with C3 levels. In the crude model, higher performance in the 6MWT was significantly associated with lower C3 concentrations ($\beta = -0.35$, $p < 0.001$), and this association persisted after adjustment ($\beta = -0.28$, $p < 0.001$).

Adiposity was strongly and positive associated with C3 levels in older adults. This association was significantly in both the crude ($\beta = 0.51$, $p < 0.001$) and adjusted models ($\beta = 0.62$, $p < 0.001$), indicating a consistent relationship between higher body fat and elevated C3 concentrations.

Table 3
Association between physical fitness components, adiposity with Complement C3 in Older Adults

Variables	Older Adults					
	Crude			Adjusted ¹		
	β	95% CI	p - value	β	95% CI	p - value
Physical Components						
30s - CST	-0.13	(-1.59, 0.05)	0.06	-0.13	(-1.56, 0.08)	0.08
6MWT	-0.35	(-0.15, -0.05)	<0.001	-0.28	(-0.12, -0.03)	<0.001
Adiposity	0.51	(1.01, 1.59)	<0.001	0.62	(1.22, 1.97)	<0.001

Regression coefficients (β) were obtained using standardized linear regression, while 95% CI and p-values were obtained from robust linear regression. 1: adjusted for sex, civil status and perceived economic status

4. DISCUSSION

In this cross-sectional study, both groups showed a high prevalence of adiposity. This may be explained by the fact that high levels of adiposity are characterized by greater metabolic dysregulation and

a more pro-inflammatory profile. This finding is consistent with previous evidence that reporting serum C3 concentrations are positively correlated with visceral and subcutaneous fat, as well as BMI in men (Gabrielsson et al., 2003). Similarly, in women those with a body fat mass greater than 30% showed elevated serum C3 levels (Kim et al., 2018), supporting the notion that excessive adiposity, rather than moderate weight gain, is more strongly linked to complement activation. Furthermore, exceeding the physiological capacity to store lipids leads to systemic and adipose tissue inflammation, even in non-obese individuals (Soták et al., 2025). Together, these results reinforce the idea that the inflammatory response associated with adiposity, may underlie the elevation in C3 levels.

Regarding physical fitness components in the adult group, neither its components showed an association with C3 component, even after adjustment. This suggests that, at younger ages, the influence of adiposity on systemic inflammation may be more dominant than the impact of physical fitness on C3. In contrast, in older adults, a significant association was found only between CRF and C3, but not with MS. These differences could be due to age-related changes and impact of physical fitness in older adults. This may be that a high level of cardiorespiratory fitness in older adults helps to preserve an endothelial and inflammatory profile more similar to that of younger adults (Schroeder et al., 2018). Our results align with this evidence, suggesting that aerobic fitness may attenuate the negative effects of chronic low-grade inflammation in aging.

Higher CRF may influence complement activity through several physiological mechanisms, including increased shear-stress-mediated endothelial anti-inflammatory signalling, enhanced parasympathetic tone, and the exercise-induced release of anti-inflammatory myokines such as IL-6 and IL-10. These pathways have been shown to attenuate chronic low-grade inflammation and could contribute to lower circulating C3 levels in fitter older adults.

Although, there are few direct studies that simultaneously investigate CRF and MS, adiposity and C3 in adults (Rothschild-Rodriguez et al., 2022; Vitek et al., 2024), our findings are consistent, to some extent, with them. A systematic review – based on data from healthy participants across a wide range – found that regular aerobic training tends to reduce C3 levels, with higher cardiorespiratory fitness being inversely related to C3 (Rothschild-Rodriguez et al., 2022). In addition, a clinical study, (Nieman et al., 2008) compared serum C3 levels between athletes and sedentary men and found that regular aerobic exercise could attenuate circulating C3 levels, both during and after exercise. These findings support our hypothesis that CRF may contribute to reducing inflammatory biomarkers. Regarding our study, these associations may be relatively affected by age, emphasizing the importance of age in modulating these relationships, especially in older adults.

Regarding the lack of association between MS and C3, there are few studies that have specifically examined this relationship. A study in Japan (Nakamura et al., 2024), investigated body composition and sarcopenia in older population and found that lower circulating levels of C3 were associated with sarcopenia. These findings suggest that the relationship between muscle mass, muscular strength and C3 may vary depending on body fat quantity, sex, nutrition status and the presence of sarcopenia.

The absence of association between muscular strength and C3 may reflect the limitations of the 30s-CST, which assesses functional lower-limb performance rather than true muscle mass or strength capacity. Muscular strength in this test is also influenced by neuromuscular coordination, balance and movement strategy, rather than exclusively by immunometabolic determinants. In addition, adiposity may confound MS–C3 relationships, masking potential associations. It is worth noting that future variants of the chair stand test that normalize performance by body weight, or even by lean mass, could provide a more accurate representation of muscle quality. Such adjusted metrics—supported by emerging evidence—may better capture the interaction between muscular function, body composition components, and inflammatory biomarkers, potentially yielding different associations than those observed with the absolute 30s-CST score.

5. LIMITATIONS

A primary limitation of this study is its cross-sectional design, which prevents establishing casual relationships between adiposity, physical fitness, and circulating C3 levels. Second, although several sociodemographic variables were included in the models, the absence of additional behavioural factors – such a diet quality, habitual physical activity, medication use, or smoking status – limits our ability to account for other potential determinants of inflammation. Another limitation is the sample size in the stratified analyses, which may reduce statistical power. Finally, C3 was assessed using a single blood measurement, which does not capture potential day-to-day biological variability.

6. CONCLUSION

Our findings show that high adiposity was consistently and significantly associated with C3 in both age groups, highlighting adiposity as a key determinant of inflammaging. Cardiorespiratory fitness was inversely associated with C3 only in older adults suggesting that maintaining high cardiorespiratory capacity can be a protector against inflammation in older adults. In contrast, muscular strength did not show an association with C3 component in adults or older adults. Although the mechanism underlying the association between cardiorespiratory fitness and muscular strength with complement component C3 remains unclear and requires further investigation, these findings contribute to the existing body of knowledge and may help emphasize the importance of exercise programs aimed at improving aerobic capacity as a strategy to reduce systemic inflammation in older adults.

7. REFERENCE

- Baker, J. F., Newman, A. B., Kanaya, A., Leonard, M. B., Zemel, B., Miljkovic, I., Long, J., Weber, D., & Harris, T. B. (2019). The Adiponectin Paradox in the Elderly: Associations With Body Composition, Physical Functioning, and Mortality. *The Journals of Gerontology: Series A*, *74*(2), 247–253. <https://doi.org/10.1093/gerona/gly017>
- Engström, G., Hedblad, B., Eriksson, K.-F., Janzon, L., & Lindgärde, F. (2005). Complement C3 Is a Risk Factor for the Development of Diabetes: A Population-Based Cohort Study. *Diabetes*, *54*(2), 570–575. <https://doi.org/10.2337/diabetes.54.2.570>
- Gabrielsson, B. G., Johansson, J. M., Lönn, M., Jernås, M., Olbers, T., Peltonen, M., Larsson, I., Lönn, L., Sjöström, L., Carlsson, B., & Carlsson, L. M. S. (2003). High Expression of Complement Components in Omental Adipose Tissue in Obese Men. *Obesity Research*, *11*(6), 699–708. <https://doi.org/10.1038/oby.2003.100>
- Hertle, E., van Greevenbroek, M. M. J., & Stehouwer, C. D. A. (2012). Complement C3: An emerging risk factor in cardiometabolic disease. *Diabetologia*, *55*(4), 881–884. <https://doi.org/10.1007/s00125-012-2462-z>
- Jiménez-Pavón, D., Lavie, C. J., & Blair, S. N. (2019). The role of cardiorespiratory fitness on the risk of sudden cardiac death at the population level: A systematic review and meta-analysis of the available evidence. *Progress in Cardiovascular Diseases*, *62*(3), 279–287. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2019.05.003>
- Khaleghi, A. A., Salari, N., Darvishi, N., Bokaei, S., Jafari, S., Hemmati, M., & Mohammadi, M. (2025). Global prevalence of obesity in the older adults: A meta-analysis. *Public Health in Practice*, *9*, 100585. <https://doi.org/10.1016/j.puhip.2025.100585>
- Khanna, D., Khanna, S., Khanna, P., Kahar, P., & Patel, B. M. (2022). Obesity: A Chronic Low-Grade Inflammation and Its Markers. *Cureus*, *14*(2), e22711. <https://doi.org/10.7759/cureus.22711>

- Kim, Y., White, T., Wijndaele, K., Westgate, K., Sharp, S. J., Helge, J. W., Wareham, N. J., & Brage, S. (2018). The combination of cardiorespiratory fitness and muscle strength, and mortality risk. *European Journal of Epidemiology*, *33*(10), 953–964. <https://doi.org/10.1007/s10654-018-0384-x>
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N., & Sone, H. (2009). Cardiorespiratory Fitness as a Quantitative Predictor of All-Cause Mortality and Cardiovascular Events in Healthy Men and Women: A Meta-analysis. *JAMA*, *301*(19), 2024–2035. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.681>
- Laukkanen, J. A., Kunutsor, S. K., Yates, T., Willeit, P., Kujala, U. M., Khan, H., & Zaccardi, F. (2020). Prognostic Relevance of Cardiorespiratory Fitness as Assessed by Submaximal Exercise Testing for All-Cause Mortality: A UK Biobank Prospective Study. *Mayo Clinic Proceedings*, *95*(5), 867–878. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2019.12.030>
- Li, X., Li, C., Zhang, W., Wang, Y., Qian, P., & Huang, H. (2023). Inflammation and aging: Signaling pathways and intervention therapies. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, *8*, 239. <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01502-8>
- Muscari, A., Antonelli, S., Bianchi, G., Cavrini, G., Dapporto, S., Ligabue, A., Ludovico, C., Magalotti, D., Poggiopollini, G., Zoli, M., & on behalf of the Pianoro Study Group. (2007). Serum C3 Is a Stronger Inflammatory Marker of Insulin Resistance Than C-Reactive Protein, Leukocyte Count, and Erythrocyte Sedimentation Rate: Comparison study in an elderly population. *Diabetes Care*, *30*(9), 2362–2368. <https://doi.org/10.2337/dc07-0637>
- Nakamura, M., Imaoka, M., Sakai, K., Kubo, T., Imai, R., Hida, M., Tazaki, F., Orui, J., Inoue, T., & Takeda, M. (2024). Complement component C3 is associated with body composition parameters and sarcopenia in community-dwelling older adults: A cross-sectional study in Japan. *BMC Geriatrics*, *24*(1), 102. <https://doi.org/10.1186/s12877-024-04720-z>
- Nieman, D. C., Tan, S. A., Lee, J. W., & Berk, L. S. (2008). Complement and Immunoglobulin Levels in Athletes and Sedentary Controls. *International Journal of Sports Medicine*, *10*, 124–128. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024887>
- Onat, A., Can, G., Rezvani, R., & Cianflone, K. (2011). Complement C3 and cleavage products in cardiometabolic risk. *Clinica Chimica Acta*, *412*(13), 1171–1179. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2011.03.005>
- Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). Muscles, exercise and obesity: Skeletal muscle as a secretory organ. *Nature Reviews Endocrinology*, *8*(8), 457–465. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.49>
- Pérez-Rodrigo, C., Gianzo Citores, M., Hervás Bárbara, G., & Aranceta-Bartrina, J. (2022). Prevalence of obesity and abdominal obesity in Spanish population aged 65 years and over: ENPE study. *Medicina Clínica (English Edition)*, *158*(2), 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.medcle.2020.10.026>
- Phillips, C. M., Kesse-Guyot, E., Ahluwalia, N., McManus, R., Hercberg, S., Lairon, D., Planells, R., & Roche, H. M. (2012). Dietary fat, abdominal obesity and smoking modulate the relationship between plasma complement component 3 concentrations and metabolic syndrome risk. *Atherosclerosis*, *220*(2), 513–519. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2011.11.007>
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). Development and Validation of Criterion-Referenced Clinically Relevant Fitness Standards for Maintaining Physical Independence in Later Years. *The Gerontologist*, *53*(2), 255–267. <https://doi.org/10.1093/geront/gns071>

- Rothschild-Rodriguez, D., Causer, A. J., Brown, F. F., Collier-Bain, H. D., Moore, S., Murray, J., Turner, J. E., & Campbell, J. P. (2022). The effects of exercise on complement system proteins in humans: A systematic scoping review. *Exercise Immunology Review*, *28*, 1–35.
- Sahu, A., & Lambris, J. D. (2001). Structure and biology of complement protein C3, a connecting link between innate and acquired immunity. *Immunological Reviews*, *180*(1), 35–48. <https://doi.org/10.1034/j.1600-065X.2001.1800103.x>
- Schroeder, E. C., Lane-Cordova, A. D., Ranadive, S. M., Baynard, T., & Fernhall, B. (2018). Influence of fitness and age on the endothelial response to acute inflammation. *Experimental Physiology*, *103*(6), 924–931. <https://doi.org/10.1113/EP086922>
- Sen, J., Mondal, N., & Dutta, S. (2013). Factors affecting overweight and obesity among urban adults: A cross-sectional study. *Epidemiology, Biostatistics, and Public Health*, *10*(1). <https://doi.org/10.2427/8741>
- Singh, A., Schurman, S. H., Bektas, A., Kaileh, M., Roy, R., Wilson, D. M., Sen, R., & Ferrucci, L. (2024). Aging and Inflammation. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, *14*(6), a041197. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a041197>
- Soták, M., Clark, M., Suur, B. E., & Börgeson, E. (2025). Inflammation and resolution in obesity. *Nature Reviews Endocrinology*, *21*(1), 45–61. <https://doi.org/10.1038/s41574-024-01047-y>
- Vítek, L., Woronyczova, J., Hanzikova, V., & Posová, H. (2024). Complement System Deficiencies in Elite Athletes. *Sports Medicine - Open*, *10*(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00681-0>
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*, *310*(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- World Medical Association. (2024). <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki/>
- Xin, Y., Hertle, E., van der Kallen, C. J. H., Schalkwijk, C. G., Stehouwer, C. D. A., & van Greevenbroek, M. M. J. (2018). Longitudinal associations of the alternative and terminal pathways of complement activation with adiposity: The CODAM study. *Obesity Research & Clinical Practice*, *12*(3), 286–292. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2017.11.002>
- Zheng, R., Zhang, Y., Zhang, K., Yuan, Y., Jia, S., & Liu, J. (2022). The Complement System, Aging, and Aging-Related Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(15), 8689. <https://doi.org/10.3390/ijms23158689>
- Zhou, Y., Wang, Y., Wu, T., Zhang, A., & Li, Y. (2024). Association between obesity and systemic immune inflammation index, systemic inflammation response index among US adults: A population-based analysis. *Lipids in Health and Disease*, *23*, 245. <https://doi.org/10.1186/s12944-024-02240-8>

EVALUACIÓN TRIÁDICA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: DIFERENCIAS SEGÚN EL SEXO

Sánchez-García, Andrés¹, Mata-Ordoñez, Fernando², López-León, Inmaculada³, Casuso, Rafael⁴, Sánchez-Oliver, Antonio Jesús³

¹ *Departamento de Educación Física y Deporte, Universidad de Sevilla. Sevilla, España.*

² *Department of Cell Biology, Physiology and Immunology, University of Cordoba.*

³ *Departamento de Motricidad Humana y Rendimiento Deportivo, Universidad de Sevilla. Sevilla, España.*

⁴ *Department of Health Sciences, Universidad Loyola Andalucía, Córdoba, Spain.*

Fernando Mata-Ordoñez ORCID: 0000-0003-4126-577X

Rafael Casuso ORCID: 0000-0002-4482-3186

Inmaculada López León ORCID: 0000-0002-0405-1724

Antonio Jesús Sánchez Oliver ORCID: 0000-0001-9022-6043

Resumen:

El presente capítulo aborda la implementación de la evaluación triádica —autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación— en estudiantes universitarios, analizando si existen diferencias en función del sexo. La evaluación se considera un pilar esencial en la educación superior, no solo para medir el logro académico, sino también para orientar el aprendizaje y mejorar la práctica docente. En los últimos años, se ha promovido la adopción de modelos participativos que implican al alumnado en la comprensión de criterios y en la toma de decisiones sobre su propio aprendizaje. Entre ellos, la evaluación triádica destaca por integrar tres perspectivas complementarias: la reflexión individual, la valoración entre iguales y la supervisión docente.

La autoevaluación permite al estudiante analizar su desempeño y asumir un rol activo en su aprendizaje; la coevaluación fomenta el aprendizaje colaborativo y el pensamiento crítico; y la heteroevaluación, a cargo del profesorado, asegura la validez y equidad del proceso. Este modelo se asocia con beneficios como mayor implicación, desarrollo de competencias transversales y mejora de la autorregulación. Sin embargo, factores personales como el sexo pueden influir en la forma en que se perciben y aplican estas prácticas, especialmente en la autoevaluación, donde intervienen procesos subjetivos ligados a la autoconfianza y la percepción de competencia.

El estudio se realizó con 123 estudiantes del Grado en Educación Primaria (mención Educación Física), analizando 6.560 evaluaciones (691 autoevaluaciones, 5.615 coevaluaciones y 254 heteroevaluaciones). Se empleó una rúbrica validada para valorar presentaciones teórico-prácticas, y se garantizó la participación voluntaria y el anonimato. El análisis estadístico se efectuó mediante la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$).

Los resultados revelaron diferencias significativas en la autoevaluación: los hombres obtuvieron puntuaciones más altas ($M = 3.15$; $DT = 0.58$) que las mujeres ($M = 2.98$; $DT = 0.55$), lo que sugiere un sesgo optimista o mayor autoeficacia percibida en los varones. Las mujeres, por su parte, mostraron valoraciones más ajustadas y críticas, próximas a las emitidas por el profesorado. En cambio, en la coevaluación y la heteroevaluación no se hallaron diferencias significativas ($p > 0.05$), con puntuaciones

muy similares entre sexos. Esto indica que, cuando se evalúa el trabajo ajeno o interviene el docente, no aparecen sesgos asociados al género.

Estos hallazgos confirman que la autoevaluación es la modalidad más sensible a factores internos vinculados a la autopercepción, mientras que las otras se mantienen más objetivas. Las implicaciones educativas son claras: se requiere formación específica para reducir sesgos en la autoevaluación y fomentar juicios más equilibrados. Estrategias como el uso sistemático de rúbricas, la retroalimentación orientada y la discusión sobre criterios pueden contribuir a mejorar la objetividad. Además, la consistencia observada en la coevaluación y la heteroevaluación refuerza la validez del sistema triádico como herramienta para garantizar procesos más equitativos y participativos.

En conclusión, la evaluación triádica favorece un aprendizaje más consciente y autónomo, siempre que se adapte a las características del alumnado y se enmarque en una cultura evaluativa coherente. Las diferencias según el sexo no deben interpretarse como limitaciones, sino como oportunidades para diseñar estrategias inclusivas que promuevan la equidad y la participación plena en los procesos evaluativos.

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación constituye uno de los pilares fundamentales del proceso de enseñanza–aprendizaje en la educación superior, ya que no solo permite valorar el grado de logro de los resultados académicos, sino también orientar el progreso del estudiantado y mejorar la práctica docente. En los últimos años, la literatura ha mostrado un creciente interés por modelos de evaluación alternativos a los enfoques tradicionales centrados exclusivamente en la calificación, destacando entre ellos las metodologías participativas y formativas. Estos enfoques buscan implicar activamente al alumnado en la comprensión de los criterios de calidad, la supervisión de su propio trabajo y la toma de decisiones sobre su aprendizaje. Dentro de estas metodologías, la evaluación triádica —compuesta por autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación— emerge como un modelo integral que favorece la corresponsabilidad y el desarrollo de competencias transversales esenciales en la educación superior.

La autoevaluación permite al estudiante reflexionar sobre su desempeño, identificar fortalezas y debilidades y asumir un rol más autónomo en su aprendizaje. Por su parte, la coevaluación fomenta el aprendizaje entre iguales a partir de la valoración recíproca, desarrollando habilidades comunicativas, pensamiento crítico y capacidad para emitir juicios fundamentados. Finalmente, la heteroevaluación, tradicionalmente protagonizada por el profesorado, sigue siendo un elemento clave para garantizar la validez, fiabilidad y equidad del proceso evaluativo. La combinación de estas tres perspectivas favorece una visión más completa del aprendizaje y contribuye a una mayor transparencia y coherencia en la evaluación.

La incorporación de la evaluación triádica se ha asociado a múltiples beneficios: incremento de la implicación del alumnado, mejora del rendimiento académico, desarrollo de la autorregulación, mayor comprensión de los criterios evaluativos y una actitud más positiva hacia la evaluación formativa. No obstante, la literatura también advierte que estos procesos pueden estar condicionados por variables personales y contextuales, entre ellas el sexo/género. Estudios previos han evidenciado que hombres y mujeres pueden diferir en aspectos como la autoconfianza, la percepción de competencia, la implicación en actividades de evaluación entre pares o la severidad al emitir juicios evaluativos. Estas diferencias podrían tener un impacto directo en la autoevaluación, en la calidad de la retroalimentación entre compañeros y en la percepción de justicia evaluativa.

La educación superior ha experimentado una progresiva feminización en las últimas décadas, pero este fenómeno no garantiza la ausencia de brechas de género en los procesos evaluativos. Diferencias en estilos atribucionales, expectativas académicas, autoeficacia o socialización previa podrían influir en cómo hombres y mujeres afrontan la responsabilidad evaluadora. Por ello, resulta relevante examinar si ambos colectivos participan y valoran del mismo modo la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación, especialmente cuando estas prácticas requieren asumir un rol activo y crítico. Comprender estas diferencias

es esencial para asegurar procesos evaluativos más equitativos y para diseñar estrategias que favorezcan la participación plena de todo el estudiantado.

En este contexto, el presente capítulo analiza la implantación de un sistema de evaluación triádica en estudiantes universitarios, explorando específicamente las diferencias según el sexo en la participación, percepción y valoración de este modelo. El interés radica no solo en describir el funcionamiento del sistema, sino también en aportar evidencia que contribuya a mejorar la implementación de prácticas evaluativas innovadoras desde una perspectiva inclusiva y basada en la equidad. Así pues, es crucial analizar si existen diferencias en la percepción evaluativa en función del sexo del alumnado, un factor poco explorado pero relevante para adaptar las estrategias pedagógicas y garantizar la equidad en el aula.

2. METODOLOGÍA

2.1 Diseño del estudio

Se desarrolló un estudio descriptivo y transversal orientado a analizar la implementación de un sistema de evaluación triádica —autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación— en estudiantes universitarios, así como a explorar las posibles diferencias según el sexo en la participación, percepción y valoración del proceso evaluativo. El enfoque metodológico se alineó con los principios de la evaluación formativa y orientada al aprendizaje, incorporando elementos como el uso de rúbricas, retroalimentación cualitativa y actividades de reflexión metacognitiva.

2.2 Participantes

Se llevó a cabo un estudio cuantitativo y comparativo con una muestra de 123 estudiantes universitarios del Grado de Educación Primaria (Educación Física). Se analizaron un total de 6560 evaluaciones, distribuidas en 691 autoevaluaciones, 5615 coevaluaciones y 254 heteroevaluaciones. La participación fue voluntaria y se incluyeron únicamente aquellos estudiantes que completaron todas las fases del proceso evaluativo. Se registró el sexo declarado (hombre/mujer) con el fin de analizar diferencias en las diversas dimensiones del sistema de evaluación triádica. Se garantizó el anonimato del alumnado mediante la codificación de los datos y el tratamiento estrictamente agregativo de la información, conforme a la normativa vigente en protección de datos y a los criterios éticos institucionales.

2.3 Sistema de evaluación triádica

El sistema aplicado se estructuró en tres componentes:

Autoevaluación: Los estudiantes valoraron su propio desempeño utilizando una rúbrica previamente explicada en clase. Este proceso exigió justificar la valoración emitida y reflexionar sobre los puntos fuertes y aspectos a mejorar del trabajo realizado. La autoevaluación se realizó al finalizar cada actividad evaluable.

Coevaluación: Se establecieron parejas o pequeños grupos (según actividad) para que los estudiantes valoraran el trabajo de sus compañeros utilizando la misma rúbrica. Además de la puntuación, se solicitó retroalimentación cualitativa enfocada en aspectos concretos de mejora. Este proceso permitió analizar las dinámicas de evaluación entre iguales y examinar si existían diferencias asociadas al sexo en la severidad, indulgencia o profundidad de los comentarios.

Heteroevaluación: El profesorado aplicó la rúbrica para evaluar las tareas, proporcionando retroalimentación individualizada. La heteroevaluación sirvió como referencia para valorar la coherencia entre las evaluaciones emitidas por los estudiantes y la emitida por el docente.

2.4 Instrumentos

En este estudio se empleó la herramienta validada por Sánchez-Oliver y colaboradores (2025), creada específicamente para valorar presentaciones de carácter teórico-práctico dentro del marco del Espacio

Europeo de Educación Superior (EEES). Además, seguimos la metodología propuesta por estos autores, basada en una rúbrica con criterios de evaluación muy claros, distintos niveles de logro y un enfoque mixto —cualitativo y cuantitativo— que permite utilizarla tanto para la evaluación formativa como para la obtención de calificaciones.

La rúbrica se desarrolló contando con la participación activa del profesorado y del alumnado, incorporando las tres perspectivas evaluativas: autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación. Su diseño partió de una definición precisa de los objetivos y contenidos de las tareas académicas, lo que permitió identificar indicadores concretos con los que valorar la calidad del trabajo del estudiantado. A partir de ellos, se establecieron niveles de logro progresivos que reflejan diferentes grados de desempeño.

La herramienta incluía 10 ítems destinados a valorar los aspectos esenciales de las presentaciones prácticas: la calidad del contenido, la claridad en la exposición, el uso del lenguaje oral y no verbal, la organización de los grupos, el tiempo de compromiso motor, la selección y organización del material, las tareas y actividades propuestas, la distribución del tiempo, las instrucciones y el control de la clase, así como el trabajo en equipo. Para cada aspecto se definieron cuatro niveles de logro —excelente (4), satisfactorio (3), mejorable (2) e insuficiente (1)— acompañados de descripciones precisas que ayudaban a identificar las conductas y producciones asociadas a cada nivel.

Aunque la herramienta podía emplearse para calificar, su diseño buscó, ante todo, facilitar un proceso de evaluación formativa. Por ello, las valoraciones cualitativas se transformaban en puntuaciones numéricas únicamente al final. La rúbrica completa, con todas las descripciones detalladas, puede consultarse en los materiales complementarios.

2.5 Procedimiento

El proceso se desarrolló durante un cuatrimestre académico y se estructuró en dos fases. Primero, se dedicaron varias sesiones a explicar la finalidad de la evaluación triádica, el funcionamiento de la rúbrica y el tipo de retroalimentación esperada. Se realizaron ejemplos prácticos para asegurar la comprensión de los criterios.

Después, se aplicó el sistema evaluativo. En cada actividad evaluable, los estudiantes llevaron a cabo la autoevaluación y la coevaluación, mientras que el profesorado realizó la heteroevaluación siguiendo el calendario docente establecido.

2.6 Tratamiento de los datos

Las puntuaciones de autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación fueron registradas y comparadas. Se analizaron las diferencias entre sexos en las puntuaciones de los diferentes ítems. Para comparar las puntuaciones entre grupos, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

2.7 Consideraciones éticas

El estudio se llevó a cabo conforme a los principios de la Declaración de Helsinki y a las directrices éticas universitarias. Se obtuvo consentimiento informado del alumnado, la participación fue voluntaria y los datos se trataron de manera completamente anónima. No existió ningún tipo de repercusión académica derivada de la decisión de participar o no en la investigación.

3. RESULTADOS

Tabla 1. Resultados de la autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación por sexo

Modalidad	Nivel Académico	Media	Desviación Típica	Significancia (p)
Autoevaluación	Hombres	3.15	0.58	< 0.05
Autoevaluación	Mujeres	2.98	0.55	
Coevaluación	Hombres	3.05	0.59	> 0.05
Coevaluación	Mujeres	3.00	0.60	
Heteroevaluación	Hombres	3.09	0.56	> 0.05
Heteroevaluación	Mujeres	3.02	0.55	

Se encontraron diferencias significativas en las puntuaciones de autoevaluación entre hombres y mujeres. Los estudiantes varones tendieron a otorgar puntuaciones más altas en la autoevaluación en varios criterios, mostrando un sesgo optimista. Por el contrario, las estudiantes mujeres presentaron una percepción más crítica de su propio desempeño, con valoraciones más cercanas a las obtenidas en la heteroevaluación. No se detectaron diferencias significativas en las valoraciones de coevaluación y heteroevaluación.

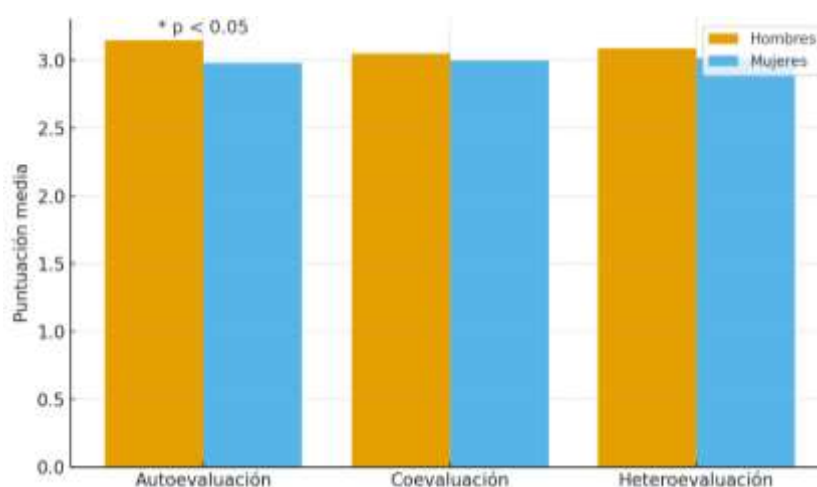


Figura 1. Comparación de puntuaciones por sexo y modalidad evaluativa.

4. DISCUSIÓN

El análisis realizado pone de manifiesto diferencias significativas entre hombres y mujeres en la modalidad de autoevaluación, mientras que en la coevaluación y la heteroevaluación las puntuaciones se mantuvieron estables y sin variaciones relevantes. En concreto, los estudiantes varones presentaron puntuaciones medias más elevadas en la autoevaluación ($M = 3.15$; $DT = 0.58$) frente a las mujeres ($M = 2.98$; $DT = 0.55$), diferencia que resultó estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Este hallazgo sugiere que los hombres tienden a percibir su propio rendimiento de manera más optimista, lo que podría interpretarse como un sesgo indulgente o una mayor autoeficacia percibida. Por el contrario, las mujeres

mostraron valoraciones más ajustadas y prudentes, en consonancia con las calificaciones otorgadas por el profesorado, lo que apunta a un enfoque más crítico y autoconciente del desempeño académico.

Este patrón coincide con la evidencia previa que indica que la percepción del rendimiento propio puede estar mediada por factores sociocognitivos asociados al género. Investigaciones anteriores han documentado que los hombres tienden a sobreestimar su competencia en contextos evaluativos, especialmente cuando la valoración subjetiva adquiere un papel central, mientras que las mujeres adoptan estrategias más conservadoras, posiblemente vinculadas a estilos atribucionales prudentes, mayor metacognición o incluso presiones sociales relacionadas con el logro académico.

Por otro lado, las diferencias observadas en la autoevaluación desaparecen por completo en las modalidades de coevaluación y heteroevaluación. En ambas, las puntuaciones fueron prácticamente idénticas entre sexos: los hombres obtuvieron medias de 3.05 en coevaluación y 3.09 en heteroevaluación, frente a 3.00 y 3.02 en el caso de las mujeres ($p > 0.05$). Este resultado sugiere que, cuando se evalúa el trabajo de otros o cuando interviene el profesorado, no se manifiestan sesgos asociados al género, lo que refuerza la idea de que la autoevaluación constituye el componente más sensible a factores internos vinculados a la autopercepción, mientras que las otras modalidades se mantienen más objetivas y consistentes.

Las implicaciones educativas derivadas de estos hallazgos son relevantes. En primer lugar, se evidencia la necesidad de fortalecer la competencia de autoevaluación en el alumnado, dado que esta práctica no solo contribuye al desarrollo de la autonomía y la autorregulación, sino que también puede mitigar sesgos que afectan la percepción del propio rendimiento. Estrategias como el uso sistemático de rúbricas, la discusión colectiva sobre criterios de calidad y la retroalimentación orientada se presentan como herramientas eficaces para promover juicios más equilibrados y basados en evidencias, evitando tanto la sobreestimación como la autocrítica excesiva.

En segundo lugar, la ausencia de diferencias en la coevaluación y la heteroevaluación valida la robustez del sistema de evaluación triádica y su potencial para garantizar procesos más equitativos. La participación activa del alumnado en la valoración del trabajo ajeno constituye un indicador de madurez académica y de comprensión compartida de los estándares de calidad, lo que refuerza la pertinencia de incorporar estas modalidades en entornos universitarios. Finalmente, estos resultados invitan a reflexionar sobre la necesidad de formación específica para reducir sesgos en la autoevaluación, fomentando prácticas que favorezcan la objetividad y la equidad en la evaluación del aprendizaje.

5. CONCLUSIÓN

Los resultados de este capítulo permiten comprender con mayor profundidad cómo los estudiantes universitarios participan en procesos de evaluación triádica y, sobre todo, cómo su sexo puede matizar la forma en que perciben, desarrollan y utilizan estas prácticas. Aunque las diferencias identificadas no son drásticas, sí muestran matices que conviene tener en cuenta para avanzar hacia modelos de evaluación más equitativos y sensibles a la diversidad del alumnado.

En general, tanto hombres como mujeres valoran positivamente la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación, aunque las estudiantes suelen mostrar una implicación algo mayor, especialmente en aspectos relacionados con la comunicación, la metacognición y el compromiso con tareas de retroalimentación. Los hombres, por su parte, tienden a puntuar ligeramente más alto en aspectos ligados a la autopercepción de competencia, posiblemente debido a factores socioculturales que tradicionalmente han influido en la construcción de la autoconfianza académica.

Estas diferencias no deben interpretarse como limitaciones, sino como oportunidades para ajustar los procesos de evaluación formativa. La evaluación triádica se muestra como una herramienta útil para fomentar la responsabilidad compartida en el aprendizaje y promover un diálogo evaluativo que beneficie a todos los perfiles de estudiantes. No obstante, estos hallazgos también invitan a reflexionar sobre la necesidad de profundizar en cómo se introducen estas prácticas en el contexto universitario, ya que su

efectividad depende en gran medida de la claridad de las tareas, del acompañamiento docente y del clima de confianza construido en el aula.

En definitiva, los resultados apoyan la idea de que la evaluación triádica puede contribuir a un aprendizaje más consciente, autónomo y participativo, siempre que se adapte a las características del estudiantado y se enmarque dentro de una cultura evaluativa coherente y formativa. Tomar en consideración las pequeñas diferencias observadas según el sexo no solo ayuda a comprender mejor las dinámicas evaluativas, sino que permite avanzar hacia prácticas más inclusivas y ajustadas a las necesidades reales del alumnado universitario.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Barrientos Hernán, E. J., & López-Pastor, V. M. (2015). La evaluación formativa en educación superior: una revisión internacional. *Revista arbitrada del CIEG*, (21), 272–284.
- Esquivel Rivero, Y., Rivero Rodríguez, E. M., & Sánchez Armijos, T. M. (2025). Evaluación formativa en la educación superior: Prácticas innovadoras para la formación docente. *Revista Científica de Salud y Desarrollo Humano*, 6(1), 648–662. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i1.501>
- Garcimartín, C. F., Nieto, T. F., Molina, M., & Pastor, V. M. L. (2022). La participación del alumnado en la evaluación formativa en formación del profesorado. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 15(1), 61-80.
- González-Gutiérrez, I., López-García, S., Barcala-Furelos, M., Mecías-Calvo, M., & Navarro-Patón, R. (2024). ¿Existen diferencias en la percepción del alumnado sobre la evaluación recibida en las clases de educación física? Un estudio en función del género y etapa educativa. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 59, 632–641. <https://doi.org/10.47197/retos.v59.108260>
- López Pastor, V. M., González Pascual, M., & Barba Martín, J. J. (2005). La participación del alumnado en la evaluación: la autoevaluación, la coevaluación y la evaluación compartida. *Tándem: Didáctica de la Educación Física*, 17, 21-37.
- López-Pastor, V., & Sicilia-Camacho, A. (2017). Formative and shared assessment in higher education. Lessons learned and challenges for the future. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 42(1), 77-97.
- Martín, R. B., & Alcalá, D. H. (2022). Si la Evaluación es Aprendizaje, he de Formar parte de la misma. Razones que Justifican la Implicación del Alumnado. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 15(1), 9-22.
- Mendoza, S. T. B., Cedeño, J. A. M., Espinales, A. N. V., & Gámez, M. R. (2021). Autoevaluación, Coevaluación y Heteroevaluación como enfoque innovador en la práctica pedagógica y su efecto en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(3), 828-845.
- Olague, M. Z., Cañadas, L., & Manso, J. (2025). Percepción del profesorado de educación básica sobre la participación de los diferentes agentes (profesorado y alumnado) en los procesos de evaluación. *Revista Fuentes*, 27(3), 289-300.
- Panadero, E., Brown, G. T., & Strijbos, J. W. (2016). The future of student self-assessment: A review of known unknowns and potential directions. *Educational Psychology Review*, 28, 803-830.
- Panadero, E., Tapia, J. A., & Huertas, J. A. (2013). Autoevaluación: Connotaciones teóricas y prácticas. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 11(2), 551–576.
- Pérez-Pueyo, A., Hortigüela-Alcalá, D., Gutiérrez-García, C., & López-Pastor, V. (2021). Evaluación formativa y compartida. In *Los modelos pedagógicos en educación física: qué, cómo, por qué y para qué*. Universidad de León.

