

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen 17. Número 3

Septiembre 2024



RAMD

## Originales

- Valores normativos de la agilidad en adolescentes brasileños
- ¿Ha influido la pandemia COVID-19 en el rendimiento de los atletas de élite en el Campeonato Mundial de Duatlón y Acuatlón de la ITU?
- Programa de entrenamiento isométrico en la respuesta de los parámetros cardiovasculares y respiratorios

## Revisiones

- Fisioterapia en la diástasis abdominal. Revisión de revisiones.
- Crioterapia en el deporte: una revisión integradora de su uso en los esguinces de tobillo.
- Reducción de sustancia gris y disfunción de la velocidad de marcha en personas mayores: revisión sistemática.





# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen 17. Número 3

Septiembre 2024

## Originales

- 145 Valores normativos de la agilidad en adolescentes brasileños  
*J. C. B. Marins, P. C. A. Oliveira, H. H. T. Reis, M. Sillero-Quintana, G. A. Pussieldi, P. R. S. Amorim*
- 151 ¿Ha influido la pandemia COVID-19 en el rendimiento de los atletas de élite en el Campeonato Mundial de Duatlón y Acuatlón de la ITU?  
*P. García-González, & J.A. Gonzalez-Jurado*
- 159 Programa de entrenamiento isométrico en la respuesta de los parámetros cardiovasculares y respiratorios  
*M. E. Tauda, E. J. Bravo*

## Revisiones

- 166 Fisioterapia en la diástasis abdominal. Revisión de revisiones  
*J. Lorenzo-Gil, A. Alonso-Calvete, I. Da Cuña-Carrera, M. Fernández-Paz, L. Núñez-Remiseiro*
- 175 Crioterapia en el deporte: una revisión integradora de su uso en los esguinces de tobillo.  
*C. Inara Bamberg, M. Eraci Borges, T. Fernanda Tortorelli Zarili, D. Ferrari de Lima, G. Ricardo Flor Bertolini*
- 181 Reducción de sustancia gris y disfunción de la velocidad de marcha en personas mayores: revisión sistemática  
*K. Córdova-León, D. Águila-Delgado, K. Castillo-Rebolledo, K. Córdova-Flores*

# Sumario

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volum 17. Number 3

September 2024

## Original Articles

- 145 Normative values for agility in Brazilian adolescents  
*J. C. B. Marins, P. C. A. Oliveira, H. H. T. Reis, M. Sillero-Quintana, G. A. Pussieldi, P. R. S. Amorim*
- 151 Has COVID-19 pandemic influenced the performance of top-class athletes in the ITU World Duathlon and World Aquathlon Championship?  
*P. García-González, & J.A. González-Jurado*
- 159 Isometric training program in the response of cardiovascular and respiratory parameters  
*M. E. Tauda, E. J. Bravo*

## Review Articles

- 166 Fisioterapia en la diástasis abdominal. Revisión de revisiones  
*J. Lorenzo-Gil, A. Alonso-Calvete, I. Da Cuña-Carrera, M. Fernández-Paz, L. Núñez-Remiseiro*
- 175 Cryotherapy in sport: an integrative review of its use in ankle sprains  
*C. Inara Bamberg, M. Eraci Borges, T. Fernanda Tortorelli Zarili, D. Ferrari de Lima, G. Ricardo Flor Bertolini*
- 181 Gray matter depletion and gait speed dysfunction in the elderly: a systematic review  
*K. Córdova-León, D. Águila-Delgado, K. Castillo-Rebolledo, K. Córdova-Flores*

Contents

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volume 17. Número 3

Setembro 2024

## Artigos Originais

- 145 Valores normativos de agilidade em adolescentes brasileiros  
*J. C. B. Marins, P. C. A. Oliveira, H. H. T. Reis, M. Sillero-Quintana, G. A. Pussieldi, P. R. S. Amorim*
- 151 A pandemia de COVID-19 influenciou o desempenho dos atletas de elite no Campeonato Mundial de Duatlo e Aquatlo da ITU?  
*P. García-González, & J.A. Gonzalez-Jurado*
- 159 Programa de treinamento isométrico na resposta de parâmetros cardiovasculares e respiratórios  
*M. E. Tauda, E. J. Bravo*







## Artigos de Revisão

- 166 Fisioterapia na diástase abdominal. Revisão de comentários  
*J. Lorenzo-Gil, A. Alonso-Calvete, I. Da Cuña-Carrera, M. Fernández-Paz, L. Núñez-Remiseiro*
- 175 Crioterapia no esporte, uma revisão integrativa sobre o uso em entorse de tornozelo  
*C. Inara Bamberg, M. Eraci Borges, T. Fernanda Tortorelli Zarili, D. Ferrari de Lima, G. Ricardo Flor Bertolini*
- 181 Redução de substância cinzenta e disfunção na velocidade da marcha em idosos: revisão Sistemática  
*K. Córdova-León, D. Águila-Delgado, K. Castillo-Rebolledo, K. Córdova-Flores*

Conteúdo

Originales

## Normative values for agility in Brazilian adolescents

J. C. B. Marins<sup>a</sup> , P. C. A. Oliveira<sup>a</sup> , H. H. T. Reis<sup>a,\*</sup> , M. Sillero-Quintana<sup>b</sup> , G. A. Pussieldi<sup>c</sup> , P. R. S. Amorim<sup>d</sup> 

<sup>a</sup> Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa, Brazil.

<sup>b</sup> Instituto Nacional de Educación Física, Universidad Politécnica de Madrid, Spain.

<sup>c</sup> Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Campus Florestal, Brazil.

<sup>d</sup> Department of Biomedical and Biotechnological Sciences, School of Medicine, Research Center on Motor Activities (CRAM), Italy.



### ABSTRACT

Detecting young talents is one of the most significant challenges in the sports sciences. Early performance assessment is an essential component of talent discovery programs. This study aimed to establish normative values and verify the reliability of the Illinois Agility Test (IAT) while assessing the agility of Brazilian adolescents. A total of 649 school adolescents of both sexes between 14 and 18 years old participated in the study performing the IAT. To assess the psychometric quality regarding reliability, part of the sample performed the test in duplicate with a minimum interval of 24 hours and a maximum of 72 hours. The following percentile values were established for the male IAT: (P5 < 17.76 s) for "Excellent"; between P40 and P60 (19.37 to 20.24 s) for "Regular"; P80 > 21.21 s as "Much below average". For the female IAT, the following values were established (P5 < 20.84 s) for "Excellent"; between P40 and P60 (22.88 to 23.85 s) for "Regular"; P80 > 25.08 s "Much below average". Bland-Altman analysis pointed to an ICC of 0.936. Agility performance curves for adolescents were developed, collaborating to detect talent when the IAT obtained a performance less than or equal to 17.76 s for males and 20.84 s for females.

**Keywords:** Athletic performance; physical activity; physical fitness; teenagers.

### Valores normativos de la agilidad en adolescentes brasileños

#### RESUMEN

La detección de jóvenes talentos es uno de los retos más importantes de las ciencias del deporte. La evaluación temprana del nivel de rendimiento es un componente esencial de los programas de descubrimiento de talentos. El objetivo de este estudio fue establecer valores normativos y verificar la repetibilidad del Illinois Agility Test (IAT) en la evaluación de la agilidad de adolescentes brasileños. Participaron en el estudio 649 estudiantes adolescentes de ambos sexos entre 14 y 18 años, por mediodel IAT. Para evaluar la calidad psicométrica en cuanto a la repetibilidad, parte de la muestra realizó la prueba por duplicado con un intervalo mínimo de 24 horas y máximo de 72 horas. Para el IAT masculino se establecieron los siguientes percentiles: P5 (< 17,76 s) para "Excelente"; entre P40 y P60 (19,37 a 20,24 s) para "Regular"; y P80 (> 21,21 s) como "Muy por debajo del promedio". Para el IAT femenino se establecieron los siguientes valores P5 (< 20,84 s) para "Excelente"; entre P40 y P60 (2,88 a 23,85 s) para "Regular"; y P80 (> 25,08 s) "Muy por debajo de la media". El análisis de Bland-Altman indicó un ICC de 0,936. Se desarrollaron curvas de rendimiento de agilidad para adolescentes, que pueden ser utilizadas para detectar talento cuando el IAT obtenga un rendimiento menor o igual a 17,76 s para varones y 20,84 s para mujeres.

**Palabras clave:** Rendimiento atlético; Actividad física; aptitud física; Adolescentes.

\* Corresponding Author: Hamilton Henrique Teixeira Reis, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Viçosa, Minas Gerais, 36570-000.  
Email: [hhteixeirareis@gmail.com](mailto:hhteixeirareis@gmail.com) (H. H. T. Reis)

<https://doi.org/10.33155/ramd.v17i3-4.1176>

ISSN-e: 2172-5063/ © Consejería de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

## Valores normativos de agilidade em adolescentes brasileiros

### RESUMO

Detectar jovens talentos é um dos desafios mais significativos nas ciências do esporte. A avaliação de desempenho precoce é um componente essencial dos programas de descoberta de talentos. O objetivo deste estudo foi estabelecer valores normativos e verificar a repetibilidade do Illinois Agility Test (IAT) na avaliação da agilidade de adolescentes brasileiros. Participaram do estudo 649 adolescentes escolares de ambos os sexos entre 14 e 18 anos realizando o IAT. Para avaliar a qualidade psicométrica quanto à repetibilidade, parte da amostra realizou o teste em duplicata com intervalo mínimo de 24 horas e máximo de 72 horas. Para o IAT masculino foram estabelecidos os seguintes percentis: (P5 < 17,76 seg) para “Excelente”; entre P40 e P60 (19,37 a 20,24 seg) para “Regular”; P80 > 21,21 seg como “Muito abaixo da média”. Para o IAT feminino foram estabelecidos os seguintes valores (P5 < 20,84 seg) para “Excelente”; entre P40 e P60 (22,88 a 23,85 seg) para “Regular”; P80 > 25,08 seg “Muito abaixo da média”. A análise de Bland-Altman apontou um ICC de 0,936. Foram desenvolvidas curvas de desempenho de agilidade para adolescentes, colaborando para detectar o talento quando o IAT obteve um desempenho menor ou igual a 17,76 seg para o sexo masculino e 20,84 seg para o sexo feminino.

*Palavras-chave:* Performance atlética; Atividade Física; Aptidão física; Adolescentes.

### Introduction

Detecting young talents is one of the most significant challenges in the sports sciences. due to several interconnected factors such as physiological, technical, tactical, psychological, and sociological influences<sup>1-5</sup>. A precise selection process considers geographical conditions, allowing better performance and results, as well as contributing to the optimization of human, technical and economic resources<sup>6</sup>. Consequently, it makes the process more effective regarding parameters quality, reducing failure rates and wasted time. Thus, early performance assessment is an essential component of talent discovery programs.

The physical tests, conducted individually or as one of many steps on a test, allow for gathering normative data and distribution, which can be used in different ways regarding talent detection or those with extreme values. Their use also implies on establishing development levels expected when analyzing the same sport in different age groups<sup>7</sup>, or establishing the ideal profile according to the tactical function exercised in collective teams<sup>6</sup> or, still, the difference between professional and amateur athletes<sup>6</sup>. Finally, considering some essential physical qualities, it is possible to verify whether a young person has any performance deficit expected for her/his age group, requiring a careful evaluation of the factors that might be negatively influencing the development of a particular skill level<sup>8</sup>.

Physical qualities can be divided into two large groups: “physical”, which includes flexibility, and “motor skills”, such as agility<sup>9</sup>. These qualities have very specific characteristics, some of which are easy to control and others more complex, due to their interaction with other physical parameters, like agility. Edwards et al.<sup>10</sup> stated that a good agility performance is essential for success in many competitive sports.

It is noteworthy that the Illinois Agility Test (IAT) has interesting execution characteristics since it largely meets the recommendations of Sheppard and Young<sup>9</sup> for an agility test combined to physical and cognitive qualities. Hachana et al.<sup>11</sup> established that the IAT fulfills the criteria of reliability and validity, hence being an applicable test to assess agility. Therefore, the present study aimed to establish normative curves of agility performance among Brazilian adolescents, applying the IAT and verifying its reliability in such population.

### Methods

#### Participants and recruitment

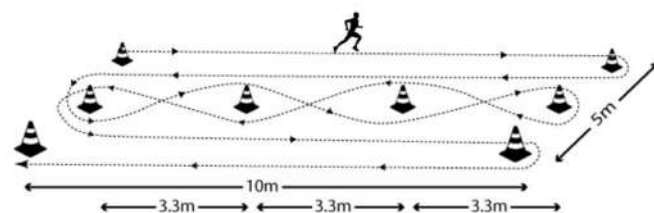
A descriptive cross-sectional study was conducted with 649 school adolescents (360 females and 289 males) aged from 14 to 18 years old. The participants were recruited from a state school in Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.

The study proposal was sent to the guardians, with a term of consent to be signed by the underage students, as well as the term of the free and informed consent form (ICF) to collect the parents' signature or to be signed by participants older than 18 years prior to the study. This study was conducted according to the Declaration of Helsinki and approved by the local Institutional Review Board for Human Subject Protection (62163316.7.0000.5153). This study complied with CONSORT guidelines.

The inclusion criteria were volunteers who wished to participate, individuals without orthopaedic or metabolic restrictions, or other problems causing physical discomfort or difficulty. As the data collection was conducted in a full school period, only the students who attended Physical Education classes regularly in the past month of classes were included in the study. Meanwhile, exclusion criteria included pregnant women with sick leave, individuals with poor health status, as well as febrile conditions and motor problems.

#### Procedures

IAT was applied at a flat surface with a total area of 400 m<sup>2</sup> (20 mx 20 m), 8 cones, stopwatch in the installed application Smartphone iPhone 5 (Apple). Initially, a figure of a rectangle of 10 meters x 5 meters was marked with 4 main cones. On the central axis at the smallest part of the rectangle, at 2.5 meters, 4 secondary cones were positioned parallel to the 10-meter axis at 3.33 meters each, as shown in Figure 1.



**Figure 1.** Illinois Agility Test (IAT) protocol illustration.

Considering the characteristics of the test, each participant covered the course in a preparatory manner on two occasions. The first trotting, the second with a light run, without time recording.



**Table 1.** Characteristics of young scholars assessed

Variables	Males (n= 289)	Females (n= 360)
Body Mass (kg)	67.78 ± 13.25; (44 – 149.5)	60.14 ± 13.17; (37.4 – 119.9)
Height (m)	173.9 ± 6.3; (155.5 – 200)	162.16 ± 6.18; (144.5 - 183)
IAT	19.98 ± 1.63; (16.54 – 25.80)	23.59 ± 2.06; (19.51 – 33.94)

Data are presented as mean ± standard deviation (minimum-maximum). IAT, Illinois Agility Test

*Statistical Analysis*

Statistical analysis was performed using descriptive analysis with mean, standard deviation, maximum and minimum values. Subsequently, based on the timing results, we established normative tables of performance using the percentiles 5,10, 15, 20, 25, 30, 35, 40,

**Table 2.** Percentile values for high school students of both sexes proposed at different classification levels in the IAT in seconds.

Percentile	Males	Classification	Females
5%	17.76	EXCELLENT	20.84
10%	18.10	MUCH ABOVE AVERAGE	21.20
15%	18.44		21.61
20%	18.59		21.87
25%	18.80	ABOVE AVERAGE	22.10
30%	18.97		22.40
35%	19.14		22.70
40%	19.37	REGULAR	22.88
45%	19.58		23.10
50%	19.80		23.33
55%	20.05		23.52
60%	20.24		23.85
65%	20.37		BELOW AVERAGE
70%	20.64	24.48	
75%	20.89	24.81	
80%	21.21	MUCH BELOW AVERAGE	25.08
85%	21.68		25.43
90%	22.23		26.16
95%	22.91		27.14

The third attempt was at maximum speed with time recording. The participant started in a prone position, with their hands resting on the floor and their arms lined with their shoulder's height. When commanded, the participant quickly moved in a linear run to the second main cone, making a 180° turn and running diagonally to the first central cone. Then, they performed zigzag movements to the fourth central cone until returning to the first cone. At this point, the participant ran diagonally to the third main cone, rotating almost 180°, and finishing with a linear run to the last central cone, where the final time was recorded. Moreover, in case of execution difficulty, a minimum of 2 minutes of recovery were given before a second attempt. The timing was considered in seconds and hundredths of seconds. The stopwatch was settled along with the test start and stopped once the final line was crossed.

All the tests were conducted during class hours at the school's sports court on a covered, painted cement floor. Data collection was gathered by a trained researcher at the presence of the class teacher assisting the dynamics of the tests. The data collected included name, age, sex, grade, class, test registration time, and anthropometric data.

As a standard procedure, no organic or local muscle warm-up was performed, besides only two rehearsals to facilitate the memorization of the route in each one of the tests, which were applied on different days, with a minimum interval of 48 hours. No verbal stimulation or feedback of any type were provided to the participant. To meet the reliability goal of the study, at least 20% of the sample was reassessed with an interval between 48 and 72 hours.

Anthropometric measurements were taken in different days of the tests in a private area. Body mass was measured using a scale with a 50 grams precision, and height was measured with a stadiometer (Sanny®) with a 1 mm precision, following the International Society for the Advancement of Kinanthropometry recommendations.<sup>12</sup>

45, 50, 55, 60, 70, 75, 80, 85, 90, and 95% for performance classification. To ensure the quality of the proposed table of normative data, each group had a number of assessed ones greater than 100. Then, the following cut-off points were recommended for the six performance categories for both tests and sexes: <P5% for the excellent category; between P10 and P15% for "Much above average"; between P20 and P35% "Above average"; between P40 and P60% "Regular"; between 65 and 75% "Below average"; > P80% "Much below average". The classification proposed by Davies et al.<sup>13</sup> was used for the participants aged between 16 and 18.

Moreover, to assess psychometric quality regarding reliability, part of the sample performed the test in duplicate with a minimum interval of 48 hours and a maximum of 72 hours.

The paired Student's t-test was performed to assess the test's reliability. Pearson's correlation level between test and re-test was established. The Bland-Altman test was also used to determine the interclass correlation coefficient between test and retest, following the criteria established by Koo and Li<sup>14</sup>.

The statistical software Primer® was used to calculate Student's t-test and correlation tests. For all tests was used a significance level of p <0.05. The results of the Bland-Altman test were conducted by Statistical Package for Social Science (SPSS - version 13.0).

**Results**

A total of 649 high school students were evaluated, 289 males (16.9 ± 0.9 years) and 360 females (16.8 ± 0.9 years). Table 1 presents body mass, height, and IAT performance.

The obtained IAT values allowed the establishment of the percentile curve (excellent, much above average, above average, regular, below average, and much below average), as indicated in Table 2, for each sex.

**Table 3.** Number of participants in each percentile classification range by sex (adolescents (23.59 ± 2.06 s) are classified as “very poor” according

Level of Classification	Males (n=289)	Females (n=360)
Excellent	12 (4.15 %)	19 (5.27%)
Much above average	32 (11.07%)	36 (10.00%)
Above average	57 (19.72%)	80 (22.22%)
Average	72 (24.91%)	84 (23.33%)
Below average	43 (14.87%)	53 (14.73%)
Much below average	73 (25.28%)	88 (24.45%)

**Table 4.** Performance in seconds of the test and retest of IAT obtained in young high school students

Sex	IAT (T1)	IAT (T2)	Δ (T1-T2)	p	Correlation(r)
Male (n = 100)	19.45 ± 1.36 (16.65 – 23.10)	18.85 ± 0.95 (15.46 – 19.33)	0.60	< 0.001	0.71
Female (n = 87)	22.75 ± 1.98 (19.51 – 30.52)	22.11 ± 1.78 (18.88 – 29.74)	0.64	< 0.001	0.78

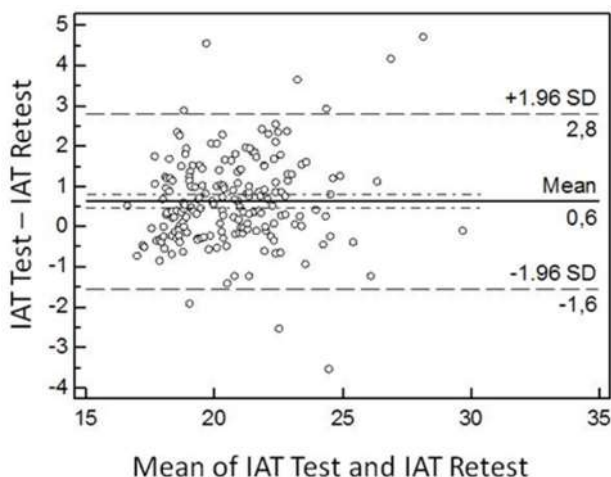
Data are presented as mean ± standard deviation (minimum-maximum). IAT, Illinois Agility Test.