- Romero, M. R., Castejón, F. J., López, V. M., & Fraile, A. (2017). Evaluación formativa, competencias comunicativas y TIC en la formación del profesorado= Formative Assessment, Communication Skills and ICT in Initial Teacher Training. *Comunicar: Revista Científica Iberoamericana de Comunicación y Educación= Scientific Journal of Media Education*: 52, 3, 2017, 73-82.
- Romero-Martín, M. R., Castejón-Oliva, F. J., López-Pastor, V. M., & Fraile-Aranda, A. (2017). Evaluación formativa, competencias comunicativas y TIC en la formación del profesorado. *Comunicar*, 25(52), 73–82. <https://doi.org/10.3916/C52-2017-07>
- Salom, M. A. C., & Tena, B. A. (2022). Complicidad entre Autoevaluación y Aprendizaje. Matices para su Implantación en la Universidad. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 15(1), 23-42.
- Sánchez Mesa, S. J. (2004). La heteroevaluación, coevaluación y autoevaluación como dinamizadores del proceso enseñanza-aprendizaje [Tesis de especialización, Universidad Industrial de Santander].
- Sánchez-Oliver, A. J., Carnero-Díaz, Á., Muñoz-Llerena, A., & Bianchi, P. (2025). Proyecto de innovación docente para la implementación de la evaluación formativa en la universidad. En *Acciones educativas innovadoras en el ámbito universitario* (pp. 85-103). Dykinson.
- Sánchez-Oliver, A.J, Rodríguez Rojas, F. J., Fera-Madueño, A., Muñoz-López, A., Carnero Díaz, Á., Muñoz-Llerena, A., ... & Angosto, S. (2025). Validación de una herramienta para evaluar las presentaciones teórico-prácticas en la Educación Superior. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, (67).
- Zubillaga-Olagüe, M., & Cañadas, L. (2022). Agentes participantes en los procesos de evaluación y calificación en Educación Física. *Contextos Educativos*, 30, 83–98. <https://doi.org/10.18172/con.5371>

FUNDAMENTACIÓN Y DISEÑO DE 4 PROTOCOLOS DE ACTIVACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO EN 200 m ESTILO LIBRE EN NATACIÓN

Germán Monterrubio Fernández

Profesor

Universidad CEU Fernando III

ORCID: [0000-0003-2354-5495](https://orcid.org/0000-0003-2354-5495)

Resumen:

El presente trabajo presenta el diseño de cuatro protocolos de activación precompetitiva para optimizar el rendimiento en pruebas de 200 m estilo libre en natación. Basados en metodologías de potenciación post-activación (PAPE), Ultra-Short Race-Pace Training (USRPT) y entrenamiento muscular inspiratorio (IMT), los protocolos integran ejercicios neuromusculares, técnicos y respiratorios secuenciados en periodos de 20 minutos. La propuesta se fundamenta en una revisión de la literatura actual y en un estudio piloto que valida su estructura organizativa y temporal. Se plantea como una herramienta práctica para entrenadores y nadadores, con potencial para mejorar el rendimiento competitivo y futuras aplicaciones en el deporte de base y en el alto nivel.

1. INTRODUCCIÓN

La optimización del rendimiento en 200 m libre depende de una activación precompetitiva capaz de integrar de forma coherente los sistemas neuromuscular, cardiorrespiratorio y técnico. En pruebas de duración intermedia, pequeñas ganancias en gestos acíclicos como las salidas, velocidad de los primeros metros, virajes y en la eficiencia técnica pueden traducirse en diferencias significativas en el resultado final. La evidencia sugiere que los calentamientos en seco orientados al gesto competitivo, combinados con secuencias en agua a ritmo de prueba, producen mejoras en la capacidad de generar fuerza y en la eficiencia mecánica, especialmente cuando se respeta la temporalización del estímulo y su especificidad biomecánica (Balilionis et al., 2012; Cuenca-Fernández et al., 2022). Paralelamente, la activación de la musculatura inspiratoria (IMT) emerge como un recurso práctico: los indicadores derivados de dispositivos electrónicos (p. ej., PIF y S-Index) permiten caracterizar la función inspiratoria y dosificar cargas relativas a la MIP, integrando el sistema respiratorio como fuente y representación de carga (Caruso et al., 2015; Lee et al., 2016; Feria et al.).

Este capítulo presenta el diseño y fundamentación de cuatro protocolos de activación que combinan PAPE, USRPT e IMT en una secuencia de 20 minutos, con variaciones en el estímulo inspiratorio (sin IMT; 0 %, 50 % y 80 % MIP), y propone un marco de aplicación inmediata previo a la competición, con recogida sistemática de métricas ventilatorias y cinemáticas para facilitar la individualización posterior.

2. OBJETIVOS

El propósito de la revisión desemboca en el estudio preliminar, que tiene carácter de intervención, para el que se marcan las siguientes líneas de objetivos:

2.1. Objetivo general

Evaluar el impacto agudo de una secuencia estandarizada de 20 minutos de activación (seco + agua + IMT) sobre el rendimiento en 200 m libre, comparando cuatro protocolos que varían la carga inspiratoria (sin IMT; 0 %, 50 %, 80 % MIP).

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1. *Determinar la eficacia relativa de los componentes PAPE (multiarticular afin al gesto), USRPT (series cortas al ritmo de prueba con recuperación controlada) e IMT (dosis breve y precisa) sobre variables críticas del rendimiento (tiempo total y parciales, SL, SR, SWOLF, RI).*
- 2.2.2. *Caracterizar las respuestas ventilatorias (PIF, S-Index) y su relación con la dosificación inspiratoria (MIP-relativa) para entender la contribución del componente respiratorio a la activación aguda.*
- 2.2.3. *Proponer una estrategia mixta viable (próxima a la individualización) que pueda adaptarse a la realidad operativa de clubes y equipos, incorporando monitorización sencilla (HR, RPE, compromiso 1–3) y criterios para ajustar el orden y la intensidad de estímulos.*
- 2.2.4. *Establecer recomendaciones de implementación en entorno competitivo, incluyendo la gestión del tiempo en cámara de salida y compatibilidad con rutinas del nadador.*

3. METODOLOGÍA

Se realizó una exploración elemental de la literatura científica para fundamentar cada protocolo, seleccionando estudios sobre activación neuromuscular mediante PAPE, entrenamiento respiratorio (inspiratorio) con dispositivos mecánicos y electrónicos, y entrenamiento técnico y de ritmo de prueba basado en USRPT. A partir de esta revisión, se diseñaron cuatro protocolos estructurados temporalmente, adaptados a jóvenes nadadores de rendimiento nacional y regional, con más de 5 años de experiencia competitiva, y se sintetizó la propuesta en una ruta de intervención que detalla secuencias, duraciones y objetivos.

3.1. Diseño y participantes

Este estudio preliminar contó con 24 nadadores de nivel regional/nacional (9 hombres, 15 mujeres; edad media 16,9 años), familiarizados con las metodologías PAPE, USRPT e IMT. El enfoque se centra en analizar el efecto agudo de cuatro protocolos fijos, idénticos en seco y agua, que solo difieren en la carga inspiratoria final (sin IMT; 0 %, 50 %, 80 % de la MIP). Se organizó secuencialmente para ejecutarlo todo en 20 minutos, que es un tiempo operativo muy realista con los eventos competitivos.

3.2. Variables y herramientas.

3.2.1. Ventilatorias: PIF ($L \cdot s^{-1}$) y S-Index ($cm H_2O$), obtenidas mediante POWERbreathe K5, procesados con el software Breathelink 2.1, que ofrecen información sobre fuerza-velocidad de la musculatura inspiratoria y un valor predictivo/derivado de la MIP (Caruso et al., 2015; Lee et al., 2016, Feria et al., 2024).

3.2.2. Cinemáticas y rendimiento: SL (longitud de ciclo), SR (frecuencia de ciclo), SWOLF (eficiencia a través de la suma brazadas + tiempo), RI (índice de ciclo), tiempos totales y parciales de 200 m, con especial atención a la salida y los virajes por su influencia en el perfil estructural de la prueba (Balilionis et al., 2012).

3.2.3. Esfuerzo: HR (frecuencia cardíaca), RPE (esfuerzo percibido) (1–10) y compromiso (1–3) como lecturas rápidas de carga interna.

3.3. Protocolo para 20 minutos

Activación en seco ($\approx 5'$): liberación miofascial y PAPE con 3 ejercicios multiarticulares afines al gesto de nado (esquema $3 \times (2 \times 5/10''$) para elevar excitabilidad neuromuscular con temporalización óptima (Cuenca-Fernández et al., 2022).

Activación en agua (8–10'): adaptación del USRPT $6-8 \times 50/20''$ a ritmo de prueba, trabajando un foco técnico global (viraje) y un foco técnico específico (25–50 m), controlando la recuperación para preservar la especificidad y limitar la fatiga acumulada (Cuenca-Fernández et al., 2022; Nugent et al., 2019; Silva et al., 2024).

Activación inspiratoria ($\approx 1'$): 10 inspiraciones con la variante asignada (sin IMT / 0 % / 50 % / 80 % MIP), registrando PIF/S-Index para su retroalimentación.

El análisis previsto para este estudio preliminar consiste en la comparación entre protocolos de tiempos totales y parciales, así como las métricas técnico-ventilatorias; la relación entre el PIF/S-Index y los parámetros de rendimiento; y la monitorización y comunicación de los parámetros HR, RPE y compromiso como moderadores de la respuesta aguda.

4. RESULTADOS

El estudio preliminar y la revisión condujeron a un diseño parametrizado de cuatro protocolos con temporalización estable y compatibilidad operativa en un entorno competitivo. Se establecieron secuencias claras (seco, agua, IMT) y puntos de control (salida, virajes, parciales) para capturar la respuesta técnica y temporal. La integración de los parámetros PIF/S Index permite objetivar la respuesta inspiratoria y vincularla con el estado de activación central (Feria et. Al., 2024), ofreciendo una métrica complementaria a la cinemática (SL/SR/SWOLF/RI). En la fase de aplicación, se espera que los protocolos con IMT 50–80 % MIP muestren mejoras en indicadores de salida y en el mantenimiento del ritmo (teórico), dadas las asociaciones descritas entre fuerza-velocidad inspiratoria y tolerancia al esfuerzo (Caruso et al., 2015; Lee et al., 2016). Asimismo, la inclusión de PAPE y USRPT brinda un marco sinérgico: el primero eleva el potencial de fuerza y el segundo afina la

economía técnica a ritmo competitivo (Balillionis et al., 2012; Cuenca Fernández et al., 2022). Estos resultados constituyen la base para un ensayo ampliado en nadadores de rendimiento, con recogida estandarizada de señales ventilatorias y cinemáticas.

5. FUNDAMENTACIÓN PRÁCTICA Y APLICACIONES

5.1. Razonamiento operativo.

Momentos previos a la prueba y en la cámara de salida, mientras se espera el turno de competición, el tiempo es limitado; por ello, una secuencia de 20 min con orden fijo (PAPE → USRPT → IMT) facilita el cumplimiento y la transferencia del estímulo. El PAPE multiarticular afín al gesto de nado prepara el sistema neuromuscular para salidas y primeros metros (Balillionis et al., 2012; Cuenca-Fernández et al., 2022). El bloque USRPT a ritmo de prueba consolida la técnica y economía de nado, con una recuperación corta que no compromete la frescura competitiva (Cuenca-Fernández et al., 2022; Silva et al., 2024). El IMT breve dosificado por MIP añade un estímulo volitivo y específico de la bomba inspiratoria; su monitorización con PIF/S-Index aporta un indicador de carga replicable y sencillo (Caruso et al., 2015; Lee et al., 2016).

5.2. Aplicación secuencial (sugerencia)

5.2.1. 5' PAPE: 3 ejercicios multiarticulares (tirón, empuje, core afín) 3×(2×5/10”).

5.2.2. 8–10' USRPT: 6–8×50/20” al ritmo objetivo, alternando énfasis en viraje y distribución de esfuerzo (25–50 m).

5.2.3. 1' IMT: 10 inspiraciones a 0/50/80 % de MIP según protocolo; registrar PIF/S-Index

Idealmente, y si el entorno lo facilita, se deberán recoger diferentes parámetros en competición, como los tiempos parciales, HR, RPE; SL/SR/SWOLF/RI, además de una análisis cualitativo de la técnica. La relativa simplicidad y la operatividad de este protocolo permiten el uso de datos para la individualización del nadador. Si el nadador presenta RPE alto y PIF bajo tras el IMT, se debería considerar reducir la carga inspiratoria o aumentar la recuperación. Si el SL cae y el SWOLF empeora, modular el bloque USRPT (número de repeticiones, pausa) para preservar técnica. Con un S-Index en mejora y parciales más estables, mantener la dosis inspiratoria y reforzar el trabajo de viraje. Aunque la investigación preliminar se hizo con la distancia de 200 m libre, es necesario consolidar el estudio con posibles transferencias a otras pruebas. La estructura puede adaptarse a 100 m (USRPT más corto, mayor énfasis en salida) o 400 m (volumen ligeramente mayor, gestión de pacing), conservando la lógica PAPE → USRPT → IMT.

6. CONCLUSIONES

La combinación PAPE + USRPT + IMT, articulada en una secuencia de 20 min con la monitorización ventilatoria (PIF, S-Index) y unas lecturas simples de carga interna (HR, RPE, compromiso), se perfila como una estrategia innovadora, viable y transferible para la activación precompetitiva en 200 m libre. Su fortaleza radica en: (a) la especificidad biomecánica y temporal del PAPE; (b) el entrenamiento a ritmo de prueba del USRPT con baja fatiga acumulada; y (c) la

dosificación precisa de la carga inspiratoria mediante MIP-relativa y métricas objetivas (Balillionis et al., 2012; Cuenca-Fernández et al., 2022; Caruso et al., 2015; Lee et al., 2016, Feria et. Al., 2024). Para su adopción en entornos de club/equipo se recomienda: (1) estandarizar la recogida de datos (tiempos, cinemática, carga interna); (2) definir criterios de ajuste por respuesta individual; y (3) realizar ensayos controlados que confirmen el beneficio agudo y exploren efectos crónicos (Silva et al., 2024). En síntesis, el modelo ofrece una herramienta práctica basada en evidencia, alineada con exigencias de la competición y factores de tiempo, con potencial real para mejorar el rendimiento en nadadores de pruebas cortas y medias.

7. REFERENCIAS

- Balillionis, G., Nepocaty, S., Ellis, C. M., Richardson, M. T., Neggers, Y. H., & Bishop, P. A. (2012). Effects of different types of warm-up on swimming performance, reaction time, and dive distance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3297–3303. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318248ad40>
- Caruso, P., Albuquerque, A. L., Santana, P. V., Cardenas, L. Z., Ferreira, J. G., Prina, E., Trevizan, P. F., Pereira, M. C., Iamonti, V., Pletsch, R., Macchione, M. C., & Carvalho, C. R. (2015). Diagnostic methods to assess inspiratory and expiratory muscle strength. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 41(2), 110–123. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132015000004474>
- Cuenca-Fernández, F., Boullosa, D., López-Belmonte, Ó., Gay, A., Ruiz-Navarro, J. J., & Arellano, R. (2022). Swimming warm-up and beyond: Dryland protocols and their related mechanisms— A scoping review. *Sports Medicine – Open*, 8(1), 120. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00514-y>
- Feria-Madueño, A., Batalha, N., Monterrubio-Fernández, G., & Parraca, J. A. (2024). Exploring indicators for training load control in young swimmers: The role of inspiratory spirometry outcomes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 9(1), 53. <https://doi.org/10.3390/jfmk9010053>
- Lee, K. B., Kim, M. K., Jeong, J. R., & Lee, W. H. (2016). Reliability of an electronic inspiratory loading device for assessing pulmonary function in post-stroke patients. *Medical Science Monitor*, 22, 191–196. <https://doi.org/10.12659/MSM.895573>
- Liu, S., Gou, P., & Lin, M. (2025). The effect of respiratory muscle training on swimming performance: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 16, 1638739. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1638739>
- Nugent, F., Comyns, T., Kearney, P., & Warrington, G. (2019). Ultra-Short Race-Pace Training (USRPT) In Swimming: Current Perspectives. *Open access journal of sports medicine*, 10, 133–144. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S180598>
- Silva, E. F., Miarka, B., Queiroz, A. C. C., Córdova, C. O., Aedo-Muñoz, E., Sorbazo Soto, D. A., & Brito, C. J. (2024). Combined warm-up exerts an ergogenic effect on the speed of sprint swimmers: A systematic review with meta-analysis. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 54, 362–371. <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/9358223>

IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS EN EL DESARROLLO MOTOR Y LA CONSTRUCCIÓN DEL ESQUEMA CORPORAL EN EDUCACIÓN INFANTIL

Gomis-Gomis, M. J.¹, Elvira-Aranda, C.², Pérez-Turpin, J. A.³

Universidad de Alicante

ORCID: ¹[0000-0001-8941-9323](https://orcid.org/0000-0001-8941-9323)

²[0000-0002-4689-7277](https://orcid.org/0000-0002-4689-7277)

³[0000-0002-3585-3340](https://orcid.org/0000-0002-3585-3340)

Resumen:

El predominio de los comportamientos sedentarios en los niños y niñas en la sociedad actual, acrecentado por el elevado tiempo de exposición pasiva ante los dispositivos digitales, plantea la necesidad de impulsar la actividad física en los más pequeños/as con herramientas motivadoras y adaptadas a su momento histórico, evitando los efectos perjudiciales que la inactividad puede causar en términos de salud y calidad de vida. Ante este contexto, resulta relevante analizar las posibilidades de promoción de la actividad física de cero a seis años a través de las tecnologías emergentes que favorezcan el desarrollo motor infantil y la adquisición del esquema corporal, resaltando la importancia del desarrollo motor y de la adquisición del esquema corporal, los factores que influyen en la práctica motriz infantil y las modalidades de intervenciones de actividad física en la infancia. Se considera la idoneidad de usar los dispositivos digitales para promover la actividad física en los niños y niñas de 0 a 6 años, siempre que potencien acciones activas y el movimiento, pudiendo favorecer el desarrollo motor y con efectos positivos en la adquisición del esquema corporal. Las nuevas tecnologías, por su parte, se pueden usar como instrumentos de medición, de evaluación motriz y como escenarios para la práctica de actividad física en los más pequeños, con una mención específica a la robótica.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo motor se ve potenciado gracias a la realización de actividad física (Bai et al., 2024), así como el esquema corporal (Sánchez, 2005; cit. in Castelo & Maquiera, 2015), pero la sociedad actual se caracteriza por un fuerte predominio del sedentarismo que, además, contribuye al desarrollo de enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes tipo 2, accidentes cerebrovasculares y obesidad (Gao & Lee, 2019). En concreto, el inicio de la obesidad se suele situar en la infancia y la adolescencia, provocando gran variedad de consecuencias en la salud a lo largo de la vida; se encuentra relacionada directamente con el nivel de actividad física practicado (García et al., 2010; citado en Bucco & Zubiaur, 2013) y da lugar a una menor capacidad de ejecución en las actividades motoras, en concreto, en variables como el equilibrio, la organización espacial y temporal, así como en el esquema corporal (Bucco & Zubiaur, 2013). Además, en los primeros años de vida, los hábitos de alimentación y de práctica de actividad física por parte de los progenitores tiene una gran influencia en el peso de sus hijos/as y, por tanto, en el desarrollo de la obesidad (Ontai et al., 2020). También puede repercutir en la cantidad de actividad física realizada por los niños/as el nivel educativo de los progenitores, el tiempo de uso de pantalla y los dispositivos electrónicos presentes en el hogar (Alotaibi et al., 2020).

En este escenario, los avances tecnológicos, en su versión negativa, propician la inactividad física de la mano de videojuegos sedentarios y demás dispositivos digitales que se encuentran al alcance de los más pequeños/as, sin considerar las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud ([OMS], 2019) sobre el tiempo de uso de pantalla y sobre la actividad física diaria. En cuanto al tiempo de uso de pantalla,

la OMS (2019) recomienda que los niños menores de 2 años no se expongan a éstas, a partir de esta edad se aconseja que como máximo permanezcan una hora inmovilizados frente a las pantallas; la Asociación Española de Pediatría ([AEP], 2024), considera que los niños/as no deben mostrarse ante las pantallas hasta los 6 años. En cuanto a la actividad física, la OMS (2019) indica que los niños/as menores de 1 año deben realizar actividad física en varios momentos del día y de diferentes formas, el máximo tiempo posible, con un mínimo de 30 minutos totales, distribuidos durante el día, en posición de decúbito prono cuando estén despiertos, en el caso de bebés que aún no se desplazan. Asimismo, la OMS (2019) indica que de 1 a 2 años deben permanecer como mínimo 180 minutos en movimiento cada día; entre los 3 y 4 años deben dedicar por lo menos 60 minutos de esos 180 a actividades de intensidad moderada a vigorosa. De los 5 a los 17 años, deben además incorporar actividades aeróbicas de alta intensidad, así como fortalecer músculos y huesos al menos tres días por semana (OMS, 2020).

Por otro lado, en esta sociedad actual tan tecnológica y con gran predominio del sedentarismo (Gomis et al., 2022), en una versión positiva, existen opciones digitales que pueden promover la actividad física, como son los videojuegos activos, aplicaciones móviles, redes sociales, *wereables*, realidad aumentada, GPS, realidad virtual o juegos móviles (Gao & Lee, 2019). Cabe añadir que el grado en el que se disfruta una actividad es un condicionante importante para elegir dicha actividad (Mellecker & McManus, 2008; cit. in Gomis et al., 2022) y, por tanto, se precisa utilizar las formas más idóneas para conseguir motivar a los más pequeños/as en la práctica de actividad física (Baranowski et al., 2008; cit. in Gomis et al., 2022) para impulsar su desarrollo motor y la adquisición del esquema corporal. Es por ello que a lo largo de este capítulo se pretende analizar las funciones de la tecnología en el desarrollo motor y su efecto en la adquisición del esquema corporal, analizando su influencia perjudicial, pero sobre todo su capacidad para contribuir a motivar en la práctica de actividad física infantil y la mejora motriz de los niños y niñas, ya que suelen ser herramientas del agrado de los más pequeños/as. Asimismo, el presente análisis se centra en la infancia, en concreto en el período que abarca desde el nacimiento hasta los 6 años de vida, dado que constituye una etapa crítica en el desarrollo motor y la adquisición de las habilidades motoras con repercusión en los siguientes años de vida (Bucco & Zubiatur, 2013; Xin et al., 2020); además, resulta primordial fomentar la práctica de actividad física desde la infancia, dado que practicarla desde pequeños/as contribuye a generar hábitos saludables de ejercicio y salud durante el resto de la vida (Lubans et al., 2010; Bruijns et al., 2020).

2. CONCEPTUALIZACIÓN DEL DESARROLLO MOTOR Y LA ADQUISICIÓN DEL ESQUEMA CORPORAL

El esquema corporal contribuye a la planificación y realización de las acciones motrices, constituyendo una representación sensoriomotora del propio cuerpo (D'Angelo et al., 2018), de su tamaño, de su posición y de sus segmentos (Vallar, 2025), a través de la interacción y acción con el entorno, así como del aprendizaje (Assaiante et al., 2014). La adquisición del esquema corporal en los niños y niñas resulta crucial para poder llevar a cabo un desarrollo motor adecuado (Ahn, 2022). El desarrollo motor abarca los períodos fetal y neonatal, la infancia y la niñez, así como la adolescencia, afectado por factores del propio individuo y del contexto (Cioni & Sgandurra, 2013), constituyendo un soporte imprescindible para que las personas se desarrollen globalmente (Le Boulch, 1976; citado en Gil et al., 2013) y una herramienta primordial para potenciar el pensamiento (Da Fonseca, 2006; cit. in Gil et al., 2013).

El desarrollo motor está influido por factores biológicos, psicológicos y ambientales, como indican Gil et al. (2013); es decir, es un proceso en el que podemos intervenir para favorecer su evolución. El esquema corporal representa el conocimiento del propio cuerpo y de sus partes. Según Matsumiya et al. (2022), una inadecuada adquisición del esquema corporal conlleva déficits a nivel motor.

La etapa de la Educación Infantil que abarca desde el nacimiento hasta los 6 años de edad constituye una fase primordial para el desarrollo motor y para comenzar la construcción del esquema corporal, con repercusiones a lo largo de la vida. El esquema corporal constituye una base primordial para el desarrollo motor, ambos influyen en otros ámbitos del desarrollo, como el cognitivo o el social (Teixeira et al., 2015; Stegariu et al., 2022).

Webster et al. (2020), recalcan el papel de las intervenciones de actividad física para conseguir un adecuado desarrollo motor y la adquisición del esquema corporal, puesto que no puede conseguirse simplemente como consecuencia del normal desarrollo de cada niño o niña, como aprecia Fernández et al. (2023). Por tanto, resulta esencial la práctica de actividad física para el desarrollo motor y la adquisición del esquema corporal (Bucco & Zubiaur, 2013).

3. FACTORES RELACIONADOS CON LA PRÁCTICA DE ACTIVIDAD FÍSICA INFANTIL

La actividad física constituye el pilar para un adecuado desarrollo motor y la etapa de la Educación Infantil resulta clave para que los niños/as adquieran hábitos saludables que perduren a lo largo de su vida; es mediante el movimiento como se puede contribuir a la evolución de las habilidades motoras fundamentales que deben estimularse desde los primeros años de vida, y, en concreto, favorecer la adquisición del esquema corporal, no tanto como resultado de actividades físicas ligeras sino sobre todo con intensidades más altas (Xin et al., 2020).

En cuanto a los factores que influyen en la práctica de actividad física por parte de los niños/as de Educación Infantil, destacan determinantes relacionados con el lugar en el que vive cada niño/a, la dotación de infraestructuras existentes en la zona para realizar actividades físico-deportivas, la consideración positiva o negativa por parte de los progenitores de dichas infraestructuras o la seguridad del vecindario, así como el grado de contaminación atmosférica (Lu et al., 2019). El hecho de que el niño/a practique alguna modalidad deportiva no asegura que cumpla con las recomendaciones oficiales de actividad física en estas edades (Rodrigues et al., 2024).

Factores relacionados con cada niño/a, como su personalidad activa, el hecho de efectuar gran número de interacciones entre sus iguales o pertenecer a grupos de edad heterogénea pueden favorecer su práctica de actividad física (Schmutz et al., 2017).

A su vez, la escuela tiene un papel protagonista a la hora de promover la actividad física infantil de sus alumnos/as, implementando proyectos y programas para tal fin, con zonas interiores grandes y adecuadas para que los niños/as se muevan con seguridad, con zonas exteriores al colegio motivadoras, con normas escolares que promuevan el movimiento y permitiendo que los docentes puedan destinar tiempo de la jornada a desarrollar intervenciones motrices; asimismo, se recomienda la colaboración familiar para favorecer aún más la actividad física infantil (Ek et al., 2019). Nuevas variables como el hecho de desplazarse de forma activa al colegio (andando, en bicicleta, etc.) se consideran desde hace pocos años como opciones para incrementar el nivel de actividad física diaria realizado por los niños/as (Sasayama, 2025).

Los parques infantiles que se utilizan durante el tiempo de recreo en la escuela o los externos al colegio deben contar con determinados recursos para fomentar la práctica de actividad física, como usar demarcaciones, la reposición de las opciones de juego, su naturaleza ecológica o su dotación específica para practicar el equilibrio, la escalada, los lanzamientos y las recepciones (Pawlowski et al., 2023; Schipperijn et al., 2024).

4. MODALIDADES DE INTERVENCIONES DE ACTIVIDAD FÍSICA EN LA INFANCIA

Las intervenciones de actividad física en niños/as de Educación Infantil pueden realizarse de forma estructurada o no estructurada. (Chen et al., 2024). Ambas modalidades aportan beneficios a nivel motor, pero la mayoría de los estudios analizados concluyen que parece ser que las intervenciones estructuradas favorecen en mayor medida las habilidades motoras fundamentales, siendo importante contar con los espacios adecuados (Tassitano et al., 2020).

El juego constituye la forma de intervención más importante en todos los ámbitos de la Educación Infantil y, en concreto, el juego activo puede aportar beneficios en las habilidades motoras y en el esquema corporal en preescolares; además de favorecer el desarrollo motor, también puede contribuir al rendimiento cognitivo (Battaglia et al., 2020).

Se destaca la utilidad de los juegos cooperativos y del juego activo guiado frente al juego libre, así como de otras opciones como las propuestas de psicomotricidad vivenciada de Aucouturier (Miraflores & Rojas, 2023; Moghaddaszadeh et al., 2021).

En concreto, el juego puede constituir el medio idóneo para la construcción del esquema corporal, aprendiendo los niños/as a conocer cada segmento de su cuerpo y a integrarlos correctamente, aunque otras formas alternativas como provocar perturbaciones en la postura también se han podido utilizar para contribuir a la adquisición del esquema corporal (Schimitz et al., 2002; cit. in Gauduel et al., 2024). De una forma u otra, resulta necesario establecer protocolos de intervención normalizados (Fernández et al., 2023).

5. LA FUNCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES

En la actualidad, en el contexto familiar de gran cantidad de niños/as de 0 a 6 años, el tiempo de uso de pantalla resulta elevado y no coherente con las recomendaciones oficiales para estas edades (Webster et al., 2019). En este sentido, el uso de los dispositivos digitales por parte de niños/as tan pequeños/as afecta de manera negativa a la salud y a la actividad física. Un mayor tiempo de pantalla se viene relacionando con un mayor comportamiento sedentario y una peor competencia en habilidades motoras fundamentales, afectando también a la calidad del sueño sobre todo si la exposición a las pantallas se efectúa por las noches. Por tanto, se hace necesario un apoyo a las familias desde el ámbito profesional para minimizar este tiempo de uso de pantalla en los niños/as, sobre todo en hogares con hábitos de vida poco saludables (Nathanson, 2021). No sólo se debe regular el tiempo de uso de pantalla, sino también el contenido visualizado, así como si los niños/as consumen tiempo de uso de pantalla a solas o bajo la supervisión de los adultos (Rocha et al., 2020).

No obstante, dado que la tecnología forma parte del día a día de los niños y niñas, contribuyendo al sedentarismo y sus problemas asociados, estas herramientas digitales también podrían favorecer la práctica motriz de forma lúdica y motivadora, siempre que se usen para promover el movimiento (Au et al., 2024; Oppici et al., 2022), utilizando dichas herramientas como medidores o evaluadores del nivel de actividad física realizada a lo largo de cada día o como dispositivo tecnológico de entrenamiento activo, como los videojuegos activos, según Liu et al, (2020) o la robótica, según Alhmiedat & Alotaibi (2022).

5.1. Las nuevas tecnologías como instrumentos de medición, y evaluación motriz en los niños y niñas

Existen elementos tecnológicos que se utilizan como medidores o evaluadores del nivel de actividad física en los niños/as y de su desarrollo motor, complementando, mejorando o reemplazando, según los casos, otros instrumentos más tradicionales usados para el mismo fin o aportando nuevas formas de medición o evaluación en acciones que tradicionalmente no era posible medir o resultaba muy difícil y costoso (Gao & Lee, 2019). Con esta finalidad, se usan rastreadores de actividad portátiles, tanto para niños/as como para toda la familia, monitores portátiles y *wereables* como los relojes inteligentes, otros dispositivos de seguimiento de actividad diseñados en aplicaciones o dispositivos portátiles, así como la conexión en red. También se emplean sensores de profundidad, incluso utilizados para la detección temprana, así como podómetros y acelerómetros. Estos dispositivos digitales permiten obtener datos objetivos sobre la práctica motriz y el nivel de desarrollo motor, mejorando el uso de determinadas técnicas tradicionales; promoviendo, asimismo, la salud y motivando en la práctica de actividad física (Au et al., 2024).

Para el diseño de estos medidores y evaluadores, se deben considerar los intereses y motivaciones de los niños/as, así como la opinión de los docentes y progenitores al respecto para incorporar funciones que resulten más útiles de cara a incrementar y motivar la práctica de actividad física (Oppici et al., 2022).

5.2. Las herramientas digitales como escenarios para la práctica de actividad física en los más pequeños/as

Además de medir y evaluar, las herramientas digitales también se pueden utilizar como escenarios para la práctica de actividad física en los más pequeños/as y el desarrollo de sus habilidades motoras fundamentales. Es decir, herramientas como las aplicaciones móviles, la realidad virtual o los videojuegos activos mediante los cuales los niños y niñas pueden realizar actividad física guiada, motivadora y efectiva. En este sentido, determinadas aplicaciones móviles motivan a los niños/as a usarlas; estudiando por parte de los expertos qué funciones deben reunir para evitar la tasa de abandono, incluso diseñando aplicaciones personalizadas basadas en la gamificación (Maher et al., 2022).

Los videojuegos activos, por su parte, pueden constituir una opción por excelencia para motivar y aumentar la práctica de actividad física en los más pequeños/as, con beneficios en la salud, por ejemplo, luchando contra el sobrepeso y la obesidad, así como a nivel motor y en la construcción del esquema corporal (Gao & Lee, 2019).

5.3. La robótica como facilitadora del comportamiento motriz

Dentro de las herramientas digitales, en concreto, la robótica puede facilitar el comportamiento motriz y emerge en la actualidad con fuerza para posicionarse como alternativa motivadora, divertida y útil para fomentar la actividad física en los niños/as de Educación Infantil (Helmi et al., 2025; Mayoral et al., 2023), con algunas limitaciones derivadas como la necesidad de conocimientos técnicos (Díaz et al., 2025).

Se ha estudiado su uso en diferentes ámbitos relacionados con la práctica motriz infantil, como el hecho de poder contribuir a que los niños/as se mantengan activos/as, con beneficios en el caso de dificultades motoras graves (Espín et al., 2023), pudiendo disminuir la obesidad (Alhmiedat & Alotaibi, 2022) o impulsando el movimiento en niños con cáncer (Colina et al., 2024), además de poder resultar beneficioso en los patrones de movimiento de los bebés (Fitter et al., 2019).

6. REFERENCIAS

- Ahn, S. N. (2022). A systematic review of interventions related to body awareness in childhood. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 8900. <https://doi.org/10.3390/ijerph19158900>
- Alhmiedat, T., & Alotaibi, M. (2022). Design and evaluation of a personal robot playing a self-management for children with obesity. *Electronics*, 11(23), 1-15. <https://doi.org/10.3390/electronics11234000>
- Alotaibi, T., Almuhan, R., Alhassan, J., Alqadhib, E., Mortada, E., & Alwhaibi, R. (2020). The relationship between technology use and physical activity among typically-developing children. *Healthcare (Basel)*, 8(4), 488. <https://doi.org/10.3390/healthcare8040488>
- Asociación Española de Pediatría (5 de diciembre de 2024). *La AEP actualiza sus recomendaciones sobre el uso de pantallas en la infancia y la adolescencia*. <https://www.aeped.es/noticias/aep-actualiza-sus-recomendaciones-sobre-uso-pantallas-en-infancia-y-adolescencia>
- Assaiante, C., Barlaam, F., Cignetti, F., & Vaugoyeau, M. (2014). Body schema building during childhood and adolescence: a neurosensory approach. *Neurophysiologie Clinique*, 44(1), 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2013.10.125>
- Au, W. W., Recchia, F., Fong, D. Y., Wong, S. H. S., Chan, D. K. C., Capio, C. M., Yu, C. C. W., Wong, S. W. S., Sit, C. H. P., Ip, P., Chen, Y. J., Thompson, W. R., & Siu, P. M. (2024). Effect of wearable activity trackers on physical activity in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Digital Health*, 6(9), e625-e639. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(24\)00139-0](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(24)00139-0)

- Bai, M., Lin, N., Yu, J. J., Teng, Z., & Xu M. (2024). The effect of planned active play on the fundamental movement skills of preschool children. *Human Movement Science*, 96, 103241. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2024.103241>
- Battaglia, G., Giustino, V., Tabacchi, G., Alesi, M., Galassi, C., Modica, C., Palma, A., & Bellafiore, M. (2020). Effectiveness of a physical education program on the motor and pre-literacy skills of preschoolers from the training-to-health project: a focus on weight status. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 579421. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.579421>
- Brujijns, B. A., Truelove, S., Johnson, A. M., Gilliland, J., & Tucker, P. (2020). Infants' and toddlers' physical activity and sedentary time as measured by accelerometry: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17(14), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-0912-4>
- Bucco, L., & Zubiaur, M. (2013). Desarrollo de las habilidades motoras fundamentales en función del sexo y del índice de masa corporal en escolares. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 13(2), 63-72. <https://revistas.um.es/cpd/article/view/180441>
- Castelo, R., & Maquiera, G. (2015). El reconocimiento y desarrollo del esquema corporal en la edad infantil: una experiencia en Ecuador. *Revista Digital*, 209. <https://www.efdeportes.com/efd209/el-esquema-corporal-en-la-edad-infantil.htm>
- Chen, D., Zhao, G., Fu, J., Shun, S., Su, L., He, Z., Chen, R., Jiang, T., Hu, X., Li, Y., & Shen, F. (2024). Effects of structured and unstructured interventions on fundamental motor skills in preschool children: a meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 12, 1345566. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1345566>
- Cioni, G. & Sgandurra, G. (2013). Normal psychomotor development. *Handbook of Clinical Neurology*, 111, 3-15. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52891-9.00001-4>
- Collina, S., Hernández, J., Ariza, J. C., Beltrán, O. R., Ovalle, C., González, N. L., Medellín, J., Reina, N. C., Correa, C., De Los Reyes, I., & Lozano, J. S. (2024). Social robotics as an adjuvant during the hospitalization process in pediatric oncology patients. *Journal of Psychosocial Oncology*, 42(6), 811-821. <https://doi.org/10.1080/07347332.2024.2335170>
- D'Angelo, M., Di Pellegrino, G., Seriani, S., Gallina, P., & Frassinetti, F. (2018). The sense of agency shapes body schema and peripersonal space. *Scientific Reports*, 8(1), 13847. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32238-z>
- Díaz, M., Claver, A., & García, M. (2025). Robots for inclusive classrooms: a scoping review. *Universal Access in the Information Society*, 24, 127-151. <https://doi.org/10.1007/s10209-023-01065-z>
- Ek, A., Sandborg, J., Delisle, C., Lindqvist, A. K., Rutberg, S., & Löf, M. (2019). Physical activity and mobile phone apps in the preschool age: perceptions of teachers and parents. *JMIR Mhealth and Uhealth*, 7(4), e12512. <https://doi.org/10.2196/12512>
- Espín, S. M., Gardeazabal, X., & Abascal, J. (2023). The use of robots for augmentative manipulation during play activities among children with motor impairment: a scoping review. *Disability and Rehabilitation*, 45(5), 896-910. <https://doi.org/10.1080/09638288.2022.2046185>
- Fernández, P. B., Soto, J., & Muñoz, M. (2023). Efectos de intervenciones sobre las habilidades motoras fundamentales y actividad física en preescolares: revisión sistemática. *Retos*, 48, 94-100. <https://doi.org/10.47197/retos.v48.96549>
- Fitter, N., Funke, R., Pulido, J. C., Eisenman, L. E., Deng, W., Rosales, M. R., Bradley, N. S., Sargent, B., Smith, B. A., & Mataric, M. J. (2019). Socially assistive infant-robot interaction: using robots to encourage infant leg-motion training. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 99, 12-23. <https://doi.org/10.1109/MRA.2019.2905644>
- Gao, Z., & Lee, J. E. (2019). Emerging technology in promoting physical activity and health: challenges and opportunities. *Journal of Clinical Medicine*, 8(11), 1830. <https://doi.org/10.3390/jcm8111830>

- Gauduel, T., Blondet, C., Gonzalez, S., Bonaiuto, J., & Gomez, A. (2024). Alteration of body representation in typical and atypical motor development. *Development Science*, *27*(3), e13455. <https://doi.org/10.1111/desc.13455>
- Gil, P. (coord.), Barcala, R. J., Cuevas, R., Gómez, I., González, I., Hernández, A., Pastor, J. C., Pazos, J. M., Sáez, G., & Torres, G. (2013). *Desarrollo curricular de la Educación Física en la Educación Infantil*. Ediciones Pirámide.
- Gomis, M. J., Chacón, F., & Pérez, J. A. (2022). Effects of physical activity program based on technological progress: exer-games as health promoters. *Journal of Sport and Health Research*, *14*(1), 31-50. <https://doi.org/10.58727/jsrh.92830>
- Helmi, A., Scheide, E., Wang, T. H., Logan, S. W., Hollinger, G. A., & Fitter, N. (2025). GoBot: an autonomous assistive robot using behavior trees to encourage child mobility. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, *14*(3), 1-17. <https://doi.org/10.1145/3719018>
- Liu, W., Zeng, N., McDonough, D. J., & Gao, Z. (2020). Effect of active video games on healthy children's fundamental motor skills and physical fitness: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(21), 8264. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218264>
- Lu, C., Huang, G., & Corpeleijn, E. (2019). Environmental correlates of sedentary time and physical activity in preschool children living in a relatively rural setting in the Netherlands: a cross-sectional analysis of the GECKO Drenthe cohort. *BMJ Open*, *9*(5), e027468. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-027468>
- Lubans, D. R., Morgan, P. J., Cliff, D. P., Barnett, L. M., & Okely, A. D. (2010). Fundamental movement skills in children and adolescents: review of associated health benefits. *Sports Medicine*, *40*(12), 1019-1035. <https://doi.org/10.2165/11536850-000000000-00000>
- Maher, C. A., Olds, T., Vandelandotte, C., Plotnikoff, R., Edney, S. M., Ryan, J. C., DeSmet, A., & Curtis, R. G. (2022). Gamification in a physical activity app: What gamification features are being used, by whom, and does it make a difference?. *Games for Health Journal*, *11*(3), 193-199. <https://doi.org/10.1089/g4h.2021.0207>
- Matsumiya, K. (2022). Multiple representations of the body schema for the same body part. *PNAS*, *119*(4), e2112318119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2112318119>
- Mayoral, R., Helmi, A., Warren, S. T., Logan, S. W., & Fitter, N. (1 de octubre de 2023). *Robottheory Fitness: GoBot's Engagement Edge for Spurring Physical Activity in Young Children* [Presentación en papel]. IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, Detroit, MI, EE.UU.
- Miraflores, E., & Rojas, I. (2023). La psicomotricidad vivenciada de Aucouturier como mejora del retraso madurativo motor en niños de 4 años. *Retos*, *50*, 737-745. <https://doi.org/10.47197/retos.v50.98869>
- Moghaddasadeh, A., & Belcastro, A. N. (2021). Guided active play promotes physical activity and improves fundamental motor skills for school-aged children. *Journal of Sports Science and Medicine*, *20*(1), 86-93. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.86>
- Nathanson, A. I. (2021). Sleep and technology in early childhood. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, *30*(1), 15-26. <https://doi.org/10.1016/j.chc.2020.08.008>
- Ontai, L. L., Sutter, C., Sitnick, S., Shilts, M. K., & Townsend, M. S. (2020). Parent food-related behaviors and family-based dietary and activity environments: associations with BMI z-scores in low-income preschoolers. *Childhood Obesity*, *16*(S1), S55-S63. <https://doi.org/10.1089/chi.2019.0105>
- Oppici, L., Stell, F. M., Utesch, T., Woods, C. T., Fowweather, L., & Rudd, J. R. (2022). A skill acquisition perspective on the impact of exergaming technology on foundational movement skill development in children 3-12 years: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, *8*(1), 148. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00534-8>

- Organización Mundial de la Salud. (2 de abril de 2019). *Guidelines on physical activity, sedentary behaviour and sleep for children under 5 years of age*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241550536>
- Organización Mundial de la Salud. (25 de noviembre de 2020). *WHO Guidelines on physical activity sedentary behaviour*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128>
- Pawlowski, C. S., Madsen, C. D., Toftager, M., Amholt, T. T., & Schipperijn, J. (2023). The role of playgrounds in the development of children's fundamental movement skills: a scoping review. *PLOS One*, *18*(12), e0294296. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294296>
- Rocha, B., & Nunes, C. (2020). Benefits and damages of the use of touchscreen devices for the development and behavior of children under 5 years old-a systematic review. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, *33*(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s41155-020-00163-8>
- Rodrigues, D., Machado, A. M., Gama, A., Silva, M. G., Nogueira, H., & Padez, C. (2024). Should organized sport characteristics be considered as a strategy for meeting physical activity guidelines in children?. *Global Health Promotion*, *31*(4), 75-84. <https://doi.org/10.1177/17579759241237525>
- Sasayama, K. (2025). Contribution of walking to and from school on overall physical activity: a one-year follow up study. *PLOS One*, *20*(3), e0318355. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0318355>
- Schipperijn, J., Madsen, C. D., Toftager, M., Johansen, D. N., Lousen, I., Amholt, T. T., & Pawlowski, C. S. (2024). The role of playgrounds in promoting children's health - a scoping review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *21*(1), 72. <https://doi.org/10.1186/s12966-024-01618-2>
- Schmutz, E. A., Leeger-Aschmann, C. S., Radtke, T., Muff, S., Kakebeeke, T. H., Zysset, A. E., Messerli-Bürgy, N., Stülb, K., Arhab, A., Meyer, A. H., Munsch, S., Puder, J. J., Jenni, O. G., & Kriemler, S. (2017). Correlates of preschool children's objectively measured physical activity and sedentary behavior: a cross-sectional analysis of the SPLASHY study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *14*(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12966-016-0456-9>
- Stegariu, V. I., Abalasei, B. A., & Stoica, M. (2022). A study on the correlation between intelligence and body schema in children who practice chess at school. *Children (Basel)*, *9*(4), 477. <https://doi.org/10.3390/children9040477>
- Tassitano, R. M., Weaver, R. G., Tenório, M. C. M., Brazendale, K., & Beets, M. W. (2020). Physical activity and sedentary time of youth in structured settings: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *17*(1), 160. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-01054-y>
- Teixeira, H.J., Abelairas, C., Arufe, V., Pazos, J.M., & Barcala, R. (2015). Influence of a physical education plan on psychomotor development profiles of preschool children. *Journal of Human Sport Exercise*, *10*(1), 126-140. <https://doi.org/10.14198/jhse.2015.101.11>
- Vallar G. (2025). Body schema and body image as internal representations of the body, and their disorders. An historical review. *Journal of Neuropsychology*, *1*(1), 8-25. <https://doi.org/10.1111/jnp.12389>
- Webster, E. K., Martin, C. K., & Staiano, A. E. (2019). Fundamental motor skills, screen-time, and physical activity in preschoolers. *Journal of Sport and Health Science*, *8*(2), 114-121. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2018.11.006>
- Webster, E. K., Kracht, C. L., Newton, R. L., Beyl, R. A., & Staiano, A. E. (2020). Intervention to improve preschool children's fundamental motor skills: protocol for a parent-focused, mobile app-based comparative effectiveness trial. *JMIR Research Protocols*, *9*(10), e19943. <https://doi.org/10.2196/19943>
- Xin, F., Chen, S. T., Clark, C., Hong, J. T., Liu, Y., & Cai, Y. J. (2020). Relationship between fundamental movement skills and physical activity in preschool-aged children: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(10), 3566. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103566>

IMPACTO DIFERENCIAL DEL USO DE APLICACIONES MÓVILES Y DISPOSITIVOS PORTÁTILES EN INTERVENCIONES MHEALTH PARA LA MEJORA DEL CONTROL GLUCÉMICO Y DEL PESO CORPORAL

Carlos Gómez-García¹, Borja Sañudo-Corrales^{2,3}, José Manuel Jurado-Castro^{1,4}

1 Profesor Grado Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Sevilla.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2735-2230>

2 Departamento de Educación Física y Deporte de la Universidad de Sevilla.

3 School of Clinical Therapies, College of Medicine & Health. University College Cork, Cork, Ireland

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9969-9573>

*4 Unidad de Metabolismo e Investigación, Instituto Maimónides de Investigación Biomédica de Córdoba (IMIBIC), Hospital Universitario Reina Sofía
Universidad de Córdoba.*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0198-2793>

Resumen:

Las intervenciones de salud móvil (mHealth) han mostrado efectividad en el manejo de la diabetes tipo 2 (T2D) y la obesidad. Sin embargo, existe heterogeneidad en las herramientas empleadas: algunas intervenciones se basan únicamente en aplicaciones móviles, mientras que otras integran dispositivos portátiles que permiten el automonitoreo objetivo. Evaluar las diferencias entre estas aproximaciones puede aportar información clave para optimizar el diseño de futuras intervenciones.

El objetivo de este capítulo es mostrar los resultados comparables sobre la eficacia de las intervenciones mHealth basadas solo en aplicaciones móviles frente a aquellas que combinan aplicaciones y dispositivos portátiles en personas con T2D y sobrepeso/obesidad.

Para ello se realizó un subanálisis de un metaanálisis de 13 ensayos clínicos aleatorizados (n = 1928) donde los estudios se clasificaron en dos grupos, según la tecnología utilizada: aplicaciones móviles y dispositivos portátiles (n=4) y sólo aplicaciones móviles (n=9). Se analizaron cambios en la hemoglobina glicosilada (HbA1c) y el peso corporal a los 3 y 6 – 12 meses de intervención, utilizando modelos de efectos aleatorios.

Los resultados obtenidos mostraron mejoras significativas en el peso corporal (MD -3,06; IC 95% -3,60 a -2,52; p < 0,05; I² = 0%) y en HbA1c (MD -0,23; IC 95% -0,36 a -0,09; p < 0,05; I² = 80%) cuando se intervino sólo con aplicaciones móviles. Cuando el uso de aplicaciones móviles se acompañó de un dispositivo portátil, no se obtuvieron mejoras significativas, a excepción de los resultados obtenidos en intervenciones de 3 meses en la variable peso corporal (MD -2,26; IC 95% -3,63 a -0,89; p < 0,05; I² = 11%).

Como conclusión, estos hallazgos sugieren que las aplicaciones móviles, por sí solas, pueden ser suficientes para promover mejoras en el peso corporal y el control glucémico, mientras que la incorporación de dispositivos portátiles no garantiza necesariamente una mayor efectividad. Futuras investigaciones deberían centrarse en identificar los componentes específicos de las intervenciones mHealth que optimizan la adherencia y la sostenibilidad de los efectos, así como en explorar las

condiciones bajo las cuales la integración de dispositivos portátiles podría aportar beneficios adicionales.

1. INTRODUCCION

La diabetes tipo 2 (T2D) y la obesidad suelen coexistir y representan un importante desafío sanitario y económico (Chandrasekaran & Weiskirchen, 2024; Mohammadi et al., 2025). La pérdida de peso y el aumento de la actividad física son pilares fundamentales para mejorar el control glucémico y reducir el riesgo cardiometabólico, pero gran parte de la población no alcanza los niveles recomendados de actividad, lo que dificulta los abordajes tradicionales (Kanaley et al., 2022; Marcus et al., 2023).

Las intervenciones de salud móvil (mHealth), especialmente a través de aplicaciones móviles (apps) y dispositivos portátiles, han surgido como herramientas escalables para fomentar cambios en el estilo de vida (Coughlin & Stewart, 2016; Khokhar et al., 2014). Sin embargo, aunque existe evidencia sobre su utilidad para T2D o para obesidad por separado, todavía es limitada la investigación en personas que presentan simultáneamente ambas condiciones, donde las respuestas metabólicas y las barreras conductuales pueden diferir (Enyioha et al., 2022; Lorenzo et al., 2024; Park et al., 2019).

Además, las revisiones previas no han diferenciado adecuadamente entre intervenciones que utilizan únicamente apps y aquellas que combinan éstas con dispositivos portátiles, pese a que los dispositivos portátiles podrían favorecer una mayor monitorización, retroalimentación continua y adherencia (Gomez-Garcia et al., 2025; Price et al., 2022; Zahedani et al., 2023). Esta distinción es clave para comprender si la integración de éstos ofrece beneficios adicionales en parámetros clínicos frecuentes como la HbA1c, el peso corporal o el perfil lipídico.

Por ello, se justifica la realización de una revisión sistemática y meta-análisis que evalúe específicamente la efectividad de las intervenciones mHealth en individuos con T2D y sobrepeso/obesidad, comparando el impacto diferencial entre intervenciones basadas solo en apps y aquellas que incorporan, además, dispositivos portátiles.

2. METODOLOGÍA

La revisión sistemática siguió las directrices PRISMA (Page et al., 2021) y el protocolo fue registrado en PROSPERO (CRD42024497708). Los estudios incluidos fueron ensayos controlados aleatorizados publicados entre 2010 y julio de 2025, con adultos con T2D y sobrepeso/obesidad, e intervenciones basadas en tecnologías móviles relacionadas con actividad física, dieta o automonitoreo. Se excluyeron estudios sin resultados de HbA1c o peso, con diabetes tipo 1 o en poblaciones especiales (por ejemplo, embarazo) o afectadas por condiciones que alteraran sustancialmente el metabolismo de la glucosa.

La búsqueda se realizó en PubMed, Web of Science y Scopus, complementada con snowballing. Dos revisores llevaron a cabo de forma independiente la selección de estudios y extracción de datos.

El riesgo de sesgo se evaluó mediante RoB 2.0 (Higgins et al., 2011), manteniendo todos los estudios independientemente del nivel de calidad, pero considerando estas valoraciones en la

interpretación de los resultados. La calidad global de la evidencia para HbA1c y peso corporal se calificó como moderada según el sistema GRADE (Balshem et al., 2011).

Este subanálisis aportó información específica sobre si la incorporación de wearables mejora la efectividad de las intervenciones mHealth respecto a las apps utilizadas de manera aislada.

2.1. Análisis estadístico

Se realizó un subanálisis del meta-análisis principal (Gomez-Garcia et al., 2025) (13 estudios; n = 1928), clasificando los estudios según el tipo de tecnología empleada:

(1) intervenciones basadas solo en apps (n = 9)

(2) intervenciones que combinaban apps con dispositivos portátiles (n = 4).

Este subanálisis comparó los efectos diferenciales de ambos enfoques sobre los cambios en HbA1c y el peso corporal, evaluados a los 3 meses y a los 6–12 meses, utilizando modelos de efectos aleatorios.

El efecto de las intervenciones se analizó comparando el cambio a través de la diferencia de medias (MD) y desviación estándar (SD) entre el grupo experimental (EG) y el grupo control (CG) que no recibió intervención mediante mHealth. Los datos cuantitativos fueron obtenidos de los estudios incluidos. Si la SD de las diferencias post-pre en los EG y de CG no se reportaba en los estudios seleccionados, se calculó a partir de los intervalos de confianza (CI), error estándar o valor p del cambio absoluto de los distintos resultados usando fórmulas estandarizadas (Higgins et al., 2008). Si ninguno de estos datos estaba disponible, se empleó la siguiente fórmula:

$$SD = \sqrt{SD_{pre}^2 + SD_{post}^2 - (2 \cdot r \cdot SD_{pre} \cdot SD_{post})}$$

donde r es el coeficiente de correlación que describe cuán similares fueron las mediciones pre y post entre los participantes (Higgins et al., 2008).

Los resultados se presentaron en “forest plots” de efecto aleatorizado. La heterogeneidad se calculó mediante el índice I², considerado bajo cuando los valores estaban entre 0 % y 40 %; moderado entre 30 % y 60 %; considerable entre 50 % y 90 %; y sustancial entre 75 % y 100 % (Higgins et al., 2008). Se realizó un análisis de subgrupos por duración de la intervención: menos de un mes, a 3 meses y entre 6-12 meses.

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Review Manager (*Review Manager (RevMan) [Computer Program]. Version 5.4. The Cochrane Collaboration, 2020.*, n.d.)

3. RESULTADOS

El procedimiento seguido para la selección de los estudios incorporados fue el siguiente: en una primera fase, se localizaron 2192 registros en las distintas bases de datos consultadas. Tras eliminar 128 documentos duplicados, quedaron 2064 referencias únicas susceptibles de ser revisadas. De estas, 1505 fueron descartadas tras el examen del título y el resumen por no adecuarse al propósito de la

investigación. En consecuencia, se sometieron a evaluación completa 559 artículos, aplicando los criterios de inclusión establecidos. No obstante, 546 fueron excluidos por no cumplir dichos criterios. En última instancia, trece estudios fueron considerados aptos y pasaron a formar parte de la revisión y metaanálisis.

En el conjunto de los estudios, participaron 1928 personas con T2D y sobrepeso u obesidad (GE: n = 1061; GC: n = 867; 52% hombres; $53,4 \pm 10,1$ años). Tres estudios (Lim, Ong, et al., 2022; Moravcová et al., 2024; J. Wang et al., 2018) incluyeron participantes con prediabetes (% HbA1c = $5,8 \pm 1$), mientras que en el resto de los estudios los valores oscilaron entre 6,5% y 9,2%. El intervalo de índice de masa corporal (IMC) se situó entre 26,5 y 39,4 kg/m².

Todas las intervenciones incluyeron una app o software similar; sin embargo, cuatro de los trece estudios (Bender et al., 2017; Bentley et al., 2016; De Luca et al., 2023; J. Wang et al., 2018) incorporaron también un dispositivo wearable. Para apoyar el autocontrol de la enfermedad, algunos estudios proporcionaron a los participantes diferentes dispositivos: Bender et al. (2017) utilizaron un acelerómetro, un podómetro y una app de registro de ingesta calórica. Bentley et al. (2016) proporcionaron un dispositivo portátil para registrar automáticamente la actividad física. De Luca et al. (2023) emplearon un glucómetro, un esfigmomanómetro, básculas corporales, un reloj inteligente para monitorizar la frecuencia cardíaca y un contador de pasos. Kim et al. (2024) utilizaron un contador de pasos. Wang et al. (2018) proporcionaron podómetros, básculas de peso y básculas de alimentos. Yin et al. (2022) no utilizaron dispositivos wearables, pero sí suministraron glucómetros. Además, algunos estudios (De Luca et al., 2023; Lim, Ong, et al., 2022; J. Wang et al., 2018; Yin et al., 2022) se centraron en cómo el automonitoreo (minutos de actividad física a la semana o pasos diarios, ingesta calórica, hemoglobina glicosilada o peso) podía contribuir a mejorar el tratamiento de las patologías. El resto de los estudios se focalizaron en evaluar cómo el asesoramiento telemático mediante una app podía influir en el tratamiento en comparación con la atención habitual. En general, las sesiones de asesoramiento basadas en apps se centraron en hábitos de vida (actividad física, alimentación, sueño y estrés). Cuatro estudios aplicaron un enfoque híbrido (intervención basada en tecnología combinada con atención convencional). En cuanto a la condición de control, dos estudios (Bentley et al., 2016; Moravcová et al., 2024) ofrecieron algunas recomendaciones sobre dieta y ejercicio al GC durante la intervención, otro estudio (Bender et al., 2017) proporcionó un Fitbit, mientras que el resto utilizaron grupos control con atención habitual.

La duración total de las intervenciones fue de 3 meses en dos estudios (Bentley et al., 2016; Kim et al., 2024), de 6 meses en ocho estudios (Bender et al., 2017; Block et al., 2015; Christensen, Laursen, et al., 2022; Kim et al., 2024; Lim, Ong, et al., 2022; J. Wang et al., 2018; Whittemore et al., 2020; Yin et al., 2022), de 8 meses en un estudio (De Luca et al., 2023), de 12 meses en un estudio (Hesseldal et al., 2022) y de 24 meses en el último estudio (Christensen, Hesseldal, et al., 2022)

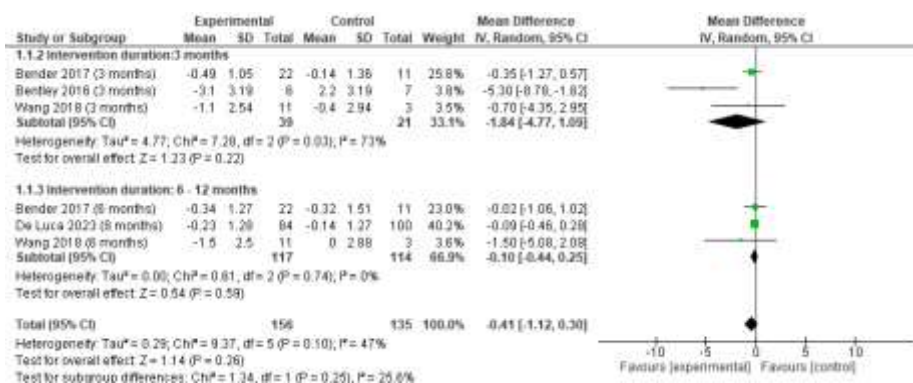
1.1. Efectos de las intervenciones

1.1.1. Efectos de intervenciones mediante el uso de aplicaciones móviles y dispositivos portátiles

Se observó una reducción en la variable HbA1c (%), tanto en el corto plazo (MD -1,84; IC 95% -4,77 a 1,09; p = 0,22; I² = 73%) como en el largo plazo (MD -0,10; IC 95% -0,44 a -0,25; p = 0,59; I² = 0%), sin llegar a ser significativa en ninguno de los grupos (figura 1)

Figura 1

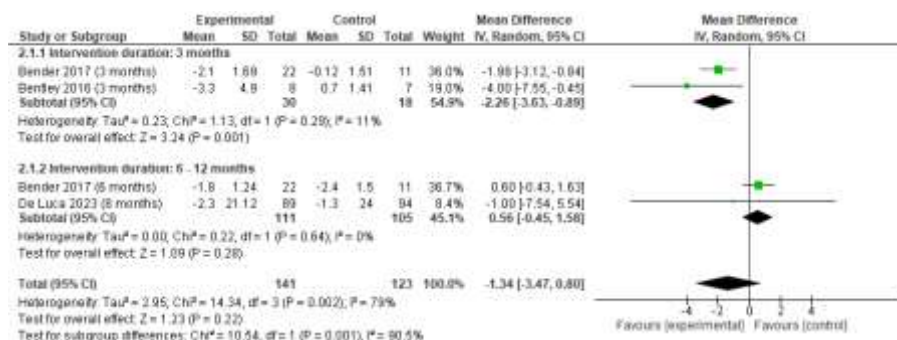
Resultados del cambio en HbA1c en intervenciones con aplicaciones móviles y dispositivos portátiles.



Se observó una reducción significativa en la variable peso (kg) en el corto plazo (MD -2,26; IC 95% -3,63 a -0,89; p = 0,001; I² = 11%), en comparación con el largo plazo donde no se observaron cambios positivos en esta variable (figura 2).

Figura 2

Resultados del cambio en peso en intervenciones con aplicaciones móviles y dispositivos portátiles.

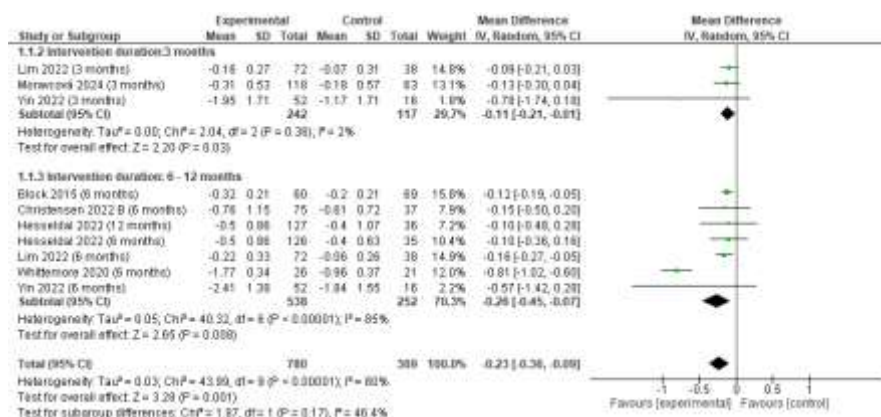


1.1.2. Efectos de intervenciones mediante el uso de aplicaciones móviles

Se observaron mejoras significativas en la variable HbA1c (%) en las intervenciones donde sólo se utilizaron apps, tanto en el corto plazo (MD -0,11; IC 95% -0,21 a -0,01; p = 0,03; I² = 2%); como en el largo plazo (MD -0,26; IC 95% -0,45 a -0,07; p = 0,008; I² = 85%) (figura 3).

Figura 3

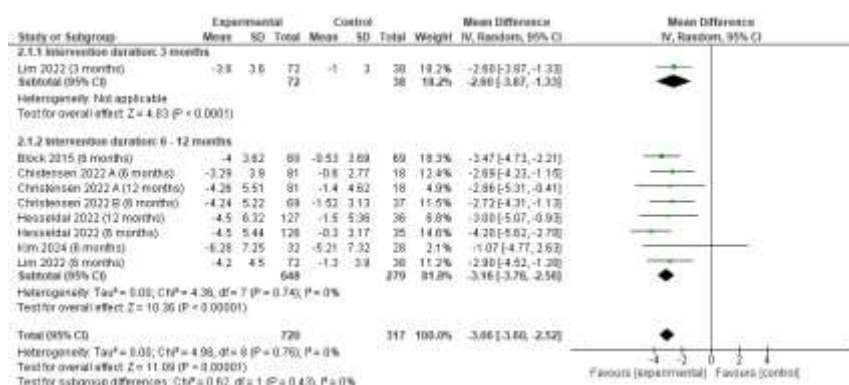
Resultados del cambio en HbA1c en intervenciones con aplicaciones móviles.



Se observaron mejoras significativas en la variable peso (kg) en las intervenciones donde sólo se utilizaron apps, tanto en el corto plazo (MD -2,60; IC 95% -3,87 a -1,33; $p < 0,05$); como en el largo plazo (MD -3,16; IC 95% -3,76 a -2,56; $p < 0,05$; $I^2 = 0\%$) (figura 4).

Figura 4

Resultados del cambio en peso en intervenciones con aplicaciones móviles.



4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio fue mostrar los resultados comparables sobre la eficacia de las intervenciones mHealth basadas solo en apps frente a aquellas que combinan apps y dispositivos portátiles en personas con T2D y sobrepeso/obesidad. Los resultados del presente estudio indicaron que las intervenciones basadas exclusivamente en apps se asocian con mejoras significativas tanto en el peso corporal como una disminución de la HbA1c. Ello podría sugerir que el uso de apps puede constituir una herramienta eficaz para el manejo de estas variables en población con alteraciones metabólicas. No obstante, la elevada heterogeneidad en el análisis de HbA1c pone de manifiesto la variabilidad entre los estudios incluidos, por lo que los resultados deben ser interpretados con cautela.

Por el contrario, la combinación de apps con dispositivos portátiles no mostró beneficios adicionales significativos en la mayoría de las variables analizadas. Únicamente en las intervenciones de corta duración (3 meses) se evidenció una reducción significativa del peso corporal, lo que podría indicar que el uso de dispositivos portátiles resulta más efectivo en fases iniciales de la intervención, pero que su impacto tiende a diluirse a medio y largo plazo.

4.1. Efectos de las intervenciones con aplicaciones móviles

La disminución en el peso corporal con apps observado en el presente estudio coincide con la evidencia acumulada de que las intervenciones mHealth pueden ser eficaces para reducir peso y promover cambios de estilo de vida en adultos con sobrepeso u obesidad (Cavero-Redondo et al., 2020; Y. Wang et al., 2020). Diversos estudios han reportado efectos positivos en la pérdida de peso y la modificación de hábitos a través de apps que fomentan el autorregistro, la monitorización diaria y el establecimiento de objetivos personalizados, lo cual es un mecanismo de cambio de comportamiento reconocido. Por ejemplo, revisiones sistemáticas han documentado que las apps pueden inducir reducciones de peso de aproximadamente 1–3 kg en intervenciones de varios meses en comparación con cuidado habitual o controles pasivos, aunque con variabilidad entre estudios (Gomez-Garcia et al., 2025).

Con respecto al control glucémico, los resultados que muestran mejoras significativas en HbA1c apoyan la evidencia de que las apps móviles pueden facilitar una reducción moderada en la glucosa media de pacientes con diabetes tipo 2. Revisiones previas han reportado reducciones de HbA1c de alrededor de $-0,3\%$ a $-0,5\%$ tras intervenciones con apps específicas para la autogestión de la diabetes, especialmente cuando se incluyen elementos de retroalimentación y educación sanitaria estructurada (Bonoto et al., 2017).

Sin embargo, la presencia de alta heterogeneidad para HbA1c ($I^2 = 80\%$) sugiere que las intervenciones con apps no son homogéneas en sus efectos, lo cual puede explicarse por diferencias en la población estudiada (p. ej., grados distintos de control glucémico basal), los componentes de la app (feedback automático vs. sin feedback) o la duración de las intervenciones. Este patrón de alta variabilidad es consistente con análisis previos que señalan que, aunque la mayoría de estudios muestran beneficios, su magnitud varía considerablemente en función del diseño y las características de la intervención (Bonoto et al., 2017).

4.2. Adición de dispositivos portátiles

Contrario a lo observado con apps móviles, la integración de dispositivos portátiles no generó mejoras claras en las principales variables clínicas más allá de efectos transitorios en el peso corporal en intervenciones de corta duración. Este resultado está en consonancia con varias revisiones que han encontrado beneficios modestos o no concluyentes de los wearables sobre la pérdida de peso o parámetros metabólicos cuando se implementan de forma aislada o sin una estrategia conductual robusta. Por ejemplo, en poblaciones adultas saludables, el uso de wearables se ha asociado con un aumento modesto de la actividad física, pero no siempre con reducciones significativas de peso corporal, especialmente en estudios de duración moderada o sin soporte conductual adicional (Y. Wang et al., 2017).

Numerosos estudios confirman que el uso de wearables puede mejorar la adherencia, pero también puede aumentar la tasa de abandono por incomodidad; sin embargo, las apps solas, sin

wearables, siguen mostrando beneficios claros en HbA1c y peso, especialmente cuando incluyen soporte personalizado y estrategias de cambio de comportamiento (Gomez-Garcia et al., 2025; Lim, Tay, et al., 2022; Liu & Xia, 2025).

4.3. Comparación con la evidencia mHealth más amplia

Las intervenciones digitales para la gestión del peso y la diabetes suelen combinar diversas tecnologías, y la evidencia sugiere que los enfoques multicomponente integrados con apoyo clínico o educativo producen resultados más consistentes que el uso aislado de apps o dispositivos. Meta-análisis recientes muestran que estas intervenciones generan mejoras más consistentes en HbA1c y actividad física (Y. Wang et al., 2017).

Asimismo, varias revisiones han destacado que el éxito de las intervenciones mHealth depende fuertemente de factores como la personalización, la frecuencia de interacción y la combinación con estrategias conductuales (como coaching o retroalimentación), lo que podría explicar por qué nuestras intervenciones basadas solamente en dispositivos portátiles no resultan tan eficaces sin un componente conductual sólido (Bonoto et al., 2017)

4.4. Implicaciones y futuras investigaciones

Los resultados de nuestro estudio sostienen que las apps pueden constituir herramientas útiles y efectivas en la gestión de peso y control glucémico, particularmente cuando su diseño incorpora elementos de autoevaluación, educación y feedback, lo cual está respaldado por la literatura científica. Sin embargo, la eficacia adicional de los dispositivos portátiles sigue siendo incierta y parece depender de cómo se integren estos dispositivos en un enfoque de cambio de comportamiento más amplio.

Futuras investigaciones deberían enfocarse en identificar qué componentes específicos de las intervenciones mHealth son más eficaces, y cómo optimizar la adherencia a largo plazo, ya que esta es una barrera recurrente para obtener beneficios sostenidos. Además, se recomienda explorar estrategias que combinen wearables con apoyo clínico personalizado, ya que esto podría potenciar los efectos clínicos más allá de los observados con apps o dispositivos aislados.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balshem, H., Helfand, M., Schünemann, H. J., Oxman, A. D., Kunz, R., Brozek, J., Vist, G. E., Falck-Ytter, Y., Meerpohl, J., & Norris, S. (2011). GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *Journal of Clinical Epidemiology*, *64*(4), 401–406. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.07.015>
- Bender, M. S., Cooper, B. A., Park, L. G., Padash, S., & Arai, S. (2017). A feasible and efficacious mobile-phone based lifestyle intervention for Filipino americans with type 2 diabetes: Randomized controlled trial. *JMIR Diabetes*, *2*(2). <https://doi.org/10.2196/diabetes.8156>
- Bentley, C. L., Otesile, O., Bacigalupo, R., Elliott, J., Noble, H., Hawley, M. S., Williams, E. A., & Cudd, P. (2016). Feasibility study of portable technology for weight loss and HbA1c control in type 2 diabetes. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, *16*(1). <https://doi.org/10.1186/s12911-016-0331-2>

- Block, G., Azar, K. M. J., Romanelli, R. J., Block, T. J., Hopkins, D., Carpenter, H. A., Dolginsky, M. S., Hudes, M. L., Palaniappan, L. P., & Block, C. H. (2015). Diabetes prevention and weight loss with a fully automated behavioral intervention by email, web, and mobile phone: A randomized controlled trial among persons with prediabetes. *Journal of Medical Internet Research*, *17*(10). <https://doi.org/10.2196/jmir.4897>
- Bonoto, B. C., de Araújo, V. E., Godói, I. P., de Lemos, L. L. P., Godman, B., Bennie, M., Diniz, L. M., & Junior, A. A. G. (2017). Efficacy of Mobile Apps to Support the Care of Patients With Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *JMIR MHealth and UHealth*, *5*(3), e4. <https://doi.org/10.2196/mhealth.6309>
- Cavero-Redondo, I., Martínez-Vizcaino, V., Fernández-Rodríguez, R., Saz-Lara, A., Pascual-Morena, C., & Álvarez-Bueno, C. (2020). Effect of Behavioral Weight Management Interventions Using Lifestyle mHealth Self-Monitoring on Weight Loss: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, *12*(7), 1977. <https://doi.org/10.3390/nu12071977>
- Chandrasekaran, P., & Weiskirchen, R. (2024). The Role of Obesity in Type 2 Diabetes Mellitus—An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, *25*(3), 1882. <https://doi.org/10.3390/ijms25031882>
- Christensen, J. R., Hesseldal, L., Olesen, T. B., Olsen, M. H., Jakobsen, P. R., Laursen, D. H., Lauridsen, J. T., Nielsen, J. B., Søndergaard, J., & Brandt, C. J. (2022). Long-term weight loss in a 24-month primary care-anchored telehealth lifestyle coaching program: Randomized controlled trial. *Journal of Telemedicine and Telecare*, *28*(10), 764–770. <https://doi.org/10.1177/1357633X221123411>
- Christensen, J. R., Laursen, D. H., Lauridsen, J. T., Hesseldal, L., Jakobsen, P. R., Nielsen, J. B., Søndergaard, J., & Brandt, C. J. (2022). Reversing Type 2 Diabetes in a Primary Care-Anchored eHealth Lifestyle Coaching Programme in Denmark: A Randomised Controlled Trial. *Nutrients*, *14*(16), 3424. <https://doi.org/10.3390/nu14163424>
- Coughlin, S. S., & Stewart, J. (2016). Use of Consumer Wearable Devices to Promote Physical Activity: a Review of Health Intervention Studies. *Journal of Environment and Health Science*, *2*(6), 1–6. <https://doi.org/10.15436/2378-6841.16.1123>
- De Luca, V., Bozzetto, L., Giglio, C., Tramontano, G., De Simone, G., Luciano, A., Lucibelli, L., Maffettone, A., Riccio, M., Romano, G., Rossi, E., Chiatti, C. J., Berler, A., Iaccarino, G., Illario, M., & Annuzzi, G. (2023). Clinical outcomes of a digitally supported approach for self-management of type 2 diabetes mellitus. *Frontiers in Public Health*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1219661>
- Enyioha, C., Hall, M., Voisin, C., & Jonas, D. (2022). Effectiveness of Mobile Phone and Web-Based Interventions for Diabetes and Obesity Among African American and Hispanic Adults in the United States: Systematic Review. *JMIR Public Health and Surveillance*, *8*(2), e25890. <https://doi.org/10.2196/25890>
- Gomez-Garcia, C., Maher, C. A., Sañudo, B., & Jurado-Castro, J. M. (2025). Mobile Health Interventions for Individuals with Type 2 Diabetes and Overweight or Obesity—A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *10*(3), 292. <https://doi.org/10.3390/jfmk10030292>
- Hesseldal, L., Christensen, J. R., Olesen, T. B., Olsen, M. H., Jakobsen, P. R., Laursen, D. H., Lauridsen, J. T., Nielsen, J. B., Søndergaard, J., & Brandt, C. J. (2022). Long-term Weight Loss in