Table 3 shows the number of participants within each percentile classification range, as indicated in Table 2.

To verify the reliability level of the IAT, 100 male students (age: 16.9 ± 0.9 years; body mass: 66.04 ± 10.3 kg; height: 172.08 ± 18.8 cm) representing 34.6% of the sample, and a group of 87 female students (age: 16.89 ± 0.90 years; body mass: 59.45 ± 12.30 kg; height: 161.71 ± 6.09 cm) representing 24.16% of the total sample were reevaluated under the same conditions, on different days. Table 4 shows the descriptive values obtained for both sexes, in addition to p value for the Student's T-test for paired samples, as well as the correlation values obtained by the test and retest.

For males, despite having a strong correlation level between the first and the second test (r = 0.71), the paired Student's T-test indicated that the observed difference of 0.60 seconds between the first and the second test was significant (p < 0.001). For females, the observed behavior was similar to males, once a correlation value of r = 0.78 was considered to be strong. However, the difference of 0.64 seconds between the first and second tests was also considered significant (p < 0.001), similar to what was observed for males.

Figure 2 shows the results obtained from the Bland-Altman protocol to assess the interclass correlation coefficient (ICC) for the IAT test (test vs. retest), gathering all young people assessed and obtaining a high ICC of 0.936, considered to be excellent by the criteria established<sup>14</sup>.



**Figure 2.** Bland-Altman graph for the IAT test (test vs. retest) gathering all the assessed participants.

**Discussion**

The present study aimed to establish normative curves of agility performance among Brazilian adolescents, applying the IAT and verifying its reliability in such population. The average performance in the IAT obtained for both male (19.98 ± 1.63 s) and female

with the classification developed for North American adolescents<sup>13</sup>. This indicates that, on average, the assessed group, regardless of sex, requires the inclusion of supervised physical activities to improve the agility level.

The “poor performance” reported, when comparing to North American young population, supports a warning signal of an increased sedentary behavior trending among Brazilian adolescents<sup>15</sup>, with a higher prevalence among females. Therefore, the recommendation should be to increase levels of physical activity and physical performance avoiding a worse situation in the coming decades.

Considering a normative standard for our cultural reality, it is interesting to observe that the distribution of participants in the “excellent” category of the percentile curve proposed in this study was close to 5% of the total sample regardless of sex (Table 3). In theory, these young people have, at least among their “peers”, a greater physical performance parameter, which can still be improved with training. Therefore, this can be endorsed among team sports in which agility plays an essential role in performance<sup>16</sup>.

The performance of these young male students is close to young soccer players<sup>17,18</sup> and military personnel<sup>19</sup>. However, it is noteworthy to mention the age of the appraised participants of the respective studies. Only the participants of the study by Raya et al.<sup>19</sup> were much older than our assessed group, while in the remaining studies ranged between 13 and 14 years. On the other hand, the female participants in the present study also had a worse performance (23.59 ± 2.06 s) when compared with Turkish university students (20.8 ± 1.9 s).<sup>20</sup>

Therefore, age is an essential factor to notice regarding the development of some issues that influence the final results of the agility test<sup>21</sup>. According to Zemková and Hamar<sup>16</sup>, agility performance increases with advancing age until adolescence. Their values markedly decreased from 7 to 10 years old (27.1%) and from 10 to 14 years old (26.5%), followed by a slow period of 14 to 18 years old (16.5%). This fact generates the need to prepare normative tables considering the age group. Also, the use of cleats facilitates the grip on the floor in the five 180° turns in studies with soccer players can directly affect the final result of the test.

According to Vescovi et al.<sup>7</sup>, the peak of development of agility obtained in 414 young soccer players between 12 and 21 years old occurs between 15 and 16 years old, which is precisely the age group assessed in the present study. According to the same authors, different normative tables must be established for adult participants. A study conducted with soccer players of different ages in the U12, U14, U16, and U18 categories, observed that age is a determining factor in performance, having the two initial categories as the worst level of performance in comparison to older athletes<sup>21</sup>. This makes it necessary to elaborate age-specific normative tables, similar to what was done in the present study.

The results found in the present study reinforce the need to create a specific normative data table for adolescent population and enable the monitoring of the secular trend. Several studies with similar models were conducted in Brazil considering other physical parameters, such as one conducted by Silva et al.<sup>22</sup> in the city of Cariri (Ceará) with 6,238 children and youngsters between 8 and 17 years old; and by Guedes and Guedes<sup>23</sup> who proposed normative tables in various physical tests for the Brazilian population. Therefore, this study aims to provide a pioneering table for assessing agility using the IAT, considering that there are no references for this protocol in Brazil. The results obtained in the present study might also collaborate with international comparison studies, considering that the IAT comprises a simple, quick test, easy to apply in its logistics, facilitating its replication in any country.

The percentile curve presented in Table 2 can be used as a reference for high school students, contributing to a diagnosis of the student's fitness level for this assessed physical quality. Performances with scores above the 50% percentile would still indicate the need for greater attention among youngsters, aiming to identify which factors would be causing a negative result.

As part of the main goals of this study the reliability of the IAT was assessed, which corresponds to the most important characteristic of a measure<sup>23</sup>. A test has a good level of reliability when there is consistency or an observed repetition, to a certain degree in which repeated measures of the same variable are replicated under the same conditions and by the same participant on different occasions<sup>24</sup>. In the present study, these conditions were followed, being assessed by the same physical educator (intra-evaluator reliability), in the same participant sample, same school environment (sports court), and same time of the day. Regarding the reliability of the IAT results, the finding was interesting. Pearson's correlation value indicates a "strong correlation" regardless of sex, which certifies a test with a good reliability index<sup>24</sup>.

It should be highlighted that in the second testing moment, there was a gain of almost 0.6 s for both males and females. This difference was considered significant when using the paired Student's t-test. This difference between the results of the test vs. retest, can be credited to a greater understanding of the situation and improvement of the cognitive aspect of the task,<sup>25</sup> considering that in the time interval between the test and retest, around a week, there was no improvement in basic physical qualities that could influence the result. Thus, a more appropriate familiarization with the test should be required before the evaluations.

By analyzing test and retest performance in all youngsters using the Bland-Altman test, it was possible to obtain an ICC = 0.94, which is considered to be high, better than the obtained by Katis and Kellis<sup>18</sup> (ICC = 0.85), and similar to Hachana et al.<sup>11</sup> (ICC = 0.96), who established that the IAT has quite good reliability criteria to assess agility. Daneshjoo et al.<sup>26</sup> also found high reliability when assessed by the IAT's ICC, ranging the ICC results from 0.89 to 0.96. Therefore, the IAT's reliability can be considered positive; however, due to the cognitive requirement, we recommend conducting a period of familiarization with the dynamics of the test to obtain a better result. It should be highlighted that the test was conducted without warm-up, aiming to standardize the basic condition.

Amiri-Khorasaniet al.<sup>27</sup> observed in their study that the type of warm-up interferes with the result of the IAT. The study was conducted with professional soccer players divided into two groups with less ( $5.12 \pm 0.83$  years) and greater training experience ( $8.18 \pm 1.16$  years), respectively, comparing four forms of warm-up before IAT and it concluded that dynamic stretching improves performance significantly and the more experienced the players are, the more agile. Taher and Parnow<sup>28</sup> also observed similar results with elite high school soccer players. Therefore, better performances can be expected when choosing to perform an organic warm-up, which will also cause the tables proposed in the present work to be reassessed, changing the classification patterns.

The IAT is interesting because its execution characteristics largely meet the recommendations of Sheppard and Young<sup>9</sup> for an agility test to combine physical and cognitive qualities. Therefore, it should be included as a routine test for the second phase of elementary school and high school. Thus, the proposition of the normative data presented in this study allows it to be used as a reference in the diagnostic, formative, and summative assessment throughout the school year, especially in high schools, in Brazil.

The present study had some limitations, such as the fact that the test timing was marked using a manual stopwatch. A photocell system would gather greater data precision. The relationships between maturation and anthropometric and physical performance characteristics are dynamic and can often produce interpretation errors, confusing the ability to accurately assess adolescent

performance during adolescence. As the age group of the adolescents assessed had different maturation levels, the identification of maturation age could provide interesting information for a better interpretation of the results and an anthropometric survey.

## Conclusions

The agility performance curves for high school students have been established based on sex and the type of test used. These curves can aid in talent identification, with optimal IAT performance defined as less than or equal to 17.76 seconds for males and less than or equal to 20.84 seconds for females. Additionally, the IAT demonstrated a high reliability index, making it a highly recommended test for assessing agility in high school adolescents.

Youth training process plays an important role in affecting positively the development of individual components of athletic performance. These findings might help sports practices for clinicians and conditioning coaches, particularly by helping to identify and improve talent identification programs' accuracy through a physical fitness assessment.

## Acknowledgments

PRSA is supported by Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas gerais (FAPEMIG - APQ - 05092 - 23)

## References

- Webborn N, Williams A, McNamee M, Bouchard C, Pitsiladis Y, Ahmetov I, et al. Direct-to-consumer genetic testing for predicting sports performance and talent identification: Consensus statement. *Br J Sports Med.* 2015;49(23):1486–91.
- Larkin P, Marchant D, Syder A, Farrow D. An eye for talent: The recruiters' role in the Australian Football talent pathway. *PLoS One.* 2020;15:1–17.
- Reeves MJ, Roberts SJ, McRobert AP, Littlewood MA. Factors affecting the identification of talented junior-elite footballers: a case study. *Soccer Soc.* 2018;19(8):1106–21.
- Yapici H, Gulu M, Yagin FH, Eken O, Gabrys T, Knappova V. Exploring the Relationship between Biological Maturation Level, Muscle Strength, and Muscle Power in Adolescents. *Biology (Basel)* [Internet]. 2022 Nov 28;11(12):1722. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-7737/11/12/1722>
- de la Rubia A, Kelly AL, García-González J, Lorenzo J, Mon-López D, Maroto-Izquierdo S. Biological maturity vs. relative age: Independent impact on physical performance in male and female youth handball players. *Biol Sport.* 2024;41(3):3–13.
- Johnston K, Wattie N, Schorer J, Baker J. Talent Identification in Sport: A Systematic Review. *Sports Medicine.* 2018;48(1):97–109.
- Vescovi JD, Rupf R, Brown TD, Marques MC. Physical performance characteristics of high-level female soccer players 12–21 years of age. *Scand J Med Sci Sports.* 2011;21(5):670–8.
- Den Hartigh RJR, Niessen ASM, Frencken WGP, Meijer RR. Selection procedures in sports: Improving predictions of athletes' future performance. *Eur J Sport Sci.* 2018;18(9):1191–8.
- Sheppard J, Young W. Agility literature review: Classifications, training and testing. *J Sports Sci.* 2006;24(9):919–32.
- Edwards S, Austin AP, Bird SP. The role of the trunk control in athletic performance of a reactive change-of-direction task. *J Strength Cond Res.* 2017;31(1):126–39.
- Hachana Y, Chaabène H, Nabli MA, Attia A, Moualhi J, Farhat N, et al. Test-Retest reliability, criterion-related validity, and

- minimal detectable change of the Illinois Agility Test in male team sport athletes. *J Strength Cond Res.* 2013;27(10):2752–9.
12. Stewart a a, Marfell-Jones M, Olds T, Al. E. International standards for anthropometric assessment. Lower Hutt, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry. 2011;1–139.
  13. Davies RJ, Bull CR, Roscoe J V, Roscoe DA. *Physical Education and the Study of Sport.* Wolfe, editor. Vol. 1. London; 1991. 561 p.
  14. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med.* 2016;15(2):155–63.
  15. Oehlschlaeger MHK, Tavares Pinheiro R, Horta B, Gelatti C, SanTana P. Prevalence of sedentarism and its associated factors among urban adolescents. *Rev Saude Publica.* 2004;38(2):157–63.
  16. Zemková E, Hamar D. Sport-specific assessment of the effectiveness of neuromuscular training in young athletes. *Front Physiol.* 2018;9(APR).
  17. Born DP, Zinner C, Düking P, Sperlich B. Multi-directional sprint training improves change-of-direction speed and reactive agility in young highly trained soccer players. *J Sports Sci Med.* 2016;15(2):314–9.
  18. Katis A, Kellis E. Effects of small-sided games on physical conditioning and performance in young soccer players. *J Sports Sci Med.* 2009;8(3):374–80.
  19. Raya MA, Gailey RS, Gaunaurd IA, Jayne DM, Campbell SM, Gagne E, et al. Comparison of three agility tests with male servicemembers: Edgren Side Step Test, T-Test, and Illinois Agility Test. *J Rehabil Res Dev.* 2013;50(7):951–60.
  20. Kutlu M, Yapici H, Yoncalik O, Çelik S. Comparison of a new test for agility and skill in soccer with other agility tests. *J Hum Kinet.* 2012;33(1):143–50.
  21. Fiorilli G, Mitrotasios M, Iuliano E, Pistone EM, Aquino G, Calcagno G, et al. Agility and change of direction in soccer: differences according to the player ages. *J Sports Med Phys Fitness.* 2017;57(12):1597–604.
  22. Silva S, Beunen G, Maia J. Valores normativos do desempenho motor de crianças e adolescentes: o estudo longitudinal-misto do Cariri. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte.* 2011;25(1):111–25.
  23. Guedes DP, Guedes JERP. *Manual Pratico Para Avaliacao Em Educao Fisica.* Manole, editor. Barueri; 2006. 484 p.
  24. Morrow JR, Jackson AW, Disch JG. *Medidas e avaliação do desempenho humano.* 2nd ed. Artmed, editor. Porto Alegre; 2003. 472 p.
  25. Young WB, James R, Montgomery I. Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J Sports Med Phys Fitness.* 2002;42(3):282–8.
  26. Daneshjoo A, Mokhtar AH, Rahnama N, Yusof A. Effects of the 11+ and Harmoknee warm-up programs on physical performance measures in professional soccer players. *J Sports Sci Med.* 2013;12(3):489–96.
  27. Amiri-Khorasani M, Sahebozamani M, Tabrizi KG, Yusof AB. Acute Effect of Different Stretching on Illinois Agility Test. *J Strength Cond Res.* 2010;24(10):2698–704.
  28. Taher AV, Parnow A. Level of functional capacities following soccer-specific warm-up methods among elite collegiate soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2017;57(5):537–42.

Originales

## Has COVID-19 pandemic influenced the performance of top-class athletes in the ITU World Duathlon and World Aquathlon Championship?



P. García-González<sup>a,\*</sup>, J.A. Gonzalez-Jurado<sup>a</sup>

<sup>a</sup> University Pablo de Olavide, Spain.

### ABSTRACT

**Objective:** The influence of COVID-pandemic on these sports is not yet clear. The aim of the present study is to provide a comprehensive analysis of the effect of COVID-19 pandemic on performance in the World Duathlon and World Aquathlon Championships focusing on the male and female categories. **Methods:** Individual discipline times and overall times from 2018 to 2022 Aquathlon and Duathlon World Championship were collected for analysis, excluding 2020 due to the non-celebration caused by the COVID-19 pandemic outbreak. The dataset for this study was obtained from the ITU World Triathlon Series website (<http://wts.triathlon.org/>). The Student's t-test for independent samples comparing sex and distances was used for normal variables, whereas the Mann-Whitney U-test was used for non-normal variables. **Results:** The analysis of the duathlon revealed significant changes in many studied variables for either sex. Of those, cycling performance had greater values after COVID-19 pandemic for either sex. In this sport, female's performance decreased less than male's in second running performance and final performance ( $p$  values  $<0.01$ ;  $<0.001$ ). The aquathlon displayed several significant changes in performance after COVID-19 pandemic. Females showed greater change values in running and final performance, although the changes were not significant ( $p$  values 0.180; 0.602). The analysis of relative changes for common variables across the different sports revealed significant differences in all the analyzed variables except for the final performance in females. **Conclusions:** Overall, aquathlon shows better values of changes than duathlon in second running performance for each sex and when both were included in the analysis. These findings validate the necessity of considering each discipline when assessing the impact of the COVID-19 pandemic on the performance of elite duathlon and aquathlon athletes in the World Championship.

**Keywords:** pandemics; exercise; swimming; running.

## ¿Ha influido la pandemia COVID-19 en el rendimiento de los atletas de élite en el Campeonato Mundial de Duatlón y Acuatlón de la ITU?

### RESUMEN

**Objetivo:** La influencia de la pandemia de COVID-19 en estos deportes aún no está clara. El objetivo del presente estudio es proporcionar un análisis exhaustivo del efecto de la pandemia de COVID-19 en el rendimiento en los Campeonatos Mundiales de Duatlón y Acuatlón, centrándose en las categorías masculina y femenina. **Métodos:** Se recopiló los tiempos de cada disciplina y los tiempos totales del Campeonato Mundial de Acuatlón y Duatlón de 2018 a 2022 para su análisis, excluyendo 2020 debido a la cancelación provocada por la pandemia de COVID-19. El conjunto de datos para este estudio se obtuvo del sitio web de la Serie Mundial de Triatlón de la ITU (<http://wts.triathlon.org/>). Se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes comparando sexo y distancias para las variables normales, mientras que la prueba U de Mann-Whitney se utilizó para las variables no normales. **Resultados:** El análisis del duatlón reveló cambios significativos en muchas de las variables estudiadas para ambos sexos. De ellas, el rendimiento en ciclismo mostró mayores valores después de la pandemia de COVID-19 en ambos sexos. En este deporte, el rendimiento de las mujeres disminuyó menos que el de los hombres en el segundo tramo de carrera y en el rendimiento final (valores de  $p <0.01$ ;  $<0.001$ ). El acuatlón mostró varios cambios significativos en el rendimiento tras la pandemia de COVID-19. Las mujeres presentaron mayores valores de cambio en la carrera y en el rendimiento final, aunque estos cambios no fueron significativos (valores de  $p$  0.180; 0.602). El análisis de los cambios relativos en las variables comunes entre los diferentes deportes reveló diferencias significativas en todas las variables analizadas, excepto en el rendimiento final de las mujeres. **Conclusiones:** En general, el acuatlón muestra mejores valores de cambio que el duatlón en el segundo segmento de carrera para cada sexo y

\* Contact author: Pablo García González / +4915737800099 / [pablogartri@gmail.com](mailto:pablogartri@gmail.com) / University Pablo de Olavide. Seville, Spain. (P. García-González)

<https://doi.org/10.33155/ramd.v17i3-4.1177>

ISSN-e: 2172-5063/ © Consejería de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

cuando ambos se incluyeron en el análisis. Estos hallazgos validan la necesidad de considerar cada disciplina a la hora de evaluar el impacto de la pandemia de COVID-19 en el rendimiento de los atletas de élite de duatlón y acuatlón en el Campeonato Mundial.

*Palabras clave:* Pandemias; ejercicio; natación; carrera.

## A pandemia de COVID-19 influenciou o desempenho dos atletas de elite no Campeonato Mundial de Duatlo e Aquatlo da ITU?