- a Primary Care–Anchored eHealth Lifestyle Coaching Program: Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research*, 24(9), e39741. <https://doi.org/10.2196/39741>
- Higgins, J. P. T., Altman, D. G., Gøtzsche, P. C., Jüni, P., Moher, D., Oxman, A. D., Savović, J., Schulz, K. F., Weeks, L., & Sterne, J. A. C. (2011). The Cochrane Collaboration’s tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ (Online)*, 343(7829). <https://doi.org/10.1136/bmj.d5928>
- Higgins, J. P. T., Green, S. (Sally E., & Cochrane Collaboration. (2008). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Wiley-Blackwell.
- Kanaley, J. A., Colberg, S. R., Corcoran, M. H., Malin, S. K., Rodriguez, N. R., Crespo, C. J., Kirwan, J. P., & Zierath, J. R. (2022). Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(2), 353–368. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002800>
- Khokhar, B., Jones, J., Ronksley, P. E., Armstrong, M. J., Caird, J., & Rabi, D. (2014). Effectiveness of mobile electronic devices in weight loss among overweight and obese populations: A systematic review and meta-analysis. *BMC Obesity*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40608-014-0022-4>
- Kim, G., Kim, S., Lee, Y.-B., Jin, S.-M., Hur, K. Y., & Kim, J. H. (2024). A randomized controlled trial of an app-based intervention on physical activity and glycemic control in people with type 2 diabetes. *BMC Medicine*, 22(1), 185. <https://doi.org/10.1186/s12916-024-03408-w>
- Lim, S. L., Ong, K. W., Johal, J., Han, C. Y., Yap, Q. V., Chan, Y. H., Zhang, Z. P., Chandra, C. C., Thiagarajah, A. G., & Khoo, C. M. (2022). A Smartphone App-Based Lifestyle Change Program for Prediabetes (D’LITE Study) in a Multiethnic Asian Population: A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.780567>
- Lim, S. L., Tay, M. H. J., Ong, K. W., Johal, J., Yap, Q. V., Chan, Y. H., Yeo, G. K. N., Khoo, C. M., & Yaxley, A. (2022). Association Between Mobile Health App Engagement and Weight Loss and Glycemic Control in Adults With Type 2 Diabetes and Prediabetes (D’LITE Study): Prospective Cohort Study. *JMIR Diabetes*, 7(3), e35039. <https://doi.org/10.2196/35039>
- Liu, K., & Xia, Y. (2025). Effective behavioral change techniques in m-health app supported interventions for glycemic control among patients with type 2 diabetes: A meta-analysis and meta-regression analysis of randomized controlled trials. *DIGITAL HEALTH*, 11. <https://doi.org/10.1177/20552076251326126>
- Lorenzo, E., O’Neal, A. L., Garcia, L. C., Mendoza, K., & Lee, R. E. (2024). Electronic Health Interventions for Type 2 Diabetes and Obesity in Hispanic or Latino Adults: A Systematic Review of English and Spanish Studies. *Diabetes Spectrum*, 37(1), 65–85. <https://doi.org/10.2337/ds22-0083>
- Marcus, M. E., Manne-Goehler, J., Errol Rahim, N., Flood, D., Marcus, M. E., Theilmann, M., Aung, T. N., Agoudavi, K., Kumar Aryal, K., Bahendeka, S., Bicaba, B., Bovet, P., Oumar Diallo, A., Farzadfar, F., Guwatudde, D., Houehanou, C., Houinato, D., Hwalla, N., Jorgensen, J., ... Manne-Goehler, J. (2023). Diabetes risk and provision of diabetes prevention activities in 44 low-income and middle-income countries: a cross-sectional analysis of nationally representative, individual-level survey data. In *Articles Lancet Glob Health* (Vol. 11). www.thelancet.com/lancetgh
- Mohammadi, A., Goharimehr, M., Darvishi, A., Heshmat, R., Esfahani, E. N., Shafiee, G., Ostovar, A., & Daroudi, R. (2025). Economic burden of Type 2 diabetes in Iran in 2022. *BMC Public Health*, 25(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-21247-5>

- Moravcová, K., Sovová, M., Ožana, J., Karbanová, M., Klásek, J., Kolasińska, A. B., & Sovová, E. (2024). Comparing the Efficacy of Digital and In-Person Weight Loss Interventions for Patients with Obesity and Glycemic Disorders: Evidence from a Randomized Non-Inferiority Trial. *Nutrients*, *16*(10), 1510. <https://doi.org/10.3390/nu16101510>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, *n71*. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Park, S. H., Hwang, J., & Choi, Y. K. (2019). Effect of mobile health on obese adults: A systematic review and meta-analysis. *Healthcare Informatics Research*, *25*(1), 12–26. <https://doi.org/10.4258/hir.2019.25.1.12>
- Price, J. C., Santos, H. O., & Bueno, A. A. (2022). The effectiveness of automated digital health solutions at successfully managing obesity and obesity-associated disorders: A PICO-structured investigation. *Digital Health*, *8*, 205520762210913. <https://doi.org/10.1177/20552076221091351>
- Review Manager (RevMan) [Computer program]. Version 5.4. The Cochrane Collaboration, 2020.* (n.d.).
- Wang, J., Cai, C., Padhye, N., Orlander, P., & Zare, M. (2018). A Behavioral Lifestyle Intervention Enhanced With Multiple-Behavior Self-Monitoring Using Mobile and Connected Tools for Underserved Individuals With Type 2 Diabetes and Comorbid Overweight or Obesity: Pilot Comparative Effectiveness Trial. *JMIR MHealth and UHealth*, *6*(4), e92. <https://doi.org/10.2196/mhealth.4478>
- Wang, Y., Min, J., Khuri, J., Xue, H., Xie, B., A Kaminsky, L., & J Cheskin, L. (2020). Effectiveness of Mobile Health Interventions on Diabetes and Obesity Treatment and Management: Systematic Review of Systematic Reviews. *JMIR MHealth and UHealth*, *8*(4), e15400. <https://doi.org/10.2196/15400>
- Wang, Y., Xue, H., Huang, Y., Huang, L., & Zhang, D. (2017). A Systematic Review of Application and Effectiveness of mHealth Interventions for Obesity and Diabetes Treatment and Self-Management. *Advances in Nutrition*, *8*(3), 449–462. <https://doi.org/10.3945/an.116.014100>
- Whittemore, R., Vilar-Compte, M., De La Cerda, S., Delvy, R., Jeon, S., Burrola-Méndez, S., Pardo-Carrillo, M., Lozano-Marrufo, A., & Pérez-Escamilla, R. (2020). ¡Sí, Yo Puedo Vivir Sano con Diabetes! A Self-Management Randomized Controlled Pilot Trial for Low-Income Adults with Type 2 Diabetes in Mexico City. *Current Developments in Nutrition*, *4*(5), nzaa074. <https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa074>
- Yin, W., Liu, Y., Hu, H., Sun, J., Liu, Y., & Wang, Z. (2022). Telemedicine management of type 2 diabetes mellitus in obese and overweight young and middle-aged patients during COVID-19 outbreak: A single-center, prospective, randomized control study. *PLoS ONE*, *17*(9 September). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275251>
- Zahedani, A. D., McLaughlin, T., Veluvali, A., Aghaeepour, N., Hosseinian, A., Agarwal, S., Ruan, J., Tripathi, S., Woodward, M., Hashemi, N., & Snyder, M. (2023). Digital health application integrating wearable data and behavioral patterns improves metabolic health. *Npj Digital Medicine*, *6*(1), 216. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00956-y>

INNOVACIÓN DOCENTE INTERDISCIPLINAR A TRAVÉS DEL CUENTO MOTOR COMO HERRAMIENTA EDUCATIVA

Iván Asín Izquierdo

Profesor Ayudante Doctor

Grupo de investigación ENFYRED, Departamento de Expresión Musical, Plástica y Corporal, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de Teruel, Universidad de Zaragoza, Teruel, España. Grupo de investigación Science-Based Training, Centro de Investigación en Rendimiento Físico y Deportivo, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

ORCID: 0000-0002-0541-2050

Isabel Aparicio García

Profesor Ayudante Doctor

Departamento de Didácticas Específicas, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de Teruel, Universidad de Zaragoza, Teruel, España.

ORCID: 0000-0001-9552-3952

Resumen: Los cuentos motores, al combinar narración, juego y expresión corporal, son una estrategia didáctica que permite vincular contenidos diversos, favoreciendo el desarrollo de la comunicación oral, la educación literaria, la creatividad y la motricidad en el ámbito escolar. El objetivo principal de este proyecto fue diseñar e implementar una intervención interdisciplinar, basada en los cuentos motores, entre las asignaturas de Didáctica de la Lengua Castellana en Primaria (26625) y Educación Física en Educación Primaria (26624) del Grado en Magisterio en Educación Primaria de la Universidad de Zaragoza. La intervención, dirigida a estudiantes de 3º curso, se realizó en seis fases: 1) presentación y contextualización del proyecto; 2) elección de las obras y sus elementos diferenciadores y formación de grupos de trabajo; 3) formación teórico-práctica sobre cuentos motores y expresión corporal; 4) trabajo en grupos; 5) representación final de los cuentos; 6) tertulia reflexiva y evaluación. Paralelamente, se realizaron reuniones entre el profesorado, una memoria final y la difusión del proyecto mediante un canal de YouTube. La evaluación de la actividad y la calificación del alumnado mostró los siguientes resultados: autoevaluación del alumnado: 4,63(±0,28) sobre 5 puntos, evaluación recíproca/coevaluación: 4,46(±0,37) sobre 5 puntos, heteroevaluación del profesor: 8,70(±1,25) sobre 10 puntos, con un total de 8,94(±0,66) sobre 10 puntos. Las encuestas de valoración por parte del alumnado a través de Google Forms reflejaron una satisfacción general muy alta (superior a 7,50 sobre 10 puntos) en todos los aspectos analizados. El proyecto cumplió sus objetivos y logró una integración efectiva de contenidos disciplinares, permitiendo al alumnado experimentar una propuesta innovadora y formativa con gran aplicabilidad en su futuro profesional.

Palabras clave: educación; literatura infantil y juvenil; movimiento; expresión corporal; Grado en Magisterio en Educación Primaria.

1. INTRODUCCIÓN

Los cuentos motores son historias que, al ser narradas y representadas, con apoyo opcional de medios audiovisuales, requieren de juego, movimiento y de la aplicación de dinámicas de expresión corporal en la escuela (Iglesia, 2012). Este recurso pedagógico, al combinar narración, representación, juego, tecnologías audiovisuales, expresión corporal y motricidad, se presenta como una estrategia didáctica que permite vincular contenidos de diversas áreas, favoreciendo así el desarrollo de la comunicación oral, la educación literaria, la creatividad y la motricidad en el ámbito escolar. En este sentido, al basarse en la puesta en escena de cuentos mediante el juego y la expresión corporal (Iglesia, 2012), son considerados una actividad educativa interesante para el desarrollo de la motricidad y la creatividad a través de la representación vivencial de narrativas basadas en obras literarias (Vázquez-Carrasco, 2017).

Además, uno de los retos fundamentales en la escuela es potenciar en los niños y niñas el gusto por los libros y afianzar su hábito lector. Esta mediación entre la literatura y los más jóvenes no debe centrarse solo en un uso instrumental de las obras literarias, también deben potenciarse otras facetas como el interés por las historias y la capacidad comprensiva y expresiva de los textos mediante actividades que involucren activamente al alumnado, permitiéndole disfrutar del acto de la lectura y promoviendo la cooperación y la empatía (Martos-García et al., 2022). La representación de cuentos motores en el aula es una de las actividades que ponen el foco en el papel activo del alumnado (Conde, 2008; Martínez, 2007). En consecuencia, estos cuentos permiten abordar diferentes contenidos y favorecer aprendizajes significativos en Educación Primaria.

La actividad que aquí se presenta, dentro del marco de un Programa de Incentivación a la Innovación Docente de la Universidad de Zaragoza (PIIDUZ), se desarrolla de forma interdisciplinar y transversal entre las áreas de Lengua castellana y Literatura y Educación Física (Ruiz-Omeñaca, 2011) e integra los principios fundamentales de la expresión oral y corporal: motricidad expresiva, comunicación y simbolización (Pérez & Thomas, 1994). Estos elementos son esenciales en el currículo de ambas asignaturas y permiten ayudar a crear una cultura corporal, creativa, comunicativa y expresiva en el alumnado. Además, este tipo de intervención tiene efectos sobre el lenguaje expresivo y comprensivo (Vargas-Vitoria y Carrasco-Sánchez, 2006).

Existen estudios previos que han analizado los resultados de intervenciones basadas en el cuento motor u otras similares en contextos educativos. Taberero et al. (2016) realizaron una intervención didáctica con alumnado de Educación Infantil con el objetivo de vincular la lectura de cuentos infantiles con otros elementos curriculares de la asignatura de Educación Física, para poner en práctica un método experiencial a través del movimiento corporal consciente, logrando que las niñas y los niños fueran protagonistas de su propio aprendizaje y favoreciendo el desarrollo integral y las relaciones interpersonales. Por su parte, Ubago-Jiménez et al. (2017) pusieron en práctica una propuesta de características similares para promover la lectura en edades tempranas, empleando una metodología basada en el juego, la acción, la experimentación y la indagación, elementos que despiertan el interés en el alumnado. Los autores concluyeron que el cuento motor es una excelente herramienta que otorga importantes beneficios desde un enfoque interdisciplinar.

Por otra parte, Méndez-Giménez y Fernández-Río (2013) llevaron a cabo una propuesta con alumnado de Magisterio de Educación Infantil y Primaria y concluyeron que, aunque los estudiantes están inicialmente poco familiarizados con esta herramienta, la experiencia resulta enriquecedora y divertida para ellos y obtienen resultados satisfactorios respecto a su percepción e interés en aplicarla en un futuro en las aulas. Esta herramienta también ha sido utilizada por Sáez-Gallego et al. (2023) en una intervención educativa para fomentar la inclusión y sensibilizar al alumnado sobre distintas discapacidades.

En conclusión, el proyecto de innovación docente plantea una secuencia de actividades con alumnado de tercer curso del Grado en Magisterio en Educación Primaria para dar a conocer el cuento motor como herramienta de desarrollo de contenidos sobre literatura y oralidad, expresión corporal, creatividad y otros saberes relacionados de forma interdisciplinar con la Didáctica de la Lengua Castellana y la Educación Física, fomentando el interés por la lectura y los beneficios de la actividad física. Se considera que esta experiencia interdisciplinar y vivencial será un aporte de gran interés para su formación como maestros y

maestras, tanto por su aplicabilidad en las aulas como por su potencial para enriquecer prácticas docentes innovadoras en el contexto escolar actual.

1.1. Objetivos

El objetivo principal de este estudio es diseñar e implementar una intervención interdisciplinar, basada en los cuentos motores, entre las asignaturas de Didáctica de la Lengua Castellana en Primaria (26625) y Educación Física en Educación Primaria (26624) del grado en Magisterio en Educación Primaria de la Universidad de Zaragoza.

1.1.1. *Objetivos específicos:*

- Impulsar el trabajo interdisciplinar entre diferentes áreas curriculares de Educación Primaria, en este caso, Lengua castellana y Literatura y Educación Física.
- Presentar al alumnado un corpus de obras literarias relevantes acordes a la etapa de Educación Primaria que puedan ser representadas.
- Emplear el cuento motor como recurso didáctico para el desarrollo de contenidos sobre expresión corporal, creatividad y otros saberes propios de la Educación Física.
- Facilitar herramientas para el conocimiento del propio cuerpo y su movimiento consciente.
- Fomentar la práctica de actividad física y sus beneficios para la salud y el bienestar.
- Reforzar la educación en valores a través del trabajo cooperativo que permite al alumnado colaborar para alcanzar objetivos comunes.
- Potenciar la autonomía del alumnado en el desarrollo y puesta en escena de sus propios cuentos.
- Concienciar sobre la importancia de la atención a la diversidad en el aula, el respeto y la igualdad entre todas las personas.

1.1.2. *Objetivos de Desarrollo Sostenible:*

Este proyecto está vinculado a tres ODS

- ODS 3. Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos y todas en todas las edades. El cuento motor es un recurso didáctico mediante el que se fomentan los beneficios de la actividad física en el aula, además de invitar al autoconocimiento de la corporalidad individual, lo que puede repercutir en una toma de conciencia para optar por un estilo de vida sano mediante el autocuidado.
- ODS 4. Garantizar una educación de calidad inclusiva y equitativa, y promover las oportunidades de aprendizaje permanente para todos. Mediante esta intervención interdisciplinar y vivencial se busca dotar de estrategias didácticas a los futuros maestros y maestras para la mejora de su praxis docente. El proyecto combina actividades teóricas y prácticas que permitirán a los estudiantes aprender a seleccionar lecturas de calidad para su alumnado y a diseñar sesiones de fomento de la motricidad y de la expresión corporal mediante la representación de dichas obras.
- ODS 5. Alcanzar la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas. Se seleccionarán lecturas o se propondrán reescrituras de obras que cuestionen los estereotipos de género y promuevan modelos igualitarios y justos. Se potenciará la igualdad dentro del aula y el fomento de la colaboración entre todo el alumnado mediante el aprendizaje cooperativo y el trabajo en equipo.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Participantes

Este proyecto de innovación docente fue llevado a cabo en el Grado en Magisterio en Educación Primaria de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de la Universidad de Zaragoza (Teruel, Aragón,

España). En él intervinieron los docentes de las asignaturas de Didáctica de la Lengua Castellana en Primaria y Educación Física en Educación Primaria, si bien la participación del alumnado fue evaluada y calificada únicamente en la segunda. De los 87 estudiantes matriculados, hombres y mujeres con edades comprendidas entre los 20 y los 26 años, solo participaron aquellos con evaluación continua. La muestra final estuvo compuesta por 66 estudiantes, quienes participaron activamente durante el desarrollo de la propuesta y completaron el cuestionario requerido.

El alumnado fue informado de los objetivos del proyecto y de las actividades de la intervención, y firmaron el consentimiento informado, con el fin de autorizar el uso de los vídeos grabados durante las representaciones de los cuentos motores. Los datos fueron tratados de forma anónima. El estudio cumplió con la legislación vigente y siguió las directrices éticas de la Declaración de Helsinki.

2.2. Propuesta de intervención

El proyecto de innovación docente se fundamenta en la interdisciplinariedad y en el uso de metodologías activas e individualizadas, destacando el trabajo en grupos reducidos y estilos creativos y socializadores vinculados a los contenidos sobre el cuento motor. La intervención se diseñó con el objetivo de favorecer su aplicación futura por parte del alumnado en su práctica profesional en el aula; no obstante, la propuesta es transferible a otros contextos formativos y a colectivos estudiantiles con características similares.

La efectividad del proceso de enseñanza-aprendizaje radica en la integración de diversas metodologías educativas que permitan atender la variedad de objetivos planteados. El uso exclusivo de un único método resulta insuficiente para responder a la complejidad de las metas que tanto profesorado como alumnado deben alcanzar. En este proyecto de innovación docente se priorizan las metodologías que otorgan una mayor autonomía al alumnado, promoviendo así su compromiso activo con el aprendizaje, y se organizan las actividades formativas de modo que cada estudiante asuma un rol protagónico en su propio aprendizaje y en el desarrollo de competencias. Desde una perspectiva constructivista, el conocimiento se concibe como una construcción activa. Por consiguiente, el estudiantado interpreta la información, la relaciona con sus saberes previos y la reorganiza para conferirle sentido. Durante el proceso, el profesorado transfiere gradualmente la responsabilidad de organizar, estructurar y gestionar las actividades al alumnado, de manera que este debe asumir la responsabilidad de autorregular su trabajo para generar aprendizajes significativos que contribuyan a enriquecer progresivamente sus esquemas cognitivos y sus habilidades.

La experiencia práctica, combinada con las orientaciones del profesorado sobre la aplicabilidad y las implicaciones de la casuística estudiada en diversas situaciones y estrategias metodológicas, permite al alumnado desarrollar una comprensión sólida sobre cómo actuar en situaciones reales y aplicar estos conocimientos en su futura intervención docente.

El enfoque del proyecto surge de la búsqueda de interdisciplinariedad entre dos asignaturas que, a priori, no parecen estar relacionadas. Los contenidos interdisciplinares entre ambas asignaturas, tal como queda recogido en las respectivas guías docentes, fueron:

- Didáctica de la Lengua Castellana en Primaria (26625): Tema 3. Didáctica de la comunicación oral. Estrategias para el desarrollo de la interacción comunicativa (comprensión y expresión). Orientaciones para la evaluación de la competencia comunicativa oral.
- Educación Física en Educación Primaria (26624): CE.61. Bloque 4. Desarrollo de los contenidos de la Educación Física en la Educación Primaria y sus actividades. Expresión Corporal.

Las actividades desarrolladas en el proyecto de innovación docente siguieron una estructura temporal a lo largo del curso 2024-2025. Durante el mes previo al inicio del proyecto (septiembre), el profesorado realizó reuniones de planificación y organizó los recursos necesarios. En el mes de intervención (octubre) las actividades se distribuyeron a lo largo de las distintas semanas, de la siguiente manera:

Semana 1:

Didáctica de la Lengua Castellana en Primaria (26625) y Educación Física en Educación Primaria (26624):

- Presentación y contextualización del proyecto de innovación docente al alumnado.

Semana 2:

Didáctica de la Lengua Castellana en Primaria (26625):

- Explicación teórico-práctica del corpus de los cuentos seleccionados, atendiendo a los elementos narrativos de cada relato. Se entrega una ficha de trabajo para guiar el análisis.
- Organización de grupos de trabajo de 6-8 personas. Preparación de la historia por parte del alumnado a través de la ficha proporcionada, con autonomía y con la orientación del profesorado. Los elementos diferenciadores fueron: géneros, música/banda sonora, ritmo, materiales de Educación Física, variedades lingüísticas.

Educación Física en Educación Primaria (26624):

- Formación teórica sobre expresión corporal y cuentos motores.

Semana 3:

Didáctica de la Lengua Castellana en Primaria (26625) y Educación Física en Educación Primaria (26624):

- Trabajo autónomo en grupos, bajo la supervisión del profesorado.
- Formación práctica vinculada al proyecto de innovación docente en ambas asignaturas.

Semana 4:

Didáctica de la Lengua Castellana en Primaria (26625):

- Tertulia reflexiva sobre los cuentos motores y el uso de este tipo de intervenciones interdisciplinares.

Educación Física en Educación Primaria (26624):

- Contenidos prácticos sobre expresión corporal y vivencia de actividades adaptadas a diferentes niveles educativos.
- Representación final de los cuentos motores ante el resto del grupo-clase, seguida de la evaluación de la experiencia y una tertulia reflexiva final.

En la fase de post-intervención, durante los cuatro meses siguientes a la implementación de proyecto, se llevaron a cabo diversas acciones de seguimiento y consolidación. Entre ellas, se realizaron reuniones entre el profesorado, procesos de evaluación y elaboración de la memoria anual, así como tareas de divulgación y difusión del proyecto en redes sociales y una página web, incluyendo la creación de un canal de YouTube destinado a compartir las representaciones grabadas por el propio alumnado.

2.3. Evaluación

El aprendizaje significativo del alumnado, a través de metodologías activas e individualizadas que fomentan el trabajo en grupos reducidos y la utilización de estilos creativos y socializadores vinculados al contenido del proyecto, constituye el pilar fundamental de esta propuesta de innovación docente. Los grupos dispusieron de cuatro semanas de trabajo autónomo para crear, producir y ensayar una

representación del cuento motor a partir del relato asignado, con una duración estimada de entre cinco y diez minutos. Todas las representaciones fueron registradas en vídeo, con el fin de que cada grupo pudiera analizarlas posteriormente. La propia naturaleza interdisciplinar del proyecto favoreció así la generación de experiencias de aprendizaje significativas.

La intervención integró los principios fundamentales de la expresión corporal: motricidad expresiva, comunicación y simbolización, así como el fomento de la expresión y la comprensión oral. Estos elementos son esenciales en el currículo de Lengua castellana y Educación Física, por lo que resulta esencial que los futuros docentes de Educación Primaria profundicen en ellos, con el objetivo de contribuir al desarrollo de una cultura corporal creativa, comunicativa y expresiva en el alumnado.

En este sentido, la evaluación se planteó de manera sistemática, continuada, integrada en el proceso formativo global, flexible y apoyada en el uso de diferentes instrumentos. Los procedimientos de evaluación utilizados a lo largo de la intervención fueron:

- Heteroevaluación por parte del profesorado mediante instrumentos de anotaciones, registro anecdótico y/o hoja de observación con escalas ordinales y cualitativas. Los elementos evaluados fueron: integración de los elementos diferenciadores en el cuento, estructura narrativa, elementos de movimiento y expresión corporal, diseño de personajes, uso del diálogo y el lenguaje, interacción y participación del grupo, creatividad y presentación y otros elementos. Porcentaje de la calificación: 40%.
- Evaluación recíproca (coevaluación) entre grupos, realizada durante la representación del cuento motor mediante una diana de evaluación. Los criterios valorados incluyeron: puesta en escena, creatividad, coordinación grupal, expresividad, calidad de movimiento, ritmo/música, fluidez y distribución en el espacio. Porcentaje de la calificación: 30%.
- Autoevaluación, completada por cada grupo mediante una ficha en una escala de 1 a 5 puntos. Los ítems evaluados fueron: implicación y compromiso, organización, actitud y participación del grupo. Porcentaje de la calificación: 30%.

La intervención y sus contenidos se enmarcan correctamente en el marco curricular de ambas asignaturas, siendo evaluados y calificados en consonancia con el resto de los contenidos del curso. En el caso de la asignatura de Educación Física en Educación Primaria (26624), el proyecto representó un 5% de la calificación final. La evaluación, por tanto, se centró en comprobar la adquisición de conceptos y procedimientos que garantizaran el adecuado diseño, aplicación y valoración de propuestas didácticas relacionadas con el cuento motor y los contenidos afines por parte de los futuros docentes.

Asimismo, la experiencia práctica, junto con las orientaciones proporcionadas por el profesorado sobre la aplicabilidad de los contenidos y las implicaciones de las casuísticas analizadas, favoreció que el alumnado adquiriera una comprensión sólida sobre cómo actuar en contextos reales y trasladarlo posteriormente a su ejercicio docente.

Por otro lado, la evaluación de la percepción del alumnado sobre el proyecto de innovación docente se llevó a cabo mediante un cuestionario en Google Forms (URL: <https://forms.gle/vNo25Uqd8LpLo7Ag9>), y se complementó con una evaluación global del profesorado responsable, realizada en reuniones posteriores, en las que se recopiló toda la información necesaria para la elaboración de una memoria final del proyecto.

2.4. Análisis de datos

Los datos fueron analizados a través del programa Microsoft® Excel para Mac (v. 27). Las respuestas procedentes de escalas se analizaron mediante un enfoque cuantitativo, mientras que las respuestas abiertas fueron sometidas a un análisis cualitativo. Los datos cuantitativos fueron tratados a partir de media y desviación típica ($\pm DT$). Los resultados cualitativos se emplearon para consolidar los resultados cuantitativos.

3. RESULTADOS

La evaluación de la actividad y calificación del alumnado mostró los siguientes resultados: autoevaluación: 4,63(±0,28) sobre 5 puntos, evaluación recíproca/coevaluación: 4,46(±0,37) sobre 5 puntos, heteroevaluación del profesorado: 8,70(±1,25) sobre 10 puntos, con una calificación total de 8,94(±0,66) sobre 10 puntos. Por lo tanto, la nota media del alumnado en la intervención fue de, aproximadamente, un 9 sobre 10 puntos. La Tabla 1 muestra los resultados relativos a la percepción general del alumnado. La Figura 1 presenta la valoración del alumnado sobre la consecución de los objetivos del proyecto de innovación docente, mientras que la Figura 2 muestra los resultados sobre el grado de satisfacción con las actividades desarrolladas. En todos los casos, los resultados son muy satisfactorios, con puntuaciones muy elevadas en todos los indicadores. Por su parte, los resultados cualitativos derivados de los comentarios del alumnado también reflejan un alto nivel de satisfacción y adecuación de la intervención. Las sugerencias y propuestas de mejora fueron valoradas y analizadas por el equipo docente, considerándose para la próxima solicitud del Proyecto de Innovación Docente.

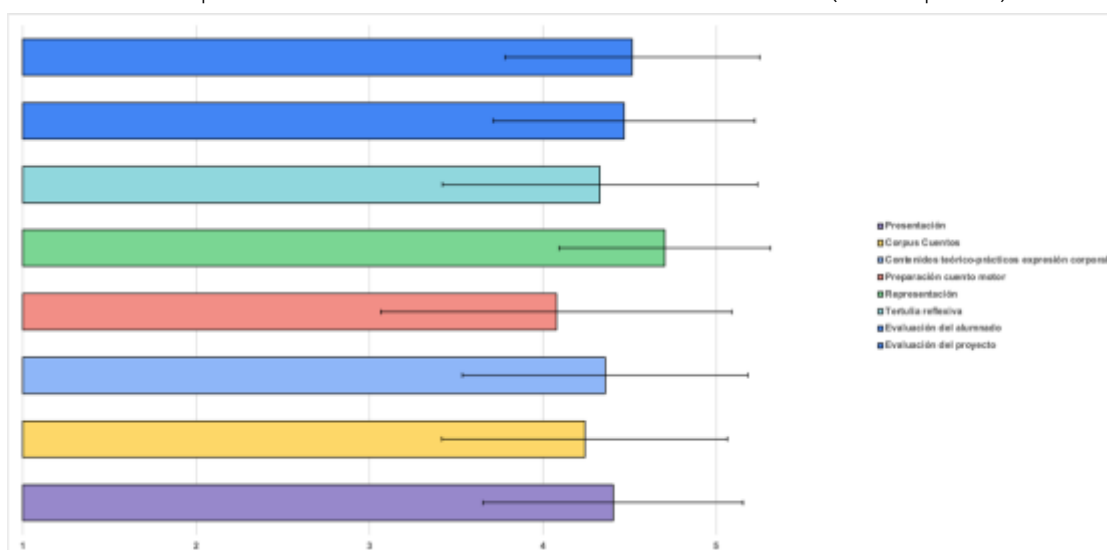
Tabla 1
Percepción general del alumnado (sobre 10 puntos)

Ítems	Metodología e innovación	Cooperación	Interdisciplinariedad	Tecnología	Evaluación	General
M(±DT)	8,86(±1,14)	8,53(±1,33)	8,78(±1,13)	7,64(±1,61)	8,63(1,18)	8,84(±1,06)

Figura 1
Percepción del alumnado sobre la consecución de objetivos principales y secundarios (sobre 5 puntos)

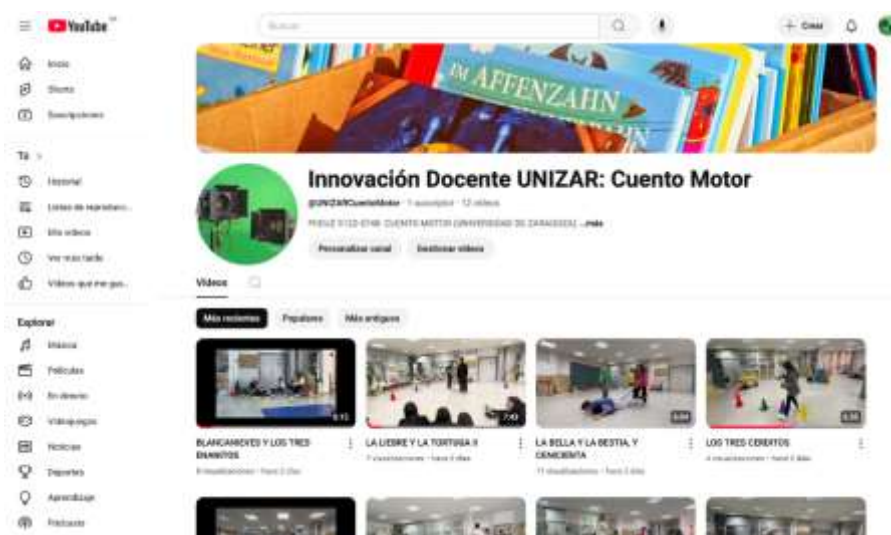


Figura 2
Percepción de la satisfacción del alumnado con las actividades (sobre 5 puntos)



En cuanto a la difusión, al finalizar el curso académico 2024-2025, se llevó a cabo la creación de una cuenta en Instagram y un canal de YouTube sobre el proyecto de innovación docente con los vídeos de los cuentos motores grabados por el alumnado, información general del proyecto y otras producciones audiovisuales (véase, Figura 3) (YouTube: <https://www.youtube.com/@unizarcuentomotor>; Instagram: @pidcuentomotor_unizar).

Figura 3
Canal de YouTube. Innovación Docente UNIZAR: Cuento Motor



4. DISCUSIÓN

El objetivo principal de este estudio fue: diseñar y poner en marcha una intervención interdisciplinar, basada en los cuentos motores, entre las asignaturas de Didáctica de la Lengua Castellana en Primaria (26625) y Educación Física en Educación Primaria (26624) del grado en Magisterio de en Educación Primaria de la Universidad de Zaragoza. Los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios tanto en la evaluación y calificación del alumnado, la percepción del alumnado sobre el proyecto de innovación docente y los informes de evaluación del profesorado.

Los resultados de esta intervención interdisciplinaria basada en el cuento motor se alinean con investigaciones previas que han destacado su potencial educativo en diferentes etapas y contextos. En primer lugar, Taberero et al. (2016) evidenciaron que la propuesta “Jugar a los cuentos” en Educación Infantil favorece aprendizajes globales e interdisciplinares, combinando lectura y movimiento para estimular la motivación y el desarrollo integral. Este enfoque coincide con los hallazgos del presente estudio, donde la implicación activa del alumnado y la conexión entre áreas curriculares fueron factores clave para la satisfacción y el aprendizaje significativo.

Asimismo, Seves-Cubo (2016) subraya el valor del cuento motor como herramienta para la animación a la lectura y la educación en valores, destacando su capacidad para desarrollar competencias básicas, especialmente la comunicación lingüística, y para integrar contenidos de manera transversal. Este trabajo refuerza la idea de que el cuento motor no solo contribuye al desarrollo motor, sino que también fomenta hábitos lectores y actitudes positivas hacia la lectura, aspectos que complementan la propuesta implementada en nuestra intervención. En la misma línea, Ubago-Jiménez et al. (2017) confirman que esta metodología, aplicada en edades tempranas, despierta el interés por la lectura mediante dinámicas basadas en el juego, la experimentación y la indagación, lo que refuerza su valor como recurso motivador y globalizador.

En el ámbito universitario, Méndez-Giménez y Fernández-Río (2013) aportan una perspectiva complementaria al mostrar cómo el diseño y puesta en escena de cuentos motores incrementa la percepción positiva de futuros docentes sobre su potencial pedagógico. Según estos autores, esta metodología favorece la atención a la diversidad, el trabajo en valores y el desarrollo de competencias, aspectos que también fueron reconocidos por nuestro alumnado, quienes valoraron la aplicabilidad del recurso en su futura práctica profesional.

Por otra parte, los estudios recientes amplían el alcance del cuento motor hacia dimensiones específicas. Ferrer-Trenor y Valencia-Peris (2024) destacan su papel en la educación emocional y en valores, fomentando empatía, cooperación y autoestima en alumnado de Primaria. Otones y López (2014) confirman su eficacia para mejorar la motricidad y la atención en Educación Infantil, incrementando la motivación y permitiendo adaptar las actividades a diferentes ritmos de aprendizaje. Gómez et al. (2022) demuestran que los cuentos motores son un recurso inclusivo capaz de potenciar habilidades fundamentales (motoras, cognitivas, comunicativas y sociales) en niños con capacidades diversas, lo que subraya su versatilidad y su alineación con los principios de equidad educativa. En esta misma línea, Sáez-Gallego et al. (2023) evidencian su utilidad para sensibilizar hacia la discapacidad intelectual, mostrando cómo la narrativa motriz puede convertirse en un vehículo para la inclusión y la concienciación social. Además, Martos-García et al. (2022) destacan su potencial para fomentar la cooperación y la empatía, valores esenciales en la formación del alumnado y en la construcción de entornos educativos más democráticos y participativos.

Finalmente, desde una perspectiva teórica, Ruiz-Omeñaca (2011) y Conde (2008) sostienen que el cuento motor constituye un recurso globalizador que permite articular aprendizajes significativos mediante la acción, la expresión corporal y la interacción social, principios que sustentan la propuesta desarrollada en este estudio.

En conjunto, estos hallazgos consolidan la idea de que el cuento motor es una estrategia didáctica que integra dimensiones cognitivas, motoras, sociales y emocionales, ofreciendo un marco idóneo para la interdisciplinariedad, la educación en valores y la atención a la diversidad. No obstante, deben señalarse algunas limitaciones en nuestra propuesta: la muestra se restringe a un único curso y universidad, lo que limita la generalización; la evaluación se centró en percepciones inmediatas, sin indicadores objetivos de impacto a largo plazo; y la duración de la intervención condiciona la observación de efectos sostenidos. Futuras investigaciones deberían replicar la experiencia en otros grados y universidades, ampliar la muestra y analizar cómo esta metodología contribuye al desarrollo de competencias docentes relacionadas con la innovación y la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior.

5. CONCLUSIONES

La intervención interdisciplinar basada en el cuento motor ha demostrado ser una estrategia eficaz y motivadora para integrar contenidos de Lengua Castellana y Educación Física en la formación inicial del profesorado. Los resultados obtenidos reflejan una alta satisfacción del alumnado y una valoración positiva tanto en la autoevaluación como en la coevaluación y la heteroevaluación, confirmando el cumplimiento de los objetivos planteados.

El proyecto ha permitido al alumnado experimentar de primera mano una propuesta innovadora y vivencial, con gran aplicabilidad en su futura práctica docente. El cuento motor se presenta como una estrategia didáctica transferible a otros grados y niveles educativos, capaz de favorecer competencias clave como la creatividad, la expresión corporal, el trabajo cooperativo y la motivación lectora. Además, su carácter flexible y adaptable lo convierte en un recurso idóneo para atender la diversidad, promover la inclusión y enriquecer la educación en valores en el aula. Asimismo, su vinculación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 3, 4 y 5) refuerza la pertinencia social y educativa del proyecto, al promover estilos de vida saludables, una educación inclusiva y equitativa, y la igualdad de género. Esta coherencia con los ODS otorga a la propuesta un valor añadido en el marco de las políticas educativas actuales.

Otro aspecto relevante es su viabilidad y sostenibilidad: el coste en tiempo y esfuerzo no fue excesivamente superior al propio de la docencia habitual, lo que demuestra que puede implementarse sin comprometer la planificación académica. Por tanto, se trata de una metodología que puede ser replicada y ampliada en otros contextos universitarios y escolares, contribuyendo a la innovación educativa y a la formación de docentes capaces de afrontar los retos del sistema educativo actual.

En definitiva, el cuento motor no solo enriquece la enseñanza desde un enfoque interdisciplinar, sino que también constituye una herramienta para la educación en valores, la inclusión y el desarrollo integral del alumnado. Su potencial para generar aprendizajes significativos y experiencias cooperativas lo consolida como una propuesta pedagógica innovadora, coherente con las demandas del siglo XXI.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Conde, J. L. (2008). *Cuentos motores*. Paidotribo.
- Ferrer-Trenor, T. y Valencia-Peris, A. (2024). El cuento motor como recurso para la educación en valores en Educación Primaria. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 438(3), 50-62. <https://doi.org/10.55166/reefd.v438i3.1154>
- Gómez, M. T., Ros, C., Moral, A. M. y Gómez, V. (2022). Impacto de Cuentos Motores en el Desarrollo de las Habilidades Fundamentales en Niños con Capacidades Diversas en Educación Infantil. *Multidisciplinary Journal of Educational Research*, 12(3), 247-274. <http://dx.doi.org/10.447/remie.4944>
- Iglesia, J. (2012). Los Cuentos Motores Como Herramienta Pedagógica Para La Educación Infantil Y Primaria. *Revista ICONO 14. Revista Científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*, 6(1), 96-111. <https://doi.org/10.7195/ri14.v6i1.362>
- Martínez, A. (2007). *Cuentos motores*. Wanceulen.
- Martos-García, D., Monforte, J., Espí-Monzó, B., Atienza-Gago, R., Valencia-Peris, A. y Garcia-Puchades, W. (2022). El cuento motor como recurso didáctico provocativo para fomentar la cooperación y la empatía (Motor story as a didactical and provocative resource to promote cooperation and empathy). *Retos*, 44(1), 936-945. <https://doi.org/10.47197/retos.v44i0.91061>
- Méndez-Giménez, A. y Fernández-Río, J. (2013). El diseño de cuentos motores en la formación inicial del profesorado asturiano. Análisis de las creencias de los estudiantes desde la perspectiva construccionista. *Revista de Investigación en Educación*, 11(2), 111-122.
- Otones, R. y López, V. M. (2014). Un programa de cuentos motores para trabajar la motricidad en Educación Infantil. Resultados encontrados. *La Peonza, Revista de Educación Física para la paz*, 9(1), 27-44.
- Pérez, T. & Thomas, A. (1994). *EPS Danse. Danser en milieu scolaire*. CRDP des Pays de la Loire.

Ruiz-Omeñaca, J.V. (2011). *El cuento motor en la educación infantil y en la educación física escolar: Cómo construir un espacio para jugar, cooperar, convivir y crear*. Wanceulen.

Sáez-Gallego, N. M., Abellán-Hernández, J. y Segovia-Domínguez, Y. (2023). Un cuento motor para sensibilizar hacia la discapacidad intelectual: La Galaxia Diversa (A motor story to raise awareness of intellectual disability: The Diverse Galaxy). *Retos*, 49(1), 1045-1055. <https://doi.org/10.47197/retos.v49.98584>

Seves-Cubo, Y. (2016). La animación a la lectura a través de los cuentos motores. *EmásF: Revista Digital de Educación Física*, 39(1), 111-122.

Tabernero, B., Aliseda, B. y Daniel, M.J. (2016). ¿Jugamos a los cuentos? Una propuesta práctica de animación a la lectura a través de la Educación Física. *Retos*, 29(1), 216-222. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i29.40963>

Ubago-Jiménez, J. L., Castro-Sánchez, M., González-Valero, G., Espejo-Garcés, T., Puertas-Molero, P. y Muros-Molina, J. J. (2017). Animación a la lectura a través del cuento motor en educación física. *Trances*, 9(supl. 1), 241-248.

Vargas-Vitoria, R. y Carrasco-Sánchez, L. (2006). El Cuento motor y su incidencia en la educación por el movimiento. *Pensamiento Educativo*, 38(1), 108-124.

Vázquez-Carrasco, C. (2017). Los cuentos motores como herramienta metodológica en las clases de Educación Física. *E-Motion: Revista de Educación, Motricidad e Investigación*, 6(1), 49-78. <https://doi.org/10.33776/remo.v0i6.2984>

INNOVACIÓN EN LA VALORACIÓN FUNCIONAL DE LA PARED ABDOMINAL: ANÁLISIS TECNOLÓGICO Y UTILIDAD CLÍNICA DEL HERNIACARE LAB™

José Luis Gil Delgado

Doctorando

Universidad de Sevilla

ORCID: 0009-0002-3552-7796

Carlos Galiano de la Rocha

Profesor asociado

Universidad Loyola

ORCID: 0000-0003-1540-3964

Alejandro Sánchez Arteaga

Cirujano

Hospital Virgen del Rocío

ORCID: 0000-0001-9192-3465

Resumen:

La evaluación objetiva de la fuerza de la pared abdominal es un componente fundamental en el manejo de los pacientes con hernias de la pared abdominal. Sin embargo, las herramientas disponibles presentan limitaciones relacionadas con la precisión, el coste y la falta de estandarización. El HerniaCare Lab™ surge como una solución tecnológica accesible diseñada para proporcionar una evaluación isométrica estandarizada mediante una estructura mecánica que minimiza la influencia del examinador. Este capítulo analiza su fundamentación tecnológica, así como su utilidad clínica, basándose en los resultados de un estudio de validación que comparó su rendimiento con el dinamómetro Activforce 2. Se discuten las implicaciones de sus hallazgos en el contexto de la valoración preoperatoria, la planificación quirúrgica, la rehabilitación y el seguimiento postoperatorio. Finalmente, se abordan sus limitaciones y las líneas de investigación necesarias para consolidar su uso en la práctica clínica.

1. INTRODUCCIÓN

Las hernias de la pared abdominal constituyen una de las complicaciones más frecuentes tras procedimientos quirúrgicos abdominales, con cifras que oscilan entre el 11 % en cirugías laparoscópicas y más del 20 % en cirugías abiertas (Holmdahl et al., 2022; Henriksen et al., 2020). Su presencia no solo implica una alteración anatómica, sino también un impacto funcional significativo, ya que los pacientes suelen presentar disminución de la fuerza del tronco, dolor crónico y limitación en actividades básicas de la vida diaria (Kokotovic et al., 2016; Henriksen et al., 2013). Estas alteraciones pueden afectar negativamente los resultados quirúrgicos y el proceso de recuperación postoperatoria, lo que refuerza la necesidad de métodos objetivos para evaluar la función muscular de la pared abdominal.

En los últimos años, la literatura científica ha destacado la estrecha relación entre la fuerza preoperatoria de la pared abdominal y variables clínicas de relevancia, como la aparición de complicaciones postoperatorias o la duración de la estancia hospitalaria (Delgado et al., 2024). Este hallazgo ha impulsado el interés por desarrollar herramientas de evaluación precisas y reproducibles que permitan obtener mediciones fiables de la fuerza abdominal como parte de la valoración integral del paciente candidato a cirugía.

A pesar de la importancia de esta evaluación, los métodos disponibles presentan importantes limitaciones. La exploración física convencional, basada en maniobras como el sit-up, carece de sensibilidad y reproducibilidad; los dinamómetros isocinéticos, considerados el estándar de referencia, son costosos y difíciles de integrar en entornos clínicos rutinarios (Gunnarsson et al., 2011); y los dinamómetros manuales, aunque más accesibles, dependen en gran medida de la fuerza y técnica del evaluador, lo que introduce una variabilidad significativa (Karagiannopoulos et al., 2022). Ante esta situación, se requiere urgentemente un sistema de evaluación portátil, de bajo coste y con alta estandarización que pueda implementarse en consultas ambulatorias sin comprometer la precisión.

En este contexto, el HerniaCare Lab™ fue desarrollado con el objetivo de ofrecer un método de valoración estandarizado que minimice la influencia del examinador mediante una estructura mecánica estable y un sistema de alineación fija del dinamómetro. La reciente validación de este dispositivo, comparado con el dinamómetro manual Activforce 2, constituye un avance significativo en la búsqueda de una alternativa accesible y fiable para la evaluación de la fuerza abdominal en pacientes con hernias.

El presente capítulo desarrolla, desde una perspectiva tecnológica y clínica, los fundamentos, características y validez del HerniaCare Lab™, así como sus potenciales aplicaciones en la práctica quirúrgica habitual. A través de un análisis integrado de su diseño, sus principios biomecánicos y los resultados de su validación, se aspira a ofrecer al lector una visión clara y rigurosa del papel que este dispositivo puede desempeñar en el futuro de la cirugía de la pared abdominal.

2. DESARROLLO

2.1. Relevancia clínica de la evaluación de la fuerza de la pared abdominal

La función muscular de la pared abdominal ocupa un lugar central en la fisiopatología y el tratamiento de las hernias de la pared abdominal. La evidencia indica que los pacientes con este tipo de hernias suelen presentar déficits significativos en fuerza isométrica del tronco, acompañados de dolor, alteración funcional y disminución de la calidad de vida (Kokotovic et al., 2016; Henriksen et al., 2013). Esta pérdida de función tiene un peso considerable en la evolución clínica del paciente, ya que afecta la capacidad de estabilizar el tronco, mantener la presión intraabdominal y realizar actividades básicas de la vida diaria.

Diversos estudios han mostrado, además, que la fuerza preoperatoria de la pared abdominal se relaciona con la incidencia de complicaciones y con la duración de la estancia hospitalaria tras cirugía reconstructiva (Delgado et al., 2024). Este vínculo ha reforzado la necesidad de incluir mediciones musculares objetivas en la valoración preoperatoria, especialmente como herramienta de estratificación funcional y soporte a la toma de decisiones quirúrgicas.

2.2. Limitaciones de los métodos tradicionales de valoración funcional

A pesar de la importancia clínica descrita, los métodos tradicionales de medición de la fuerza abdominal presentan limitaciones que dificultan su uso rutinario. Las maniobras clínicas como el sit-up o la palpación durante maniobras de Valsalva carecen de sensibilidad y su interpretación está fuertemente influida por el evaluador (Jaffe et al., 2012). Aunque permiten una aproximación general al estado funcional, no ofrecen datos cuantitativos ni reproducibles que permitan comparaciones longitudinales o decisiones basadas en umbrales objetivos.

Los dinamómetros isocinéticos, considerados el estándar de referencia para mediciones de fuerza, ofrecen precisión y fiabilidad elevadas (Gunnarsson et al., 2011). Sin embargo, su elevado coste, su volumen y su dependencia de personal especializado limitan su integración en consultas ambulatorias. Por otro lado, los dinamómetros manuales portátiles han ganado popularidad debido a su accesibilidad, pero introducen variabilidad significativa debido a la influencia necesaria del evaluador para resistir la fuerza del paciente (Karagiannopoulos et al., 2022; Stark et al., 2011). Estudios comparativos han mostrado discrepancias notables, con diferencias de hasta 24–58 N entre dispositivos manuales y sistemas más estables (Sahu et al., 2024; Bonhof-Jansen et al., 2023).

Estas limitaciones justifican la necesidad de desarrollar un sistema estandarizado, portátil, estable y de baja variabilidad, que permita obtener mediciones fiables en contextos clínicos de rutina sin comprometer la precisión.

2.3. Fundamentos tecnológicos aplicados al desarrollo de un sistema de medición estable

El diseño de un dispositivo orientado a evaluar fuerza isométrica del tronco debe integrar principios biomecánicos que garanticen la fidelidad de la medición. El primero de ellos es la correcta alineación del sensor con el vector de fuerza generado por el paciente. La desconexión entre dirección de la fuerza y lectura del sensor puede producir infraestimaciones o sobreestimaciones relevantes desde el punto de vista clínico.

Otro principio esencial es la estabilidad estructural. El sistema debe resistir las fuerzas transmitidas sin absorber energía ni experimentar deformaciones que alteren la medición. A ello se suma la necesidad de estandarizar la postura del paciente para evitar compensaciones musculares o cambios en el patrón motor. Por último, el carácter isométrico de la contracción debe mantenerse sin desplazamientos que modifiquen la longitud muscular o la relación longitud-tensión.

Todos estos principios sirvieron de base para el diseño del dispositivo HerniaCare Lab™, cuyo objetivo era eliminar, en la medida de lo posible, la intervención del evaluador y reducir la variabilidad mecánica y postural.

2.4. **Diseño estructural y características técnicas del HerniaCare Lab™**

El HerniaCare Lab™ integra una estructura vertical robusta construida en aluminio, un brazo horizontal ajustable y un sistema de fijación rígido para un dinamómetro digital basado en sensor de presión. Esta configuración proporciona un entorno de medición estable y estandarizado, facilitando la alineación precisa del sensor con el movimiento de flexión isométrica del tronco.

El uso de aluminio garantiza rigidez y ligereza, convirtiéndolo en un dispositivo fácilmente transportable. La fijación del dinamómetro dentro de la estructura elimina prácticamente la influencia del examinador, uno de los principales obstáculos asociados a los dinamómetros manuales tradicionales. Además, la posibilidad de ajustar la altura y la posición del brazo horizontal permite adaptar el sistema a pacientes con diferentes antropometrías sin modificar el vector de fuerza evaluado.

El protocolo de medición asociado al dispositivo se basa en un patrón ampliamente utilizado en la literatura: tres contracciones isométricas máximas de flexión del tronco, cada una mantenida durante cuatro segundos, con un descanso de un minuto entre intentos (Sahu et al., 2024). Este procedimiento garantiza la estandarización del esfuerzo y reduce la variabilidad fisiológica entre repeticiones.

2.5. Validación clínica del dispositivo y análisis de los resultados

La validación del HerniaCare Lab™ se llevó a cabo mediante un estudio transversal que incluyó a 93 pacientes con hernias W2–W3, evaluados en una consulta de cirugía de pared abdominal. La comparación con el dinamómetro Activforce 2 —un instrumento con validez y fiabilidad ampliamente documentadas (Karagiannopoulos et al., 2022; Kahraman & Kahraman, 2023)— reforzó la solidez metodológica del proceso.

El análisis estadístico mostró que el dispositivo presenta una muy fuerte validez concurrente ($\rho = 0.95$), lo que indica que ambos instrumentos clasifican a los pacientes de forma similar en términos relativos. La concordancia fue buena (CCC = 0.89), lo que evidencia que el dispositivo mide con precisión aceptable.

No obstante, se identificó un sesgo sistemático de +24.9 N, con una sobreestimación consistente del HerniaCare Lab™ respecto al método de referencia. También se observó sesgo proporcional, es decir, la magnitud de la sobreestimación aumentaba a mayores niveles de fuerza. Estos resultados son coherentes

con estudios previos que han mostrado variaciones sistemáticas entre dinamómetros de distinto diseño (Stark et al., 2011; Mentiplay et al., 2015).

Desde una perspectiva tecnológica, estas diferencias pueden atribuirse a propiedades del sensor, rigidez de la estructura, interfaz paciente-dispositivo o ausencia de filtrado digital avanzado. Desde una perspectiva clínica, el sesgo sistemático no impide el uso del dispositivo, siempre que se utilice de forma consistente para mediciones longitudinales o comparaciones relativas.

3. APLICACIONES CLÍNICAS

El HerniaCare Lab™ presenta un potencial significativo para transformar diversos procesos clínicos vinculados al manejo de pacientes con hernias de la pared abdominal. Su utilidad no se limita a la obtención de una medida objetiva de fuerza, sino que se proyecta hacia múltiples dimensiones asistenciales que abarcan la evaluación preoperatoria, la monitorización longitudinal del paciente, la optimización de programas de prehabilitación y las estrategias de recuperación funcional. Su diseño, basado en la estandarización postural y la eliminación casi completa de la influencia del evaluador, lo convierte en un instrumento especialmente adecuado para integrarse en entornos clínicos de rutina, donde la eficiencia, la reproducibilidad y la portabilidad son requisitos fundamentales.

En primer lugar, el dispositivo puede desempeñar un papel clave en la valoración preoperatoria. La literatura ha subrayado que la fuerza muscular de la pared abdominal es un predictor funcional de complicaciones postoperatorias, períodos prolongados de hospitalización y retrasos en la recuperación (Delgado et al., 2024). En este escenario, disponer de un método objetivo para evaluar la función muscular permite establecer un perfil más completo del candidato quirúrgico. El HerniaCare Lab™ posibilita cuantificar la debilidad en términos reproducibles, lo que podría ser utilizado para identificar pacientes en riesgo, ajustar la indicación quirúrgica o recomendar intervenciones previas a la cirugía orientadas a mejorar el rendimiento muscular.

De hecho, la creciente adopción de programas de prehabilitación personalizada en cirugía abdominal mayor ha puesto de manifiesto la necesidad de herramientas capaces de monitorizar la evolución funcional del paciente antes de la intervención. Estudios como el de Barberan-Garcia et al. (2018) han demostrado que los programas de entrenamiento orientados a mejorar la capacidad física y la fuerza muscular pueden reducir complicaciones y mejorar el curso postoperatorio. En este contexto, el HerniaCare Lab™ puede utilizarse como instrumento de seguimiento para cuantificar progresos, ajustar la carga de entrenamiento, establecer metas objetivas y determinar el momento óptimo para proceder con la cirugía. Incluso considerando el sesgo sistemático observado en su validación, este no afecta la capacidad del dispositivo para monitorizar cambios relativos en un mismo individuo, que es precisamente la información más relevante para valorar la eficacia del proceso de prehabilitación.

El dispositivo también ofrece ventajas tangibles en el seguimiento postoperatorio, donde la evaluación funcional adquiere especial relevancia. Tras la reparación de una hernia de la pared abdominal, los pacientes suelen experimentar una pérdida inicial de fuerza debido al propio procedimiento quirúrgico, la inmovilización o el temor al movimiento. La cuantificación objetiva de la fuerza puede permitir una identificación precisa de la evolución, facilitando decisiones sobre cuándo iniciar o intensificar intervenciones de rehabilitación. La estandarización del método de medición permite comparaciones fiables entre diferentes etapas de la recuperación, lo que supone un beneficio respecto a métodos subjetivos o dependientes del evaluador.

A nivel organizativo, la implementación del HerniaCare Lab™ en consultas ambulatorias contribuye a promover un modelo asistencial más eficiente y basado en datos, compatible con las tendencias actuales en medicina personalizada. Su portabilidad y bajo coste permiten que pueda incorporarse tanto en hospitales de alta complejidad como en centros de salud o clínicas privadas con recursos limitados. Esta versatilidad abre oportunidades para ampliar el acceso a evaluaciones funcionales de calidad sin requerir equipos sofisticados como dinamómetros isocinéticos.

Finalmente, el dispositivo posee un notable potencial como herramienta de investigación clínica. La medición objetiva de la fuerza abdominal puede integrarse en estudios que evalúen diferentes técnicas de reparación herniaria, tipos de mallas, protocolos de manejo perioperatorio o intervenciones fisioterapéuticas. En investigaciones longitudinales, el uso del dispositivo podría ayudar a explorar relaciones entre la recuperación de la fuerza y otros indicadores clínicos, o incluso determinar si las mediciones obtenidas tienen valor predictivo para identificar pacientes con riesgo de recurrencias o complicaciones. En conjunto, el HerniaCare Lab™ ofrece una base sólida para avanzar hacia un abordaje más integral, cuantitativo y orientado a resultados en la gestión de las hernias de la pared abdominal.

4. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

A pesar del potencial tecnológico y clínico del HerniaCare Lab™, es necesario considerar una serie de limitaciones que contextualizan los hallazgos actuales y orientan la dirección de las investigaciones futuras. La primera de ellas es el diseño unicéntrico del estudio de validación, realizado en un único hospital y bajo condiciones controladas. Aunque los resultados son consistentes, es esencial replicar el estudio en múltiples centros, con poblaciones diversas y con diferentes equipos clínicos para garantizar la robustez externa y la generalización de los resultados. La inclusión de pacientes con distintos tipos de hernias —como hernias ventrales primarias, parastomales o umbilicales— permitiría evaluar si el comportamiento del dispositivo se mantiene estable en contextos anatómicos y funcionales distintos.

Otra limitación importante es la falta de estudios específicos sobre su fiabilidad intra- e interevaluador. Aunque el diseño del dispositivo reduce la influencia humana, persisten factores que pueden introducir variabilidad, como la colocación exacta del paciente, el ajuste del dispositivo o la tensión mecánica de la estructura. La ausencia de estos análisis impide, por ahora, determinar con certeza si los valores obtenidos pueden reproducirse de forma consistente en diferentes momentos o entre distintos profesionales sanitarios. Dado que la fiabilidad es una condición indispensable para la utilidad clínica, este aspecto constituye una prioridad en la línea de investigación futura.

El hallazgo de un sesgo sistemático y proporcional representa otra de las limitaciones más relevantes del dispositivo en su estado actual. La sobreestimación constante de la fuerza y su aumento a mayores niveles de producción puede estar relacionada con el comportamiento del sensor, la amortiguación mecánica de la estructura o el tipo de interfaz utilizada entre el paciente y el dispositivo. Este fenómeno, si bien no afecta su utilidad para la medición longitudinal en un mismo paciente, sí limita su aplicación en comparaciones absolutas con otros instrumentos o en contextos donde se requiera un valor exacto para decisiones clínicas críticas. Futuras mejoras tecnológicas podrían incluir calibraciones más precisas, sensores con mayor linealidad, integración de algoritmos de corrección o estructuras con materiales de menor deformación.

Asimismo, el estudio no exploró la sensibilidad al cambio, es decir, la capacidad del dispositivo para detectar variaciones reales y clínicamente significativas en la fuerza del paciente. Este aspecto es fundamental si el HerniaCare Lab™ se utilizará en programas de prehabilitación o en rehabilitación postoperatoria. La determinación de la mínima diferencia clínicamente importante (MCID, por sus siglas en inglés) sería especialmente útil para que los clínicos pudieran interpretar si una mejora observada es atribuible a una intervención o simplemente representa variabilidad natural.

Un ámbito especialmente prometedor, aunque aún no explorado, es la validez predictiva del dispositivo. Estudios previos han mostrado que el rendimiento funcional del tronco es un predictor relevante en cirugía de pared abdominal (Delgado et al., 2024). Evaluar si las mediciones del HerniaCare Lab™ se correlacionan con complicaciones, recurrencias, necesidades de reintervención o velocidades de recuperación permitiría situar la fuerza abdominal como un marcador clínico dentro de modelos de decisión quirúrgica. Este tipo de investigaciones alinearía el uso del dispositivo con las tendencias actuales hacia la medicina basada en resultados y en la estratificación del riesgo.

Por último, el desarrollo de la integración digital del dispositivo constituye una línea de innovación igualmente relevante. La incorporación de una aplicación móvil que permita almacenar datos, generar informes automáticos, sincronizar mediciones con historiales clínicos y realizar seguimiento remoto del

paciente podría potenciar significativamente su uso clínico. La digitalización del proceso de medición facilitaría el análisis de grandes volúmenes de datos, permitiendo investigaciones multicéntricas, estudios poblacionales y la detección de patrones funcionales en distintos subgrupos de pacientes.

En síntesis, si bien el HerniaCare Lab™ representa una tecnología prometedora, es imprescindible avanzar hacia un cuerpo de evidencia más amplio que consolide su fiabilidad, refine su precisión y establezca su utilidad no solo descriptiva, sino predictiva y terapéutica dentro del proceso quirúrgico.

5. CONCLUSIÓN

El HerniaCare Lab™ constituye una innovación destacada en la evaluación funcional de la pared abdominal, combinando accesibilidad tecnológica con un protocolo de uso estandarizado que lo convierte en una herramienta viable para la práctica clínica habitual. Su diseño estructural elimina gran parte de la variabilidad asociada a los dinamómetros manuales tradicionales, al tiempo que permite obtener mediciones objetivas en consultas ambulatorias sin necesidad de equipamiento complejo.

Los resultados de su validación demuestran una fuerte validez concurrente y buena concordancia con un dispositivo de referencia consolidado, aunque acompañadas de un sesgo sistemático y amplios límites de acuerdo que requieren consideración. Estos hallazgos no impiden su uso clínico, pero sí delimitan sus aplicaciones más apropiadas: seguimiento longitudinal, clasificación relativa y apoyo a programas de prehabilitación y rehabilitación.

Las aplicaciones clínicas del dispositivo son amplias y prometedoras, abarcando desde la valoración preoperatoria hasta la investigación funcional en cirugía de la pared abdominal. Sin embargo, su implementación definitiva exige nuevas investigaciones que exploren su fiabilidad, sensibilidad al cambio y capacidad predictiva.

En conjunto, el HerniaCare Lab™ representa un paso relevante hacia una medicina más objetiva, funcional y orientada al paciente, con el potencial de integrarse en los flujos de atención modernos y mejorar la calidad de la toma de decisiones clínicas en el ámbito de la cirugía de la pared abdominal.

6. REFERENCIAS

Barberan-García, A., Ubré, M., Roca, J., Lacy, A. M., Burgos, F., Lluçà, J. A., ... & Vilaró, J. (2018). Personalised prehabilitation in high-risk patients undergoing elective major abdominal surgery: A randomized blinded controlled trial. *Annals of Surgery*, 267(1), 50–56. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000002293>

Bonhof-Jansen, E. D. J., van Ham, A., Kroon, G. J., & Moojen, W. (2023). Validity and reliability of a portable handheld dynamometer compared to a fixed isokinetic dynamometer to assess forearm torque strength. *Hand Surgery & Rehabilitation*, 42(2), 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.hansur.2022.12.003>

Delgado, J. L. G., Pagola, G. R., Barea, F. J. P., Tallón Aguilar, L., Sánchez Arteaga, A., & Sañudo Corrales, B. (2024). Physical activity and exercise interventions in abdominal wall hernia patients: Impact on quality of life and health outcomes—a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000002657>

Gunnarsson, U., Johansson, M., & Strigård, K. (2011). Assessment of abdominal muscle function using the Biodex System-4: Validity and reliability in healthy volunteers and patients with giant ventral hernia. *Hernia*, 15, 417–421. <https://doi.org/10.1007/s10029-011-0805-1>

Henriksen, N. A., Helgstrand, F., Vogt, K. C., Jorgensen, L. N., & Bisgaard, T. (2013). Risk factors for incisional hernia repair after aortic reconstructive surgery in a nationwide study. *Journal of Vascular Surgery*, 57(1), 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2012.11.119>

Henriksen, N. A., Montgomery, A., Kaufmann, R., Berrevoet, F., East, B., Fischer, J., ... & Muysoms, F. (2020). Guidelines for treatment of umbilical and epigastric hernias from the European Hernia Society and Americas Hernia Society. *British Journal of Surgery*, 107(3), 171–190. <https://doi.org/10.1002/bjs.11489>

Holmdahl, V., Stark, B., Clay, L., Gunnarsson, U., Strigård, K., & Montgomery, A. (2022). Long-term follow-up of full-thickness skin grafting in giant incisional hernia repair: A randomised controlled trial. *Hernia*, 26, 473–479. <https://doi.org/10.1007/s10029-021-02544-z>

Jaffe, T. A., O'Connell, M. J., Harris, J. P., García, M. J. Á., & Miller, C. M. (2012). MDCT of abdominal wall hernias: Is there a role for Valsalva's maneuver? *American Journal of Roentgenology*, 184(3), 847–851. <https://doi.org/10.2214/AJR.184.3.01840847>

Karagiannopoulos, C., Griech, S., & Leggin, B. G. (2022). Reliability and validity of the ActivForce digital dynamometer in assessing shoulder muscle force across different user experience levels. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 17(4), 669–676. <https://doi.org/10.26603/001c.35577>

Kahraman, Y., & Kahraman, Y. (2023). A new hand dynamometer (ActivForce): Isometric muscle activation on single-joint muscle force of volleyball players. *Health Promotion & Physical Activity*, 25(1), 22–30. <https://doi.org/10.55225/HPPA.548>

Kokotovic, D., Bisgaard, T., & Helgstrand, F. (2016). Long-term recurrence and complications associated with elective incisional hernia repair. *JAMA*, 316(15), 1575–1582. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.15217>

Lazoura, E., Savva, C., Papacharalambous, C., Hadjileontiadis, L., & Billis, E. (2025). Intra- and inter-rater reliability of the ActivForce digital dynamometer for cervical range of motion in patients with chronic neck pain. *Physical Therapy Reviews*, 30(2), 160–169. <https://doi.org/10.1080/10833196.2025.2459977>

Mentiplay, B. F., Perraton, L. G., Bower, K. J., Adair, B., Pua, Y. H., & Clark, R. A. (2015). Assessment of lower limb muscle strength and power using handheld and fixed dynamometry: A reliability and validity study. *PLoS ONE*, 10(10), e0140822. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140822>

Parker, M., Goldberg, R. F., Dinkins, M. M., Pierce, R. A., & Finan, K. R. (2011). Pilot study on objective measurement of abdominal wall strength in patients with ventral incisional hernia. *Surgical Endoscopy*, 25, 3503–3508. <https://doi.org/10.1007/s00464-011-1744-8>

Sahu, P. K., Goodstadt, N., Ramakrishnan, A., & Silfies, S. P. (2024). Test–retest reliability and concurrent validity of knee extensor strength measured by a novel device incorporated into a weight-stack machine vs. handheld and isokinetic dynamometry. *PLoS ONE*, 19(3), e0301872. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301872>

Stark, T., Walker, B., Phillips, J. K., Fejer, R., & Beck, R. (2011). Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: A systematic review. *PM&R*, 3(5), 472–479. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.10.025>

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA EL ESTUDIO DE LA
INFLUENCIA DEL SAQUE EN LA EFICACIA DEL COMPLEJO DE JUEGO K1 EN
MINIVOLEIBOL

**Juan Ramón Quintana Montero ^{1,2,3}; Agustín Enríquez Delgado ³; Antonio Jesús
Sánchez Oliver ⁴; Antonio Muñoz Llerena ⁴**

¹ Departamento de Educación Física y Deporte, Universidad de Sevilla.

² Facultad de Humanidades, Educación y Deporte, Universidad CEU Fernando III, CEU Universities.

³ Club Deportivo Centro de Tecnificación Quintana de Sevilla.

⁴ Departamento de Motricidad Humana y Rendimiento Deportivo, Universidad de Sevilla

ORCID Juan Ramón Quintana Montero: 0000-0002-5856-8139

ORCID Antonio Jesús Sánchez Oliver: 0000-0001-9022-6043

ORCID Antonio Muñoz Llerena: 0000-0002-7715-8012

Resumen:

En todas las etapas de voleibol y especialmente en voleibol formativo en edad escolar, el saque es un factor determinante en el rendimiento. En las categorías benjamín (9-10 años) y alevín (11-12 años) el resultado de un partido presenta una gran correlación con el tipo de saque que efectúa cada equipo, ya que este influye de manera determinante en el desarrollo del sistema de recepción (complejo de juego K1) del equipo adversario y por lo tanto en el éxito y continuidad en el juego. El presente trabajo expone el desarrollo e implementación de una herramienta digital diseñada ad hoc, para el análisis sistemático in situ del complejo de juego K1 en voleibol, considerando como variable independiente el tipo de saque ejecutado por el equipo oponente. La herramienta permite registrar de forma estructurada parámetros clave como el tipo de saque, saque de seguridad (1), saque de tenis (2) o saque en suspensión (3), la calidad de la recepción, la eficacia de la colocación y el resultado del ataque posterior.

La utilización de esta herramienta informática nos ha permitido y facilitado la investigación y estudios posteriores. El presente estudio de carácter observacional y descriptivo se llevó a cabo durante la temporada 24-25 en competiciones escolares de Sevilla, analizando 1440 saques en 15 equipos de categoría alevín. La aplicación permitió registrar parámetros clave como el tipo de saque, la calidad de la recepción y el tipo de gesto técnico con el que se realiza el ataque. Los resultados obtenidos evidencian que el saque de seguridad favorece significativamente la construcción del juego del rival a tres toques (90% de continuidad), mientras que los saques de tenis y en suspensión reducen drásticamente la eficacia del complejo de juego K1, permitiendo menos del 10% de jugadas elaboradas con éxito. Se concluye que la herramienta es válida para la toma de decisiones estratégicas y que el tipo de saque es un condicionante crítico en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Palabras claves: Voleibol, saque, recepción, aplicación informática, eficacia.

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

1.1. La práctica deportiva en edad escolar

La práctica deportiva en las etapas iniciales constituye el lugar y el momento ideal para crear y fijar valores de adherencia y compromiso en los jóvenes hacia la práctica de actividad física y el deporte. El deporte escolar es el origen del deporte, es un momento crítico hacia su participación futura. Parlebás (1999) nos habla del papel tan relevante que tiene el deporte en la educación de la sociedad. En esta etapa los alumnos/as descubren prácticas deportivas a través de la experimentación y participación en las clases de educación Física, el juego libre en la calle con los amigos y/o la observación del juego de otros. El juego y la práctica deportiva socializan al niño/a por lo que debemos tener especial sensibilidad y cuidado en estas etapas que aseguren su práctica continuada. Todas las experiencias iniciales se anclan en sus emociones con significatividad, por la que considero esencial que la práctica deportiva se desarrolle con unas características y connotaciones agradables, positivas y significativas, que incrementen las posibilidades de que el alumno/a se enamore de esa actividad y la practique de manera regular y consistente.

1.2. Las fases de juego en voleibol

Cuando empleamos el término complejos de juego, nos estamos refiriendo al concepto utilizado en otros deportes como fases de juego. En voleibol diferenciamos dos momentos principales. Consideramos un primer momento, la llamada fase de cambio de saque o side-out, que es cuando tu rival saca (complejo de juego k0 y posteriormente k2) y tu equipo está en fase de recepción del saque (complejo de juego k1), basamos nuestra acción en la recepción del saque y posterior ataque. Existe otra fase de juego denominada break point, que es cuando tu equipo está en disposición del saque (complejo de juego k0 y posteriormente k2) y por lo tanto basará su acción en la defensa y posterior contraataque. Según Ureña y Moreno (2024) algunos estudios, como los de Palao et al. (2005) y Silva et al. (2016), dirigidos al rendimiento de las distintas rotaciones, consideran que el voleibol son varios enfrentamientos distintos en uno, debido a las características del juego en el que los jugadores deben rotar en sus posiciones cada vez que obtengamos puntos en fase de side-out. En el caso del mini voleibol serían 4.

Selinger y Ackermann (1986) estudian el rendimiento de un equipo en función de cada una de las rotaciones. Dicho rendimiento presenta una serie de equilibrios a lo largo del partido. El punto (o rally) es la secuencia de juego comprendida desde el momento del golpeo de saque por el sacador hasta que el balón queda fuera de juego. Cada punto caracteriza la disposición de cada equipo por la situación en la que se encuentra el equipo al comienzo del rally, en función de si está o no en posesión del saque. Molina y Salas (2009) discuten la propiedad del concepto clásico de fase del juego (diferenciación entre fase de saque y fase de cambio), desde la implantación del rally point system en 1999.

Habría que definir el término complejo de juego, habitual en voleibol para referirse al concepto fase de juego. Ureña y Moreno (2024) lo definen como la secuencia de acciones típica de una jugada, que comienza con la neutralización del balón procedente del oponente, seguido de la construcción y la culminación en ataque.

Para nuestro estudio, solo tendremos en cuenta el complejo de juego k0, saque y el complejo de juego k1, recepción, inicio del ataque o colocación y ataque. El punto o rally puede prolongarse con sucesivos

intercambios de balón y evidentemente el equipo con más posibilidades de obtener punto deberá dominar todos los momentos del juego con más pericia que su oponente en cada una de las rotaciones y situaciones que se presenten.

1.3. El auge del minivoleibol

La práctica de minivoleibol, que es la modalidad específica del voleibol adaptada al desarrollo evolutivo de los alumnos de 6 a 12 años, se ha incrementado de manera exponencial en España en los últimos 10 años. Este incremento conlleva una gran responsabilidad por parte de los educadores deportivos, que deben cuidar estas primeras experiencias deportivas de sus alumnos/as, con una praxis adecuada y adaptada, en la que aseguremos y propiciemos el éxito en la continuidad del juego, que sin duda es un factor determinante para que los jóvenes se enganchen al deporte y ocupen sus ratos libres, de ocio o actividades extraescolares, haciendo deporte y jugando a voleibol.

El incremento, desde hace años, de la práctica de voleibol en edad escolar, especialmente en categoría femenina, está repercutiendo de manera positiva en el mayor número de participantes, que incide directamente en el incremento de nivel de nuestras competiciones, mejorando la prestación de nuestros deportistas en todas las etapas y categorías. Esta mejora se está traduciendo en la aparición de referentes a los que seguir, imitar y suponen un importante estímulo para nuestros alumnos/as.

1.4. La importancia del saque en minivoleibol

Como demuestran en sus estudios (Moreno, Molina y Santos, 2008) y Ureña et al., (2011) el saque es un factor diferencial en el rendimiento en voleibol. Según un estudio realizado con jugadores y equipos de alto nivel masculino el 74% de las jugadas analizadas tenían una duración entre 1-5 segundos (Sánchez-Moreno, et al., 2016). Este dato nos alerta de la poca duración de las jugadas o rallies en voleibol de alto nivel y puede ser debido a no poseer un dominio técnico suficiente, el rival tiene un nivel más alto que el nuestro o simplemente el saque marca la diferencia en el juego. Si queremos enganchar a nuestros alumnos/as a la práctica del voleibol el punto debe durar más tiempo.

Para favorecer los objetivos que nos proponemos una buena opción es introducir reglas de provocación o manipular las tareas de entrenamiento a través de condicionantes o constrains (Renshaw, et al., 2010). Siguiendo esta metodología no lineal, una buena opción metodológica sería facilitar el complejo de juego k1, “obligando” al equipo poseedor del saque a realizar un saque de seguridad o de abajo, ya que como podremos comprobar en los resultados del estudio, este tipo de saque contribuye al éxito en la recepción y favorece la mayor duración de la jugada. Algunos educadores deportivos con experiencia en el aprendizaje motor, introducen reglas de provocación no permitidas en el juego, como el bote, para incrementar el éxito y la continuidad. Según Newell (1996), la acción de juego encierra el objetivo y es la primera y natural fuente de aprendizaje motor.

Ureña y Moreno (2024) definen la jugada como la acción o conjunto de acciones que un equipo desarrolla durante la posesión del balón. En este sentido la puesta en juego del balón mediante el saque es un factor determinante para la continuidad y éxito en el juego.