### RESUMO

**Objetivo:** A influência da pandemia de COVID-19 nesses esportes ainda não está clara. O objetivo do presente estudo é fornecer uma análise abrangente do efeito da pandemia de COVID-19 no desempenho nos Campeonatos Mundiais de Duatlo e Aquatlo, com foco nas categorias masculina e feminina. **Métodos:** Os tempos individuais de cada disciplina e os tempos gerais do Campeonato Mundial de Aquatlo e Duatlo de 2018 a 2022 foram coletados para análise, excluindo 2020 devido ao cancelamento causado pelo surto de COVID-19. O conjunto de dados para este estudo foi obtido no site da Série Mundial de Triatlo da ITU (<http://wts.triathlon.org/>). O teste t de Student para amostras independentes comparando sexo e distâncias foi utilizado para variáveis normais, enquanto o teste U de Mann-Whitney foi utilizado para variáveis não normais. **Resultados:** A análise do duatlo revelou mudanças significativas em muitas variáveis estudadas para ambos os sexos. Dentre elas, o desempenho no ciclismo apresentou maiores valores após a pandemia de COVID-19 para ambos os sexos. Nesse esporte, o desempenho das mulheres diminuiu menos que o dos homens no segundo percurso de corrida e no desempenho final (valores de  $p < 0,01$ ;  $< 0,001$ ). O aquatlo exibiu várias mudanças significativas no desempenho após a pandemia de COVID-19. As mulheres mostraram maiores valores de mudança na corrida e no desempenho final, embora as mudanças não tenham sido significativas (valores de  $p 0,180$ ;  $0,602$ ). A análise das mudanças relativas para variáveis comuns entre os diferentes esportes revelou diferenças significativas em todas as variáveis analisadas, exceto no desempenho final das mulheres. **Conclusões:** No geral, o aquatlo apresenta melhores valores de mudanças do que o duatlo no segundo percurso de corrida para ambos os sexos e quando ambos foram incluídos na análise. Esses achados validam a necessidade de considerar cada disciplina ao avaliar o impacto da pandemia de COVID-19 no desempenho dos atletas de elite de duatlo e aquatlo no Campeonato Mundial.

*Palavras-chave:* Pandemias; exercício; natação; corrida.

### Introduction

The International Triathlon Union (ITU) is the organizing body for world competitions in a variety of combined sports. Among these sports are triathlon, duathlon and aquathlon. Duathlon is a multi-sport event consisting of the sequential performance of running, cycling, and running (1). The configuration for the ITU World Duathlon Championship is a 10 km run, a 40 km cycle and a further 5 km run and the configuration for the ITU World Aquathlon Championship is a 1 km swim, a 5 km run. These championships, held annually as singular events, differ from triathlon as they do not employ a scoring system. Instead, results in these championships are determined based on a single race. World Championships are attractive to the scientific community and have been investigated in a wide range of sports (2–4). This is sometimes related somehow to duathlon (5) or aquathlon (6). The World Duathlon Championship has been also studied (7,8) whereas World Aquathlon Championship has not been included in the scientific literature as of now.

One of the main topics that has shaken the scientific community, and the world in general, is the global outbreak of the COVID-19 pandemic. In the sports and scientific world, the virus has been widely analyzed from several perspectives, such as psychological or behavioral (9). In addition, it has also been studied practically in all sports modalities such as swimming (10), or tennis (11) among many others. The academic world of multi-sports has not been greatly impacted by the COVID-19 pandemic. Some studies have been conducted on triathletes, (12), but only one of them focuses on the impact of the virus on a multi-sport performance (13). One of the most significant consequences of the pandemic has been the cancellation of numerous masses racing events, disrupting the training routines and schedules of many runners. (14) previously highlighted the substantial impact that the COVID-19 pandemic has had on the running community. Despite the alarmist feelings of athletes and sportspeople during the lockdown, it has become evident

that not all was bad news. Even though there are indeed studies that demonstrate the harm the virus caused to endurance athletes (15), other studies provide overwhelmingly positive evidence regarding the influence of lockdown. For instance, it has been demonstrated that lockdown was beneficial in maintaining the physical fitness of gymnasts in the United Kingdom and was perceived as a time for rest and recovery (16). Furthermore, despite negative results brought up in certain aspects, studies encompassing multiple variables may contain somewhere the effect of lockdown was beneficial or nonexistent. For example, when performance in soccer games was analyzed, it was seen that the sprint distance covered did not change compared to pre-lockdown (17). Additionally, in the population of para-cyclists and para-triathletes, there is evidence indicating that the impact of the lockdown on their physical fitness was negligible (18). The results of this research conducted in this field has shown that these athletes were able to maintain their level of physical condition despite the restrictions imposed during the lockdown period. A recent study (19) investigated the impact of confinement on emotional wellbeing and athletic performance. Their findings indicated that there was a difference in the emotional influence of confinement between male and female athletes. This study provided evidence that males and females may experience different levels of performance after confinement, which may be attributed to the emotional impact of confinement on the individuals. This is further reinforced by the fact that professional male and female triathletes have different levels of performance in all triathlon distances, with the difference being slightly less pronounced in the Olympic distance (20). These disparities in performance levels have also been observed to change over time, highlighting the need for continued research and examination in this area.

Although there is a lack of scientific literature specifically studying aquathlon, some studies have included aquathlon as part of their research (21). Furthermore, there are several studies available that primarily focus on duathlon. A peak of performance age has been

**Table 1.** Description of the races and participants (N=546).

Year	Race	Duathlon (n=265)		Aquathlon (n=281)	
		Male	Female	Male	Female
2018	Fyn	49	26	37	19
2019	Pontevedra	39	16	56	36
2021	Aviles / El Anillo	46	23	28	17
2022	Tagu Mures / Samorin	43	23	55	33

found in duathlon (22) and it has also been investigated how this has changed throughout years (8). Several studies have examined the differences between males and females in various duathlon distances. Specifically, some studies (23,24) have explored these differences within duathlon distances. Additionally, the studies conducted by Nikolaidis et al. (7) (25) analyzed this gap throughout several years. In those studies, the authors found that the differences between males and females, as indicated by the males to females ratio, decreased over the years in longer distances. However, this reduction in sex gap was not observed in the context of short distance races.

Despite the extensive literature search conducted, no wide range of articles analyzing either duathlon or aquathlon performance in the past 5 years have been found. Furthermore, to date, no article has been found analyzing the effect of the COVID-19 pandemic on duathlon or aquathlon. Although many events have been cancelled or postponed, the impact of the virus on sports performance is still not well understood. In the case of duathlon or aquathlon, the limited number of studies available makes it difficult to determine the exact impact of the virus on performance. Thus, this study tries to fill the gap in the literature by analyzing the effect of COVID-19 pandemic on performance in the World Duathlon and World Aquathlon Championships. It is hypothesized that the performance of the best athletes in duathlon and aquathlon in the world will have been significantly impacted by the COVID-19 pandemic.

Therefore, the aim of the present study is to provide a comprehensive analysis of the effect of COVID-19 pandemic on performance in the World Duathlon and World Aquathlon Championships focusing on the male and female categories.

## Methods

### Participants

The dataset for this study was obtained from the ITU World Triathlon Series website (<http://wts.com.triathlon.org/>). Individual discipline times and overall times from 2018 to 2022 Aquathlon and Duathlon World Championship were collected for analysis, excluding 2020 due to the non-celebration caused by the COVID-19 pandemic outbreak. The total number of included athletes in this study was 546. This is divided into 265 (177 males and 88 females) for duathlon and 281 (176 males and 105 females) for aquathlon. The mean age of subjects was 27.01 years for males and 29.11 years for females in duathlon, and 23.20 years for males and 22.44 years for females in aquathlon. Table 1 details the number of participants included per year and competition.

Due to dropouts, disqualifications, and non-starting athletes, the sample size was reduced to 502 (225 athletes for duathlon and 277 cases for aquathlon). The final sample size for the analyses was determined based on the minimum number of athletes who completed the race in each sex and sport category. For the duathlon, the sample consisted of 33 males and 12 females (minimum number of finishing athletes for both sexes reached at the 2019 World Championships). Similarly, for aquathlon, the sample included 28 males and 17 females (minimum number of finishing athletes for both sexes reached at the 2021 World Championships). Therefore, a total of 45 athletes of both sexes were included in the analyses of both sports.

### Outcomes

The analyzed variables were as follows:

- Swimming time (ST): average time of the swimming time for each position analyzed.
- First running time (RT1): average time of the first running time for each position analyzed.
- First transition phase (T1): average time of the first transition phase time for each position analyzed.
- Cycling time (BT): average time of the cycling time for each position analyzed.
- Second transition phase (T2): average time of the second transition phase time for each position analyzed.
- Second running time (RT2): average time of the second running time for each position analyzed. In aquathlon, this refers to the single race time.
- Final time (FT): Overall performance. Average time of the final time for each position analyzed.

The variables T2, RT2, and FT are common to both sports, while the variable ST is exclusive to aquathlon. On the other hand, the variables RT1, T1, and BT are specific to duathlon.

Next, the relative differences between pre-covid and post-covid years (expressed as change percentages %) were calculated for each of the previous variables, resulting in the following variables:

- Relative difference of swimming time (RST).
- Relative difference of first running time (RRT1).
- Relative difference of first transition phase (RT1).
- Relative difference of cycling (bike) time (RBT).
- Relative difference of second transition phase (RT2).
- Relative difference of second running time (RRT2).
- Relative difference of final time (RFT).

### Statistical analysis

Results are presented as mean  $\pm$  standard deviation (SD) in the tables. A Shapiro-Wilk test was used to evaluate the normal distribution and Levene's test was used to evaluate homogeneity of variances.

The Student's t-test for independent samples comparing sex and sports was used for normal variables, whereas the Mann-Whitney U-test was used for non-normal variables. The statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics Version 19. Significance was determined at  $P < 0.05$  (two-tailed for t-tests). Moreover, the magnitude of differences was assessed using Cohen's d (effect size; ES). The ES were classified according to the following thresholds:  $<0.2$ , trivial;  $0.2-0.6$ , small;  $0.6-1.2$ , moderate;  $1.2-2.0$ , large;  $>2.0$ , very large (26).

## Results

Results are presented as mean  $\pm$  standard deviation (SD) in the tables. A Shapiro-Wilk test was used to evaluate the normal distribution and Levene's test was used to evaluate homogeneity of variances.

The Student's t-test for independent samples comparing sex and sports was used for normal variables, whereas the Mann-Whitney U-test was used for non-normal variables. The statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics Version 19. Significance was determined at  $P < 0.05$  (two-tailed for t-tests). Moreover, the magnitude of differences was assessed using Cohen's d (effect size; ES). The ES were classified according to the following thresholds:  $<0.2$ , trivial;  $0.2-0.6$ , small;  $0.6-1.2$ , moderate;  $1.2-2.0$ , large;  $>2.0$ , very large (26).

The total number of athletes per continent is shown in Figure 1 and Figure 2. In duathlon, European males were 72.9% of the total amount of participants, while European females were the 75%. In aquathlon, these percentages were 83.5% for males and 91.5% for females. Non-African females participated in aquathlon.

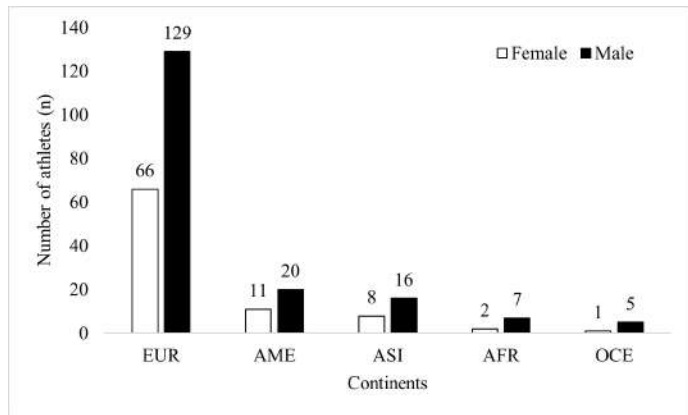


Figure 1. The total number of athletes in duathlon per continent included in the present study (n = 265).

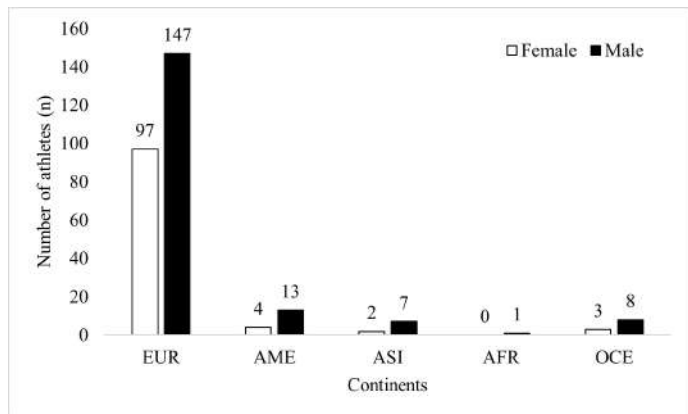


Figure 2. The total number of athletes in aquathlon per continent included in the present study (n = 280).

The analysis of the duathlon revealed significant changes in absolutely all the studied variables for either sex (Table 2). The COVID-19 pandemic had a significant influence on the performance of the top male athletes at the World Duathlon Championship. BT, RT1 and RT2 showed the most significant differences in the three analyzed cases ( $p$  values  $<0.001$ ). BT and T1 increased for male ( $p$  values 0.034;  $<0.001$ ) and only BT for females ( $p$  value  $<0.001$ ) whereas almost the rest of the variables decreased their performance for each sex and both together (Table 2). When examining the relative changes for the duathlon between sex, two significant differences were found in RRT2, ( $p$  value  $<0.01$ ) and RFT with a larger decline in performance observed in males ( $p$  value  $<0.001$ ) (Figure 3). The aquathlon displayed several significant changes in performance after the COVID-19 pandemic. For males, two significant differences were found in ST and FT, enhancing the first one and worsening the second one ( $p$  values 0.010; 0.027) (Table 3). Females experienced a 3.65% improvement in ST ( $p$  value 0.001) (Table 3). When all participants were analyzed irrespective of sex, only ST and T1 displayed significant differences ( $p$  values 0.045;  $<0.001$ ) (Table 3). When comparing the relative changes between sexes in aquathlon, two significant differences were observed in both RRT1 and RFT ( $p$  values 0.014;  $<0.001$ ), with females showing better results in performance changes (Figure 4). The analysis of relative changes for common variables across the different sports revealed significant differences in all the analyzed variables except for the RFT in females (Table 4). Aquathlon shows better values for the RRT2 for each analysis ( $p$  values  $<0.001$ ) (Table 4).

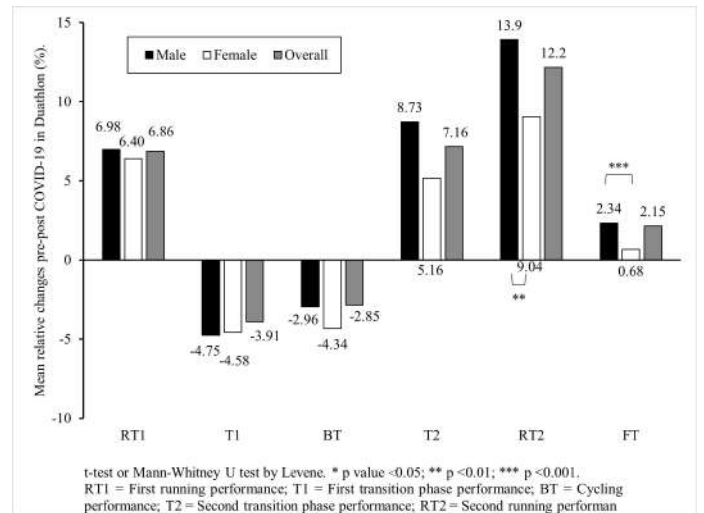


Figure 3. Performance relative changes pre-post COVID-19 pandemic in duathlon and comparison between sexes.

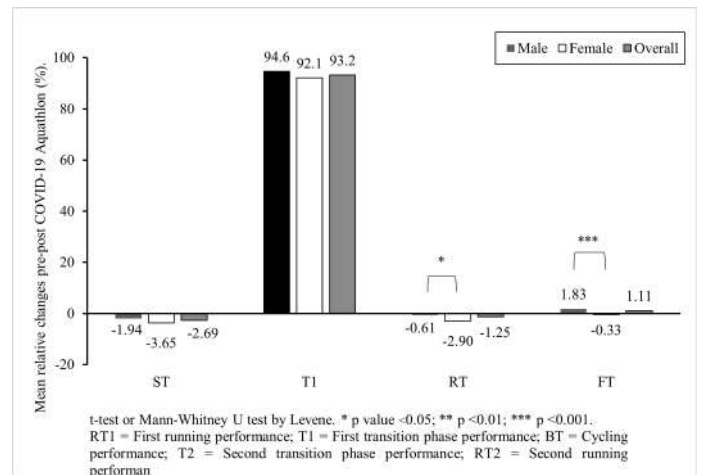


Figure 4. Performance relative changes pre-post COVID-19 pandemic in aquathlon. Comparison between sexes.

Discussion

The present study aimed to provide a comprehensive analysis of the effect of COVID-19 pandemic on performance in the World Duathlon and World Aquathlon Championships focusing on the male and female categories. Females reacted better than males to the second running and final performance after COVID-19 pandemic in both sports. Aquathlon shows better values for the second running performance for each analysis. It is the same case for the final performance, but it is not significant for females.

The analysis of the duathlon revealed significant changes in absolutely all the studied variables for either sex (Table 2). Cycling and first transition phase performance increased for males and only cycling performance for females (Table 2). It would be necessary to examine whether the temporary pause caused by the COVID-19 pandemic has a direct positive effect on the results or, on the contrary, follows a pattern of consistent enhancement previously identified (27). Nevertheless, almost the rest of variables decreased their performance for each sex and both together (Table 2). These findings differ from another study (12) which observed no changes in the fitness of national and international triathletes. The main cause of this might be that their participants were self-tested at home and not at the World Championships. Moreover, the previous study’s design had a study design (12) was based on questionnaires. Additionally, the average ages of the participants align well with previous studies that have examined peak performance ages (22). In that study, it was



**Table 2.** Pre and post COVID-19 pandemic influence on duathlon performance.

Variable	Pre	Post	Difference (C.I. 95%)	Change (%)	p*	ES <sup>§</sup>
<b>Overall</b>						
RT1	1,851.7 ± 108.6	1,977.4 ± 112.8	125.7 (79.3; 172.1)	6.86	<0.001	-1.135
T1	35.4 ± 2.49	33.8 ± 3.47	-1.64 (-2.91; -0.38)	-3.91	0.011	0.545
BT	3,641.2 ± 210.4	3,519.3 ± 181.6	-121.9 (-204.2; -39.5)	-2.85	<0.001	0.620
T2	37.4 ± 4.44	40 ± 3.72	2.51 (0.79; 4.22)	7.16	0.005	-0.613
RT2	946.4 ± 78.3	1,061.7 ± 62.5	115.3 (85.6; 144.9)	12.2	<0.001	-1.627
FT	6,511.2 ± 372	6,632.2 ± 333	120 (-26.97; 268.9)	2.15	0.033	-0.343
<b>Male</b>						
RT1	1,795.5 ± 52.8	1,920.7 ± 68.7	125.2 (95.1; 155.3)	6.98	<0.001	-2.045
T1	34.7 ± 2.41	33.1 ± 3.57	-1.62 (-3.12; -0.12)	-4.75	0.034	0.532
BT	3,522.5 ± 65.9	3,419.6 ± 80.8	-1023 (-139.2; -66.7)	-2.96	<0.001	1.397
T2	37 ± 4.92	39.7 ± 3.86	2.7 (0.52; 4.87)	8.73	0.002	-0.610
RT2	921.4 ± 71.8	1,045.4 ± 60.2	124 (91.4; 156.6)	13.9	<0.001	-1.872
FT	6,310.3 ± 161.4	6,458.5 ± 186.8	148.2 (62.3; 234.1)	2.34	0.002	-0.849
<b>Female</b>						
RT1	2,006.3 ± 59.8	2,133.3 ± 31.5	127 (85.4; 168.3)	6.40	<0.001	-2.660
T1	37.3 ± 1.62	35.6 ± 2.48	-1.71 (-3.5; 0.08)	-4.58	0.075	0.815
BT	3,967.5 ± 78.2	3,793.6 ± 29.9	-173.9 (-225.7; -122)	-4.34	<0.001	2.935
T2	38.7 ± 2.52	40.7 ± 3.35	2 (-0.51; 4.51)	5.16	0.112	-0.676
RT2	1,015.1 ± 49.8	1,106.5 ± 46.1	91.3 (50.7; 131.9)	9.04	<0.001	-1.905
FT	7,063.9 ± 153.3	7,109.9 ± 51.3	46 (-54.5; 146.5)	0.68	0.335	-0.403

\*p = Independent samples t-test or Mann-Whitney U test by Levene\$ ES = Cohen's effect size. <0.2, trivial; 0.2– 0.6, small; 0.6–1.2, moderate; 1.2–2.0, large; >2.0, very large. RT1 = First running performance; T1 = First transition phase performance; BT = Cycling performance; T2 = Second transition phase performance; RT2 = Second running performance; FT = Final performance (all data are time in seconds). Data is presented as time in seconds. Data is presented as (Mean ± Deviation Standard).