En todas las etapas de voleibol y especialmente en voleibol formativo en edad escolar, el saque es un factor determinante en el rendimiento (Moreno, Molina y Santos, 2008) y Ureña et al., (2011). En las categorías benjamín y alevín el resultado de un partido, presenta una gran correlación con el tipo de saque

que efectúa cada equipo, ya que este influye de manera determinante en el desarrollo del sistema de recepción (complejo de juego K1) del equipo adversario y por lo tanto en el éxito y continuidad en el juego. Es labor de los educadores, partiendo de los elementos formales del juego que define Antón (1998), cuidar que estos aparezcan de manera adecuada en el diseño de tareas de entrenamiento facilitando y propiciando la continuidad y éxito en el juego elaborado. El saque supone un elemento disruptivo, que a veces nos aleja de la continuidad en el juego, ya que a menudo lo anula o impide, debido al error en el mismo, o por la dificultad de contrarrestar por parte del adversario determinados tipos de saque.

1.5. Aplicación informática para la toma de datos

Debido a lo expuesto anteriormente, y como consecuencia de la preocupación por enganchar y motivar a mis alumnos/as de educación física y/o escuelas deportivas hacia la práctica de un deporte tan coeducativo e integrador como el voleibol, surge la necesidad de crear una herramienta informática para tomar los datos necesarios, que corroboren mi tesis.

El presente trabajo expone el desarrollo e implementación de una herramienta digital diseñada ad hoc, para el análisis sistemático in situ del complejo de juego K1 en voleibol, considerando como variable independiente el tipo de saque ejecutado por el equipo oponente.

Como podemos observar en la figura 1, la cabecera de la aplicación informática es atractiva y fácil de manejar. La herramienta permite registrar de forma estructurada parámetros clave como el tipo de saque (saque de seguridad (1), saque de tenis (2) o saque en suspensión (3), la calidad de la recepción, la eficacia de la colocación y el resultado del ataque posterior.

La utilización de esta herramienta informática nos ha permitido y facilitado la investigación y estudio posterior. El presente estudio de carácter observacional y descriptivo se llevó a cabo durante la temporada 24-25 en competiciones escolares de Sevilla, analizando 1440 saques en 15 equipos de categoría alevín. La aplicación permitió registrar parámetros clave como el tipo de saque, la calidad de la recepción y la continuidad ofensiva.



Figura 1
Cabecera de la aplicación informática

2. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

El estudio presenta un diseño de tipo observacional y carácter descriptivo. La toma de datos se realizó durante la temporada 24-25 en competiciones educativas en edad escolar en Sevilla, abarcando un periodo desde octubre de 2024 hasta marzo de 2025.

Consideramos que el deporte escolar, tiene un gran poder educativo y formador, por lo que cualquier competición dirigida a ese sector de la población, etapa de educación primaria (6 a 12 años), debe tener la sensibilidad y misión de ayudar a que los alumnos/as puedan tener éxito en sus acciones.

- Para nuestro estudio se han analizado partidos de competición de las siguientes ligas escolares:
- Liga provincial de Sevilla. Delegación de Sevilla. Federación Andaluza de voleibol. Liga de carácter federado que depende de la Federación española de voleibol. RFEVB.
- Campeonato de Andalucía. Cadeba. Granada 2025. Federación Andaluza de voleibol.
- Copa de España de minivoleibol. Guadalajara 2024.
- Liga Edúcate con el deporte. Liga LED. Junta de Andalucía. Fase provincial de Sevilla y fase regional. Instituto andaluz del deporte. Málaga. 2025.
- Juegos escolares provinciales. Escuelas católicas de Sevilla. Curso 2024-2025.
- Juegos nacionales escolares. Juegos EMDE. Torremolinos 2025.

2.2. Muestra

La muestra objeto de estudio estuvo compuesta por la observación, toma de datos y análisis de 15 equipos de categoría alevín. Fueron analizados 192 jugadoras/es en dichos encuentros. Se registraron y analizaron un total de 1440 jugadas (Ureña y Moreno, 2024), con sus correspondientes acciones de saque y recepción distribuidas a lo largo de 15 partidos oficiales de las competiciones anteriormente mencionadas.

2.3. Instrumento: Aplicación informática

Para la recogida de datos se desarrolló e implementó una aplicación informática ad hoc (formato APP). Esta herramienta digital permite registrar de forma estructurada y en tiempo real las siguientes variables:

- Variable independiente: Tipo de saque, categorizado en Saque de seguridad (1), Saque de tenis (2) y Saque en suspensión (3). En la figura 2, se puede observar el momento en el que la aplicación te permite seleccionar cada tipo de saque.
- Variables dependientes: Calidad de la recepción, eficacia de la colocación, resultado del ataque posterior y construcción del juego (conteo de toques).



Figura 2
Elección tipo de saque

Todos los partidos analizados fueron grabados desde el fondo de la pista, mediante la cámara de un móvil de alta resolución angular, situado a una altura con respecto al suelo de entre 250cm y 300cm. Dichas grabaciones nos han permitido realizar el análisis de las acciones con más detenimiento en casa, para confrontar los datos obtenidos in situ, durante el partido con la aplicación. Tras finalizar cada partido, todos los datos obtenidos se han exportado a una hoja de cálculo en archivo Excel y tratados para una mejor visualización de estos.

3. RESULTADOS

El análisis de los 1440 saques registrados mediante la aplicación informática arrojó diferencias significativas en la eficacia del complejo de juego K1, de un equipo B, según la tipología del saque efectuado por el equipo A. Estos resultados que analizaremos de manera detallada, pormenorizada y minuciosamente en un siguiente capítulo, nos dan los siguientes registros:

3.1. Eficacia de la recepción ante el saque de seguridad

Los datos indican que los saques de seguridad (1) facilitan la continuidad del juego. El 90% de estos saques fueron recibidos y devueltos al campo contrario mediante una jugada elaborada de tres toques, generando mayores porcentajes de éxito en la construcción ofensiva. Consideramos que la aparición del éxito en el juego repercutirá positivamente en la adhesión del alumno a esta actividad, incrementando su motivación hacia el proceso.

3.2. Impacto de los saques de tenis y en suspensión

En contraposición, la ejecución de saques de tenis (2) o en suspensión (3) disminuyó significativamente la calidad y prestación de la recepción. Menos del 45% de estos balones fueron devueltos al campo contrario. Más crítico aún para la formación es el dato de construcción de juego: menos del 10% de las recepciones tras estos saques permitieron una jugada elaborada de tres toques. Consideramos que la disminución tan drástica del éxito en el juego, como consecuencia de la dificultad que supone recibir un saque de tenis o en suspensión, puede derivar de manera negativa en la motivación y adhesión del alumno hacia la actividad, ya que puede tener una mala autopercepción de sus cualidades y posibilidades de éxito en esta disciplina deportiva.

4. DISCUSIÓN

El efecto que tiene el saque sobre el complejo de juego k1 y la recepción ha sido estudiado por numerosos autores (Palao y Hernández, 2010) y (Callejón y Hernández, 2009). En dichos estudios la fase de side-out se analiza de manera detallada y pormenorizada. La mayoría de los estudios publicados toman como referencia el voleibol de alto nivel. No existen apenas investigaciones sobre el rendimiento de la recepción en categorías de formación y menos en minivoleibol, la cual es actualmente el ámbito de investigación en el que me estoy moviendo. En alto nivel el equipo que recibe, complejo de juego k1 presenta elevados % de éxito para la obtención del punto.

Sin embargo, estos términos se invierten en las primeras etapas en voleibol. La fase de break point (k0), en el que el equipo posee el saque, en el voleibol formativo tiene un porcentaje muy significativo de éxito, si lo comparamos con el alto nivel. El equipo que saca tiene mayor porcentaje de obtención de puntos que el equipo que se encuentra en k1. El saque prevalece sobre la recepción, y más si este saque procede de un saque de tenis o en suspensión, como se demostrará en mi siguiente capítulo de libro, según los datos obtenidos en el segundo estudio realizado.

5. CONCLUSIONES

A partir del análisis realizado mediante la herramienta tecnológica desarrollada, se extraen las siguientes conclusiones:

- Validez de la herramienta: La aplicación informática ha demostrado ser de gran utilidad para el análisis técnico-táctico, aportando información relevante y objetiva para la toma de decisiones pedagógicas, estratégicas y reglamentarias tanto en contextos de formación como de alto rendimiento.
- Facilidad de uso de la aplicación informática: El diseño de la aplicación, simple y sencillo, permite al educador deportivo, tomar datos in situ de manera rápida e intuitiva, sin necesidad de poner el foco en el acto educativo que se está llevando a cabo. Cualquier jugador que no esté participando o cualquier observador externo, puede utilizar la herramienta sin necesidad de tener experiencia o formación específica previa en voleibol o aplicaciones informáticas. La aplicación para la toma de datos del saque y eficacia en la recepción se puede utilizar en cualquier dispositivo móvil y presenta un diseño muy atractivo, visual e intuitivo.
- Obtención de datos y resultados en el acto: El diseño de la aplicación permite exportar en el acto los datos registrados. En la figura 3 se observa la tabla Excel exportada con los datos obtenidos

para su estudio. Dichos registros se vuelcan en una hoja Excel de la que podemos disponer de manera inmediata para el análisis.

- Impacto formativo del saque: La utilización temprana de saques de tenis y en suspensión en categorías alevines perjudica la construcción del juego elaborado, limitando las oportunidades de ataque organizado.
- Fomento del juego colectivo: El saque de seguridad contribuye y facilita decisivamente el éxito en el juego colectivo, incrementando las posibilidades de experimentar situaciones positivas en la práctica. Estas experiencias son fundamentales para la adherencia deportiva y la continuidad de los jóvenes atletas en la práctica del voleibol.

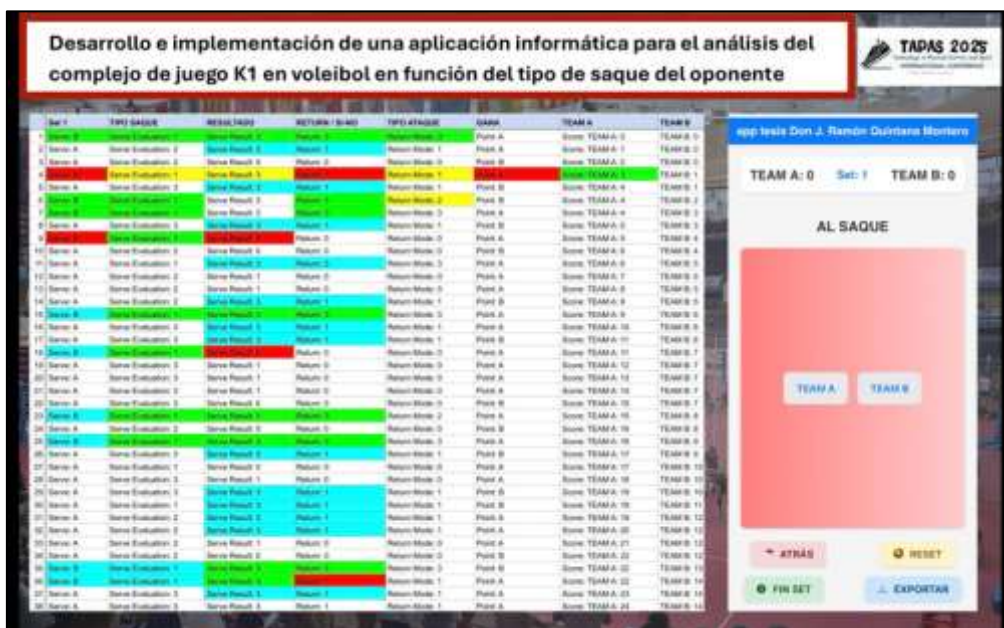


Figura 3

Archivo excel generado por la aplicación

REFERENCIAS

- Antón, J. L. (1998). *Táctica grupal ofensiva, concepto estructura y metodología*. Gymnos.
- Callejón, D., & Hernández, C. (2009). Estudio y análisis de la recepción en el Voleibol Masculino de Alto Rendimiento. RICYDE. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 5(16), 34-51.
<https://doi.org/10.5232/ricyde2009.01603>
- Molina, J. J., & Salas, C. (2009). *Voleibol táctico*. Paidotribo
- Moreno, M.P., Molina, J.J., y Santos, J.A. (2008). *El saque, sus variables y repercusiones*. Clinic Memorial Toño Santos. Granada.

- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. En M. G. Wade y H. T. A. Whiting (Eds.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control* (pp. 341-360). NATO Scientific Affairs Division.
- Palao, J. M., & Hernández, E. (2010). *Student Notebook. An Evaluation Instrument for Volleyball Learning*. Self-edition.
- Parlebas, P. (2001). *Juegos, deporte y sociedad. Léxico de praxiología motriz*. Paidotribo.
- Quintana Montero, J.R; Sánchez Oliver, A; Muñoz Llerena, A. y Enríquez Delgado, A. (2025). Efecto del tipo de saque sobre la eficacia y el desarrollo del complejo de juego K1 en categoría alevín. Congreso internacional TAPAS 2025. Sevilla.
- Renshaw, I., Chow, I. Y., Davids, K., & Hammond, J. (2010). A constraints-led perspective to understanding skill acquisition and game play: a basis for integration of motor learning theory and physical education praxis? *Physical Education and Sport Pedagogy*, 15(2), 117-137.
<https://doi.org/10.1080/17408980902791586>
- Sánchez-Moreno, J., Afonso, J., Mesquita, I., & Ureña, A. (2016). Dynamics between playing activities and rest time in high-level men's volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(1), 317-331. <https://doi.org/10.1080/24748668.2016.11868889>
- Ureña, A., Vavassori, R., León, J., y González, M. (2011). Efecto del saque en suspensión sobre la construcción del ataque en el voleibol. *RICYDE. Revista Internacional De Ciencias Del Deporte*, 7(26), 384-392.
- Ureña Espa, A., & Moreno Arroyo, M. P. (2024). Definición de los componentes del juego en voleibol desde un enfoque sistémico. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, 57, 570-580. <https://doi.org/10.47197/retos.v57.106594>

LAS TECNOLOGÍAS TRANSFORMAN EL MODELO EDUCATIVO EN LAS AULAS UNIVERSITARIAS: ESTUDIAR NEUROCIENCIA CON REDES SOCIALES

Marta Gutiérrez Moreno

*Doctora en Medicina y Cirugía con Mención Internacional
Centro Universitario San Isidoro (Universidad Pablo de Olavide)
0009-0004-6720-2931*

María Jesús Muñoz Fernández

*Doctora en Fisioterapia
Escuela Universitaria de Osuna (Universidad de Sevilla)
0000-0001-9941-8818*

Resumen:

El método de enseñanza universitario ha evolucionado tanto o más, como nuestra vida con la llegada de las redes sociales. Ya no solo se utilizan como herramienta de ocio para la interacción personal trascendiendo fronteras geográficas, culturales y profesionales, sino que se pueden convertir en un recurso didáctico más para emplear en disciplinas como medicina, psicología o fisioterapia. Mediante este estudio descriptivo y transversal se comprueba la eficacia y efectividad del uso de una red social en el estudio de la neurociencia: incorporar el uso de redes sociales como recurso didáctico dentro del plan formativo universitario, puede facilitar la asimilación y comprensión de conceptos tan complejos como la fisiología del dolor crónico, entre una población que está familiarizada con las nuevas tecnologías. Adaptando la enseñanza a las realidades digitales actuales, se plantea la red social como una oportunidad para promover la salud y difundir información científica a la sociedad.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las redes sociales se han convertido en un fenómeno global que trasciende toda clase de fronteras. Su uso se extiende a múltiples esferas de la vida cotidiana: desde la comunicación interpersonal entre personas de distintos continentes, hasta la promoción de negocios, la expresión artística, la superación del miedo escénico o incluso como herramienta terapéutica frente al aislamiento social. Este crecimiento exponencial ha transformado la manera en que los individuos interactúan, aprenden y se relacionan con el conocimiento, generando un nuevo paradigma en la transmisión de información.

En el ámbito educativo, las redes sociales han comenzado a ser exploradas como recursos didácticos innovadores. Ya hay estudios que señalan su integración en la enseñanza universitaria puede favorecer la participación activa del alumnado, estimular la creatividad y mejorar la comprensión de conceptos complejos mediante formatos más accesibles y dinámicos. Plataformas como TikTok, Instagram o YouTube, inicialmente concebidas para el entretenimiento, se han convertido en espacios donde también circula contenido académico y científico.

La neurociencia, disciplina que estudia el funcionamiento del sistema nervioso y sus implicaciones en la salud, representa un reto particular en la formación de los futuros fisioterapeutas. Sus conceptos, a menudo abstractos y difíciles de asimilar desde la teoría, requieren estrategias pedagógicas que faciliten su comprensión y aplicación práctica. En este contexto, surge la pregunta de si las redes sociales pueden convertirse en un medio eficaz para transmitir conocimientos especializados, favoreciendo tanto la adquisición de competencias tecnológicas como la capacidad comunicativa de los estudiantes.

El presente trabajo se centra en analizar la viabilidad de integrar las redes sociales como herramienta didáctica en el ámbito universitario, específicamente en el estudio de la neurociencia aplicada al dolor crónico en estudiantes de grado de fisioterapia. La propuesta parte de la necesidad de adaptar la enseñanza a las nuevas realidades digitales, reconociendo que los estudiantes universitarios son usuarios activos de estas plataformas y que su incorporación al proceso formativo puede generar un entorno más participativo, motivador y cercano a su experiencia cotidiana.

2. OBJETIVOS

Se establecieron dos objetivos principales a estudiar: por una parte, integrar las nuevas tecnologías en la enseñanza universitaria y, por otro, promover la participación activa del alumnado para una mejor asimilación de conceptos de neurociencia ya que es hoy día fundamental que el alumnado sea protagonista de su aprendizaje y no un mero receptor de información.

Como objetivos secundarios, se buscó promover la salud en las redes sociales desde el ámbito universitario, crear contenido en redes sociales acerca de la neurociencia y el dolor crónico, desarrollar materiales audiovisuales breves y de fácil comprensión, facilitar la habilidad práctica de la comunicación entre los estudiantes universitarios, mejorar la capacidad para transmitir mensajes claros y efectivos en contextos profesionales.

3. MATERIAL Y MÉTODO

El presente estudio se llevó a cabo en la parte práctica de la asignatura Fisioterapia en Especialidades Clínicas III, impartida durante el primer cuatrimestre del cuarto curso del Grado en Fisioterapia en la Escuela Universitaria de Osuna (Sevilla). La población participante estuvo conformada por 85 estudiantes matriculados, quienes aceptaron participar de manera libre, voluntaria y gratuita en el proyecto.

3.1 Materiales empleados

Se seleccionó la red social TikTok como entorno principal de difusión, por su popularidad entre los jóvenes y su formato de vídeos cortos. Se utilizaron las métricas proporcionadas por TikTok Analytics para evaluar el alcance y la interacción de los contenidos publicados (visualizaciones, seguidores, Likes y comentarios). Se diseñaron encuestas de carácter cualitativo y cuantitativo, administradas a través de Google Forms, con el objetivo de valorar la percepción del alumnado antes y después de la experiencia. Como recursos tecnológicos para la grabación y edición de los contenidos, los participantes emplearon teléfonos móviles, ordenadores portátiles, tablets y softwares de edición básica de vídeo.

3.2 Procedimiento

El proyecto se estructuró en varias fases: en primer lugar, los estudiantes se organizaron en equipos de hasta cuatro integrantes y eligieron un tema relacionado con la neurociencia y el dolor crónico. En segundo lugar, debían elaborar guiones breves y adaptados al formato audiovisual de TikTok, y proceder a su grabación. En tercer lugar, debían editar el contenido y publicarlo en las cuentas creadas por los grupos, siempre con una duración máxima de sesenta segundos. Y por último, durante un mes se realizó la recopilación de las métricas digitales de cada cuenta y se compararon los resultados obtenidos en términos de alcance e interacción; se aplicaron encuestas pre- y post- proyecto para medir la evolución en la percepción del alumnado un seguimiento sobre el uso de redes sociales como herramienta educativa y como ayuda para el desarrollo de habilidades comunicativas y tecnológicas.

3.3 Diseño del estudio

Se trata de un estudio descriptivo de tipo transversal y observacional, ya que se analizó la experiencia de un grupo de estudiantes universitarios durante un período de tiempo concreto y no hubo manipulación experimental ni de variables, limitándonos a describir los resultados obtenidos y las percepciones recogidas.

3.4 Consideraciones éticas

La participación fue voluntaria y se garantizó la confidencialidad de los datos. Los estudiantes fueron informados previamente de los objetivos del proyecto y se obtuvo su consentimiento para el uso de las métricas digitales y las respuestas a las encuestas con fines académicos.

4. RESULTADOS

La participación de los grupos fue muy activa, manteniendo una frecuencia de publicación constante, con una media de tres vídeos semanales por equipo. Durante el mes que duró el estudio, se produjeron un total de casi cuatrocientos vídeos.

En lo que respecta a las métricas digitales, cada vídeo generó un promedio de cincuenta nuevos seguidores por cuenta y se registraron más de mil interacciones en total. Los vídeos con mayor impacto fueron los que abordaron estrategias prácticas de manejo del dolor crónico; los contenidos que tuvieron menos alcance fueron los específicamente teóricos.

En las encuestas cualitativas, se observó un cambio significativo en la percepción de las redes sociales como herramienta educativa. El 92% de los estudiantes recomendaría esta metodología a futuros alumnos, destacando su carácter innovador y motivador. El 97% consideró que la elaboración de vídeos mejoró su comprensión del tema, al obligarles a sintetizar y explicar conceptos complejos de manera clara y accesible. Sólo un 17% manifestó no haber aumentado su habilidad tecnológica.

5. DISCUSIÓN

Al tratarse de una actividad voluntaria, no se esperaba que la totalidad del alumnado matriculado en la asignatura participara activamente en el proyecto y con un alto nivel de compromiso.

Hubo un flujo continuo de contenidos relacionados con la neurociencia aplicada al dolor crónico y se publicaron contenidos nuevos de salud en la red social TikTok. Se obtuvo una adecuada respuesta por parte de la audiencia, cuya creciente participación animaba al estudiantado a seguir publicando contenidos. Se ha objetivado un mayor interés por los aspectos prácticos de la neurociencia y no tanto por los conceptos teóricos: parecen buscarse soluciones más que encontrar la causa del problema.

El tiempo de seguimiento ha sido quizás escaso pero suficiente para poner de manifiesto que con estas herramientas tecnológicas actuales es posible promover la salud de una forma divertida y coloquial, usando un lenguaje verbal y no verbal que invita a una mejor comprensión de los contenidos científicos por parte del público receptor.

Se puede considerar que si ha sido fácilmente factible y muy útil el uso de redes sociales como herramienta docente en un tema complejo y delicado con la neurociencia, entonces puede ser aplicable en otras áreas del ámbito universitario.

Además de los objetivos planteados, varios estudiantes iniciaron su promoción profesional en redes sociales, aprovechando la experiencia para crear perfiles académicos y difundir información sobre fisioterapia y neurociencia. Esto abre las puertas para futuros estudios de investigación: uso de las nuevas tecnologías y las redes sociales como novedosa oportunidad de promoción laboral para futuros fisioterapeutas y otros profesionales del ámbito sanitario.

6. CONCLUSIONES

Las nuevas tecnologías han transformado el modelo educativo. Se pueden integrar fácilmente las nuevas tecnologías en el ambiente universitario. Tienen además una buena aceptación y una alta satisfacción por parte del alumnado. Se pueden considerar como herramientas didácticas que fomentan y promueven la comprensión de conceptos difíciles que antes sólo se explicaban desde la teoría y las clases magistrales. Cuando se usan las nuevas tecnologías como método de difusión de información científica, se generan nuevos contenidos en las redes sociales; cuando esos contenidos son generados por la población universitaria, mejora su capacidad comunicativa y sus habilidades tecnológicas. Una actual entrada al mundo laboral para futuros profesionales, es el uso adecuado de las redes sociales como medio de comunicación

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Moseley, GL (2003). Uniendo fuerzas: combinación de entrenamiento de control motor centrado en la cognición con educación grupal o individual sobre fisiología del dolor: un enfoque de tratamiento para el dolor lumbar crónico. *Terapia manual*, 8 (2), 99-107. [https://doi.org/10.1016/S1356-689X\(02\)00163-0](https://doi.org/10.1016/S1356-689X(02)00163-0)

Kiefer, D. y Pantilat, SZ (2019). Enseñar a los pacientes sobre el manejo del dolor: una revisión narrativa. <https://doi.org/10.1016/j.jp.2019.03.001>

Cabero, J (2019). Las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas para la innovación educativa. *Revista de innovación educativa*, 12 (2), 45-58. <https://doi.org/10.1234/rie.v12n2.019-020>

IMPACTO DE UN ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO EN LA FUERZA DE MUJERES CON SOBREPESO Y RESISTENCIA A LA INSULINA EVALUADO CON T-FORCE SYSTEM

Pablo Casillas Llamas¹, Joaquín Ordoñez Vega¹, Antonio Jesús Sánchez Oliver², José Antonio González Jurado¹.

¹ *Facultad del Deporte, Universidad Pablo de Olavide (Sevilla, España).*

² *Departamento de Motricidad Humana y Rendimiento Deportivo, Universidad de Sevilla (Sevilla, España).*

Pablo Casillas Llamas ORCID: 0009-0002-5697-6507

Antonio Jesús Sánchez Oliver ORCID: 0000-0001-9022-6043

José Antonio González Jurado ORCID: 0000-0003-2222-6089

Resumen:

El presente capítulo analiza los efectos de un programa de entrenamiento interválico de fuerza de intensidad media-alta sobre el rendimiento físico de mujeres con sobrepeso, con y sin resistencia a la insulina, evaluado mediante el sistema T-Force, pruebas de fuerza de agarre y el test de 6 minutos caminando. Cuarenta y cuatro mujeres fueron clasificadas según el índice HOMA2-IR y siguieron un protocolo de diez semanas, llevando a cabo un régimen de entrenamiento de fuerza tipo interválico, distribuido en tres sesiones semanales. Los resultados mostraron que ambos grupos experimentaron mejoras significativas en la fuerza dinámica máxima de press de banca y prensa de piernas. Estas adaptaciones neuromusculares y funcionales sugieren que, independientemente del estado de resistencia a la insulina, el protocolo fue eficaz para incrementar la capacidad física general. Estos hallazgos respaldan la eficacia del entrenamiento interválico de fuerza como estrategia segura y eficiente para optimizar la función muscular y la aptitud física en mujeres con sobrepeso, contribuyendo a la mejora de marcadores relacionados con la salud metabólica. Además, la utilización de pruebas objetivas de rendimiento (como el T-Force) permitió cuantificar las adaptaciones neuromusculares y funcionales que no serían detectables mediante valoraciones subjetivas. En conjunto, los resultados refuerzan la importancia de diseñar programas de ejercicio estructurados y ajustados al estado metabólico individual, orientados a la mejora de la capacidad funcional y la prevención de alteraciones asociadas a la resistencia a la insulina.

1. INTRODUCCIÓN

La resistencia a la insulina (RI) constituye una alteración metabólica caracterizada por una disminución de la respuesta de los tejidos periféricos —principalmente el músculo esquelético, el hígado y el tejido adiposo— a la acción de la insulina. Esta disfunción limita la captación de glucosa e interfiere con la homeostasis energética, favoreciendo la aparición de alteraciones metabólicas como la diabetes mellitus tipo 2, el síndrome metabólico o la obesidad abdominal (Cerf, 2013; Freeman et al., 2023). En las últimas décadas, el incremento sostenido del sobrepeso y la obesidad ha contribuido de forma directa al aumento de la prevalencia de la RI, especialmente en mujeres adultas, en quienes los factores hormonales y la distribución del tejido adiposo parecen desempeñar un papel decisivo (Petersen et al., 2022).

El músculo esquelético representa el principal tejido implicado en la captación periférica de glucosa y, por tanto, constituye un elemento determinante en la regulación de la sensibilidad a la insulina (De Matos et al., 2018). La disminución de la masa y la fuerza muscular observada en mujeres con sobrepeso

o resistencia a la insulina no solo se asocia con un deterioro de la función metabólica, sino también con una reducción de la capacidad funcional y de la calidad de vida (Koenen et al., 2021). En este contexto, el entrenamiento de fuerza se ha consolidado como una intervención eficaz para mejorar la función muscular y la regulación glucémica, favoreciendo tanto el aumento de la masa magra como la optimización del metabolismo energético (Álvarez et al., 2017; Kwon et al., 2010).

Entre los distintos modelos de ejercicio, el entrenamiento interválico de fuerza de media-alta intensidad HIIT de fuerza ha emergido como una estrategia eficiente para inducir adaptaciones neuromusculares y metabólicas en periodos relativamente cortos. Este tipo de entrenamiento combina fases de esfuerzo intenso con intervalos de recuperación activa, lo que permite mantener una elevada demanda energética sin comprometer la ejecución técnica (Jelleyman et al., 2015; Soltani et al., 2020). En mujeres con resistencia a la insulina, este modelo podría resultar especialmente beneficioso, dado que promueve una mejora simultánea en la fuerza, la capacidad oxidativa y el control glucémico, aspectos íntimamente relacionados con la salud metabólica (Heiston et al., 2020; Nikseresht et al., 2014).

El análisis de la fuerza muscular mediante instrumentos de precisión, como el sistema T-Force System, permite cuantificar las adaptaciones neuromecánicas derivadas del entrenamiento y proporciona información objetiva sobre la magnitud de las mejoras en el rendimiento. Este enfoque tecnológico ofrece ventajas sustanciales frente a los métodos tradicionales, al permitir un registro continuo de la velocidad de ejecución y la potencia, variables directamente relacionadas con la capacidad funcional y el rendimiento físico (Pareja-Blanco et al., 2020).

En este contexto, el presente capítulo tiene como objetivo analizar los efectos de un programa de entrenamiento interválico de fuerza de media-alta intensidad sobre las adaptaciones de fuerza en mujeres con sobrepeso, comparando la respuesta entre aquellas con y sin resistencia a la insulina. La fuerza se evaluó mediante el sistema T-Force en ejercicios multiarticulares (press de banca y prensa de piernas), con el fin de determinar si el estado metabólico modula las adaptaciones musculares inducidas por el entrenamiento. Este trabajo busca aportar evidencia sobre la relación entre la función muscular y la salud metabólica, reforzando el papel del entrenamiento interválico de fuerza como herramienta preventiva y terapéutica en mujeres con sobrepeso y resistencia a la insulina.

2. METODOLOGÍA

2.1. Diseño del estudio y participantes

El estudio se desarrolló bajo un diseño cuasiexperimental longitudinal, con mediciones realizadas en tres momentos: antes del inicio del programa de entrenamiento (preintervención), tras su finalización (postintervención) y después de un periodo de cuatro semanas de desentrenamiento (seguimiento). Participaron cuarenta y cuatro mujeres con sobrepeso u obesidad ($IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$), físicamente inactivas y sin antecedentes de patologías que limitaran la práctica de ejercicio físico.

Las participantes fueron clasificadas en dos grupos en función de su resistencia a la insulina, determinada mediante el índice HOMA2-IR. De acuerdo con los valores de referencia propuestos por Ghasemi et al., (2015), se consideró resistencia a la insulina (IR) cuando el valor de HOMA2-IR fue igual o superior a 1,8. Así, el grupo IR estuvo formado por veintiuna mujeres, y el grupo sin resistencia a la insulina (NoIR) por veintitrés.

Todas las participantes otorgaron su consentimiento informado por escrito antes de su inclusión en el estudio, el cual se desarrolló de acuerdo con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki.

2.2. Protocolo de entrenamiento

La Figura 1 muestra el diseño y el protocolo de entrenamiento aplicado en la intervención.



IR: grupo con resistencia a la insulina; NoIR: grupo sin resistencia a la insulina; MI: miembro inferior; MS: miembro superior.

Figura 1. Diseño experimental y cronología del protocolo de entrenamiento interválico de fuerza de media-alta intensidad aplicado en mujeres con sobrepeso, con y sin resistencia a la insulina

El programa de entrenamiento tuvo una duración total de diez semanas, con una frecuencia de tres sesiones semanales en días alternos y una duración aproximada de sesenta minutos por sesión. Las sesiones se realizaron bajo supervisión profesional y se estructuraron en tres fases: calentamiento, parte principal y vuelta a la calma.

El calentamiento (10–15 minutos) incluyó ejercicios de movilidad articular, activación cardiovascular y movimientos específicos de los ejercicios del circuito. La parte principal consistió en un entrenamiento interválico de fuerza en formato de circuito, compuesto por seis ejercicios multiarticulares que involucraban grandes grupos musculares, alternando el trabajo de tren inferior, tronco y tren superior. Los ejercicios fueron: sentadilla asistida, flexión con apoyo, tracción de hombros con bandas elásticas, tracción de espalda en "TRX", flexo-extensión de tronco y extensión unipodal sobre step.

Durante las dos primeras semanas, las participantes realizaron tres vueltas al circuito, con intervalos de treinta segundos de trabajo y treinta segundos de descanso, manteniendo una intensidad percibida baja (sRPE = 2/10) para facilitar la familiarización con los ejercicios y la escala de esfuerzo. A partir de la tercera semana, se aumentó progresivamente el volumen y la intensidad hasta completar cuatro vueltas, con intervalos de sesenta segundos de trabajo y quince segundos de descanso entre ejercicios, y dos minutos entre series completas. La intensidad global se mantuvo entre el 70 y el 85 % de la frecuencia cardíaca máxima estimada, correspondiente a una percepción subjetiva del esfuerzo de 7–8/10 en la escala sRPE (Foster et al., 2021).

La carga interna se monitorizó mediante el registro de la sRPE cinco minutos después de cada sesión. En todas las sesiones se enfatizó la correcta ejecución técnica, el control postural y la estabilidad durante el movimiento. La vuelta a la calma (10–15 minutos) incluyó estiramientos y ejercicios para favorecer la recuperación.

2.3. Evaluaciones y mediciones

Las evaluaciones se realizaron una semana antes del inicio del programa, al finalizar las diez semanas de entrenamiento y tras cuatro semanas de desentrenamiento. Se analizaron variables relacionadas con la composición corporal y la fuerza muscular, siendo estas últimas el foco del presente capítulo.

La fuerza dinámica máxima (1RM estimada) se valoró mediante el sistema T-Force (Ergotech®, España), que utiliza un transductor lineal de posición para medir la velocidad media propulsiva durante la fase concéntrica del movimiento. Las pruebas se realizaron en los ejercicios de press de banca (tren superior) y prensa de piernas (tren inferior). Tras un calentamiento estandarizado, las participantes ejecutaron series de carga progresiva hasta alcanzar velocidades próximas a $0,30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, calculándose la carga máxima teórica mediante la relación carga-velocidad descrita por Pareja-Blanco et al., (2020).

Las evaluaciones se realizaron bajo condiciones controladas, en el mismo horario y por el mismo equipo investigador, a fin de reducir la variabilidad interindividual. Los datos fueron analizados con el software estadístico IBM SPSS Statistics.

3. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en las variables de fuerza dinámica máxima tras las diez semanas de intervención y el periodo posterior de desentrenamiento. Se muestran los valores medios de los tests de press de banca y prensa de piernas, en ambos grupos de mujeres con sobrepeso, sin resistencia a la insulina (Figura 2 y 3) y con resistencia a la insulina (Figura 4 y 5).

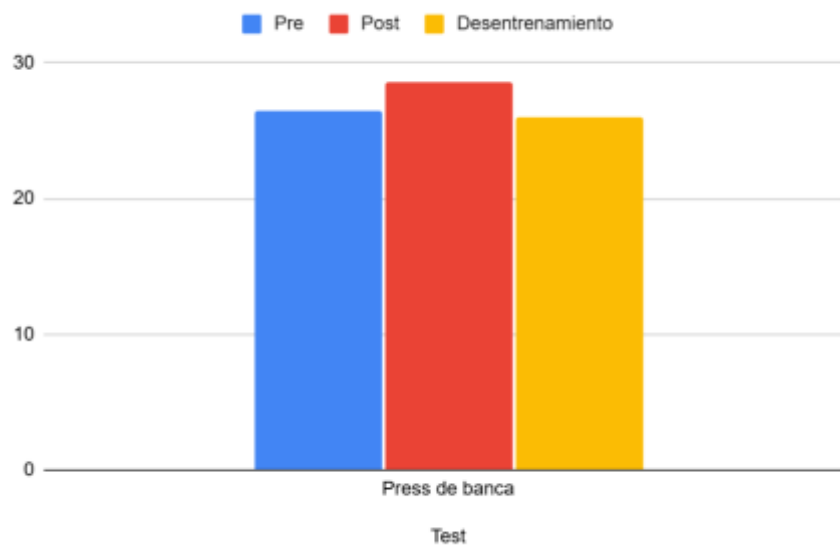


Figura 2. Pre, post y Desentrenamiento de los datos medios evaluados en el press de banca para el grupo sin resistencia a la insulina (NoIR) (Datos en Kg).

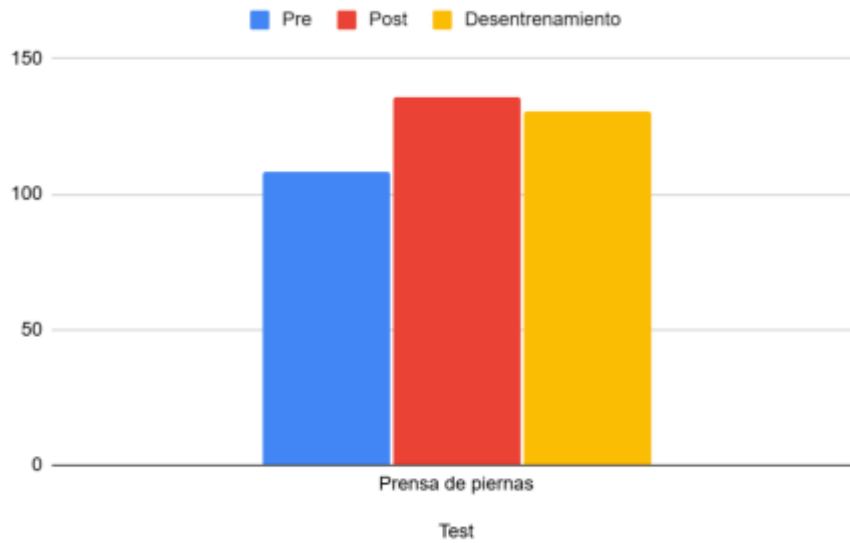


Figura 3. Pre, post y Desentrenamiento de los datos medios evaluados en la prensa de piernas para el grupo sin resistencia a la insulina (NoIR) (Datos en Kg).