**Table 3.** Pre and post COVID-19 pandemic influence on aquathlon performance.

Variable	Pre	Post	Difference (C.I. 95%)	Change (%)	p*	ES <sup>§</sup>
<b>Overall</b>						
ST	783 ± 46.8	760.6 ± 36.4	-22.4 (-41.88; -2.95)	-2.69	0.045	0.534
T1	58.8 ± 4.25	113.4 ± 6.07	54.5 (52.1; 57)	93.2	<0.001	-10.405
RT	1,076.5 ± 93.9	1,057.4 ± 79.6	-19.2 (-59.5; 21.2)	-1.25	0.347	0.220
FT	1,918 ± 138	1,932.2 ± 115.1	14.2 (-44.7; 73.1)	1.11	0.405	-0.112
<b>Male</b>						
ST	746 ± 14.8	730.9 ± 18.3	-15.1 (-25.7; -4.4)	-1.94	0.010	0.907
T1	56.4 ± 3.10	109.2 ± 4.55	52.8 (50.3; 55;3)	94.6	<0.001	-13.561
RT	1,004.5 ± 35.3	998.6 ± 45.7	-5.95 (-32.1; 20.2)	-0.61	0.647	0.146
FT	1,806.5 ± 39.5	1,839.4 ± 50.4	33 (4; 61.9)	1.83	0.027	-0.728
<b>Female</b>						
ST	826.6 ± 30.8	795.5 ± 13.9	-31.1 (-48.1; -14.1)	-3.65	0.001	1.301
T1	61.7 ± 3.56	118.3 ± 3.3	56.5 (54.1; 58.9)	92.1	<0.001	-16.467
RT	1,161.3 ± 65	1,126.6 ± 48.7	-34.7 (-74.8; 5.39)	-2.9	0.087	0.605
FT	2,049.1 ± 84.9	2,041.2 ± 58.4	-7.9 (-58.8; 43)	-0.33	0.754	0.108

\*p = Independent samples t-test or Mann-Whitney U test by Levene\$ ES = Cohen's effect size. <0.2, trivial; 0.2– 0.6, small; 0.6–1.2, moderate; 1.2–2.0, large; >2.0, very large. ST = Swimming performance; T1 = transition phase performance; RT = Running performance; FT = Final performance. Data is presented as time in seconds. Data is presented as (Mean ± Deviation Standard).

determined that athletes between 20 and 24 years old exhibited the highest performance levels in short duathlon distances, while athletes between 25 and 29 years old displayed the highest performance levels in long distances. This may be caused by several reasons. One of these reasons could be the neuromuscular fatigue and recovery, as this may differ in master versus younger athletes following muscle damaging exercise which may cause a delay in overall recovery from prior exercise, as suggested by (28). A higher aerobic capacity has also been suggested as a reason, but in other sports (29).

Females reacted better than males to the second running (RT2/RT) and FT after the COVID-19 pandemic in both sports. The

importance of running performance in determining the final result has been established in multi-sport scientific literature (30), with other variables such as transitions being of secondary importance (31). On the other hand, sex differences in multi-sport performance have been found to depend on discipline and distance, as previous studies have shown (32). While the present study does not explore the differences in performance between sexes, it examines the differences in the relative changes undergone by athletes during the COVID-19 pandemic. It is quite clear that females adapted better than males in terms of performance in these two sports. This indicates that males and females were affected differently by the COVID-19 pandemic in

**Table 4.** Relative changes comparisons between sports.

Variables	Duathlon (%)	Aquathlon (%)	Difference changes (%)	p*	ES <sup>§</sup>
<b>Overall</b>					
<b>RT2</b>	7.16 ± 10.67	93.2 ± 11.9	-92.01	<0.001	-7.629
<b>RRT2</b>	12.2 ± 4.8	-1.25 ± 2.92	-852.88	<0.001	3.473
<b>RFT</b>	2.15 ± 1.18	1.11 ± 1.62	129.31	<0.001	0.767
<b>Male</b>					
<b>RT2</b>	8.73 ± 12.1	94.6 ± 13	-91.21	<0.001	-6.912
<b>RRT2</b>	13.9 ± 4.99	-0.61 ± 2.77	-2401.04	<0.001	3.335
<b>RFT</b>	2.34 ± 0.64	1.83 ± 0.83	29.07	0.012	0.738
<b>Female</b>					
<b>RT2</b>	5.16 ± 4.73	92.1 ± 10.8	-94.39	<0.001	-9.865
<b>RRT2</b>	9.04 ± 1.61	-2.90 ± 2.65	-411.72	<0.001	5.243
<b>RFT</b>	0.68 ± 1.49	-0.33 ± 1.56	-304.87	0.066	0.661

\*p = Independent samples t-test or Mann-Whitney U test by Levene<sup>§</sup> ES = Cohen's effect size. <0.2, trivial; 0.2– 0.6, small; 0.6–1.2, moderate; 1.2–2.0, large; >2.0, very large. RT2 = Change of performance in the second transition phase; RRT2 = Change of performance in running discipline; RFT = Change of final performance. Data is presented as (Mean ± Deviation Standard).

both sports with females having better results in most of the significant as RT2/RT and FT. In fact, the study by Jaenes-Sánchez et al. (19) have previously suggested that females and males may respond differently in terms of fitness levels following a period of confinement. This supports the notion that sex should be considered when assessing the impact of confinement on athletic performance. These authors pointed as a possible reason that, in females, the increase in the use of coping activities was an attempt to reduce their elevated negative moods. Another study (33) found that, during the COVID-19 pandemic, healthcare workers who screened positive for stress and depressive symptoms reported engaging in more coping behaviors. In this sense, a sex gap in performance has been found by other authors (24,25). A recent study (34) has asserted that the sex gap is narrower in the short distance of duathlon when compared to other larger distances, which may suggest that in the unanalyzed long distance, the differences could be different. This finding proposes that there may be a reduction in the performance gap between males and females. However, further research using updated data is necessary to substantiate this claim, since this gap might have changed throughout the years. Our study findings are consistent with this assertion.

The analysis of relative changes for common variables across the different sports revealed significant differences in all the analyzed variables except for the RFT in females (Table 4). Aquathlon shows better values for the RRT2 for each analysis (Table 4). Comparing the relative changes in performance across different sports with other studies is not possible due to the lack of previous analysis of the impact of the COVID-19 pandemic on multi-sports performance, particularly in duathlon and aquathlon, which is not very interesting for the scientific community.

The COVID-19 pandemic did have a negative impact on RT after cycling in duathlon, for both sexes and when both were analyzed together. These findings do not match with another research paper (35) that claim that evidence has not shown conclusive physiological effects of cycling on an immediately following run. This phenomenon could be attributed to the possibility that the decline in running performance after cycling might be specific to the duathlon and influenced by factors unrelated to physiological aspects. These findings align with the results obtained by (36), who observed that the COVID-19 pandemic had an impact on athletic performance. However, the change experienced by aquathletes and duathletes does not appear to have been as positive as that observed in triathletes.

In general, our study differs from the findings of the study by Muriel et al. (15) in that, it was not found any significant performance decline in BT in duathlon. BT demonstrated superior results after COVID-19 pandemic for both sexes. Particularly, this previous study (15) collected data during a 7-week period in the

middle of a lockdown, while the present article it was analyzed data from the two subsequent years to investigate the effects of long-term performance. Accordingly, the lack of significant declines in our study may be attributed to the differences in data collection and analysis. However, it aligns with (36), as the cycling time was reduced, so the performance was improved, in sprint and olympic triathlon after the COVID-19 pandemic. The decrease in the workload might be a potential explanation for this better performance.

The results of the present study will be of great interest to triathletes, coaches, and researchers alike, and will provide valuable insight into the impact of the COVID-19 pandemic and associated lockdown on the performance of the best athletes in duathlon and aquathlon in the world. Coaches will be able to understand better the long-term effects on the performance of their athletes, particularly with regards to the sex of the athletes. Athletes may be able to modulate their risk tolerance during training in situations that are not completely isolated from COVID-19 threat. On the other hand, this study has limitations, including the scarcity of relevant literature on duathlon and the complete absence of research on aquathlon, which complicates the comparison and interpretation of the results within the broader context of sports research. Moreover, this study adopts a quantitative approach, which implies a lack of consideration for physical or other nature-related variables, such as circuit layout or climatic conditions. Similarly, it would be necessary to examine whether the temporary pause caused by the COVID-19 pandemic has a direct positive effect on the results or, on the contrary, follows a pattern of consistent enhancement previously identified.

There are several areas that require further investigation in future research. Firstly, it would be necessary to determine whether the observed sex differences in performance after the COVID-19 pandemic increase or decrease as the duathlon or aquathlon distance races gets longer. Moreover, exploring the effects of the COVID-19 pandemic on other multi-sport events such as the ITU European Championships for duathlon, triathlon or aquathlon, which share common disciplines the sports here analyzed, could provide a more comprehensive understanding of the impact of the pandemic on athletic performance. Therefore, future research could aim to address these areas in order to expand our knowledge in the field of multi-sport performance during and post-pandemic. Finally, the results of this article provide an interesting perspective for analyzing whether the performance gap between males and females has decreased compared to previous studies.

It can be concluded that the COVID-19 pandemic did have a significant impact on the performance of the top athletes at the World Duathlon and Aquathlon Championship. There is a necessity for considering each discipline when assessing the impact of the

COVID-19 pandemic on the performance of elite duathlon and aquathlon athletes in the World Championship. Females reacted better than males to the second running and final performance after COVID-19 pandemic in both sports. Lastly, aquathlon shows better values for the second running performance for each analysis. It is the same case for the final performance, but it is not significant for females. These findings highlight the importance of considering specific variables, distances, and sex when assessing the impact of the pandemic on multi-sport performance.

## References

- Sparks SA, Cable NT, Doran DA, Maclaren DPM. The influence of environmental temperature on duathlon performance. *Ergonomics*. 2005;48(11-14):1558-67.
- De La Rubia A, Bjørndal CT, Sánchez-Molina J, Yagüe JM, Calvo JL, Maroto-Izquierdo S. The relationship between the relative age effect and performance among athletes in World Handball Championships. *PLoS One*. 2020;15(3):1-22.
- Finlay MJ. World Heavyweight Championship boxing: The past 30+ years of the male division. *PLoS One*. 2022;17(1 January):1-12.
- Hébert-Losier K, Platt S, Hopkins WG. Sources of variability in performance times at the world orienteering championships. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(7):1523-30.
- Haupt S, Knechtle B, Knechtle P, Rüst CA, Rosemann T, Lepers R. The age-related performance decline in ultraendurance mountain biking. *Research in Sports Medicine*. 2013;21(2):146-58.
- Knechtle B, Dalamitros AA, Barbosa TM, Sousa CV, Rosemann T, Nikolaidis PT. Sex differences in swimming disciplines—can women outperform men in swimming? *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(10).
- Nikolaidis PT, Villiger E, Knechtle B. Participation and performance trends in the ITU Duathlon World Championship from 2003 to 2017. *J Strength Cond Res*. 2018;00(00):1-7.
- Rüst CA, Knechtle B, Knechtle P, Pfeifer S, Rosemann T, Lepers R, et al. Gender difference and age-related changes in performance at the long-distance duathlon. *J Strength Cond Res*. 2013;27(2):293-301.
- Karrer Y, Fröhlich S, Iff S, Spörri J, Scherr J, Seifritz E, et al. Training load, sports performance, physical and mental health during the COVID-19 pandemic: A prospective cohort of Swiss elite athletes. *PLoS One*. 2022;17(12):e0278203.
- Fülöp GA, Gógl Á, Lakatos B, Sydó N, Csulak E, Mester B, et al. Swimming competitions in the era of COVID-19: Lessons from successfully hosting the International Swimming League. *Physiol Int*. 2022;109(4):511-23.
- Ishihara T, Robin N, Naito T, Murata M, Crespo M. Effects of the COVID-19 pandemic on professional tennis players' match statistics: A large-scale population-based study. *Scand J Med Sci Sports*. 2022;32(10):1516-8.
- Shaw KA, Bertrand L, Deprez D, Ko J, Zello GA, Chilibeck PD. The impact of the COVID-19 pandemic on diet, fitness, and sedentary behaviour of elite para-athletes. *Disabil Health J [Internet]*. 2021;14(3):101091. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2021.101091>
- Poczta J, Almeida N, Paczyńska-Jędrycka M, Kruszyńska E. The Impact of COVID-19 Incidence on Motivation to Participate in a Triathlon. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(9).
- Robinson JN, Fontana MA, Metzl JD, Dixit S, Kliethermes SA, Quijano B, et al. Running races during the COVID-19 pandemic: a 2020 survey of the running community. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2021;7(4):1-5.
- Muriel X, Courel-Ibáñez J, Cerezuela-Espejo V, Pallarés JG. Training load and performance impairments in professional cyclists during COVID-19 lockdown. *Int J Sports Physiol Perform*. 2021;16(5):735-8.
- Patel TS, McGregor A, Cumming SP, Williams K, Williams S. Return to competitive gymnastics training in the UK following the first COVID-19 national lockdown. *Scand J Med Sci Sports*. 2022;32(1):191-201.
- Radzimiński Ł, Lorenzo-Martinez M, Konefał M, Chmura P, Andrzejewski M, Jastrzębski Z, et al. Changes of physical match performance after the COVID-19 lockdown in professional soccer players according to their playing position. *Biol Sport*. 2022;40(4):1087-94.
- Shaw KA, Bertrand L, Deprez D, Ko J, Zello GA, Chilibeck PD. The impact of the COVID-19 pandemic on diet, fitness, and sedentary behaviour of elite para-athletes. *Disabil Health J*. 2021;14(3):101091.
- Jaenes Sánchez JC, Alarcón Rubio D, Trujillo M, Peñaloza Gómez R, Mehrafar AH, Chirico A, et al. Emotional Reactions and Adaptation to COVID-19 Lockdown (or Confinement) by Spanish Competitive Athletes: Some Lesson for the Future. *Front Psychol*. 2021;12(May):1-15.
- Lepers R. Sex difference in triathlon performance. *Front Physiol*. 2019;10(JUL):1-7.
- Vikmoen O, Rønnestad BR, Ellefsen S, Raastad T. Heavy strength training improves running and cycling performance following prolonged submaximal work in well-trained female athletes. *Physiol Rep*. 2017;5(5):1-14.
- Nikolaidis PT, Villiger E, Ardigò LP, Waśkiewicz Z, Rosemann T, Knechtle B. The age of peak performance in women and men duathletes - The paradigm of short and long versions in "Powerman Zofingen"; Open Access *J Sports Med*. 2018;Volume 9:125-30.
- Nikolaidis PT, Villiger E, Victor Sousa C, Rosemann T, Knechtle B. The Effect of Aging on Pacing Strategies in Short and Long Distance Duathlon. *Exp Aging Res*. 2019;45(3):223-33.
- Nikolaidis PT, Chtourou H, Ramirez-Campillo R, Villiger E, Rosemann T, Knechtle B. The combined effect of aging and performance level on pacing in duathlon - the "ITU Powerman Long Distance Duathlon World Championships." *Front Psychol*. 2019;10(FEB):1-6.
- Nikolaidis PT, Villiger E, Vancini RL, Rosemann T, Knechtle B. The Effect of Sex and Performance Level on Pacing in Duathlon. *Sports*. 2018;6(4):1-8.
- Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(1):3-12.
- Wonerow M, Rüst CA, Nikolaidis PT, Rosemann T, Knechtle B. Performance trends in age group triathletes in the olympic distance triathlon at the world championships 2009-2014. *Chinese Journal of Physiology*. 2017;60(3):137-50.
- Borges N, Reaburn P, Driller M, Argus C. Age-related changes in performance and recovery kinetics in masters athletes: A narrative review. Vol. 24, *Journal of Aging and Physical Activity*. Human Kinetics Publishers Inc.; 2016. p. 149-57.
- Sandbakk O, Holmberg HC, Leirdal S, Ettema G. The physiology of world-class sprint skiers. *Scand J Med Sci Sports*. 2011 Dec;21(6):e9-16.
- In press: García-González P, González-Jurado JA. Analysis and comparison of male triathlon performance at the Olympic Games, International Triathlon Union World Championship, and International Triathlon Union European Championship over a period of twenty-three years, considering both medalists

- and overall triathletes participants. *Gazzetta Medica Italiana - Archivio per le Scienze Mediche*. 2024;183:0–0.
31. Lepers R, Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T. Analysis of ultra-triathlon performances. *Open Access J Sports Med*. 2011; (August):131.
  32. Lepers R, Stapley PJ. Differences in gender and performance in off-road triathlon. *J Sports Sci*. 2010;28(14):1555–62.
  33. Shechter A, Diaz F, Moise N, Anstey DE, Ye S, Agarwal S, et al. Psychological distress, coping behaviors, and preferences for support among New York healthcare workers during the COVID-19 pandemic. *Gen Hosp Psychiatry*. 2020 Sep 1;66:1–8.
  34. Nikolaidis PT, Villiger E, Knechtle B. Participation and Performance Trends in the ITU Duathlon World Championship From 2003 to 2017. *J Strength Cond Res*. 2021;35(4):1127–33.
  35. Rico Bini R, Canal Jacques T, Hunter J, Figueiredo P. Biomechanical and physiological implications to running after cycling and strategies to improve cycling to running transition: A systematic review. *J Sci Med Sport*. 2022;25(10):861–6.
  36. García-González P, González-Jurado JA. Has Covid-19 pandemic influenced the performance of top-class triathletes in the Sprint and Olympic distance of the ITU World Triathlon Championship Series? *Retos*. 2024;57:137–46.

Originales

## Programa de entrenamiento isométrico en la respuesta de los parámetros cardiovasculares y respiratorios



Mauricio E. Tauda<sup>a,\*</sup>, Eduardo J. Bravo<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Santo Tomás Valdivia, Chile.

### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar los efectos de un programa de entrenamiento isométrico de 8 semanas sobre la presión inspiratoria y espiratoria, presión arterial sistólica, Vo<sub>2</sub> máx., umbrales ventilatorios, ventilación, frecuencia respiratoria y volumen corriente. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio cuasi-experimental con muestreo probabilístico aleatorio simple. Participaron 25 individuos (edad promedio: 25.88±3.6 años; peso: 72.97±12.4 kg; estatura: 179±0.09 cm; % de grasa corporal: 24.03±2.5%; % de masa muscular: 41.56±2.3%). **Resultados:** El entrenamiento isométrico mostró mejoras significativas en varias variables respiratorias y cardiovasculares. La frecuencia respiratoria disminuyó significativamente, mientras que la ventilación, el volumen corriente y la capacidad pulmonar ( $p < 0.001$ ) aumentaron. Las presiones inspiratoria y espiratoria máximas también mejoraron de manera significativa ( $p < 0.001$ ). La presión arterial sistólica mostró una leve disminución, pero no alcanzó significancia estadística. Los umbrales ventilatorios presentaron un descenso en el VT1 y un aumento en el VT2 ( $p < 0.001$ ), con un incremento significativo en el Vo<sub>2</sub> máx. ( $p < 0.001$ ). **Conclusión:** El entrenamiento de fuerza isométrico produce mejoras significativas en parámetros respiratorios y cardiovasculares, favoreciendo la salud física y funcional de individuos sanos con factores de riesgo.

*Palabras clave:* Actividad física; ejercicio isométrico; presión arterial; consumo de oxígeno.

### Isometric training program in the response of cardiovascular and respiratory parameters

#### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the effects of an 8-week isometric training program on inspiratory and expiratory pressure, systolic blood pressure, Vo<sub>2</sub> max, ventilatory thresholds, ventilation, respiratory rate and tidal volume. **Materials and methods:** A quasi-experimental study was carried out with simple random probabilistic sampling. 25 individuals participated (average age: 25.88±3.6 years; weight: 72.97±12.4 kg; height: 179±0.09 cm; % body fat: 24.03±2.5%; % muscle mass: 41.56±2.3%). **Results:** Isometric training showed significant improvements in several respiratory and cardiovascular variables. Respiratory rate decreased significantly, while ventilation, tidal volume and lung capacity ( $p < 0.001$ ) increased. Maximum inspiratory and expiratory pressures also improved significantly ( $p < 0.001$ ). Systolic blood pressure showed a slight decrease, but did not reach statistical significance. Ventilatory thresholds showed a decrease in VT1 and an increase in VT2 ( $p < 0.001$ ), with a significant increase in Vo<sub>2</sub> max. ( $p < 0.001$ ). **Conclusion:** Isometric strength training produces significant improvements in respiratory and cardiovascular parameters, favoring the physical and functional health of healthy individuals with risk factors.