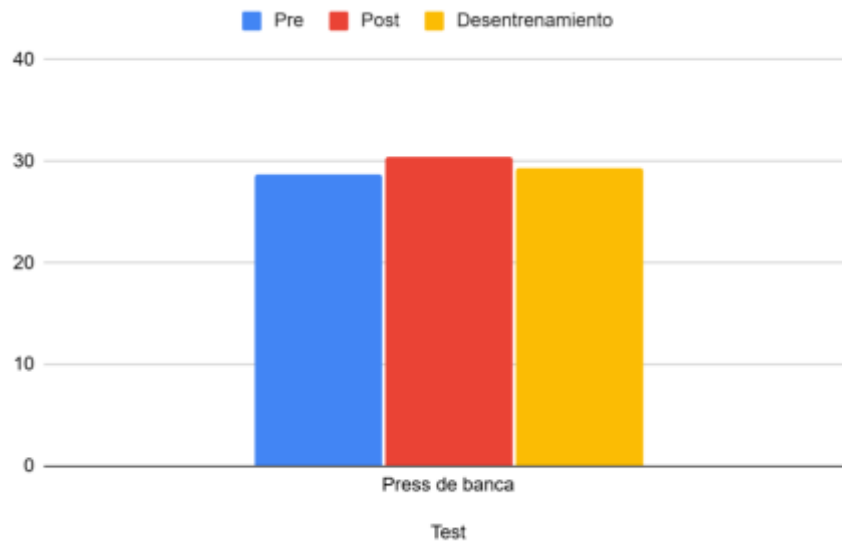


Figura 4. Pre, post y Desentrenamiento de los datos medios evaluados en el press de banca para el grupo con resistencia a la insulina (IR) (Datos en Kg).

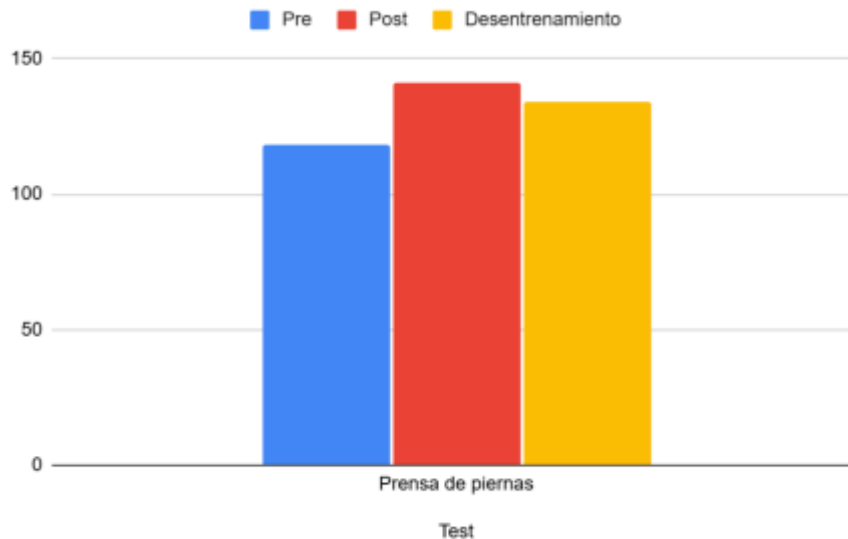


Figura 5. Pre, post y Desentrenamiento de los datos medios evaluados en la prensa de piernas para el grupo con resistencia a la insulina (IR) (Datos en Kg).

Tras diez semanas de entrenamiento interválico de fuerza, ambos grupos mostraron mejoras significativas en la fuerza dinámica, especialmente en los ejercicios multiarticulares evaluados mediante el sistema T-Force (press de banca y prensa de piernas). Las adaptaciones siguieron una tendencia similar en las participantes con y sin resistencia a la insulina, aunque con algunas diferencias en la magnitud de la respuesta según el grupo y el ejercicio analizado.

En la prensa de piernas, el grupo con resistencia a la insulina (IR) incrementó la carga máxima teórica desde $118,0 \pm 22,4$ kg en la evaluación inicial hasta $141,3 \pm 25,6$ kg tras la intervención, lo que representa una mejora relativa del 19,7 %. Tras el periodo de desentrenamiento, los valores se redujeron ligeramente ($134,4 \pm 23,1$ kg), manteniéndose, no obstante, por encima del nivel basal. En el grupo sin resistencia a la insulina (NoIR), la mejora fue del 26,0 %, pasando de $108,0 \pm 19,3$ kg a $136,1 \pm 21,5$ kg después del programa, y descendiendo a $130,4 \pm 20,7$ kg tras las cuatro semanas de desentrenamiento. En conjunto, ambos grupos mostraron una evolución positiva tras la intervención, con mejoras más acentuadas en las participantes sin resistencia a la insulina.

En el press de banca, se registraron aumentos de menor magnitud, aunque consistentes en ambos grupos. En las mujeres con resistencia a la insulina, la fuerza pasó de $28,7 \pm 5,2$ kg a $30,5 \pm 5,6$ kg tras la intervención, y descendió a $29,3 \pm 5,4$ kg tras el desentrenamiento. En el grupo sin resistencia a la insulina, la fuerza aumentó de $26,5 \pm 4,8$ kg a $28,5 \pm 5,0$ kg, y disminuyó a $26,0 \pm 4,6$ kg en la evaluación final. Estos patrones reflejan incrementos consistentes en la fuerza de tren superior en ambos grupos, con variaciones de magnitud ligeramente diferentes entre ellos.

El análisis comparativo mostró que, pese a que las mujeres con resistencia a la insulina partían de valores absolutos de fuerza ligeramente superiores en ambos ejercicios, las participantes sin resistencia a la insulina obtuvieron mayores ganancias relativas tras el periodo de entrenamiento. En ambas condiciones, el desentrenamiento provocó una reducción parcial de las adaptaciones logradas, si bien los valores permanecieron por encima de los iniciales, lo que sugiere un mantenimiento parcial de las mejoras adquiridas.

En conjunto, los resultados evidencian que un programa de entrenamiento interválico de fuerza de diez semanas induce mejoras relevantes en la capacidad de fuerza tanto en el tren inferior como superior en mujeres con sobrepeso, independientemente de su estado de sensibilidad a la insulina. No obstante, las adaptaciones parecen más pronunciadas y consistentes en aquellas participantes sin resistencia a la insulina, lo que podría reflejar una mejor eficiencia metabólica y neuromuscular ante el estímulo del entrenamiento.

4. DISCUSIÓN

El presente estudio demuestra que un programa de entrenamiento interválico de fuerza de diez semanas es eficaz para mejorar la fuerza dinámica tanto en el tren inferior como en el superior en mujeres con sobrepeso, independientemente de la presencia de resistencia a la insulina. Estas mejoras, observadas principalmente en los ejercicios de prensa de piernas y press de banca, reflejan adaptaciones neuromusculares positivas inducidas por un protocolo caracterizado por la combinación de ejercicios multiarticulares, una intensidad percibida media-alta (sRPE 7–8) y una progresión en el volumen y la densidad del esfuerzo.

Los resultados coinciden con la literatura que señala al entrenamiento interválico de fuerza como una estrategia eficiente para optimizar la fuerza y la capacidad funcional en poblaciones con exceso de peso (Álvarez et al., 2017; Kim et al., 2022; Wang et al., 2024). Este tipo de intervención, que combina periodos cortos de trabajo a alta intensidad con pausas breves de recuperación, genera un estímulo mecánico y metabólico suficiente para promover la activación de fibras musculares de contracción rápida y el incremento de la capacidad oxidativa del músculo, contribuyendo al desarrollo simultáneo de fuerza y resistencia muscular.

En el presente trabajo, tanto el grupo con resistencia a la insulina (IR) como el grupo sin resistencia (NoIR) mostraron mejoras significativas en los ejercicios de fuerza máxima estimada, aunque las participantes sin resistencia a la insulina alcanzaron mayores ganancias relativas. Este hallazgo podría explicarse por una mayor eficiencia metabólica y una mejor capacidad de recuperación muscular en mujeres con un perfil glucémico más favorable. Estudios previos han sugerido que la resistencia a la insulina puede alterar los procesos de señalización anabólica del músculo esquelético, reduciendo la activación de vías como mTOR y AMPK, implicadas en la síntesis proteica y la adaptación muscular al entrenamiento (Hardy et al., 2012; Malin et al., 2018).

No obstante, las mejoras obtenidas en el grupo con resistencia a la insulina reflejan que este tipo de población mantiene una adecuada capacidad de respuesta al estímulo del ejercicio, incluso en presencia de alteraciones metabólicas. Estos resultados respaldan la evidencia de que la práctica regular de ejercicio de fuerza puede mejorar la sensibilidad a la insulina y la función muscular mediante la reducción del contenido de grasa intramiocelular y el aumento de transportadores GLUT4 en el músculo esquelético (Heiston et al., 2020; Little et al., 2011).

El periodo de desentrenamiento de cuatro semanas provocó una pérdida parcial de las adaptaciones adquiridas, especialmente en la prensa de piernas, donde el rendimiento descendió aunque sin retornar a los valores iniciales. Este fenómeno concuerda con investigaciones previas que describen una disminución progresiva de la fuerza tras interrupciones cortas del entrenamiento, atribuida principalmente a la reducción del estímulo neural y de la tensión mecánica mantenida (Lee et al., 2024; Rhodes et al., 2000). Sin embargo, el mantenimiento parcial de las ganancias sugiere la existencia de una memoria muscular que facilita la conservación de las adaptaciones estructurales y funcionales logradas durante el periodo activo.

El incremento de fuerza observado posee implicaciones clínicas y funcionales relevantes. Diversos estudios han señalado que la fuerza muscular constituye un marcador predictivo inverso de enfermedades metabólicas y cardiovasculares (Kunutsor et al., 2020; Laukkanen et al., 2020). En este sentido, el aumento de la capacidad de fuerza puede contribuir indirectamente a mejorar la sensibilidad a la insulina, el control glucémico y la capacidad funcional, aspectos esenciales en mujeres con sobrepeso o riesgo metabólico.

En conjunto, los resultados del presente trabajo confirman que un programa de entrenamiento interválico de fuerza de intensidad media-alta constituye una herramienta eficaz, accesible y segura para mejorar la fuerza dinámica en mujeres con sobrepeso, con y sin resistencia a la insulina. Además, subrayan la importancia de mantener la continuidad del estímulo físico, ya que los efectos positivos tienden a atenuarse tras periodos prolongados de inactividad. Futuros estudios deberían analizar los mecanismos moleculares que explican las diferencias en la magnitud de la respuesta entre mujeres con distintos perfiles metabólicos y explorar estrategias de mantenimiento que mitiguen los efectos del desentrenamiento.

5. CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio evidencian que un programa de entrenamiento interválico de fuerza de intensidad media-alta, aplicado durante un periodo de diez semanas, constituye una estrategia eficaz para mejorar la fuerza dinámica en mujeres con sobrepeso, tanto con como sin resistencia a la insulina. En ambas cohortes se observaron incrementos significativos en la fuerza del tren inferior, mientras que las ganancias en la fuerza del tren superior fueron más notables en las mujeres sin resistencia a la insulina. Estos hallazgos sugieren que la capacidad de adaptación neuromuscular al entrenamiento puede verse parcialmente condicionada por el estado metabólico inicial, lo que refuerza la necesidad de individualizar la planificación del ejercicio en función del grado de resistencia a la insulina.

Asimismo, se constató que, tras el periodo de desentrenamiento, las mejoras obtenidas en la fuerza se atenuaron parcialmente, aunque sin regresar a los niveles basales. Este resultado destaca la importancia de mantener la continuidad del estímulo físico para conservar las adaptaciones logradas y prevenir la pérdida de funcionalidad.

En conjunto, los datos obtenidos confirman que el entrenamiento interválico de fuerza representa una herramienta práctica y segura para mejorar la capacidad funcional en mujeres con exceso de peso, favoreciendo el desarrollo de fuerza y la eficiencia neuromuscular sin requerir largos periodos de intervención.

De cara al futuro, sería pertinente profundizar en la influencia de diferentes variables del entrenamiento —como la duración, el volumen y la distribución de intensidades—, así como en el impacto de la combinación de estímulos de fuerza y resistencia. Estos estudios permitirían optimizar la respuesta adaptativa al ejercicio y desarrollar protocolos más específicos orientados a mejorar la salud y el rendimiento en mujeres con resistencia a la insulina.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C., Ramírez-Campillo, R., Ramírez-Vélez, R., & Izquierdo, M. (2017). Effects and prevalence of nonresponders after 12 weeks of high-intensity interval or resistance training in women with insulin resistance: A randomized trial. *Journal of Applied Physiology*, 122(4), 985-996. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01037.2016>
- Cerf, M. E. (2013). Beta Cell Dysfunction and Insulin Resistance. *Frontiers in Endocrinology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fendo.2013.00037>
- De Matos, M. A., Vieira, D. V., Pinhal, K. C., Lopes, J. F., Dias-Peixoto, M. F., Pauli, J. R., Castro Magalhães, F. de, Little, J. P., Rocha-Vieira, E., & Amorim, F. T. (2018). High-Intensity Interval Training Improves Markers of Oxidative Metabolism in Skeletal Muscle of Individuals With Obesity and Insulin Resistance. *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01451>
- Foster, C., Boulosa, D., McGuigan, M., Fusco, A., Cortis, C., Arney, B. E., Orton, B., Dodge, C., Jaime, S., Radtke, K., Erp, T. van, Koning, J. J. de, Bok, D., Rodriguez-Marroyo, J. A., & Porcari, J. P. (2021). 25 Years of Session Rating of Perceived Exertion: Historical Perspective and Development. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(5), 612-621. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0599>
- Freeman, A. M., Acevedo, L. A., & Pennings, N. (2023). Insulin Resistance. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507839/>
- Ghasemi, A., Tohidi, M., Derakhshan, A., Hasheminia, M., Azizi, F., & Hadaegh, F. (2015). Cut-off points of homeostasis model assessment of insulin resistance, beta-cell function, and fasting serum insulin to identify future type 2 diabetes: Tehran Lipid and Glucose Study. *Acta Diabetologica*, 52(5), 905-915. <https://doi.org/10.1007/s00592-015-0730-3>
- Hardy, O. T., Czech, M. P., & Corvera, S. (2012). What causes the insulin resistance underlying obesity? *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*, 19(2), 81. <https://doi.org/10.1097/MED.0b013e3283514e13>

- Heiston, E. M., Eichner, N. Z. M., Gilbertson, N. M., & Malin, S. K. (2020). Exercise improves adiposopathy, insulin sensitivity and metabolic syndrome severity independent of intensity. *Experimental Physiology*, 105(4), 632-640. <https://doi.org/10.1113/EP088158>
- Jelleyman, C., Yates, T., O'Donovan, G., Gray, L. J., King, J. A., Khunti, K., & Davies, M. J. (2015). The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: A meta-analysis. *Obesity Reviews*, 16(11), 942-961. <https://doi.org/10.1111/obr.12317>
- Kim, S.-W., Park, H.-Y., Jung, W.-S., & Lim, K. (2022). Effects of Twenty-Four Weeks of Resistance Exercise Training on Body Composition, Bone Mineral Density, Functional Fitness and Isokinetic Muscle Strength in Obese Older Women: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 14554. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114554>
- Koenen, M., Hill, M. A., Cohen, P., & Sowers, J. R. (2021). Obesity, Adipose Tissue and Vascular Dysfunction. *Circulation Research*, 128(7), 951-968. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.121.318093>
- Kunutsor, S. K., Voutilainen, A., & Laukkanen, J. A. (2020). Handgrip strength improves prediction of type 2 diabetes: A prospective cohort study. *Annals of Medicine*, 52(8), 471-478. <https://doi.org/10.1080/07853890.2020.1815078>
- Kwon, H. R., Han, K. A., Ku, Y. H., Ahn, H. J., Koo, B.-K., Kim, H. C., & Min, K. W. (2010). The Effects of Resistance Training on Muscle and Body Fat Mass and Muscle Strength in Type 2 Diabetic Women. *Korean Diabetes Journal*, 34(2), 101-110. <https://doi.org/10.4093/kdj.2010.34.2.101>
- Laukkanen, J. A., Voutilainen, A., Kurl, S., Araujo, C. G. S., Jae, S. Y., & Kunutsor, S. K. (2020). Handgrip strength is inversely associated with fatal cardiovascular and all-cause mortality events. *Annals of Medicine*, 52(3-4), 109-119. <https://doi.org/10.1080/07853890.2020.1748220>
- Lee, D.-C., Brellenthin, A. G., Lanningham-Foster, L. M., Kohut, M. L., & Li, Y. (2024). Aerobic, resistance, or combined exercise training and cardiovascular risk profile in overweight or obese adults: The CardioRACE trial. *European Heart Journal*, 45(13), 1127-1142. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad827>
- Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., Safdar, A., Tarnopolsky, M. A., Punthakee, Z., Jung, M. E., & Gibala, M. J. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *Journal of Applied Physiology*, 111(6), 1554-1560. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00921.2011>
- Malin, S. K., Francois, M. E., Eichner, N. Z. M., Gilbertson, N. M., Heiston, E. M., Fabris, C., & Breton, M. (2018). Impact of short-term exercise training intensity on β -cell function in older obese adults with prediabetes. *Journal of Applied Physiology*, 125(6), 1979-1986. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00680.2018>
- Nikseresht, M., Agha-Alinejad, H., Azarbayjani, M. A., & Ebrahim, K. (2014). Effects of Nonlinear Resistance and Aerobic Interval Training on Cytokines and Insulin Resistance in Sedentary Men Who Are Obese. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2560-2568. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000441>
- Pareja-Blanco, F., Walker, S., & Häkkinen, K. (2020). Validity of Using Velocity to Estimate Intensity in Resistance Exercises in Men and Women. *International Journal of Sports Medicine*, 41(14), 1047-1055. <https://doi.org/10.1055/a-1171-2287>
- Petersen, M. H., De Almeida, M. E., Wentorf, E. K., Jensen, K., Ørtenblad, N., & Højlund, K. (2022). High-intensity interval training combining rowing and cycling efficiently improves insulin sensitivity, body composition and VO₂max in men with obesity and type 2 diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, 13, 1032235. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1032235>
- Rhodes, E. C., Martin, A. D., Taunton, J. E., Donnelly, M., Warren, J., & Elliot, J. (2000). Effects of one year of resistance training on the relation between muscular strength and bone density in elderly women. *British Journal of Sports Medicine*, 34(1), 18-22. <https://doi.org/10.1136/bjism.34.1.18>

- Soltani, N., Marandi, S. M., Kazemi, M., & Esmaeil, N. (2020). Meta-inflammatory state and insulin resistance can improve after 10 weeks of combined all-extremity high-intensity interval training in sedentary overweight/obese females: A quasi-experimental study. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 19(2), 717-726. <https://doi.org/10.1007/s40200-020-00550-z>
- Wang, Y., Yang, X., Deng, J., Wang, Z., Yang, D., Han, Y., & Wang, H. (2024). Combined high-intensity interval and resistance training improves cardiorespiratory fitness more than high-intensity interval training in young women with overweight/obesity: A randomized controlled trial. *Frontiers in Endocrinology*, 15, 1450944. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1450944>

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL TIPO DE SAQUE SOBRE EL DESARROLLO DEL COMPLEJO DE JUEGO K1 EN MINIVOLEIBOL

Juan Ramón Quintana Montero ¹²³; Agustín Enríquez Delgado ³; Antonio Jesús Sánchez Oliver ⁴; Antonio Muñoz Llerena ⁴

¹ *Departamento de Educación Física y Deporte, Universidad de Sevilla.*

² *Facultad de Humanidades, Educación y Deporte, Universidad CEU Fernando III, CEU Universities.*

³ *Club Deportivo Centro de Tecnificación Quintana de Sevilla.*

⁴ *Departamento de Motricidad Humana y Rendimiento Deportivo, Universidad de Sevilla*

ORCID Juan Ramón Quintana Montero: 0000-0002-5856-8139

ORCID Antonio Jesús Sánchez Oliver: 0000-0001-9022-6043

ORCID Antonio Muñoz Llerena: 0000-0002-7715-8012

Resumen:

El saque constituye un elemento iniciador del juego que trasciende la mera puesta en acción del balón, actuando como un condicionante técnico y táctico de primer orden en el desarrollo de la jugada en todas las etapas del voleibol. En todas las categorías de voleibol y de manera más acentuada en las etapas iniciales, la correlación entre el tipo de saque y las mayores o menores posibilidades de éxito del complejo de juego K1 son muy significativas y por lo tanto tiene una gran influencia en el desarrollo del juego posterior. Existen numerosos estudios sobre la relación entre el saque y la recepción en voleibol de 6 jugadores, sin embargo, no encontramos estudios sobre esta relación en minivoleibol, voleibol de 4 jugadores.

El presente capítulo profundiza en el análisis empírico de esta relación, evaluando el efecto específico de diferentes modalidades de saque sobre la eficacia y el desarrollo del juego en minivoleibol en categoría alevín durante la temporada 24-25. El estudio busca evidenciar cómo la elección técnica y táctica del saque influye en la capacidad de construcción ofensiva de los equipos en formación. La toma de datos de esta investigación se ha realizado a través de una herramienta informática diseñada ad hoc, en la que se han analizado 1440 jugadas durante la temporada 2024-2025 en competiciones de carácter escolar y no federativo.

Palabras claves: Voleibol, Saque, Recepción, Aplicación Informática, Eficacia.

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La iniciación deportiva en voleibol

La influencia del deporte en la sociedad ha sido estudiada por numerosos autores, como Parlebás (2001). La mayoría de los estudios de investigación existentes en voleibol, toman como referencia el rendimiento en el alto nivel (Sánchez-Moreno, et al., 2016). Son insuficientes los estudios que tienen como objetivo analizar el impacto que producen las primeras experiencias deportivas en la adherencia futura del deportista al deporte en general, al deporte que practica y en las posibilidades de éxito que éstos presentan para la continuidad en esta disciplina.

Fases de juego en voleibol. Los complejos de juego

Ureña y Moreno (2024) definieron la jugada como la acción o conjunto de acciones que un equipo desarrolla durante la posesión del balón. Los mismos autores también nos dieron la definición del término complejo de juego como la secuencia de acciones típica de una jugada, que comienza con la neutralización del balón procedente del oponente, seguido de la construcción y la culminación en ataque. Selinger y Ackermann (1986) han estudiado el rendimiento de un equipo en función de las distintas fases y momentos del juego. Molina y Salas (2009) realizaron un estudio en el que discutieron la propiedad del concepto clásico de fase del juego (diferenciación entre fase de saque y fase de cambio), desde la implantación del rally point system en 1999.

Las dos categorías fundamentales utilizadas en voleibol para referirse a fases de juego y que cuentan con la aceptación de la comunidad científica distinguen dos complejos de juego principales. El complejo de juego k1, es la fase en la que el equipo basa su juego en la recepción del saque, inicio del ataque mediante la colocación y el ataque. A esta fase, de manera tradicional, se le conoce como la fase de side-out o de cambio de saque. Por otro lado, tenemos la fase de la defensa, el complejo de juego k2. Este momento del juego se basa en la defensa del ataque, el inicio del contraataque mediante la colocación y el contraataque. A esta fase se le denomina también fase de break point. Actualmente se acepta la propuesta de Molina y Salas (2009), que consideran 5 complejos de juego, considerando el saque, la puesta en acción del juego, como un quinto complejo denominado k0. Será objeto de nuestra investigación el complejo de juego k0, saque y su repercusión e incidencia en el complejo de juego k1, recepción del saque y posterior ataque.

El minivoleibol

El minivoleibol es la modalidad específica del voleibol, adaptada a las características evolutivas de los niños/as de 6 a 12 años, que se disputa en un terreno de juego de dos campos de 6m x 6m (12m x 6m el campo completo), separadas por una red situada a una altura que oscila de 180cm a 210cm para categorías escolares, entre 2 equipos de 4 jugadores. El minivoleibol se lleva realizando casi 40 años en España. Las primeras competiciones que se disputaron de minivoleibol en Sevilla se remontan a los años 80. Es una modalidad que se amolda muy bien a la etapa de Educación Primaria y que se utiliza habitualmente en las primeras etapas de enseñanza del voleibol en las clases de Educación Física. El reducido espacio que abarcar y la cercanía entre los jugadores son fundamentales para aumentar las posibilidades de éxito y continuidad en esta modalidad del voleibol, incrementando la motivación de los alumnos/as. El auge de la práctica del voleibol es una realidad en nuestro país, donde el voleibol crece y crece, especialmente en el género femenino. Las escuelas deportivas de iniciación de voleibol se están multiplicando en los centros escolares. Esto supone una importante oportunidad para que los alumnos en edad escolar quieran jugar al deporte de su colegio, con sus compañeros de clase y amigos de la infancia. El interés e incremento en el número de participantes está incidiendo en la proliferación de nuevos escenarios participativos y competitivos. Están aumentando tanto el número de competiciones como el nivel de estas, mejorando la prestación de nuestros deportistas en todas las etapas y categorías. Este escenario emergente conlleva la mejora del nivel del voleibol español en todas las categorías, situándonos en el máximo nivel europeo y propicia la aparición de referentes a los que seguir, imitar y suponen un importante estímulo para nuestros alumnos/as.

El saque como factor diferencial en el rendimiento de un equipo

El saque es la manera peculiar en la que se inicia el juego en voleibol, y es un momento en la que el jugador depende de sí mismo y presenta el 100% del control sobre la pelota Ureña (1998). Son pocas las investigaciones referidas al efecto del saque en jóvenes jugadoras, como el estudio de (Fernández-Echeverría et al., 2015) que analiza 1229 acciones de saque en jugadoras infantiles en el Campeonato de España de Selecciones autonómicas. Dentro de las numerosas investigaciones que hemos encontrado sobre el rendimiento en voleibol, la mayoría de ellas estudiaban la incidencia del saque sobre el desarrollo del juego y su efecto en el rendimiento del equipo, teniendo como referencia el alto nivel (Moreno, Molina y Santos, 2008; Ureña et al., 2011). En esta misma línea, pero tomando como referencia lo que ocurre en el complejo de juego k1 tras el saque, hemos encontrado los estudios de Callejón y Hernández (2009), que analizaron y estudiaron que ocurre en la recepción en el alto rendimiento.

Como se ha demostrado, el saque es un factor diferencial en el rendimiento en voleibol. (Moreno, Molina y Santos, 2008; Ureña et al., 2011). Desde la aprobación y puesta en marcha en el año 1999 por parte de la FIVB del rally point system, en el que cada acción vale punto, se comenzó en el voleibol de alto nivel a darle un tratamiento e importancia capital constituyéndose en objeto de estudio preferente por parte de entrenadores e investigadores. Paso de ser una acción de puesta en juego a ser un arma de ataque (Coleman, 2009; Monge, 2007; Quiroga et al., 2010), pudiendo determinar el rendimiento de un equipo (Drikos, Kountis, Laios, y Laios, 2009).

La regla de provocación en el voleibol formativo

Según un estudio realizado con jugadores y equipos de alto nivel masculino el 74% de las jugadas analizadas tenían una duración entre 1-5 segundos (Sánchez-Moreno, et al., 2016). En etapas de iniciación si el balón cae al suelo y la jugada muere, es difícil divertirse. En el voleibol ocurre como en el tenis, para disfrutar del juego, e incrementar la motivación de los participantes está implícita la continuidad de la bola o el balón. Desde nuestra perspectiva docente, formadora y educadora, como profesor de Educación Física, debemos, cuidar y favorecer esta continuidad en el juego. Para ello una buena opción es la inclusión de reglas de provocación o manipular las tareas de entrenamiento a través de condicionantes o constrains (Renshaw, et al., 2010). Siguiendo esta metodología no lineal, proponemos facilitar el complejo de juego k1, para ello apostamos por la ejecución del saque de seguridad o de abajo de manera preferencial, ya que como se demostrará en este estudio, este tipo de saque contribuye al mayor éxito en la recepción y favorece el incremento de la duración de la jugada, lo cual constituye la primera y natural fuente de aprendizaje motor como afirmaba Newell (1996). Algunos educadores deportivos con experiencia en el aprendizaje motor, introducen reglas de provocación no permitidas en el juego, como el bote, para incrementar el éxito y la continuidad.

Es responsabilidad de los educadores, cuidar y mimar el diseño de tareas de entrenamiento facilitando y propiciando la continuidad y éxito en el juego elaborado. El saque supone un elemento disruptivo, que a veces nos aleja de la continuidad en el juego, ya que a menudo lo anula o impide, debido al error en el mismo, o por la dificultad de contrarrestar por parte del adversario determinados tipos de saque.

Aplicación informática para la toma de datos

Para llevar a cabo las investigaciones y estudios en los que actualmente me encuentro inmerso, como parte de la realización de mi Tesis Doctoral, (Quintana et al., 2025) desarrollaron, como se puede ver en la figura 1, una aplicación informática para la toma de datos de los partidos a analizar. El presente trabajo desarrolla, estudia y analiza la incidencia que tiene el tipo de saque que efectúa un equipo sobre el sistema de recepción de su adversario.



Figura 1
Cabecera de la aplicación informática

2. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

El estudio presenta un diseño de tipo observacional y carácter descriptivo. La toma de datos se realizó durante la temporada 24-25 en competiciones educativas en edad escolar en Sevilla, abarcando un periodo desde octubre de 2024 hasta marzo de 2025.

2.2. Muestra

Se han observado, estudiado y analizado 1440 jugadas, con sus correspondientes 1440 saques. En todas las acciones de juego, compuestos por el saque, complejo de juego k0 y todos los elementos del complejo de juego k1, recepción, colocación y ataque, correspondiente a 14 partidos disputados por 15 equipos. (M=102.86, SD=14.42 saques por partido) correspondiente a los Juegos escolares provinciales. Escuelas católicas de Sevilla. Curso 2024-2025. Esta competición la disputan escolares pertenecientes a

colegios de Sevilla y provincia, con la especial característica que los jugadores deben ser alumnos del colegio en el que participan, sin posibilidad de selección ni incorporación de alumnos externos a los centros educativos para participar en dicha competición.

Fueron analizados 192 jugadoras/es en dichos encuentros. En las 1440 jugadas estudiadas y analizadas se registraron 510 saques de seguridad (1), 425 saques de tenis (2) y 505 saques en suspensión (2), ver tabla 1.

2.3 Variables

Las variables de estudio consideradas fueron las siguientes:

- Tipo de saque:
 - o Saques de seguridad (1)
 - o Saques de tenis (2), efectuado desde el suelo
 - o Saque en suspensión (3), efectuado en salto

- Eficacia del saque:
 - o Error (0): Se falla el saque
 - o Ace (1): Punto directo. Se obtiene punto sin que el rival pueda contactar el balón, o con un solo golpeo que no pasa o no se controla.
 - o Continuidad: Se pone en juego el balón. Si no pasa al campo contrario (2), si vuelve al campo de origen (3)

- Eficacia en la recepción:
 - o Mala (0): no vuelve a campo contrario
 - o Regular (1): Vuelve al primer contacto. No hay juego cooperativo.
 - o Buena (2): Vuelve al segundo contacto. Si existe juego cooperativo.
 - o Excelente (3): Vuelve al tercer contacto. Juego cooperativo completado.

- Tipo de ataque: Entendiendo el ataque como lo definen las Reglas oficiales de juego, balón que pasa por encima de la red hacia un campo, procedente del otro.
 - o Golpeo o pase de antebrazos (1)
 - o Golpeo o pase de dedos (2)
 - o Remate (3)

Nota: No se contempla el bloqueo, ya que como define el reglamento, no contabiliza toque.

2.4. Instrumento: Aplicación informática

Para llevar a cabo las investigaciones y estudios de este trabajo, ver figura 2, se ha utilizado una aplicación informática para la toma de datos de los partidos a analizar.



Figura 2
Tipo de ataque

Para garantizar la fiabilidad de la observación y toma de datos, todos los partidos analizados fueron grabados desde el fondo de la pista, mediante la cámara de un móvil de alta resolución angular, situado a una altura con respecto al suelo de entre 250cm y 300cm. Dichas grabaciones nos han permitido realizar el análisis de las acciones con más detenimiento en casa, para confrontar los datos obtenidos in situ, durante el partido con la aplicación. Tras finalizar cada partido, todos los datos obtenidos se han exportado a una hoja de cálculo en archivo Excel y tratados para una mejor visualización de estos.

3. RESULTADOS

3.1 Análisis generales de los datos obtenidos

El análisis estadístico de los 1440 saques registrados arrojó resultados concluyentes sobre la construcción del juego:

Continuidad en el juego tras el saque de seguridad: Como se observa en la tabla 1, el 90% de los saques de seguridad (1) que entraron, 289 saques, permitieron una recepción positiva y fueron devueltos al campo contrario mediante una jugada elaborada de tres toques, favoreciendo la participación colectiva.

Ruptura del Juego tras saques de mano alta: Ante saques de tenis (2) o en suspensión (3), la eficacia descendió drásticamente, como podemos observar en la tabla 3, menos del 45 % de estos balones se devolvieron al campo contrario.

Limitación de la construcción del juego cooperativo a 3 toques: El dato más crítico para la etapa formativa revela que menos del 10% de las recepciones tras saques de tenis o en suspensión permitieron articular una jugada completa de tres toques finalizada con remate.

Tabla 1
Saques realizados, tipología y relación con la eficacia de la recepción

<i>Tipo de saque</i>	<i>Realizados</i>	<i>Entran</i>	<i>No entran</i>	<i>K1 3 toques</i>
<i>De seguridad</i>	510	362	168	289 (90%)
<i>De Tenis</i>	425	357	63	32 (10%)
<i>En Suspensión</i>	505	422	68	0
<i>Total</i>	1440	1141	299	321

3.2. Análisis detallado de los datos obtenidos:

El análisis de los 1440 saques registrados mediante la aplicación informática arrojó diferencias significativas en la eficacia del complejo de juego K1, de un equipo B, según la tipología del saque efectuado por el equipo A. Estos resultados los analizaremos de manera detallada, pormenorizada y minuciosamente a continuación obteniendo los siguientes registros:

Eficacia de la recepción ante el saque de seguridad

Los datos indican que los 510 saques de seguridad (1) realizados facilitan la continuidad del juego. Como observamos en la tabla 1, el 90 % de estos saques, casi 325 se recibieron y devolvieron al campo contrario con una jugada de tres toques, generando mayores porcentajes de éxito en la construcción ofensiva. Consideramos que la aparición del éxito en el juego repercutirá positivamente en la adhesión del alumno a esta actividad, incrementando su motivación hacia el proceso y continuidad en la misma.

Impacto de los saques de tenis y en suspensión

En contraposición, la ejecución de saques de tenis (2) o en suspensión (3) disminuyó significativamente la calidad y prestación de la recepción. Menos del 45% de estos balones fueron devueltos al campo contrario. Más crítico aún para la formación es el dato de construcción de juego: menos del 10% de las recepciones tras estos saques permitieron una jugada elaborada de tres toques como podemos observar en la tabla 1. Consideramos que la disminución tan drástica del éxito en el juego, como consecuencia de la dificultad que supone recibir un saque de tenis o en suspensión, puede derivar de

manera negativa en la motivación y adhesión del alumno hacia la actividad, ya que puede tener una mala auto percepción de sus cualidades y posibilidades de éxito en esta disciplina deportiva.

Tabla 2
Eficacia en el k1

<i>Tipo de recepción</i>	<i>Eficacia en la recepción K1</i>	<i>% Eficacia en la recepción</i>
<i>Mala</i>	<i>583</i>	<i>40,4%</i>
<i>Regular</i>	<i>508</i>	<i>35,27%</i>
<i>Buena</i>	<i>28</i>	<i>1,94%</i>
<i>Excelente</i>	<i>321</i>	<i>22,29%</i>
<i>Total</i>	<i>1440</i>	<i>100%</i>

Juego elaborado casi inexistente

Como podemos observar en la tabla 2, solo el 22% de las jugadas elaboradas tras un saque de cualquier tipo, consiguen dar 3 toques, concretamente 321. Nos parece un dato muy pobre que tenemos que plantearnos. Otro gran objetivo del juego es que paulatinamente los jugadores sean capaces de finalizar las jugadas de k1 mediante un remate. La dificultad que supone conseguir este objetivo tras recibir un saque de mano alta se incrementa. Solo hemos detectado 16 saques de este tipo devueltos con remate tras jugada elaborada de 3 toques (4,9%). Ciertamente, que no es habitual en categorías escolares alevines encontrar equipos que tras elaborar su jugada a 3 toques después de recibir un saque de tenis o en suspensión, sean capaces de atacar mediante un remate.

Tendencia a la devolución al primer toque de antebrazos

Es habitual, aunque no deseable, que para obtener éxito en la recepción y poder contrarrestar un saque de tenis o en suspensión los jugadores opten por devolver el balón a la primera, aprovechando la velocidad del balón que procede del rival. Este contacto suele ser de antebrazos como podemos observar en la tabla 3. Los reglamentos escolares habitualmente no permiten la devolución mediante un pase de dedos al primer contacto. Se observa en la tabla 3 que el 37% de los balones devueltos tras el k1 se hacen mediante pases de antebrazos. Uno de los objetivos de la enseñanza de voleibol en etapas escolares, además de elaborar jugadas a 3 toques, debe ser finalizar el ataque mediante una acción rápida y con contacto alto, ya sea mediante un pase de dedos o un remate desde el suelo o en salto.

Tabla 3
Tipo de ataque en k1

<i>Tipo de ataque</i>	<i>Eficacia en la recepción K1</i>	<i>% Eficacia en la recepción</i>
<i>No vuelve</i>	<i>583</i>	<i>40,4%</i>
<i>Antebrazos</i>	<i>546</i>	<i>37,97%</i>
<i>Dedos</i>	<i>78</i>	<i>5,41%</i>
<i>Remate</i>	<i>233</i>	<i>16,18%</i>
<i>Total</i>	<i>1440</i>	<i>100%</i>

4. DISCUSIÓN

Son numerosos los estudios que respaldan nuestro interés por la incidencia del saque en el juego en voleibol y su influencia sobre el desarrollo de la jugada. El efecto que tiene el saque sobre el complejo de juego k1 y la recepción ha sido estudiado por numerosos autores. En voleibol formativo encontramos el estudio de (Fernández-Echeverría et al., 2015) que analizaron la influencia del rol del jugador, con las características de su saque en jóvenes jugadoras. Estudiaron 1229 acciones de saque en jugadoras infantiles en el Campeonato de España de Selecciones autonómicas. Por otro lado, las investigaciones de (Palao y Hernández, 2010; Callejón y Hernández, 2009) nos acercan como incide el saque sobre la recepción en el alto rendimiento, concluyendo el papel importante que juega. En dichos estudios la fase de side-out se analizó de manera detallada y pormenorizada. La mayoría de los estudios publicados toman como referencia el voleibol de alto nivel. No existen apenas investigaciones sobre el rendimiento de la recepción en categorías de formación y menos en minivoleibol, la cual es actualmente el ámbito de investigación en el que me estoy moviendo. En alto nivel el equipo que recibe, complejo de juego k1 presenta elevados % de éxito para la obtención del punto, sin embargo, esta tendencia y éxito disminuye en el voleibol en las primeras etapas formativas, donde el saque prevalece sobre la recepción disminuyendo de manera significativa el éxito del complejo k1.