*Keywords:* Physical activity; isometric exercise; blood pressure; oxygen consumption.

### Programa de treinamento isométrico na resposta de parâmetros cardiovasculares e respiratórios

#### RESUMO

**Objetivo:** Avaliar os efeitos de um programa de treinamento isométrico de 8 semanas sobre a pressão inspiratória e expiratória, pressão arterial sistólica, Vo<sub>2</sub> máx, limiares ventilatórios, ventilação, frequência respiratória e volume corrente. **Materiais e métodos:** Foi realizado

\* Autor de correspondencia: Universidad Santo Tomas Sede Valdivia. [mauro.tauda@gmail.com](mailto:mauro.tauda@gmail.com) (Mauricio E. Tauda)

<https://doi.org/10.33155/ramd.v17i3-4.1180>

ISSN-e: 2172-5063/ © Consejería de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

um estudo quase-experimental com amostragem probabilística aleatória simples. Participaram 25 indivíduos (idade média: 25,88±3,6 anos; peso: 72,97±12,4 kg; altura: 179±0,09 cm; % gordura corporal: 24,03±2,5%; % massa muscular: 41,56±2,3%). Resultados: O treinamento isométrico apresentou melhorias significativas em diversas variáveis respiratórias e cardiovasculares. A frequência respiratória diminuiu significativamente, enquanto a ventilação, o volume corrente e a capacidade pulmonar ( $p < 0,001$ ) aumentaram. As pressões inspiratória e expiratória máximas também melhoraram significativamente ( $p < 0,001$ ). A pressão arterial sistólica apresentou ligeira diminuição, mas não alcançou significância estatística. Os limiares ventilatórios apresentaram diminuição do VT1 e aumento do VT2 ( $p < 0,001$ ), com aumento significativo do Vo2 máx. ( $p < 0,001$ ). **Conclusão:** O treinamento de força isométrica produz melhorias significativas nos parâmetros respiratórios e cardiovasculares, favorecendo a saúde física e funcional de indivíduos saudáveis com fatores de risco.

*Palavras-chave:* Atividade física; exercício isométrico; pressão arterial; consumo de oxigênio.

## INTRODUCCIÓN

El entrenamiento físico, en cualquiera de sus modalidades estructuradas, produce adaptaciones significativas a nivel cardíaco, respiratorio, metabólico y muscular <sup>1, 2</sup>. Además, la actividad física regular está inversamente asociada con la mortalidad por todas las causas <sup>3</sup>. El ejercicio físico desempeña un papel crucial en el envejecimiento saludable, ofreciendo beneficios como la mitigación de factores de riesgo y la prevención de enfermedades crónicas <sup>4, 5</sup>. El desarrollo de la capacidad respiratoria y la fuerza muscular se considera fundamental, siendo estos los principales predictores de la funcionalidad, la movilidad, la independencia y la realización de las actividades cotidianas <sup>6</sup>. En este contexto, la efectividad de las intervenciones mediante ejercicios de resistencia depende, por un lado, de la capacidad para cuantificar la fuerza, y por otro, de la selección de un método que se ajusta a las necesidades individuales del participante <sup>7</sup>. Tradicionalmente, la carga externa es el principal componente que guía la intensidad del esfuerzo en el entrenamiento <sup>8, 9</sup>. No obstante, existen otros factores que pueden inducir adaptaciones significativas, como el propio peso corporal o, en este caso, el uso de ejercicios isométricos <sup>10-12</sup>. La metodología del acondicionamiento físico ha demostrado ser efectiva en la reducción de factores de riesgo asociados con enfermedades cardiovasculares, diabetes insulino dependiente e inflamación sistémica <sup>13-15</sup>. Este tipo de ejercicio, clasificado como actividad de intensidad moderada (entre 3 y 6 MET), varía en función de la cantidad de ejercicios, la duración de los intervalos y las pausas <sup>16</sup>. Comparado con otras metodologías de entrenamiento, los riesgos asociados con este tipo de ejercicio son significativamente menores, siempre que se aplica una progresión adecuada, comenzando por ejercicios generales y avanzando hacia otros más específicos, ajustados al nivel y características de la población objetivo <sup>6</sup>. La efectividad del entrenamiento isométrico, en particular, ha sido ampliamente documentada. Una revisión sistemática y metaanálisis de Edwards et al. <sup>17</sup>, que incluyeron ensayos controlados aleatorios (ECA) entre enero de 2000 y diciembre de 2021, evaluaron los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) y del entrenamiento isométrico en diversos parámetros de salud, como la función cardiovascular, la capacidad aeróbica y la composición corporal. Los resultados mostraron que, aunque ambos tipos de entrenamiento son eficaces, el entrenamiento isométrico superó al HIIT en la reducción de la presión arterial en reposo. Además, el ejercicio isométrico ha demostrado ser seguro y beneficioso para personas con artritis reumatoide, una enfermedad crónica que causa inflamación en las articulaciones y afecta la movilidad, la función física y la calidad de vida <sup>18</sup>.

En pacientes con enfermedades respiratorias, el ejercicio se convierte en una herramienta efectiva, dado su impacto positivo en la dinámica muscular. El American College of Sports Medicine (ACSM) recomienda que los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) realicen ejercicios de fuerza de manera regular y moderada, con un mínimo de 30 minutos de actividad, cinco días a la semana <sup>19</sup>. Esta práctica es esencial porque, durante

el ejercicio, el aumento de las demandas ventilatorias activa un mayor impulso neuronal hacia los músculos respiratorios. En este contexto, el diafragma, como principal "generador de flujo", incrementa su actividad para satisfacer las crecientes necesidades de oxígeno del organismo <sup>20</sup>. A medida que el diafragma se esfuerza por proporcionar un flujo de aire adecuado, requiere el apoyo de otros músculos responsables de generar presión, como los músculos intercostales, que facilitan el movimiento de la caja torácica, y los músculos abdominales, que asisten en la exhalación forzada. Por lo tanto, un entrenamiento isométrico adecuado puede mejorar la capacidad de estos músculos para generar la presión necesaria, permitiendo que el diafragma y otros músculos respiratorios trabajen de manera más eficiente <sup>21</sup>. En conjunto, estas intervenciones resaltan la importancia de un enfoque integral en la rehabilitación, considerando tanto los aspectos físicos como los cognitivos, para mejorar la calidad de vida de los pacientes. El ejercicio isométrico se caracteriza por contracciones musculares sostenidas sin cambios significativos en la longitud del músculo, lo que proporciona una base sólida para el desarrollo de la fuerza y la estabilidad <sup>22</sup>. Durante el ejercicio intenso, la mayor actividad del diafragma y otros músculos respiratorios genera una demanda de aumento en la potencia mecánica desarrollada por estos músculos <sup>23</sup>. En este contexto, el diafragma actúa como el principal generador de flujo, y su potencia mecánica se desarrolla principalmente a través de la velocidad de acortamiento en lugar de la presión. En contraste, los músculos de la caja torácica y los músculos abdominales son considerados "generadores de presión", ya que producen la fuerza necesaria para mover tanto el tórax como el abdomen <sup>24</sup>.

Dado este funcionamiento, el entrenamiento isométrico resulta especialmente beneficioso para fortalecer estos músculos respiratorios, lo que permite que el diafragma opere de manera más eficaz y, a su vez, reduce el riesgo de fatiga respiratoria <sup>25</sup>. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar el efecto de un programa de entrenamiento isométrico de 8 semanas en diversas variables, incluyendo la presión inspiratoria y la presión espiratoria, la presión arterial sistólica, el Vo2 máximo, los umbrales ventilatorios, la ventilación, la frecuencia respiratoria y el volumen corriente. Este enfoque integral permitirá comprender mejor cómo el entrenamiento isométrico puede influir en la función respiratoria y cardiovascular de los individuos <sup>26</sup>.

## MATERIALES Y METODOS

Este estudio adoptó un enfoque cuantitativo y cuasiexperimental, con un alcance descriptivo y correlacional, orientado a caracterizar y analizar las relaciones entre diversas variables. Se utilizó un muestreo probabilístico aleatorio simple para seleccionar a 25 hombres participantes del gimnasio Pódium, ubicado en la ciudad de Valdivia. Los participantes proporcionaron su consentimiento informado de manera voluntaria y fueron informados sobre los riesgos y beneficios del estudio de acuerdo con los principios éticos de la Declaración de Helsinki. El estudio cumplió con todas las regulaciones chilenas pertinentes, incluyendo las Leyes N°19.628, N°20.120 y N°20.584 sobre protección de datos personales. Además,

todas las acciones relacionadas con la protección de los datos y la participación de los sujetos fueron revisadas y aprobadas por el Comité de Ética de la Institución Universitaria Universidad Santo Tomás. Res. No 23136643/2024.

#### Criterios de inclusión y exclusión.

Se incluyeron en el estudio adultos a partir de 20 años, independientemente de la presencia de enfermedades crónicas, todos ellos pertenecientes al gimnasio Pódium en la ciudad de Valdivia. Por otro lado, se excluyeron los participantes que presentaran lesiones osteoarticulares, antecedentes de cirugías previas, enfermedades cardíacas, hipertensión no controlada o diabetes no controlada médicamente.

#### Instrumentos de medición.

Las variables fisiológicas se midieron utilizando equipos de alta precisión. Para el análisis de gases, se empleó el ergoespirometro Metalyzer Cortex 3B-R3 (Cortex Biophysik GmbH, Alemania). La capacidad de ejercicio se evaluó con la cinta rodante H/P/cosmos Mercury® (H/P/cosmos Sports & Medical GmbH, Alemania), que soporta hasta 200 kg. Además, se llevó a cabo un perfil antropométrico completo utilizando el kit de cineantropometría ISAK. La frecuencia cardíaca fue monitoreada a través del reloj Polar V800 (Polar Electro, Finlandia). Por último, la fuerza inspiratoria se evaluó con el dispositivo Airofit Pro (Airofit, España), y la presión arterial se registró con un esfigmomanómetro de fabricación alemana.

#### Protocolo Vo2 Max.

El protocolo de medición directa se realizó siguiendo las directrices establecidas por Kokkinos et al. <sup>27</sup>. Comenzó con un calentamiento de 10 minutos en un tapiz rodante a una velocidad de 5 km/h. con 0° de inclinación. Posteriormente, se inició la evaluación a 6 km/h. con 1° de inclinación, manteniendo esta velocidad durante 1 minuto. La velocidad se incrementó progresivamente en pasos de 0.7 km/h hasta alcanzar el agotamiento del participante. Al concluir la prueba, se llevó a cabo una fase de recuperación de 5 minutos a una velocidad de 4 km/h. con 0° de inclinación.

#### Protocolo de evaluación de las presiones inspiratorias.

El protocolo inicio con le debida explicación del procedimiento según las directrices de Qadir et al. <sup>28</sup>. Paciente cómodo y relajado, sentado con la espalda recta y con una pinza nasal para evitar fugas de aire. El manómetro debe conectarse a una boquilla desechable para garantizar la higiene, y el dispositivo debe ser calibrado correctamente. El procedimiento consiste en pedir al paciente que exhale completamente y luego inhale con fuerza contra la boquilla, manteniendo el esfuerzo durante al menos 1.5 segundos. Se realizaron tres mediciones, con descansos de dos minutos entre cada una.

#### Protocolo de entrenamiento Isométrico.

Durante tres días a la semana, se implementó un programa de entrenamiento isométrico con una duración total de 30 minutos por sesión. Cada sesión consistió en realizar 3 series de ejercicios, con un tiempo de trabajo de 40 segundos por ejercicio y un período de descanso de 20 s. entre ejercicios, las pausas entre series fueron de 2 minutos y se realizaron 8 tipos de ejercicios isométricos que incluyeron: 1 Plancha normal. 2 Plancha con apoyo anterior único. 3 Plancha con apoyo posterior único. 4 Plancha con elevación alternada de la parte superior del cuerpo. 5 Plancha con elevación alternada

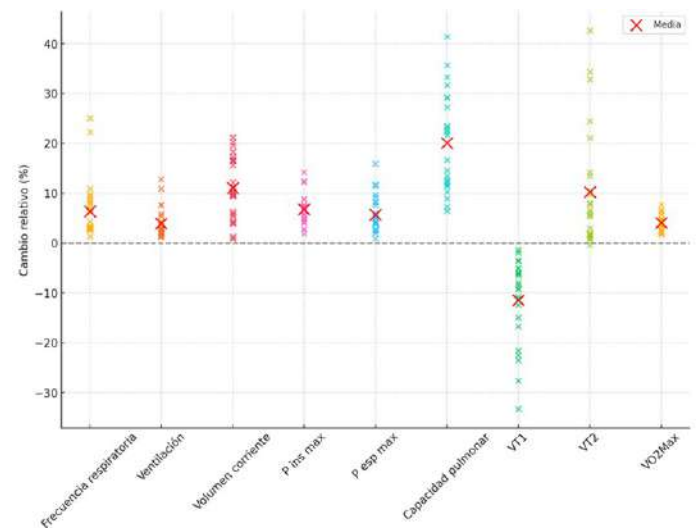
de la parte inferior del cuerpo. 6 Plancha con elevación alternada de la parte superior e inferior del cuerpo. 7 Plancha con rotación del tronco. 8 Plancha lateral y 9 Plancha lateral con elevaciones de cadera.

#### Análisis estadístico.

Se realizó un análisis descriptivo para calcular medidas de tendencia central y dispersión. La normalidad de los datos se verificó con la prueba de Shapiro-Wilk, y la bondad de ajuste se evaluó mediante el coeficiente de determinación R<sup>2</sup>. La correlación entre variables se analizó con la prueba de Pearson, y las diferencias entre medidas antes y después del entrenamiento se evaluaron usando la prueba t de Student para muestras apareadas. Se calculó el tamaño del efecto (ES) y el poder estadístico (1-β) para evaluar la magnitud de las diferencias y la probabilidad de detectarlas. El análisis se realizó con Jamovi versión 18.0, y se consideraron significativas las diferencias con un valor de p < 0.05. Los resultados se presentaron como media (M) y desviación estándar (SD).

## RESULTADOS

La **Tabla 1** Los resultados indican cambios significativos en diversas variables fisiológicas tras la intervención, con mejoras notables en la función respiratoria y capacidad pulmonar. La **frecuencia respiratoria** mostró una reducción significativa (pag<0,001p < 0,001pag<0,001), mientras que el **volumen de corriente** y la **capacidad pulmonar** aumentan considerablemente, reflejando una mejora en la eficiencia respiratoria. Además, la **ventilación** total disminuyó de manera significativa, sugiriendo una mayor economía respiratoria durante el esfuerzo. En cuanto a la fuerza respiratoria, tanto la **presión inspiratoria máxima** como la **presión espiratoria máxima** experimentaron incrementos significativos (pag<0,001p < 0,001pag<0,001), indicando un fortalecimiento de los músculos respiratorios. Estos cambios están respaldados por tamaños de gran efecto, lo que resalta su relevancia clínica. Por otro lado, el **umbral ventilatorio 2 (Vt2)** y el **Vo2 máximo** mostraron incrementos significativos (pag<0,001p < 0,001pag<0,001), lo que refleja una mejora en la capacidad aeróbica y el rendimiento cardiorrespiratorio.



**Figura 1.** Cambios relativos (%) de las variables respiratorias tras la intervención de fuerza isométrica (8 semanas).

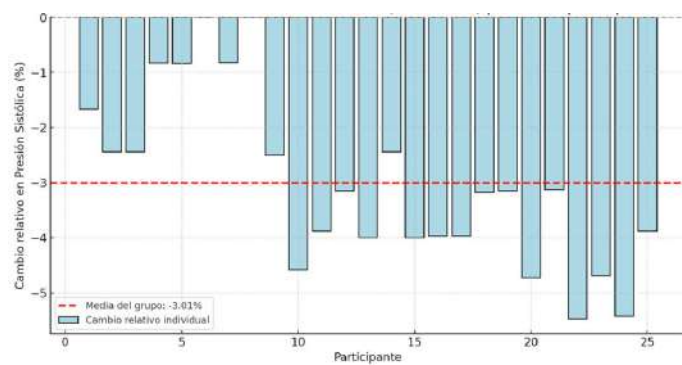
En la **Figura 1** se observan los cambios tras 8 semanas de intervención de fuerza isométrica, se observaron mejoras significativas en las variables respiratorias. La frecuencia respiratoria y la ventilación disminuyeron, indicando una mayor eficiencia respiratoria, mientras que el volumen corriente y la capacidad pulmonar aumentan, reflejando una mejor capacidad de intercambio

**Tabla 1.** Cambios en parámetros respiratorios y cardiovasculares tras la intervención de 8 semanas con ejercicio de fuerza isométrico

Variables	Pre	Post	Dif Media	P-valué	IC 95%		D Cohen Efecto	IC 95%	
					Inf	Sup		Inf	Sup
<b>Frecuencia respiratoria (r/min)</b>									
	65.92/8,32	69.80/8,56	-3.880	<.001	-5.079	-2.681	-1.335	-1.871	-0.785
<b>Ventilación (l/min)</b>									
	143.64/12,34	149.13/11,5	-5.488	<.001	-7.072	-3.904	-1.430	-1.985	-0.861
<b>Volumen corriente (l/min)</b>									
	2.64/0,22	2.94/0,19	-0.294	<.001	-0.365	-0.223	-1.715	-2.330	-1.086
<b>Presión arterial sistólica (mmHg)</b>									
	124.72/10,54	120.92/9,81	3.800	1.000	2.949	4.651	1.843	1.186	2.486
<b>Presión insp máxima (mmHg)</b>									
	123.42/8,22	131.64/8,65	-8.228	<.001	-9.557	-6.899	-2.555	-3.367	-1.731
<b>Presión exp máxima (mmHg)</b>									
	128.76/7,90	135.90/7,74	-7.144	<.001	-8.856	-5.432	-1.722	-2.338	-1.092
<b>Capacidad pulmonar (l/min)</b>									
	4.80/0,34	5.73/0,31	-0.924	<.001	-1.077	-0.771	-2.490	-3.285	-1.681
<b>Vt1 Umbral ventilatorio (ml/kg/min)</b>									
	20.61/3,45	17.98/3,12	2.628	1.000	1.582	3.674	1.037	0.542	1.519
<b>Vt2 Umbral ventilatorio (ml/kg/min)</b>									
	44.07/5,67	48.24/6,02	-4.172	<.001	-6.029	-2.315	-0.928	-1.392	-0.450
<b>VO2 max (ml/kg/min)</b>									
	54.71/7,11	56.88/6,87	-2.176	<.001	-2.511	-1.841	-2.681	-3.525	-1.825

IC intervalo de confianza. VO2 max consume máximo de oxígeno.\* Prueba T para muestras pareadas

gaseoso. Además, las presiones inspiratorias y espiratorias máximas mostraron incrementos notables, evidenciando un fortalecimiento muscular respiratorio. Estos cambios relativos sugieren que la intervención mejoró la función y eficiencia respiratoria, optimizando la capacidad aeróbica y el rendimiento físico.



**Figura 2.** Cambios relativos (%) de la Presión Arterial Sistólica de fuerza isométrica (8 semanas).

La **Figura 2** muestra los cambios relativos (%) en la presión arterial sistólica (PAS) tras 8 semanas de intervención de fuerza isométrica. Los resultados reflejan una disminución significativa en el PAS, indicando una mejora en el control de la presión arterial sistólica en reposo. Este cambio sugiere que el entrenamiento isométrico contribuyó a una mejor regulación cardiovascular, posiblemente mediante adaptaciones en la función vascular y una reducción en la resistencia periférica. Estos hallazgos destacan el potencial de la fuerza isométrica como estrategia efectiva para mejorar la salud cardiovascular.

## DISCUSIÓN

Estos hallazgos subrayan la efectividad de un entrenamiento de fuerza isométrica de 8 semanas en la mejora de la respuesta respiratoria y cardiovascular, especialmente en individuos con factores de riesgo. Esta intervención no solo fortalece los músculos respiratorios, sino que también optimiza la eficiencia respiratoria,

incrementa la capacidad pulmonar y mejora la capacidad aeróbica general. Por lo tanto, los resultados respaldan la inclusión del entrenamiento de fuerza isométrica como una estrategia integral en los planes de salud y prevención para esta población.

Varios estudios han explorado los efectos de este tipo de entrenamiento en parámetros respiratorios y vasculares. Un ejemplo relevante es el estudio realizado por Wiles et al.<sup>29</sup> que comparó los efectos del entrenamiento isométrico de piernas a dos intensidades en la presión arterial en reposo, examinando variables cardiovasculares específicas para comprender los cambios observados. En este estudio, 33 participantes fueron asignados aleatoriamente a un grupo de control, un grupo de alta intensidad y un grupo de baja intensidad durante un período de 8 semanas realizando ejercicios consistentes en 4 series de 2 minutos, 3 veces por semana. Los resultados mostraron una disminución significativa en la presión arterial sistólica, diastólica y media en ambos grupos después del entrenamiento, con cambios similares en ambas intensidades. Estos hallazgos son consistentes con otras investigaciones que han documentado los beneficios del entrenamiento isométrico en la regulación de la presión arterial y en la salud cardiovascular en general y coinciden, al menos parcialmente, con los de nuestro estudio respecto al descenso de presión arterial sistólica.

Otros autores como Baross et al.<sup>30</sup> llevaron a cabo un análisis sobre los efectos de 8 semanas de desentrenamiento en la presión arterial en reposo, la presión arterial ambulatoria y el aumento repentino de la presión arterial matinal tras un programa de entrenamiento de resistencia isométrica. Este se llevó a cabo en 25 individuos jóvenes normotensos (16 hombres,  $23 \pm 6$  años; y 9 mujeres,  $22 \pm 4$  años) con una presión arterial en reposo dentro del rango normal ( $123 \pm 5$ ,  $69 \pm 7$  mmHg). Los participantes después de completar el programa de ejercicio mostraron reducciones significativas en la presión arterial sistólica ambulatoria de 24 horas (descenso promedio  $-8 \pm 4$  mmHg). También se registraron reducciones en la sistólica diurna ( $-5 \pm 6$  mmHg.) y en la variabilidad de la presión arterial diurna y de 24 horas. Estos hallazgos sugieren que el entrenamiento de resistencia isométrica tiene efectos duraderos en la reducción de la presión arterial en esta población, lo que implica su potencial como intervención beneficiosa para la



salud cardiovascular y se alinea con los resultados de nuestro trabajo e implicaciones para la salud.

Por otro lado, Smart et al. <sup>31</sup> realizaron un metaanálisis que abarcó 12 estudios con un total de 326 participantes confirmando el efecto clínico y estadísticamente significativo del entrenamiento de resistencia isométrica en la reducción de la presión arterial sistólica, la presión arterial diastólica y la presión arterial media en reposo. Además, el estudio de Swift et al. <sup>32</sup> comparó las respuestas hemodinámicas y autonómicas agudas tras realizar una sesión de entrenamiento de sentadilla isométrica contra la pared y agarre manual isométrico encontrando que los ejercicios que involucran una mayor masa muscular, como las sentadillas isométricas, pueden provocar reducciones más significativas en la presión arterial en comparación con aquellos que utilizan menos masa muscular. Así mismo, sus hallazgos sugieren que el ejercicio de sentadilla isométrica contra la pared puede ser más efectivo para reducir la presión arterial y mejorar la función cardiovascular en comparación con el agarre manual isométrico.

En esta misma línea de investigación, el estudio de Olher et al. <sup>33</sup> analizó los efectos del ejercicio isométrico submáximo que involucra una gran masa muscular en la respuesta hemodinámica, el estrés oxidativo y la producción de óxido nítrico en pacientes hipertensos. Los hallazgos revelaron que incluso una breve sesión de 8 minutos de provocó un aumento significativo en la actividad prooxidante, lo que a su vez resultó en una mayor disponibilidad de óxido nítrico y una respuesta antioxidante incrementada. Este fenómeno contribuyó a la reducción de la presión arterial.

Es relevante mencionar que el entrenamiento isométrico ha sido establecido como una de las mejores intervenciones no farmacológicas para la prevención y el tratamiento de la hipertensión, siendo respaldado por el Colegio Americano de Cardiología y la American Heart Association <sup>34</sup> Además, se encuentra incluido en la reciente documento de consenso australiana sobre ejercicio e hipertensión <sup>35</sup>, lo que resalta su importancia y eficacia en el manejo de esta condición. Autores como Sener et al. <sup>36</sup>, destacan que los ejercicios isométricos han mostrado cambios significativos tanto en la salud como en el ámbito deportivo, especialmente en variables respiratorias que impactan el estado general de bienestar. En este contexto, otros autores Souza et al. <sup>37</sup>, enfatizan la notable relación entre estas variables y la masa muscular, particularmente en lo que respecta al metabolismo energético.

Por su parte, el estudio de Houben et al. <sup>38</sup>, sobre pacientes con cáncer de próstata sometidos a terapia de privación de andrógenos revela que un programa de entrenamiento isométrico de 20 semanas contrarresta los efectos negativos de dicha terapia en la composición corporal, la masa muscular, la fuerza muscular y la capacidad aeróbica. Mientras que, en el ámbito deportivo, Akinoglu et al. <sup>39</sup>, encontraron una alta correlación entre la fuerza de los músculos periféricos, la función respiratoria y la fuerza de los músculos respiratorios en atletas, lo que subraya la importancia de un enfoque de entrenamiento integral.

En conclusión, el entrenamiento isométrico se presenta como una estrategia efectiva para mejorar diversos aspectos de la salud y el rendimiento físico. Los estudios revisados consistentemente evidencian que este tipo de entrenamiento puede reducir la presión arterial, mejorar la función cardiovascular y respiratoria, aumentar la fuerza muscular y potenciar el rendimiento deportivo. Por lo tanto, el entrenamiento isométrico se posiciona como una herramienta valiosa que puede ser integrada en programas de ejercicio para promover la salud y el bienestar en diferentes poblaciones. Es importante tener en cuenta algunas limitaciones en este estudio. Primero, la muestra puede no ser completamente representativa de la población general, ya que se limitó a individuos con factores de riesgo específicos. Además, el estudio podría haberse beneficiado de un seguimiento a más largo plazo para evaluar la sostenibilidad de los efectos observados y de la existencia de un grupo control o segundo brazo que garantizara la efectividad.

## CONCLUSIONES

Los resultados del estudio indican que el entrenamiento de fuerza isométrica tiene efectos beneficiosos en individuos sanos con factores de riesgo. Esta intervención no solo fortaleció los músculos respiratorios, sino que también mejoró la eficiencia respiratoria, la capacidad pulmonar y la capacidad aeróbica general. Los hallazgos sugieren que el entrenamiento de fuerza isométrica es una estrategia efectiva para la mejora de la salud respiratoria y cardiovascular que evidencian mejoras en la funcionalidad y la salud general de los participantes. Estos resultados respaldan la integración del entrenamiento de fuerza isométrica en los programas de salud y prevención, destacando su potencial para ofrecer beneficios significativos en la calidad de vida y el rendimiento físico.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Lopez, P., Radaelli, R., Taaffe, D. R., Galvão, D. A., Newton, R. U., Nonemacher, E. R., Wendt, V. M., Bassanesi, R. N., Turella, D. J. P., & Rech, A. (2022). Moderators of resistance training effects in overweight and obese adults: A systematic review and meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(11), 1804–1816. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002984>.
2. Kelley, E., Imboden, M. T., Harber, M. P., Finch, H., Kaminsky, L. A., & Whaley, M. H. (2018). Cardiorespiratory fitness is inversely associated with clustering of metabolic syndrome risk factors: The ball state adult fitness program longitudinal lifestyle study. *Mayo Clinic Proceedings. Innovations, Quality & Outcomes*, 2(2), 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.mayocpiqo.2018.03.001>.
3. Taylor, K. A., Wiles, J. D., Coleman, D. D., Sharma, R., & O'driscoll, J. M. (2017). Continuous cardiac autonomic and hemodynamic responses to isometric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(8), 1511–1519. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001271>.
4. Ramsey, K. A., Rojer, A. G. M., D'Andrea, L., Otten, R. H. J., Heymans, M. W., Trappenburg, M. C., Verlaan, S., Whittaker, A. C., Meskers, C. G. M., & Maier, A. B. (2021). The association of objectively measured physical activity and sedentary behavior with skeletal muscle strength and muscle power in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 67(101266), 101266. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2021.101266>.
5. Mueller, S., Winzer, E. B., Duvina, A., Gevaert, A. B., Edelmann, F., Haller, B., Pieske-Kraigher, E., Beckers, P., Bobenko, A., Hommel, J., Van de Heyning, C. M., Esefeld, K., von Korn, P., Christle, J. W., Haykowsky, M. J., Linke, A., Wisløff, U., Adams, V., Pieske, B., ... OptimEx-Clin Study Group. (2021). Effect of high-intensity interval training, moderate continuous training, or guideline-based physical activity advice on peak oxygen consumption in patients with heart failure with preserved ejection fraction: A randomized clinical trial. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 325(6), 542. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.26812>.
6. Bangsbo, J., Blackwell, J., Boraxbekk, C.-J., Caserotti, P., Dela, F., Evans, A. B., Jespersen, A. P., Gliemann, L., Kramer, A. F., Lundbye-Jensen, J., Mortensen, E. L., Lassen, A. J., Gow, A. J., Harridge, S. D. R., Hellsten, Y., Kjaer, M., Kujala, U. M., Rhodes, R. E., Pike, E. C. J., ... Viña, J. (2019). Copenhagen Consensus statement 2019: physical activity and ageing. *British Journal of Sports Medicine*, 53(14), 856–858. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100451>.
7. Geidl, W., Abu-Omar, K., Weege, M., Messing, S., & Pfeifer, K. (2020). German recommendations for physical activity and physical activity promotion in adults with

- noncommunicable diseases. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12966-020-0919-x>.
8. Torres, A., Tennant, B., Ribeiro-Lucas, I., Vaux-Bjerke, A., Piercy, K., & Bloodgood, B. (2018). Umbrella and systematic review methodology to support the 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee. *Journal of physical activity & health*, 15(11), 805–810. <https://doi.org/10.1123/jpah.2018-0372>.
  9. Resende RA, Jardim SHO, Filho RGT, Mascarenhas RO, Ocarino JM, Mendonça LDM. Does trunk and hip muscles strength predict performance during a core stability test? *Braz J Phys Ther [Internet]*. 2020;24(4):318–24. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.03.00>. (s/f). <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.03.00>.
  10. Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., & Lee, I.-M. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise: Guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1334–1359. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213fefb>.
  11. Arnett, D. K., Blumenthal, R. S., Albert, M. A., Buroker, A. B., Goldberger, Z. D., Hahn, E. J., Himmelfarb, C. D., Khera, A., Lloyd-Jones, D., McEvoy, J. W., Michos, E. D., Miedema, M. D., Muñoz, D., Smith, S. C., Jr, Virani, S. S., Williams, K. A., Sr, Yeboah, J., & Ziaeian, B. (2019). 2019 ACC/AHA guideline on the primary prevention of cardiovascular disease: A report of the American college of cardiology/American heart association task force on clinical practice guidelines. *Circulation*, 140(11). <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000678>.
  12. de Freitas Brito, A., Brasileiro-Santos, M. do S., Coutinho de Oliveira, C. V., & da Cruz Santos, A. (2019b). Postexercise hypotension is volume-dependent in hypertensives: Autonomic and forearm blood responses. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(1), 234–241. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001735>.
  13. Tailor C, Mozaffarian D, McCabe P. Acondicionamiento físico y reducción de riesgos cardiovasculares. *Soy J Cardiol*. 2017;119(1):65-72.
  14. Cristi-Montero, C., Ramírez-Campillo, R., Alvarez, C., Garrido Méndez, A., Martínez, M. A., & Díaz Martínez, X. (2016). Celis-Morales. *Rev Med Chil*, 144(8), 980–989. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872016000800004>.
  15. Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 93(4), 1318–1326. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00283.2002>.
  16. Pescatello, L. S., Wu, Y., Panza, G. A., Zaleski, A., & Guidry, M. (2021). Development of a novel clinical decision support system for exercise prescription among patients with multiple cardiovascular disease risk factors. *Mayo Clinic Proceedings. Innovations, Quality & Outcomes*, 5(1), 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.mayocpiqo.2020.08.005>.
  17. Bangsbo, J., Blackwell, J., Boraxbekk, C.-J., Caserotti, P., Dela, F., Evans, A. B., Jespersen, A. P., Gliemann, L., Kramer, A. F., Lundbye-Jensen, J., Mortensen, E. L., Lassen, A. J., Gow, A. J., Harridge, S. D. R., Hellsten, Y., Kjaer, M., Kujala, U. M., Rhodes, R. E., Pike, E. C. J., ... Viña, J. (2019). Copenhagen Consensus statement 2019: physical activity and ageing. *British Journal of Sports Medicine*, 53(14), 856–858. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100451>.
  18. Edwards, J., De Caux, A., Donaldson, J., Wiles, J., & O'Driscoll, J. (2022). Isometric exercise versus high-intensity interval training for the management of blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 56(9), 506–514. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104642>
  19. Baillet, A., Vaillant, M., Guinot, M., Juvin, R., & Gaudin, P. (2012). Efficacy of resistance exercises in rheumatoid arthritis: meta-analysis of randomized controlled trials. *Rheumatology* (Oxford, England), 51(3), 519–527. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/ker330>.
  20. Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM). (2022). Guías para pacientes con EPOC. *Ejercicio deportivo de ciencia médica*, 54(3), 145-151. <https://doi.org/10/METRO.00000000000003077>.
  21. Sadjapong, U., Yodkeeree, S., Sungkarat, S., & Siviroj, P. (2020). Multicomponent exercise program reduces frailty and inflammatory biomarkers and improves physical performance in community-dwelling older adults: A randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 3760. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113760>.
  22. Ray, AD, Pendergast, DR y Lundgren, CE (2008). El entrenamiento de los músculos respiratorios mejora la resistencia al nadar en profundidad. *Undersea & Hyperbaric Medicine: Journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc.*
  23. Al-Otaibi, H. M., Sartor, F., & Kubis, H.-P. (2024). The influence of low resistance respiratory muscle training on pulmonary function and high intensity exercise performance. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 22(3), 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2024.02.007>
  24. Zhu, Y., He, S., Herold, F., Sun, F., Li, C., Tao, S., & Gao, T.-Y. (2022). Effect of isometric handgrip exercise on cognitive function: Current evidence, methodology, and safety considerations. *Frontiers in physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1012836>.
  25. Wheelock, C. E., Hess, H. W., Johnson, B. D., Schlader, Z. J., Clemency, B. M., St. James, E., & Hostler, D. (2020). Endurance and resistance respiratory muscle training and aerobic exercise performance in hypobaric hypoxia. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 91(10), 776–784. <https://doi.org/10.3357/amhp.5624.2020>.
  26. Ozmen, T., Gunes, G. Y., Ucar, I., Dogan, H., & Gafuroglu, T. U. (2017). Effect of respiratory muscle training on pulmonary function and aerobic endurance in soccer players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 57(5). <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.16.06283-6>.
  27. Kokkinos, P., Myers, J., Faselis, C., Panagiotakos, DB, Doulmas, M., Pittaras, A. y Kokkinos, JP (2018). Impacto de la aptitud cardiorrespiratoria en la mortalidad: una revisión de la evidencia. <https://doi.org/10.1016/j.p.2017>.
  28. Qadir N, Sahetya S, Munshi L, Summers C, Abrams D, Beitler J, Bellani G, Brower RG, Burry L, Chen JT, Hodgson C, Hough CL, Lamontagne F, Law A, Papazian L, Pham T, Rubin E, Siuba M, Telias I, Patolia S, Chaudhuri D, Walkey A, Rochweg B, Fan E. An Update on Management of Adult Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome: An Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline. *Am J Respir Crit Care Med*. 2024 Jan 1;209(1):24-36. doi: 10.1164/rccm.202311-2011ST. PMID: 38032683; PMCID: PMC10870893.
  29. Wiles, J. D., Coleman, D. A., & Swaine, I. L. (2010). The effects of performing isometric training at two exercise intensities in

- healthy young males. *European Journal of Applied Physiology*, 108(3), 419–428. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1025-6>.
30. Smart, N. A., Way, D., Carlson, D., Millar, P., McGowan, C., Swaine, I., Baross, A., Howden, R., Ritti-Dias, R., Wiles, J., Cornelissen, V., Gordon, B., Taylor, R., & Bleile, B. (2019). Effects of isometric resistance training on resting blood pressure: Individual participant data meta-analysis. *Journal of Hypertension*, 37(10), 1927–1938. <https://doi.org/10.1097/hjh.0000000000002105>.
31. Swift, H. T., O'Driscoll, J. M., Coleman, D. D., Caux, A. D., & Wiles, J. D. (2022). Acute cardiac autonomic and haemodynamic responses to leg and arm isometric exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 122(4), 975–985. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04894-7>.
32. Olher, R. R., Rosa, T. S., Souza, L. H. R., Oliveira, J. F., Soares, B. R. A., Ribeiro, T. B. A., Souza, I. R. C., Neves, R. V. P., Sousa, C. V., Deus, L. A., Marchetti, P. H., Simoes, H. G., & Moraes, M. R. (2020). Isometric exercise with large muscle mass improves redox balance and blood pressure in hypertensive adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(5), 1187–1195. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002223>.
33. Whelton, P. K., & Carey, R. M. (2017). The 2017 clinical practice guideline for high blood pressure. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 318(21), 2073. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.18209>.
34. Sharman, J. E., Smart, N. A., Coombes, J. S., & Stowasser, M. (2019). Exercise and sport science australia position stand update on exercise and hypertension. *Journal of Human Hypertension*, 33(12), 837–843. <https://doi.org/10.1038/s41371-019-0266-z>.
35. Sener, U., Uçok, K., Ulaşlı, A. M., Genc, A., Karabacak, H., Coban, N. F., Simsek, H., & Cevik, H. (2016). Evaluation of health - related physical fitness parameters and association analysis with depression, anxiety, and quality of life in patients with fibromyalgia. *International Journal of Rheumatic Diseases*, 19(8), 763–772. <https://doi.org/10.1111/1756-185x.12237>.
36. Sharman, J. E., Smart, N. A., Coombes, J. S., & Stowasser, M. (2019). Exercise and sport science australia position stand update on exercise and hypertension. *Journal of Human Hypertension*, 33(12), 837–843. <https://doi.org/10.1038/s41371-019-0266-z>.
37. Souza, R. M. P., Cardim, A. B., Maia, T. O., Rocha, L. G., Bezerra, S. D., & Marinho, P. É. M. (2019). Inspiratory muscle strength, diaphragmatic mobility, and body composition in chronic obstructive pulmonary disease. *Physiotherapy Research International: The Journal for Researchers and Clinicians in Physical Therapy*, 24(2). <https://doi.org/10.1002/pri.1766>.
38. Houben, L. H. P., Overkamp, M., Van Kraaij, P., Trommelen, J., Van Roermund, J. G. H., de Vries, P., de Laet, K., Van Der Meer, S., Mikkelsen, U. R., Verdijk, L. B., Van Loon, L. J. C., Beijer, S., & Beelen, M. (2023). Resistance exercise training increases muscle mass and strength in prostate cancer patients on androgen deprivation therapy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 55(4), 614–624. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000003095>.
39. Akınoğlu, B., Kocahan, T., & Özkan, T. (2019). The relationship between peripheral muscle strength and respiratory function and respiratory muscle strength in athletes. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 15(1), 44–49. <https://doi.org/10.12965/jer.1836518.259>.

Revisión

## Fisioterapia en la diástasis abdominal. Revisión de revisiones

J. Lorenzo-Gil<sup>a</sup>, A. Alonso-Calvete<sup>a</sup>, I. Da Cuña-Carrera<sup>a</sup>, M. Fernández-Paz<sup>b,\*</sup>, L. Núñez-Remiseiro<sup>c</sup>



<sup>a</sup> Facultad de Fisioterapia, Universidad de Vigo, Pontevedra, España.

<sup>b</sup> Servicio de Rehabilitación, Complejo Hospitalario Universitario de Pontevedra, Servicio Gallego de Salud (SERGAS), España.

<sup>c</sup> Centro de Salud A Parúa, Área Sanitaria de Pontevedra e o Salnés, Servicio Gallego de Salud (SERGAS), España.