Aunque existen estudios sobre categoría infantil femenina, nos encontramos estudios rigurosos sobre la influencia del saque en minivoleibol en categoría alevín. Este hecho nos anima a enfocarnos en este camino investigador.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos nos permiten establecer unas directrices claras para el voleibol de formación, extrayendo las siguientes conclusiones:

- Valor educativo del saque de seguridad: El saque de seguridad no solo contribuye al éxito del juego colectivo, sino que propicia experiencias positivas en los participantes. Debe ser responsabilidad del educador no solo su utilización pedagógica en los procesos de enseñanza y aprendizaje, sino

que su uso se debe extender a la competición para contribuir a la aparición continua del juego elaborado.

- Perjuicio al juego elaborado del saque de mano alta: La utilización temprana de saques de tenis y en suspensión en categorías de iniciación obstaculiza severamente la construcción del juego a tres toques, limitando el aprendizaje técnico y táctico ofensivo. De cara a la futura especialización de los jugadores en etapas posteriores, es positivo que vayan acumulando experiencias y aprendizajes en esta dirección, pero no debemos abusar de su uso con el fin competitivo y buscando el rendimiento.
- Implementar reglas especiales de saque en las competiciones escolares: Existen competiciones de carácter escolar que limitan el saque de un jugador a un máximo de 3 de manera consecutiva si tu equipo consigue punto. No es mala opción, porque de esta manera el efecto de un jugador con un gran saque sobre el juego y resultado no es tan acentuado, se minimiza. Nosotros proponemos limitar la aparición del saque de mano alta. Proponemos que en competiciones escolares se límite el número de saques de arriba por jugador en cada turno de saque, ejemplo 3 saques, y llegado ese momento los siguientes saques de ese jugador deben ser mediante saque de seguridad.
- Adherencia Deportiva: Fomentar situaciones de juego exitosas mediante saques adecuados es crucial, ya que estas experiencias positivas influyen decisivamente en la continuidad de los jóvenes deportistas en la práctica del voleibol.

REFERENCIAS

- Callejón, D., y Hernández, C. (2009). Estudio y análisis de la recepción en el Voleibol Masculino de Alto Rendimiento. RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte, 5(16), 34-51.
<https://doi.org/10.5232/ricyde2009.01603>
- Drikos, S., Kountouris, P., Laios, A. y Laios, Y. (2009). Correlates of team performance in volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(2), 149-156.
- Fernández-Echeverría C., Claver, F., Gil, A., Del Villar, F., & Moreno, M. P. (2015). Rol de juego y características del saque en voleibol infantil femenino. *SPORT TK-Revista EuroAmericana De Ciencias Del Deporte*, 4(1), 49-56. <https://doi.org/10.6018/239821>
- Molina, J. J., y Salas, C. (2009). Voleibol táctico. Paidotribo
- Moreno, M.P., Molina, J.J., y Santos, J.A. (2008). El saque, sus variables y repercusiones. Clinic Memorial Toño Santos. Granada.
- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. En M. G. Wade y H. T. A. Whiting (Eds.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control* (pp. 341-360). NATO Scientific Affairs Division.

- Palao, J. M., y Hernández, E. (2010). Student Notebook. An Evaluation Instrument for Volleyball Learning. Self-edition.
- Parlebas, P. (2001). Juegos, deporte y sociedad. Léxico de praxiología motriz. Paidotribo.
- Quintana Montero, J.R; Sánchez Oliver, A; Muñoz Llerena, A. y Enríquez Delgado, A. (2025). Efecto del tipo de saque sobre la eficacia y el desarrollo del complejo de juego K1 en categoría alevín. Congreso internacional TAPAS 2025. Sevilla.
- Reglas oficiales de voleibol 2025–2028. de la Federación Internacional de Voleibol (FIVB), aprobadas por el 39º Congreso de la FIVB 2024. <https://www.fivb.com/document-category/official-volleyball-rules/>
- Renshaw, I., Chow, I. Y., Davids, K., & Hammond, J. (2010). A constraints-led perspective to understanding skill acquisition and game play: a basis for integration of motor learning theory and physical education praxis? *Physical Education and Sport Pedagogy*, 15(2), 117-137. <https://doi.org/10.1080/17408980902791586>
- Sánchez-Moreno, J., Afonso, J., Mesquita, I., & Ureña, A. (2016). Dynamics between playing activities and rest time in high-level men's volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(1), 317-331. <https://doi.org/10.1080/24748668.2016.11868889>
- Ureña, A. (1998). Incidencia de la función ofensiva sobre el rendimiento de la recepción del saque en voleibol. Tesis Doctoral del Departamento Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico. Universidad de Granada.
- Ureña, A., Vavassori, R., León, J., y González, M. (2011). Efecto del saque en suspensión sobre la construcción del ataque en el voleibol. *RICYDE. Revista Internacional De Ciencias Del Deporte*, 7(26), 384-392.
- Ureña Espa, A., & Moreno Arroyo, M. P. (2024). Definición de los componentes del juego en voleibol desde un enfoque sistémico. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, 57, 570–580. <https://doi.org/10.47197/retos.v57.106594>

ASSOCIATION BETWEEN SLEEP QUALITY AND RELATIVE LOWER LIMB POWER IN
ADULTS AND COMMUNITY-DWELLING OLDER PEOPLE

Mihaiescu-Ion, Veronica

PhD Candidate

MOVE-IT Research Group, Department of Nursing and Physical Therapy, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INiBICA), Faculty of Nursing and Physical Therapy, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain

ORCID: 0000-0003-2249-6089

Martin-Costa, Ivan Hoditx

PhD Candidate

MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INiBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain

ORCID: 0000-0002-1033-9548

Slaoui-Slaoui, Wafa

PhD Candidate

MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INiBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain; International University of Valencia, Valencia, Spain

Baena-Aguilera, Marta

PhD Candidate

MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INiBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain

ORCID: 0000-0003-0658-5081

Alfaro-Fernández, Jostin

PhD Candidate

MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INiBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain

ORCID: 0009-0009-5650-1705

Ortega-Gómez, Sonia

Postdoctoral Researcher

MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INiBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain

ORCID: 0000-0001-8589-5672

Martínez-Sánchez, Laura

Postdoctoral Researcher

MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INiBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain

ORCID: 0000-0002-1313-322X

Galán-Mercant, Alejandro
Senior Lecturer

MOVE-IT Research Group, Department of Nursing and Physical Therapy, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Faculty of Nursing and Physical Therapy, Universidad de Cádiz, Cadiz, Spain
ORCID: 0000-0003-3581-0372

Carbonell-Baeza, Ana
Full Professor

MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cadiz, Spain
ORCID: 0000-0003-1762-2925

Jiménez-Pavón, David
Full Professor

MOVE-IT Research Group, Department of Physical Education, Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), Faculty of Education Sciences, Universidad de Cádiz, Cadiz, Spain; CIBER of Frailty and Healthy Aging (CIBERFES), Madrid, Spain
ORCID: 0000-0002-8977-4744

Abstract:

Introduction: Ageing is associated with the impairment of sleep quality and physical function. Poor sleep, particularly longer duration, is related to sarcopenia and functional decline. This study was a cross-sectional analysis aiming to explore the association between sleep metrics and lower-limb muscle strength (Relative Muscle Power, RMP).

Methods: A sample of 514 participants (35% older adults) was assessed using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) for sleep metrics and 5 Sit-to-Stand test for RMP. Linear regression analyses were conducted, controlling for age, sex, smoking, income, body mass index and daily physical activity.

Results: Adults exhibited significantly shorter sleep (7.42 [6.55, 8.00] vs. 7.83 [7.17, 8.5] hours) and higher RMP (4.17 [3.46, 5.02] vs. 3.46 [2.78, 4.08]) than older adults. Poorer sleep quality was associated with lower RMP (-0.14, 95%CI -0.23, -0.05, $p=0.003$) independently of confounders ($p=0.047$). This was consistent in adults but not older. Night-time sleep duration was inversely associated with RMP independently of confounders (-0.09, 95%CI -0.18, -0.01, $p=0.038$) in older adults. Daytime sleep didn't show any association.

Conclusions: Poor sleep quality may negatively affect lower-body power in adults. Older adults who sleep more hours at night may show reduced lower-body power, regardless of body composition or social factors. Sleep quality is a crucial lifestyle determinant influencing physical function during ageing, meriting consideration when investigating sarcopenia or frailty.

Key words: ageing, muscle strength, sleep quality, frailty, sarcopenia

1. INTRODUCTION

1.1. Context of Ageing and Physical Function

The progressive deterioration of functional capacity is recognised as one of the main consequences and hallmarks of ageing (Losa-Reyna et al. 2020). Physical function declines with age and can affect health and well-being (Denison et al. 2021). Loss of muscle mass and strength are significantly associated with

ageing (Shibuki et al. 2023). Functional limitation significantly increase healthcare costs associated with falls, hospitalization, and mortality risk, underscoring that maintaining functional ability and intrinsic capacity are key public health goals (Losa-Reyna et al. 2020).

Ageing also negatively impacts sleep quality (Denison et al. 2021). Sleep is a vital and common daily lifestyle habit (Shibuki et al. 2023), and inadequate sleep is now recognised as a critical determinant of health (Ungvari, Fekete, Varga, et al. 2025). There is evidence that poor sleep quality is associated with low physical performance (Denison et al. 2021). Long sleep duration seems to be associated with sarcopenia (Cacciatore et al. 2025) and subsequently functional lost (Shibuki et al. 2023).

1.1.1. Relative Muscle Power vs. Sarcopenia

The loss of muscle function is central to age-related decline, with sarcopenia – a syndrome involving the progressive loss of skeletal muscle mass and strength – leading to physical disability and poor quality of life (Cruz-Jentoft et al. 2010).

Relative Muscle Power (RMP), particularly in the lower limbs, has demonstrated greater clinical relevance than confirmed sarcopenia or low handgrip strength alone in older people (Losa-Reyna et al. 2020). Mechanical power, as a product of force and velocity, decreases with age at a faster rate than other muscular characteristics such as muscle mass or strength (Baltasar-Fernandez et al. 2021). The assessment of RMP, often through the Sit-to-Stand (STS) power test is straightforward, economical, and portable, offering advantages over body composition analysis required for confirmed sarcopenia diagnosis (Losa-Reyna et al. 2020).

1.1.2. Interplay between Sleep and Muscle Health

Poor sleep quantity and duration may contribute to sarcopenia by causing muscle wasting and declining physical performance (Shibuki et al. 2023). Specifically, long sleep duration (>8 hours) has been shown to be associated with sarcopenia, particularly low muscle strength and low physical performance (Shibuki et al. 2023). Furthermore, poor sleep quality, often measured using tools like the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) (Cruz et al. 2022), has been associated with probable sarcopenia (defined by low grip strength) in community-dwelling older adults (Cruz et al. 2022; Cacciatore et al. 2025).

A) PSQI as a Measurement Tool

The PSQI is the most widely used subjective self-report scale for quantifying sleep quality in both clinical and healthy samples (Gomes et al. 2018). It assesses sleep quality during the previous month (Buysse et al. 1989). The PSQI consist of 19 self-reported items used to generate scores for seven components: subjective sleep quality, sleep latency, sleep duration, habitual sleep efficiency, sleep disturbance, use of sleep medications, and daytime disturbance (Fabbri et al. 2021). The sum of these component scores yields a global score ranging from 0 to 21, where higher scores indicate worse sleep quality (Fabbri et al. 2021). The global PSQI score has been robustly associated with overall cognitive function decline in middle-aged and older adults worldwide (Wang et al. 2024).

1.2. Justification of the Study and Objectives

While sleep is known to be vital for muscle health, the specific contribution of sleep quality versus sleep duration to physical function across the lifespan remain relatively unclear. Research has highlighted how physical activity and sleep influence cognitive and physical ageing (Bloomberg et al. 2023), and few studies have systematically investigated the combined association of sleep quantity and quality with sarcopenia-related outcomes (Shibuki et al. 2023).

A) Hypotheses and Objective

Based on preliminary evidence suggesting complex age-related changes, the study hypothesised that the association between sleep and RMP would be age-dependent. The primary objective was to determine

the independent association between sleep duration - assessed using the PSQI - and relative muscle power, specifically stratified distinct cohorts of adults and older adults.

2. METHODS

2.1. Study sample and Participants

This is a cross-sectional study, part of the InlifeAging Project. This project was co-financed by the European Union's Regional Development Fund (EU2014-2020 ERDF) and the Regional Government of Andalusia (FEDER UCA18-107040).

A convenience sample of community-dwelling adults was recruited in the province of Cadiz, Spain between december 2021 and July 2024, via multiple strategies involving Primary Healthcare Centres (e.g., La Laguna Cadiz, Casines Puerto Real etc), local hospitals, community outreach, and public advertisement. The recruitment targeted approximately 500 participants to ensure robust representation of older adults (≥ 65 years). Inclusion was limited to community-dwelling adults of both sexes aged 50-79 years who were able to communicate, read, and provide written informed consent, while exclusion criteria focused on major health conditions (e.g. uncontrolled hypertension, recent cardiac event, COPD mMRC >2 , NYHA >2 , or severe cognitive/physical impairment, defined as a Barthel Index <55) that would contraindicate safe completion of the study measurements.

All participants provided written informed consent prior to inclusion in the study. Ethical approval was granted by the Cadiz Research Ethics Committee (Code: 0653-N-20). The study procedures adhered to the ethical principles outlined in the Declaration of Helsinki, as revised in 2013.

2.2. Measures and Assessment tools

The study focussed on two main exposure variable (sleep) and one outcome variable (physical function).

2.2.1. Sleep Quality and Quantity

Sleep quality was assessed using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI). The PSQI is a self-report questionnaire designed to measure subjective sleep quality over a one-month period (Becker and de Neves Jesus 2017). The questionnaire consists of 19 self-rated questions used to calculate scores for seven components. These components include: subjective sleep quality, sleep latency, sleep duration, habitual sleep efficiency, sleep disturbances, use of sleeping medication, and daytime dysfunction. The individual components are summed to yield a global score ranged 0-21, where a higher score indicates worse sleep quality. A global PSQI score greater than 5 typically indicates major difficulties in at least two components or moderate difficulties across more than three components (Becker and de Neves Jesus 2017). The PSQI was not intended to diagnose specific sleep problems but rather to ascertain central areas where sleep may be troubled (Gomes et al. 2018).

2.2.2. Relative Muscle Power (RMP)

Relative Muscle Power (RMP) was the primary outcome variable used to assess lower-limb muscle strength. The RMP was calculated using 5 Sit-to-Stand test (5STS) (Losa-Reyna et al. 2020). The use of the 5STS muscle power test is considered an easy, inexpensive and portable procedure, suitable for assessing mechanical power in older adults (Losa-Reyna et al. 2020). This test employs a validated equation that converts 5STS performance into absolute STS mechanical power (Losa-Reyna et al. 2020):

$$\text{STSPower (W)} = (\text{Bodymass} \times 0.9 \times 9.81 \times [\text{Body height} \times 0.5 - \text{Chairheight}]) / (\text{FiveSTStime} \times 0.1),$$

where the bodymass is indicated in Kg, body height and chairheight in m, and FiveSTStime in s. 0.9 is a coefficient applied to body mass to calculate the body mass to displace during the test, 0.5 is a coefficient to calculate the length of the legs and 0.1 is a coefficient applied to the time of 5-STS to calculate the average time of the concentric phase of 1 STS repetition. Normalising the muscle power to

body mass (i.e. relative STS muscle power) is important because it strengthens the relationship with physical performance (Losa-Reyna et al. 2020; Baltasar-Fernandez et al. 2021).

2.2.3. Confounding Variables

For statistical adjustment, several potential confounding variables were controlled for: age, sex, smoking, income, Body Mass Index (BMI), and daily physical activity.

2.3. Statistical analysis

Linear regression analyses were the primary method used to explore the association between sleep metrics and RMP.

A) Analysis Strategy

Analyses were conducted controlling for the selected confounding variables: age, sex, smoking, income, BMI and daily physical activity. The overall goal was to determine the association between the variables.

The cohorts were stratified by age (adults and older adults) to investigate the hypothesis that the relationship between sleep and physical function might be age-dependent (implied by the comparative results).

PSQI score and RMP were transformed into Fisher Yates z-scores to normalize the data prior to the linear regression analysis.

Two models of adjustment were used besides the crude model. The first adjusted model for age, sex, smoker status, income rate, BMI and total daily time of physical activity. The second model was additionally adjusted for the number of comorbidities and the number of medication class to assess whether these variables had any influence on the relationship between sleep quality and muscle power. Cases were omitted from analyses where data was missing.

The analyses were conducted with Stata SE version 14.2 (StataCorp, College Station, TX, USA), and a p-value of <0.05 was considered statistically significant.

3. RESULTS

3.1. Descriptive characteristics

The final analysis included 514 participants. The median age was 61 years, with an interquartile range (IQR) [55, 67] years. The cohort was composed of 60% women. The analysis included a specific subgroup defined as older adults, comprising 35% of the total sample, with a median age [IQR] of 69 [67, 72] years. Descriptive analysis revealed a clear contrast in functional and sleep metrics between the two age groups (Table 1).

Table 1
Descriptive characteristics of the sample

Characteristics	Overall (n=514)	n	Adults (n=332, 64.59%)	n	Older (n=182, 35.41%)	p-value
Sex (%) (n=514)						0.348
Men (n=209)	40.66%	139	41.87%	70	38.46%	
Women (n=305)	59.34%	193	58.13%	112	61.54%	
Age (years)(n=514): median [IQR]	61 [55, 67]	332	57 [53, 61]	182	69 [67, 72]	<0.001
Smoker status (n=514)		70		315		0.253
No smoker (n=461)	89.69%	294	88.55%	167	91.76%	
Smoker (n=53)	10.31%	38	11.45%	15	8.24%	
Income level (n=507)						0.096
≤ 1000 EUR (n=80)	15.78%	47	14.24%	33	18.64%	
> 1000 EUR (n=427)	84.22%	283	85.76%	144	81.36%	
Body Mass Index (BMI) (n=501): median [IQR]	26.4 [24.1, 29.6]	324	26.15 [23.95, 29]	177	27.3 [24.4, 30.4]	0.057
Time of daily Physical Activity (hours) (n=49): median [IQR]	0.96 [0.48, 1.71]	331	1 [0.54, 1.71]	182	0.86 [0.43, 1.5]	0.081
Comorbidities (0-6) 8n=513): median [IQR]	1 [1, 2]	331	1 [0, 2]	182	2 [1, 3]	<0.001
Number of medicaments (0-6) (n=514): median [IQR]	1 [0, 2]	332	1 [0, 2]	182	2 [1, 3]	<0.001
Relative Muscle Power (RMP) (W/Kg) (n=497): median [IQR]	3.89 [3.23, 4.73]	322	4.17 [3.46, 5.02]	175	3.46 [2.78, 4.08]	<0.001
PSQI Score (0-21, higher worse) (n=503): median [IQR]	6 [3, 9]	327	5 [3, 9]	176	6 [3, 9]	0.683
Night-Time sleep (hours) (n=508): median [IQR]	7.5 [6.75, 8.17]	329	7.42 [6.55, 8.00]	179	7.83 [7.17, 8.5]	<0.001
Daytime sleep (hours) (n=508): median [IQR]	0.29 [0, 0.5]	329	0.25 [0, 0.5]	179	0.33 [0, 0.5]	0.241

Note: Values presented in frequency (percentage) for categorical variables or median [IQR] for continuous variables. Sample size varies slightly by variable due to missing data. The number of participants is reported for each variable. P-value based on Wilcoxon rank sum test for continuous variables comparison and chi² test for categorical variables comparison. PSQI, Pittsburgh Sleeping Quality Index. Statistically significant values in bold.

Night-Time Sleep Duration was significantly longer in older adults (median: 7.83 [7.17, 8.5] hours) compared to adults (median: 7.42 [6.55, 8.00] hours). However, Sleep Quality (PSQI) did not differ significantly between adult and older adults, indicating comparable subjective sleep quality across age groups. In contrast, RMP was substantially higher in adults (median: 4.17 [3.46,5.02]) compared with

older adults (median: 3.46 [2.78, 4.08]), reflecting an expected age-related decline in neuromuscular capacity.

There were no significant statistical differences between adults and older adults with respect to sex, smoker status, income level, BMI, time of daily physical activity, PSQI score and daytime sleep.

3.2. Associations between Global Sleep Quality and RMP

Associations between the PSQI global score (where a higher score indicates poorer quality) and RMP (expressed as a normalized Fisher Yates z-score) were calculated using linear regression models.

In the total sample, poorer sleep quality showed an inverse association with RMP in both the crude and adjusted analyses. Particularly in the unadjusted model, poorer sleep quality was significantly associated with lower RMP (regression coefficient: -0.14 , 95% CI: -0.23 to -0.05 , $p=0.003$), and this association remained statistically significant after adjusting for age, sex, smoking, income, BMI, and daily physical activity (Adjusted Model 1: regression coefficient: -0.07 , 95% CI: -0.15 to <0.01 , $p=0.047$).

3.2.1. Age Stratification for Sleep Quality

The effect of sleep quality on RMP was found to be age-dependent.

Adults: The inverse association between worsening sleep quality and decreased RMP was clearly maintained in the adult cohort (adjusted regression coefficient: -0.09 , $p=0.050$) (Table 2).

Tabla 2
Associations of PSQI score with RMP in adults cohort

Variables	Adults					
	Crude (n=320)			Adjusted ¹ (n=318)		
	B	95% CI	p - value	B	95% CI	p - value
Sleep Quality [*]	-0.19	(-0.29, -0.08)	0.001	-0.09	(-0.18, <0.01)	0.050
Night-Time sleep hours	0.02	(-0.06, 0.10)	0.607	-0.00	(-0.07, 0.07)	0.968
Daytime sleep hours	-0.06	(-0.27, 0.14)	0.535	0.03	(-0.15, 0.20)	0.784

Note: RMP as a normalized Fisher Yates z-score. ^{*}n=318 for the crude model and n=316 for adjusted model. B, regression coefficient. Crude model: linear regression between RMP and PSQI. ¹Adjusted model: Crude model adjusted for age, sex, smoking, income, BMI, and daily physical activity. Statistically significant values in bold.

Older adults: Crucially, this effect was absent in the older adult cohort. Sleep quality was not independently associated with RMP in this group (adjusted regression coefficient: -0.01 , $p=0.913$) (Table 3).

Tabla 3
Associations of PSQI score with RMP in older adults cohort

Variables	Older Adults					
	Crude (n=173)			Adjusted ¹ (n=172)		
	B	95% CI	p - value	B	95% CI	p - value
Sleep Quality*	-0.03	(-0.17, -0.12)	0.699	-0.01	(-0.13, 0.12)	0.913
Night-Time sleep hours	-0.06	(-0.17, 0.05)	0.261	-0.09	(-0.18, 0.01)	0.038
Daytime sleep hours	-0.04	(-0.32, 0.23)	0.759	0.01	(-0.23, 0.24)	0.961

Note: RMP as a normalized Fisher Yates z-score. *n=170 for the crude model and n=169 for adjusted model. B, regression coefficient. Crude model: linear regression between RMP and PSQI. ¹Adjusted model: Crude model adjusted for age, sex, smoking, income, BMI, and daily physical activity. Statistically significant values in bold.

Comorbidities and number of medicaments had no influence on the relationship between sleep quality and RMP.

3.3. Association between Night-Time Sleep Duration and RMP

The association between the duration of night-time sleep and RMP also demonstrated age-dependent differences.

In the total sample, night-time sleep duration showed no significant association with RMP when fully adjusted (adjusted model 1: regression coefficient: -0.03, 95%CI: -0.09, 0.02, p=0.248).

In older adults, night-time sleep duration was inversely associated with RMP independently of all confounders (adjusted regression coefficient: -0.09, 95%CI: -0.18, -0.01, p=0.038). This indicates that longer night-time sleep duration was associated with low RMP in this age group. In contrast, night-time sleep duration was not associated with RMP in the adult group (p=0.968).

3.4. Daytime Sleep

Daytime sleep duration did not show any significant association with RMP in the total sample, even in the adjusted models (Adjusted model 1: regression coefficient: 0.02, 95%CI: -0.13, 0.16, p=0.820).

4. DISCUSSION

The present investigation provides novel evidence regarding the complex relationships between subjective sleep quality, sleep duration, and lower-limb function, measured by RMP, highlighting that this association is significantly age-dependent. Our main findings show that, whereas poor sleep quality is more strongly related with lower RMP in the younger adult cohort, longer night-time sleep duration emerges as the key inverse correlate of RMP in older adults.

4.1. The role of RMP in ageing

The central outcome assessed in this study was RMP, derived from the 5-STS power test. This assessment is noteworthy because mechanical power declines with age at a higher rate than either muscle mass or muscle strength (Losa-Reyna et al. 2020; Baltasar-Fernandez et al. 2021). The RMP assessed via the STS power test is considered a simple, inexpensive, and portable method that improves functional prediction compared to traditional measures like handgrip strength or gait speed alone (Losa-Reyna et al. 2020).

Low RMP, particularly when assessed using the 5-STS power test, has shown greater clinical relevance than low handgrip strength alone or confirmed sarcopenia in older people (Baltasar-Fernandez

et al. 2021; Losa-Reyna et al. 2020). Low RMP is strongly associated with several negative outcomes, including low usual gait speed (UGS), frailty, poor quality of life (QoL), and limitations in basic (BADL) and instrumental (IADL) activities of daily living in older women (Losa-Reyna et al. 2020). For instance low RMP was associated with increased Odds Ratios (OR) for frailty (OR=3.9 and 4.7) and poor quality of life (OR=1.8 and 1.9) in older men and women, respectively (Losa-Reyna et al. 2020). Conversely, confirmed sarcopenia, although still associated with low UGS and frailty, showed fewer associations with outcomes than RMP (Losa-Reyna et al. 2020). The demonstrated association between low RMP and frailty underscores that RMP is a valuable tool for early detection and intervention (Losa-Reyna et al. 2020).

4.2. Age-specific associations of Sleep and RMP

The stratification of the findings revealed distinct physiological patterns.

Regarding the impact of *Poor Sleep Quality* in Adults, worsening subjective sleep quality (PSQI) was independently associated with a lower RMP. This suggests that poor sleep quality acts as a modifiable lifestyle risk factor influencing physical capacity well before the onset of old age. The PSQI global score, which measures overall sleep quality and difficulties over a one-month period (Becker and de Neves Jesus 2017), is highly sensitive to disturbances (Gomes et al. 2018). The absence of an objective gold standard for subjective sleep quality means that PSQI remains a crucial, validated construct for measuring this complex dimension (Fabbri et al. 2021; Gomes et al. 2018).

On the other hand, it has been highlighted the impact of *Long Sleep Duration* in Older Adults. Conversely, in older adults, sleep quality did not independently correlate with RMP. Instead, a longer night-time sleep was independently associated with lower RMP. This finding is supported by international literature; long sleep duration (often defined as >8 hours) has been significantly associated with an increased prevalence of sarcopenia, low physical performance, and low muscle strength (Shibuki et al. 2023). Moreover, unbalanced sleep (both short and long duration) increases mortality risk by 14-34% and increases the risk of stroke incidence and mortality (Ungvari, Fekete, Varga, et al. 2025; Ungvari, Fekete, Lehoczki, et al. 2025).

Interpretation of *Long Sleep*. This inverse association in older people suggests that longer sleep may not be the direct cause of muscle decline but rather a marker of underlying health deterioration or frailty. Older adults with increased sleeping time may be experiencing greater physical decline, functional limitations, or comorbidities (such as neurological disorders, including stroke, or chronic diseases) that necessitate more rest, irrespective of their perceived sleep quality (Ungvari, Fekete, Lehoczki, et al. 2025).

4.3. Strength and Methodological considerations

A significant strength of this study lies in its large sample size and the robust methodology, including stratification by age and multivariate adjustment for confounders such as BMI, activity time, age, sex, smoking, and income level. This thorough adjustment enhances the reliability of the independent associations found. The use of RMP via the STS power test provides a highly relevant clinical measure, surpassing the limitations of simply diagnosing sarcopenia (Losa-Reyna et al. 2020).

However, this study is subject to several methodological limitations inherent to its design. The study's cross-sectional nature avoids the establishment of causal relationships. While poor sleep quality and physical function are clearly related, the direction of causality cannot be determined. This presents interpretative challenges, especially concerning the relationship with variables like depression, which often have bidirectional relationships with poor sleep (Garcia-Aguirre et al. 2025). The reliance on the PSQI, a self-reported instrument, introduces the potential for recall bias and subjectivity, self-reported sleep quality being known to strongly influence estimation bias (Cacciatore et al. 2025). Although self-reported measures are practical and economical for large-scale epidemiological studies (Kim, An, and Seo 2023), they lack the precision of objective methods like actigraphy or polysomnography (Ungvari, Fekete, Lehoczki, et al. 2025). Furthermore, the PSQI asks for a global estimate over one month, which may not be sensitive to daily variability (Buysse et al. 1989). The sample characteristics, including the specific

regional peculiarities (implied by the original data collection context) and the focus on community-dwelling individuals, may limit the generalizability of these findings to other ethnic groups, populations in different countries, or individuals residing in institutional settings.

4.4. Clinical implications and future directions

These results provide clear guidance for designing targeted lifestyle interventions. The findings emphasize the necessity of age-specific interventions. For younger adults, interventions should focus on optimizing subjective sleep quality to preserve muscle function. For older adults, interventions should target sleep efficiency and reduction of excessive time spent in bed, aiming to address the underlying physiological decline often marked by long sleep duration. This approach aligns with cognitive behavioural therapy for insomnia strategies, which sometimes incorporate methods like reducing time in bed to increase sleep efficiency (d’Onofrio et al. 2023).

The study reinforced the importance of integrating RMP assessment (such as the 5-STS power test) into clinical settings for early detection of frailty risk, supplementing traditional sarcopenia diagnostics (Losa-Reyna et al. 2020).

Future longitudinal studies are necessary to confirm the directionality of the relationship found between sleep metrics and RMP across different life stages. Further research should also investigate the specific component of sleep quality (latency, disturbances, efficiency) and their distinct associations with RMP in a sex-stratified manner, especially considering known sex differences in the manifestation of frailty and the relationship between sleep quality and physical performance.

5. CONCLUSIONS

The present cross-sectional study demonstrated that the association between sleep parameters and lower-limb physical function, specifically RMP, is robustly age-dependent. This finding is crucial as RMP, measured via the 5-STS power test, holds a superior clinical relevance over muscle strength or muscle mass alone in relationships with adverse outcomes such as frailty and physical disability.

The specific conclusions drawn for the distinct age cohorts are as follows:

In the adult cohort, poorer subjective sleep quality (measured by the Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI) was independently associated with lower RMP. This indicates that, regardless of socioeconomic and anthropometric confounders, sleep quality is a determinant of physical capacity in younger aging individuals.

In the older adult cohort, global sleep quality did not show an independent association with RMP. Instead, longer night-time sleep was inversely associated with lower RMP. This prolonged duration may function as a clinical marker of underlying health decline or established frailty, consistent with reports linking long sleep duration to conditions such as low muscle strength and low physical performance in older population.

No significant association was observed between daytime sleep and RMP in either age group.

These findings underscore the importance of incorporating sleep assessment into comprehensive geriatric evaluations, particularly as low RMP is a powerful predictor of decline. To effectively mitigate age-related loss of lower-limb function, interventions must be tailored: focusing on improving sleep quality in younger adults, while emphasizing sleep efficiency and reducing excessive time spent in bed for older adults. Sleep health is confirmed as a critical modifiable lifestyle determinant influencing physical function throughout the ageing process, meriting essential consideration when investigating sarcopenia or frailty.

M.-I.,V. is supported by a predoctoral grant from the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades), grant number FPU20/02497.

6. REFERENCES

Baltasar-Fernandez, Ivan, Julian Alcazar, Asier Mañas, Luis M. Alegre, Ana Alfaro-Acha, Leocadio Rodriguez-Mañas, Ignacio Ara, Francisco J. García-García, and Jose Losa-Reyna. 2021. “Relative Sit-to-

Stand Power Cut-off Points and Their Association with Negatives Outcomes in Older Adults.” *Scientific Reports* 11 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98871-3>.

Becker, Nathália Brandolim, and Saul de Neves Jesus. 2017. “Adaptation of a 3-Factor Model for the Pittsburgh Sleep Quality Index in Portuguese Older Adults.” *Psychiatry Research* 251 (May): 298–303.

Bloomberg, Mikaela, Laura Brocklebank, Mark Hamer, and Andrew Steptoe. 2023. “Joint Associations of Physical Activity and Sleep Duration with Cognitive Ageing: Longitudinal Analysis of an English Cohort Study.” *The Lancet. Healthy Longevity* 4 (7): e345–53.

Buysse, D. J., C. F. Reynolds 3rd, T. H. Monk, S. R. Berman, and D. J. Kupfer. 1989. “The Pittsburgh Sleep Quality Index: A New Instrument for Psychiatric Practice and Research.” *Psychiatry Research* 28 (2): 193–213.

Cacciatore, Stefano, Riccardo Calvani, Jasmine Mancini, Francesca Ciciarello, Vincenzo Galluzzo, Matteo Tosato, Emanuele Marzetti, Francesco Landi, and Lookup Study Group. 2025. “Poor Sleep Quality Is Associated with Probable Sarcopenia in Community-Dwelling Older Adults: Results from the Longevity Check-up (Lookup) 8.” *Experimental Gerontology* 200 (112666): 112666.

Cruz, T., L. García, M. A. Álvarez, and A. L. Manzanero. 2022. “Sleep Quality and Memory Function in Healthy Ageing.” *Neurología (English Edition)* 37 (1): 31–37.

Cruz-Jentoft, Alfonso J., Jean Pierre Baeyens, Jürgen M. Bauer, Yves Boirie, Tommy Cederholm, Francesco Landi, Finbarr C. Martin, et al. 2010. “Sarcopenia: European Consensus on Definition and Diagnosis.” *Age and Ageing* 39 (4): 412–23.

Denison et al., Hayley. 2021. “Poor Sleep Quality and Physical Performance in Older Adults.” *Sleep Health: Journal of the National Sleep Foundation* 7 (2): 205–11.

Fabbri, Marco, Alessia Beracci, Monica Martoni, Debora Meneo, Lorenzo Tonetti, and Vincenzo Natale. 2021. “Measuring Subjective Sleep Quality: A Review.” *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031082>.

Garcia-Aguirre, Mikel, Ivan Baltasar-Fernandez, Julian Alcazar, Jose Losa-Reyna, Ana Alfaro-Acha, Ignacio Ara, Leocadio Rodriguez-Mañas, Luis M. Alegre, and Francisco J. Garcia-Garcia. 2025. “Cut-Off Points for Low Relative 30-s Sit-to-Stand Power and Their Associations with Adverse Health Conditions.” *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 16 (1): e13676.

Gomes, Ana Allen, Daniel Ruivo Marques, Ana Maria Meiavia, Filipa Cunha, and Vanda Clemente. 2018. “Psychometric Properties and Accuracy of the European Portuguese Version of the Pittsburgh Sleep Quality Index in Clinical and Non-Clinical Samples.” *Sleep and Biological Rhythms* 16 (4): 413–22.

Kim, Yejin, Hye Ji An, and Young Gyun Seo. 2023. “Optimal Cutoffs of Sleep Timing and Sleep Duration for Cardiovascular Risk Factors.” *Diabetes Research and Clinical Practice* 204 (October). <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2023.110894>.

Losa-Reyna, Jose, Julian Alcazar, Irene Rodríguez-Gómez, Ana Alfaro-Acha, Luis M. Alegre, Leocadio Rodríguez-Mañas, Ignacio Ara, and Francisco J. García-García. 2020. “Low Relative Mechanical Power in Older Adults: An Operational Definition and Algorithm for Its Application in the Clinical Setting.” *Experimental Gerontology* 142 (December). <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.111141>.

Onofrio, Paolo d', Susanna Jernelöv, Ann Rosén, Kerstin Blom, Viktor Kaldo, Johanna Schwarz, and Torbjörn Åkerstedt. 2023. “The Polysomnographical Meaning of Changed Sleep Quality-A Study of Treatment with Reduced Time in Bed.” *Brain Sciences* 13 (10): 1426.

Shibuki, Takuma, Miho Iida, Sei Harada, Suzuka Kato, Kazuyo Kuwabara, Aya Hirata, Mizuki Sata, et al. 2023. “The Association between Sleep Parameters and Sarcopenia in Japanese Community-Dwelling Older Adults.” *Archives of Gerontology and Geriatrics* 109 (104948): 104948.

Ungvari, Zoltan, Mónika Fekete, Andrea Lehoczki, Gyöngyi Munkácsy, János Tibor Fekete, Virág Zábó, György Purebl, Péter Varga, Anna Ungvari, and Balázs Györfy. 2025. “Inadequate Sleep Increases Stroke Risk: Evidence from a Comprehensive Meta-Analysis of Incidence and Mortality.” *GeroScience* 47 (3): 4679–95.

Ungvari, Zoltan, Mónika Fekete, Péter Varga, János Tibor Fekete, Andrea Lehoczki, Annamaria Buda, Ágnes Szappanos, György Purebl, Anna Ungvari, and Balázs Györfly. 2025. “Imbalanced Sleep Increases Mortality Risk by 14-34%: A Meta-Analysis.” *GeroScience* 47 (3): 4545–66.

Wang, Junyu, Wei Wang, Yaqiong Liu, Menghan Yao, Qianqian Du, Yuxin Wei, Kai Lu, et al. 2024. “Relationship between Cognitive Function and Sleep Quality in Middle-Aged and Older Adults for Minimizing Disparities and Achieving Equity in Health: Evidence from Multiple Nationwide Cohorts.” *Archives of Gerontology and Geriatrics* 127 (105585): 105585.