### RESUMEN

**Introducción:** La diástasis abdominal es un aumento de la distancia interrectos abdominales en la línea alba. Esta separación puede ir acompañada de reducción de la fuerza y la resistencia de los músculos abdominales, problemas musculoesqueléticos, autopercepción corporal negativa, disfunciones del suelo pélvico y reducción de la calidad de vida.

**Objetivo:** La fisioterapia es considerada la primera línea de abordaje conservadora en el manejo de la diástasis abdominal, por lo que se plantea analizar la evidencia disponible sobre estos abordajes y determinar así la mejor intervención.

**Métodos:** Se ha realizado una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed, PEDro, CINAHL, Scopus, Medline y Cochrane, obteniendo 6 artículos válidos para su análisis tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión.

**Resultados:** Los estudios seleccionados desarrollan diferentes intervenciones de fisioterapia para reducir la distancia interrectos: protocolos de ejercicio, electroestimulación neuromuscular abdominal, soportes externos físicos abdominales o entrenamiento de la musculatura del suelo pélvico.

**Conclusión:** Se desconoce cuál es el mejor abordaje desde fisioterapia para el manejo de la diástasis abdominal, aunque los programas de ejercicio producen beneficios directos musculoesqueléticos y psicológicos.

**Palabras clave:** diástasis muscular; músculos abdominales; fisioterapia; mujeres.

### Physical therapy in abdominal diastasis. Review of reviews

#### ABSTRACT

**Introduction:** Abdominal diastasis is an increase in the interrectus abdominis distance in the linea alba. This separation may be accompanied by reduced abdominal muscle strength and endurance, musculoskeletal problems, negative body self-perception, pelvic floor dysfunctions, and reduced quality of life.

**Objective:** Physiotherapy is considered the first line of conservative approach in the management of abdominal diastasis, so it is proposed to analyze the available evidence on these approaches and thus determine the best intervention.

**Methods:** A bibliographic search was carried out in the PubMed, PEDro, CINAHL, Scopus, Medline and Cochrane databases, obtaining 6 valid articles for analysis after applying the inclusion and exclusion criteria.

**Results:** The selected studies develop different physiotherapy interventions to reduce interrectal distance: exercise protocols, abdominal neuromuscular electrostimulation, external physical abdominal supports or training of the pelvic floor muscles.

**Conclusion:** It is unknown which is the best physical therapy approach for the management of abdominal diastasis, although exercise programs produce direct musculoskeletal and psychological benefits.

**Keywords:** muscle diastasis; abdominal muscles; physical therapy; women.

\* Autor de correspondencia: Miguel Fernández Paz. [miguel.fernandez.paz@sergas.es](mailto:miguel.fernandez.paz@sergas.es) +34 986800000 Complejo Hospitalario Universitario de Pontevedra, Servicio Gallego de Salud (SERGAS). Rúa Doutor Loureiro Crespo, 2, 36001, Pontevedra, España. (M. Fernández-Paz)

<https://doi.org/10.33155/ramd.v17i3-4.1178>

ISSN-e: 2172-5063/ © Consejería de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

## Fisioterapia na diástase abdominal. Revisão de comentários

### RESUMO

**Introdução:** A diástase abdominal é o aumento da distância do músculo reto abdominal na linha alba. Esta separação pode ser acompanhada por uma redução da força e resistência muscular abdominal, problemas músculo-esqueléticos, autopercepção corporal negativa, disfunções do pavimento pélvico e redução da qualidade de vida.

**Objectivo:** A fisioterapia é considerada a primeira linha de abordagem conservadora na gestão da diástase abdominal, pelo que se propõe analisar a evidência disponível sobre estas abordagens e assim determinar a melhor intervenção.

**Métodos:** Foi realizada pesquisa bibliográfica nas bases de dados PubMed, PEDro, CINAHL, Scopus, Medline e Cochrane, tendo sido obtidos 6 artigos válidos para análise após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

**Resultados:** Os estudos seleccionados desenvolvem diferentes intervenções fisioterapêuticas para a redução da distância interretal: protocolos de exercício, eletroestimulação neuromuscular abdominal, suportes físicos abdominais externos ou treino dos músculos do pavimento pélvico.

**Conclusão:** Não se sabe qual a melhor abordagem fisioterapêutica para a gestão da diástase abdominal, embora os programas de exercício produzam benefícios musculoesqueléticos e psicológicos diretos.

**Palavras-chave:** diástase muscular; músculos abdominais; fisioterapia; mulheres.

### INTRODUCCIÓN

La diástasis abdominal (DA) es un aumento de la distancia interrectos (DIR) abdominales en la línea alba debido a un ensanchamiento o adelgazamiento de la misma<sup>1-6</sup>. Esta separación puede traducirse en una reducción de la fuerza y la resistencia de los músculos abdominales<sup>1-5</sup>, lo que podría relacionarse con problemas musculoesqueléticos, tales como lumbalgias<sup>1,2</sup>. Además, también se asocia con prolapsos, autopercepción corporal negativa, incontinencias urinarias y/o fecales y una menor calidad de vida<sup>1-5,7</sup>.

Los principales factores de riesgo para la DA son el embarazo, la multiparidad, la edad de maternidad, la obesidad, la edad, el desempeño abdominal, el estrés de la pared abdominal y la etnia<sup>2-4,7</sup>. Aunque la asociación de cada factor necesita ser estudiada con mayor profundidad<sup>4,7</sup>.

Para el diagnóstico o el seguimiento de la DA se realiza una medición de la DIR, que tiene distintos valores dependiendo del lugar de medición, de la posición del paciente y del instrumento de medición<sup>1,2,4</sup>. La medición se puede realizar con el ancho de dedos, paquímetro, cinta métrica, ecografía (ECO), resonancia magnética y tomografía computarizada<sup>1,4,7</sup>, siendo estos dos últimos los menos utilizados<sup>4</sup>. La ECO es la prueba de imagen más usada debido a que no es invasiva y a su bajo costo<sup>1,4</sup>. El ancho de dedos es un método fácil, que requeriría ser contrastada con otra prueba de mayor fiabilidad<sup>1,2</sup>. El paquímetro es confiable, económico y fácil de aplicar<sup>1</sup>.

La DA se observa con frecuencia en el embarazo. En este periodo se producen cambios hormonales en el tejido conectivo y biomecánicos, con un aumento de la presión intraabdominal prolongado en el tiempo debido al crecimiento del feto<sup>1,2,4,7</sup>. Se estima que la prevalencia de la DA en el tercer trimestre de gestación es del 66-100% y a los 12 meses después del parto es aproximadamente del 36%<sup>1-3,6,7</sup>. En la mayoría de los casos se produce una resolución con el fin del embarazo, pero en ocasiones persiste<sup>1,4</sup>, en estos casos las mujeres buscan consejo sanitario<sup>4</sup>.

Pese a la poca evidencia del tratamiento conservador, esta es la primera línea de abordaje<sup>4,6</sup>. El tratamiento fisioterapêutico incluye diversas terapias, que han demostrado efectividad en la reducción de la DA. Dentro de ellas se encuentra el ejercicio terapêutico, que se establece como la principal línea de tratamiento y se basa sobre todo en trabajo de fuerza y resistencia combinado sobre la musculatura estabilizadora, incluyendo pared abdominal, zona lumbar y suelo pélvico. Esta terapia basada en ejercicio tiene como objetivo principal solventar las deficiencias estructurales y funcionales de la musculatura estabilizadora, y ha demostrado efectos positivos también en combinación con otras terapias como pueden

ser la estimulación eléctrica, buscando una mayor activación de fibras musculares profundas, la terapia manual, con efectos sobre la regulación en el tono de los tejidos, y los soportes físicos, que pueden ir desde fajas abdominales que complementan y ayudan a la función de la musculatura abdominal, hasta vendajes neuromusculares como el kinesiotape, que parece generar soporte además de activación de fibras superficiales, con efectos todavía controvertidos<sup>1,3,4</sup>.

En casos severos, cuando el tratamiento conservador no logra los objetivos, se recurre a la intervención quirúrgica<sup>4,6</sup>. La cirugía, para acercar la DIR, puede ser: abierta, laparoscópica, endoscópica o híbrida<sup>1,4</sup>. Las tasas de recurrencia son bajas<sup>1,4</sup>, pero este método es invasivo<sup>4,6</sup>. Además, pueden tener efectos adversos intraoperatorios y postoperatorios entre los que se incluyen: dolor, infección de heridas, hematomas, seromas, extrusiones de la malla, cambios vasomotores, lesión nerviosa, cicatrices, o trastornos sensoriales en la piel abdominal<sup>1,4</sup>.

Ambos tratamientos parecen producir mejoras en la morfología, la funcionalidad de los abdominales y la calidad de vida de los pacientes<sup>1,4</sup>. Sin embargo, hasta el momento no existe un protocolo específico fisioterapêutico<sup>1,3</sup>, lo que justifica la necesidad de realización de esta revisión de revisiones, con el objetivo de analizar la evidencia disponible sobre los diferentes abordajes en el manejo de la diástasis abdominal, con el fin de identificar la intervención más efectiva. Se hipotetiza que los resultados y conclusiones de este trabajo podrían contribuir a mejorar el conocimiento científico en cuanto al abordaje de la diástasis abdominal, conociendo más en profundidad que técnicas y ejercicios resultan beneficiosos para su reducción.

### METODOLOGÍA

Para la realización de la presente revisión general (*umbrella review*) se siguieron las directrices de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis)<sup>8</sup>.

El objetivo de este estudio fue analizar los distintos tratamientos de fisioterapia para la DA siguiendo la metodología PICO (Population, Interventions, Comparison and Outcomes)<sup>9</sup> siendo las pacientes mujeres de cualquier edad con DA, el tratamiento fisioterapêutico la intervención, no se ha considerado necesaria la comparación entre intervenciones ni grupos y el resultado principal el grado de variación de la DIR para mejorar, o no, la DA.

La búsqueda bibliográfica se ha realizado entre los meses de diciembre del 2023 y enero del 2024 entre artículos desde que existe evidencia en las bases de datos: PubMed, PEDro, CINAHL, Scopus, Medline y Cochrane. La ecuación de búsqueda se ha diseñado utilizando los descriptores Medical Subject Headings

**Tabla 1.** Búsqueda en bases de datos

Base de datos	Ecuaciones
Pubmed	((“Diastasis, Muscle”[Mesh]) AND “Abdominal Muscles”[Mesh]) AND “Physical Therapy Modalities”[Mesh]
PEdro	Diastasis and abdominal
Cinahl	(MH “Diastasis, Muscle”) AND (MH “Physical Therapy”) AND (MH “Abdominal Muscles”)
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (diastasis AND muscle) AND TITLE-ABS-KEY (physical AND therapy) AND TITLE-ABS-KEY (abdominal AND muscles))
Medline	(MH “Diastasis, Muscle”) AND (MH “Physical Therapy Modalities”) AND (MH “Abdominal Muscles”)
Cochrane	(TITLE-ABS-KEY (diastasis) AND TITLE-ABS-KEY (physical therapy) AND TITLE-ABS-KEY (abdominal muscles))

Mesh: Medical Subject Headings; MH: Medical Heading.

MeSH: “Diastasis, Muscle”[Mesh], “Abdominal Muscles”[Mesh], “Physical Therapy Modalities”[Mesh]; y los términos libres: “diastasis”, “physical therapy”, “abdominal” y “abdominal muscles” combinándolos entre ellos con el operador booleano “AND”. En la [tabla 1](#) se muestran las bases de datos con las respectivas ecuaciones de búsqueda.

Como criterio de inclusión se han seleccionado todas aquellas revisiones sistemáticas que estudien la mejora de la DA. No se ha empleado ningún filtro automático en ninguna de las bases de datos. Además, no se han aplicado restricciones de idioma, fecha o tipo de revisión. Tras la eliminación de los estudios duplicados, las investigadoras J.G.L y A.A.C analizaron los títulos y resúmenes para realizar un cribado manual. Una vez terminada esta fase, se ha procedido con el cribado a texto completo. Se ha usado Zotero para la gestión de las referencias bibliográficas.

La calidad metodológica de los estudios seleccionados ha sido evaluada siguiendo las directrices del método AMSTAR-2 (Ameasurement Tool to Assess Systematic Reviews). En dicha escala las preguntas número 2, 4, 7, 9, 11, 13 y 15 son los dominios críticos que las revisiones deben cumplir con obligatoriedad para poder clasificarlas como “calidad elevada”; de no cumplirse uno de estos criterios pasa a ser clasificada como “calidad metodológica baja”; de no responder a más de un dominio crítico la revisión se considera de “calidad críticamente baja”. Si falta más de una debilidad no crítica, se clasifican como “calidad moderada”<sup>10</sup>.

**RESULTADOS**

Realizada la búsqueda bibliográfica, se identificaron 72 artículos, seleccionando 6 revisiones sistemáticas para su análisis, tal como se muestra en el diagrama de flujo PRISMA<sup>8</sup> de la [Figura 1](#).

Las puntuaciones de cada artículo en la escala AMSTAR-2<sup>10</sup> se pueden consultar en la [Tabla 2](#), resultando uno<sup>11</sup> de ellos de calidad metodológica moderada, tres<sup>12-14</sup> de calidad metodológica baja y dos<sup>15,16</sup> de calidad críticamente baja.

En la [Tabla 3](#) se muestran las características relativas a los tipos de estudio incluidos en cada revisión y su muestra. Además de cómo fue valorada, tratada y los resultados obtenidos relativos a la DA.

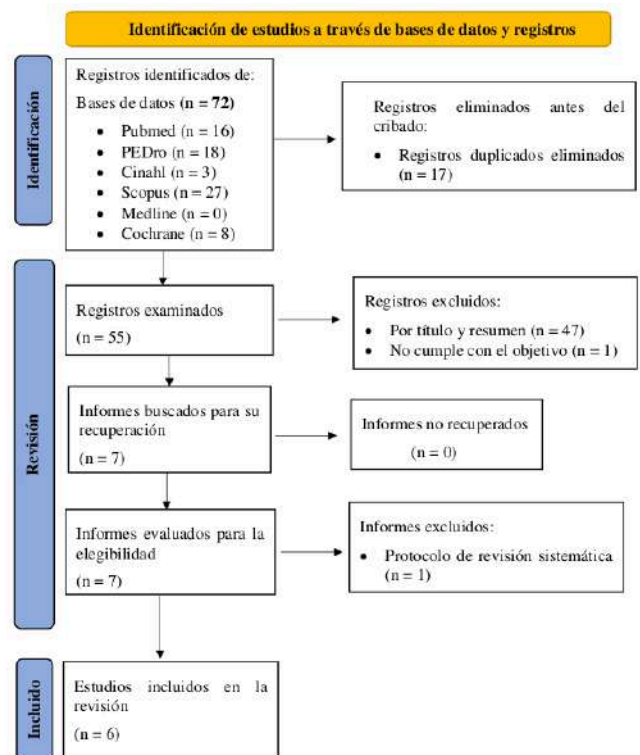
En todos los estudios ha variado el material usado para valorar la DIR, utilizando, principalmente, uno o la combinación de los siguientes: palpación<sup>11-15</sup>, ECO<sup>11-15</sup>, cinta métrica<sup>11,15,16</sup> o paquímetro<sup>11-16</sup>. Además, el nivel de medición ha variado a lo largo de toda la línea alba<sup>11,13-16</sup> y el método entre en reposo y en contracción<sup>11,12,14,15</sup>. Otros estudios no han especificado el método<sup>13,16</sup> de medición.

La DIR considerada DA en los estudios ha sido muy variada, siendo más de 2-3cm<sup>14,16</sup> o más de 2 dedos<sup>13,14,16</sup>.

En el estudio de Carrera et al.<sup>11</sup>, que realizaron la evaluación inmediata tras realizar un tipo de ejercicio, se observó que el curl up, medido en la mayoría con ECO a final de exhalación, produce una disminución estadísticamente significativa de la DIR respecto al reposo en sujetos con DA.

El estudio de Benjamin et al. de 2014.<sup>16</sup> comenta que una posible explicación de los resultados hallados, de evitar el riesgo de desarrollar DA, sería que el ejercicio prenatal ayuda a mantener el tono, la fuerza y el control de los músculos abdominales. Además,

las mujeres que realizan ejercicio en el embarazo suelen hacerlo antes del embarazo, por lo que suelen estar más en forma y tener la musculatura abdominal más acondicionada que las mujeres sedentarias. Este estudio apunta que no se puede evidenciar que el ejercicio pueda ayudar a prevenir o reducir la DA, durante el periodo prenatal y postnatal, debido a la mala calidad metodológica.



**Figura 1.** Diagrama de flujo PRISMA

Sobre las revisiones incluidas, han incluido un total de 81 artículos científicos, con un total de 4914 sujetos analizados. De todas las revisiones de este trabajo, se presentan un 61% de ensayos clínicos aleatorizados, un 21% de estudios de caso, un 11,5% de estudios cuasiexperimentales, un 2,5% de estudios retrospectivos, un 2,5% de estudios piloto y un 1,5% de estudios descriptivos. El que más artículos presenta es el trabajo de Mommers et al.<sup>15</sup>, con 20 estudios, y el que menos presenta es el de Gluppe et al.<sup>14</sup> con 7.

En relación a la muestra, un 67% son mujeres (n=3284, min=336; max=1497), con un rango de edad entre 18 y 45 años. En cuanto a las características de estas mujeres que se puedan relacionar con la diástasis abdominal, gran parte de las mujeres incluidas se encuentran en el periodo posnatal, y solo 173 se encuentran en periodo prenatal y buscan prevenir. Por último, un 6,7% son nulíparas.

El abordaje virtual con ejercicio terapéutico, realizado por dos estudios en la revisión de Chen et al.<sup>13</sup>, cuenta con la ventaja de poder llegar con más facilidad a mujeres postparto con la realización de

**Tabla 2.** Criterios AMSTAR

Criterios AMSTAR	Benjamin et al. <sup>16</sup> 2014	Benjamin et al. <sup>12</sup> 2023	Carrera et al. <sup>11</sup> 2019	Chen et al. <sup>13</sup> 2023	Gluppe et al. <sup>14</sup> 2021	Mommers et al. <sup>15</sup> 2017
1. ¿Se incluye la pregunta de investigación y los criterios de inclusión para la revisión incluyen los componentes PICO?	SI	SI	NO	SI	SI	SI
2. ¿El reporte de la revisión contiene una declaración explícita de que los métodos de la revisión fueron establecidos con anterioridad a su realización y justifica cualquier desviación significativa del protocolo?	SI	SI	NO	SI PARCIAL	SI	SI PARCIAL
3. ¿Los autores explicaron su decisión sobre los diseños de estudio a incluir en la revisión?	SI	NO	NO	NO	NO	NO
4. ¿Los autores de la revisión usaron una estrategia de búsqueda bibliográfica exhaustiva?	SI PARCIAL	SI PARCIAL	SI PARCIAL	SI PARCIAL	SI PARCIAL	SI PARCIAL
5. ¿Los autores de la revisión realizaron la selección de estudios por duplicado?	SI	SI	NO	SI	SI	SI
6. ¿Los autores de la revisión realizaron la extracción de datos por duplicado?	SI	SI	NO	NO	SI	SI
7. ¿Los autores de la revisión proporcionaron una lista de estudios excluidos y justificaron las exclusiones?	SI	SI	SI	SI	NO	SI
8. ¿Los autores de la revisión describieron los estudios incluidos con suficiente detalle?	SI PARCIAL	SI PARCIAL	SI PARCIAL	SI PARCIAL	SI PARCIAL	SI PARCIAL
9. ¿Los autores de la revisión usaron una técnica satisfactoria para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios individuales incluidos en la revisión?	SI	SI	NO	SI	SI	SI
10. ¿Los autores de la revisión reportaron las fuentes de financiación de los estudios incluidos en la revisión?	NO	NO	NO	NO	NO	NO
11. Si se realizó un meta-análisis, ¿los autores de la revisión usaron métodos apropiados para la combinación estadística de resultados?	SI	SI	NO M-A	NO M-A	SI	NO M-A
12. Si se realizó un meta-análisis, ¿los autores de la revisión evaluaron el impacto potencial del riesgo de sesgo en estudios individuales sobre los resultados del meta-análisis u otra síntesis de evidencia?	NO	SI	NO M-A	NO M-A	SI	NO M-A
13. ¿Los autores de la revisión consideraron el riesgo de sesgo de los estudios individuales al interpretar / discutir los resultados de la revisión?	SI	SI	NO	SI	SI	SI
14. ¿Los autores de la revisión proporcionaron una explicación satisfactoria y discutieron cualquier heterogeneidad observada en los resultados de la revisión?	SI	SI	NO	SI	SI	NO
15. Si se realizó síntesis cuantitativa ¿los autores de la revisión llevaron a cabo una adecuada investigación del sesgo de publicación (sesgo de estudio pequeño) y discutieron su probable impacto en los resultados de la revisión?	NO	SI	NO M-A	NO M-A	SI	NO M-A
16. ¿Los autores de la revisión informaron de cualquier fuente potencial de conflicto de intereses, incluyendo cualquier financiamiento recibido para llevar a cabo la revisión?	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>CLASIFICACIÓN AMSTAR-2</b>	<b>CCB</b>	<b>CMM</b>	<b>CCB</b>	<b>CMB</b>	<b>CMB</b>	<b>CMB</b>

CCB: calidad críticamente baja; CMB: calidad metodológica baja; CMM: calidad metodológica moderada; NO M-A: no meta-análisis

ejercicio regular en el hogar, pudiendo mejorar la estabilidad de tronco y la calidad de vida.

El estudio de Mommers et al.<sup>15</sup> señala que, pese a la importancia de los resultados estéticos y que suele ser la causa por la que las pacientes buscan atención médica, el 85% de las intervenciones son abiertas, es decir, mediante una incisión a través de la línea media. También apunta que el tratamiento quirúrgico sólo corrige el ensanchamiento de la línea alba, pero no influye en la laxitud general de la pared abdominal. Debido a lo anterior, la fisioterapia podría ser útil tras una intervención quirúrgica de la DA para lograr un resultado funcional satisfactorio.

No se ha reportado presencia de efectos adversos del tratamiento fisioterapéutico, a excepción de una reacción al kinesiotape en el estudio de Benjamin et al de 2023<sup>12</sup>. En cambio, en el estudio de Mommers et al.<sup>15</sup> las complicaciones quirúrgicas más frecuentes encontradas han sido el seroma, el hematoma y el dolor abdominal.

En el estudio de Benjamin et al. 2023<sup>12</sup> se encontró una evidencia certera moderada de que los ejercicios abdominales tenían un efecto pequeño en la reducción de la DIR, con una media de 0,4cm.

Además de la disminución en la DIR, los programas de ejercicio parecen aumentar la calidad de vida de las mujeres postparto<sup>13,16</sup>, mejorando los ítems de función física<sup>13,16</sup> y social<sup>16</sup> en el cuestionario SF-36; aumentan el grosor, la resistencia y la fuerza de la musculatura abdominal<sup>12-14</sup> medida con dispositivos isocinéticos específicos (Biodex) y/o pruebas de resistencia; y disminuye el dolor lumbar<sup>12-14</sup>. A su vez, dos revisiones<sup>13,14</sup> reportan que la combinación del ejercicio centrado en la musculatura abdominal con faja abdominal parecen mejorar la imagen corporal de las pacientes.

## DISCUSIÓN

El principal tratamiento fisioterapéutico incluido en todas las revisiones analizadas<sup>11-16</sup> para la DA ha sido el ejercicio centrado

**Tabla 3.** Características y resultados de las revisiones

Autores y año	Participantes	Medición	Intervención/Protocolo	Resultados
<b>Benjamin et al.<sup>16</sup> 2014</b> N° de AI: 8 - 4 estudios de caso - 1 ECA - 2 retrospectivos observacionales - 1 cuasi-experimental La calidad de los AI es regular, desde 12/28 a 23/28.	336 mujeres: - 170 reducir riesgo de padecer DA en el periodo prenatal. - 53 reducir la DA en el periodo postnatal. Edades entre 18 y 40 años.	La medición de la DIR ha sido: - 3 con paquímetro. - 2 con cinta métrica. - 2 NE forma de medida.	Todas las intervenciones incluían EMA. El EMA se combinó con FA en 2 estudios de caso. La pauta de ejercicio, frecuencia y duración varió entre los estudios. Duración: NE.	El ejercicio podría reducir el riesgo de padecer DA o producir una recuperación más rápida.
<b>Benjamin et al.<sup>12</sup> 2023</b> N° de AI: 16 (todos ECA) Se consideró que 8 AI tenían un riesgo general alto de sesgo, 3 AI riesgo bajo de sesgo y 5 restantes algunas preocupaciones.	668 mujeres en periodo postnatal. Edades entre 18 y 40 años.	La medición de la DIR ha sido: - 6 con ECO. - 8 con paquímetro. - 2 con palpación.	Todas las intervenciones incluían EMA. Además, se incluyen: educación, FA, kinesiotape y EENM. - 9 ECAs comparan EMA con no intervención (seguimiento hasta 12 semanas) - 2 ECAs comparan EMA con la FA (media de seguimiento 6 semanas). - 1 ECA comparaba EMA con EMA+EENM. - 3 ECAs comparan distintas intervenciones con EMA.	Evidencia certeza moderada de que el EMA reduce la DIR, comparado con solo educación (en 6 ECAs). Evidencia certeza baja de: - El EMA profunda no es mejor que el EMA clásica. - El EMA no reduce la DIR, comparado con la educación (en 2 ECAs). - El EMA no consigue mejores resultados que la FA en la reducción de la DIR. La aplicación de EENM + EMA podría mejorar el efecto buscado, comparado con EMA únicamente.
<b>Carrera et al.<sup>11</sup> 2019</b> N° de AI: 14 - 2 estudios de caso - 1 estudio descriptivo - 6 estudios experimentales - 1 casos y controles - 1 cuasi-experimental - 3 ECA No se analizó la calidad de los AI.	709 participantes Participando en los programas de ejercicio 402 mujeres. Edades entre 18 y 45 años. El 92,4% mujeres con hijos y un 6,2% nulíparas. Sólo 2 artículos incluyeron hombres (17 hombres el 2,4% de la muestra).	La medición se realizó en: - 7 con ECO. - 3 con paquímetro. - 1 con cinta métrica. - 1 con TAC - 5 con palpación (1 autotokening).	La revisión se divide en: - Artículos con evaluación inmediata de un ejercicio, 6 AI. Todos evalúan el curl-up, solo o asociándolo o comparándolo con contracción del core o pre-activación del transverso. Duración 1 sesión. - Artículos con programas de ejercicio, 8 AI. Todos, incluían algún tipo de EMA, menos 1 que NE. 1 AI añadía EENM, 3 contracción de la MSP y 3 realizaban ejercicio global. Duración: varió de 2 semanas a 4 meses, con excepción de un artículo que duró 10 meses.	Se observa que el curl-up produce una disminución de la DIR. No se producen beneficios con ejercicios centrados exclusivamente en la MSP.
<b>Chen et al.<sup>13</sup> 2023</b> N° de AI: 16 - 9 estudios de cohortes o series de casos - 7 ECA Los ECA: 1 se evaluó como bajo riesgo de sesgo y los otros 6 como alto riesgo de sesgo. El resto fueron evaluados con la NOS: 4 como calidad moderada y 5 de alta calidad.	1129 mujeres en el periodo prenatal y/o postnatal. Edades NE	La medición de la DIR ha sido: - 10 con ECO. - 4 con paquímetro. - 3 con palpación.	13 de los 16 artículos incluían algún tipo de ejercicio, ya sea solo o combinado con terapia manual, EENM, educación y/o FA. Los otros 3 estudios: uno solo trataba con terapia manual (muestra de 3 mujeres), otro solo con FA y otro realizaba BAPFMT y EENM intravaginal. Duración: varió de 2 a 16 semanas, aunque un AI de serie de casos duró 18, 26 y 36 semanas.	La DA y sus consecuencias nocivas se podrían mejorar con EMA o EMA + EENM El entrenamiento de la MSP es ineficaz para reducir el riesgo de DA. El uso de FA no tiene evidencia de que mejore los resultados del ejercicio.
<b>Gluppe et al.<sup>14</sup> 2021</b> N° de AI: 7 - 5 ECA - 2 pilotos de ECA La calidad varió de 4 a 8 en escala PEDro, pero con alto riesgo de sesgo.	381 mujeres en periodo postnatal Edades entre 18 y 45 años.	La medición de la DIR ha sido: - 4 con ECO. - 2 con paquímetro. - 2 con palpación.	Todos incluían algún tipo de EMA. 1 AI añadía EENM, otro tape. 4 AI comparan con intervención mínima (educación). Duración: varió de 6 a 16 semanas.	El EMA, que incluye curl-up, con o sin combinación con EENM, parece ser más efectivo para reducir la DIR. El entrenamiento de la MSP no parece influir en la DA.
<b>Mommers et al.<sup>15</sup> 2017</b> N° de AI: 20 Fisioterapia: 6 artículos (2 ECA, 2 ensayos prospectivos no controlados y 2 series de casos) Calidad metodológica moderada, escala MINORS 6 a 9 puntos en los no ECA y Jaded 7 a 11 en los ECA.	1691 pacientes: - 1591 técnicas quirúrgicas (94 hombres, 1497 mujeres) - 100 programas entrenamiento fisioterapia (todas mujeres postparto, cuya edad media va de 21,7 a 44,2)	La medición de la DIR en los AI de fisioterapia ha sido: - 1 con ECO. - 3 con palpación. - 2 con paquímetro. - 2 con cinta métrica. - 1 NE	IQ: 85% abiertas - Técnicas de plicatura (254 abiertas/59 laparoscópicas). - Técnicas de reparación de hernia modificadas (68 abiertas). - Técnicas combinadas (1149 abiertas/ 40 híbridas). Intervención de fisioterapia: Un estudio de caso utilizó un solo ejercicio de cuadrupedia. 5 de los 6 AI incluían algún tipo de EMA. En 3 AI se centraban en el curl-up como EMA. Duración: varió de 2 semanas a 4 meses.	Entre las IQ, sin diferencias entre las complicaciones postoperatorias y bajas tasas de recurrencia. Disminución de la DIR durante el programa de ejercicio.

AI: artículos incluidos. BAPFMT: entrenamiento de los músculos del suelo pélvico asistido por biorretroalimentación electromiográfica. CV: calidad de vida. DA: diástasis abdominal. DIR: distancia interrectos: ECA: ensayo clínico aleatorizado. ECO: ecografía. ENM: estimulación



eléctrica neuromuscular. EMA: ejercicio centrado en la musculatura abdominal. FA: faja abdominal. IQ: intervención quirúrgica. MSP: musculatura del suelo pélvico. NE: no especificado.

en la musculatura abdominal, pero se debe tener en cuenta cómo se ha realizado la medición de dicha distancia. Se ha observado que esta intervención parece reducir la DIR, pero todos los estudios insisten en la precaución de los resultados debido a la baja calidad metodológica de los artículos incluidos. Aunque en la revisión de Benjamin et al. de 2023<sup>12</sup> se encuentra evidencia certera moderada, esta reducción de la DIR es pequeña, con una media de 0,4cm. La revisión de Mommers et al.<sup>15</sup> reporta que existe solo una reducción en contracción, pero no en reposo. El estudio de Carrera et al.<sup>11</sup> apunta que durante la realización de un curl-up se produce una aproximación de los rectos abdominales. Además, el artículo de Gluppe et al.<sup>14</sup> señala que incluir el curl-up en el tratamiento podría ser más efectivo. En todas las revisiones, los ejercicios centrados en la musculatura abdominal son muy heterogéneos, al igual que la duración y la frecuencia del tratamiento. Teniendo presente lo mencionado con anterioridad, múltiples estudios han observado una disminución inmediata de la DIR al realizar un curl-up, comparado con la posición de reposo<sup>17-19</sup>. Esto podría deberse a que durante una contracción de los rectos abdominales se produce una aproximación de los mismos, dando como resultado una reducción de la DIR<sup>20</sup>. Una investigación reciente, que incluía un programa de 12 semanas de curl-up, señala que no se alcanzaron datos significativos de una disminución de la DIR, pero sí se produjo una clara mejoría en el grosor y la fuerza de la musculatura abdominal<sup>21</sup>. Es relevante resaltar que los ejercicios fueron realizados por las participantes en el domicilio sin supervisión<sup>21</sup>. Debido a que la línea alba es un tejido conectivo, la DA puede ser causada por cambios en el colágeno<sup>22</sup>. Una posible explicación de por qué se produce una disminución de la DIR con el ejercicio es que al someter los tejidos fasciales a carga se estimula la remodelación del colágeno<sup>23</sup>. Actualmente, los investigadores coinciden en que la capacidad de generar tensión en la línea alba es crucial para la función de la pared abdominal y es más importante que el cierre completo de DA<sup>6</sup>. Una combinación de coactivación de la musculatura abdominal, profunda y superficial resultó ser segura y eficaz para tensar la línea alba sin separar aún más los rectos abdominales<sup>6,18</sup>.

Además de los programas de ejercicio centrados en la musculatura abdominal se incluyeron otros tratamientos, principalmente el entrenamiento de la musculatura del suelo pélvico<sup>11,14</sup> (MSP), estimulación eléctrica neuromuscular<sup>11-14</sup> y faja abdominal<sup>12,13,16</sup>.

Los estudios de Carrera et al.<sup>11</sup> y Gluppe et al.<sup>14</sup>, que han incluido entrenamiento de la MSP, han observado que éste no parece influir en la DA. Un estudio reciente encontró que no había diferencia en la fuerza de la MSP entre las mujeres posparto con y sin DA<sup>24</sup>. Serían necesarios más estudios con efectos a largo plazo respecto a la sinergia de la MSP y el transverso<sup>18,25</sup> ya que diversos estudios han demostrado que las contracciones del transverso podrían ampliar la DIR<sup>17-19,26</sup>, causado posiblemente por su inserción anterior a los laterales de cada recto abdominal<sup>17,19,26</sup>.

Los estudios que combinan un programa de ejercicio centrado en la musculatura abdominal con estimulación eléctrica neuromuscular<sup>11-14</sup> reportan que la combinación de ambos podría ser más eficaz para reducir la DIR. Esto podría deberse a que esta aplicación activa las fibras tipo II en niveles relativamente bajos de estimulación e influye en la excitabilidad de la placa motora<sup>27,28</sup>. Además, la estimulación eléctrica neuromuscular puede reclutar fibras musculares profundas con intensidades de entrenamiento más bajas. Asimismo, las contracciones musculares inducidas por la estimulación eléctrica activan, a una intensidad comparable, una mayor proporción de fibras musculares tipo II que el ejercicio voluntario, porque típicamente las fibras tipo II se activan sólo durante las contracciones voluntarias de alta intensidad<sup>27</sup>.

La faja abdominal<sup>12,13,16</sup> o los medios de soporte físico externos, como el kinesiotape<sup>12</sup>, se utilizan combinados con el ejercicio. En los tres estudios<sup>12,13,16</sup> que incluían este tratamiento no existe evidencia de que mejoren los resultados del ejercicio y su uso prolongado no se relaciona con mejores resultados. Otra revisión apunta que podrían no tener ningún efecto terapéutico aplicados por sí solo<sup>29</sup>. Su uso se fundamenta en imitar la tensión fascial del músculo transverso, pudiendo proporcionar una biorretroalimentación para éste<sup>6</sup>. Pese a ello, es relevante resaltar que otros autores recomiendan su uso con precaución, ya que pueden aumentar la presión intraabdominal y ejercer presión sobre la MSP<sup>6</sup>.

En referencia a la calidad metodológica de las revisiones sistemáticas evaluadas con la escala AMSTAR-2<sup>10</sup>, se ha considerado que solo uno<sup>12</sup> de ellos alcanzó calidad metodológica moderada, tres<sup>13-15</sup> calidad metodológica baja y dos<sup>11,16</sup> calidad críticamente baja. Por ende, hay que ser precavidos con los resultados obtenidos. Pese a la baja calidad metodológica de los estudios, es pertinente resaltar que la mayoría han evaluado el riesgo de sesgo de los estudios y lo han tenido en cuenta a la hora de discutir los resultados.

Cabe destacar cómo se ha diagnosticado la DA y cómo se ha realizado la medición de la DIR. El valor de DIR considerada DA, en los estudios que la han reportado, ha sido muy variada, siendo más de 2-3cm<sup>14,16</sup> o más de 2 dedos<sup>13,14,16</sup>. Además ha variado el material usado para valorar la DIR en todos los estudios, utilizando principalmente, uno o una combinación de los siguientes: palpación<sup>11-15</sup>, ECO<sup>11-15</sup>, cinta métrica<sup>11,15,16</sup> o paquímetro<sup>11-16</sup>. También ha variado tanto el nivel de medición a lo largo de toda la línea alba<sup>11,13-16</sup> como el método de medición entre reposo y contracción<sup>11,12,14,15</sup>. Otros estudios no han especificado el método<sup>13,16</sup> de medición. La variabilidad en la herramienta de medición, el método de evaluación relacionado con la posición del paciente en la prueba y la ubicación de la medición de DIR puede haber resultado en datos de DA inconsistentes<sup>2</sup>. Actualmente, no hay consenso sobre el punto de corte para el diagnóstico, aunque algunos investigadores consideran que a partir de 2,2 o 2,3cm a nivel del ombligo medido con ECO es un valor clínicamente importante<sup>6</sup>. Vale la pena mencionar que también se puede inspeccionar toda la línea alba de origen a inserción con ECO para determinar el patrón de DA e identificar la ubicación de la mayor DIR<sup>30</sup>. Beer et al.<sup>31</sup> midieron con ecografía la DIR de mujeres nulíparas sanas en reposo, clasificando valores de DA: >1,5 cm en el xifoideo, >2,2 cm a 3 cm por encima del ombligo y >1,6 cm a 2 cm por debajo del ombligo. Una reciente revisión sistemática de 2023 sobre la medición con ECO de la DIR afirma que aún no existe un consenso sobre la ubicación y el método de medición<sup>30</sup>. Por lo que propone, para facilitar la reproducibilidad y comparación entre estudios, una estandarización del protocolo en supino incluiría la medición al final de una espiración normal y la ubicación sería en 4 sitios: (1) la mitad de la distancia umbilical borde-xifoideo superior, (2) un cuarto de la distancia límite umbilical superior-xifoideo (más proximal al ombligo), (3) el borde umbilical superior y (4) un cuarto de la distancia límite umbilical superior-pubis (proximal al ombligo)<sup>30</sup>.

Los métodos de medición con un nivel de fiabilidad más alto son el paquímetro y el ECO<sup>32</sup>. Teniendo en cuenta que la ECO es el estándar de oro en la evaluación de la DIR<sup>33</sup>, es importante destacar que es un método confiable cuando las imágenes son tomadas por ecografistas experimentados<sup>32</sup>. Actualmente, con la creciente accesibilidad a ecógrafo por los fisioterapeutas, se ha estudiado que la adquisición y procesamiento de imágenes es aceptable cuando se realizan por encima o por debajo del ombligo, no siendo así a la altura del ombligo<sup>33</sup>. El paquímetro es un método asequible menos dependiente del evaluador, que cuenta con una sensibilidad del 89,7% y una especificidad del 75%<sup>32</sup>. Aunque la palpación no sea un método fiable, es importante destacar su utilidad en el cribado

de pacientes<sup>32</sup> y su confiabilidad intraevaluador<sup>34</sup>. Paralelamente, es interesante resaltar que existe un buen acuerdo a la palpación entre las evaluaciones por parte del paciente, autochecking<sup>11</sup>, y los clínicos, estando en el estudio de Cardaillac et al. de acuerdo en el 92 % de las mismas.

Además de la evaluación de la DIR, en tres estudios<sup>12-14</sup> se ha observado un aumento de la fuerza y resistencia de la musculatura abdominal evaluada con dispositivos isocinéticos específicos (Biodex) y/o pruebas de resistencia. Esta mejora obtenida podría explicarse a través de los cambios adaptativos en los músculos causada por el ejercicio, es decir, cómo las capacidades metabólicas de los músculos se sobrecargan progresivamente<sup>35</sup>. El músculo se vuelve más fuerte como resultado de la hipertrofia de las fibras musculares y el aumento del reclutamiento de sus unidades motoras<sup>35</sup>.

Los estudios de Chen et al.<sup>13</sup> y Gluppe et al.<sup>14</sup> señalan que la combinación del ejercicio centrado en la musculatura abdominal con faja abdominal podría mejorar la imagen corporal de las pacientes. En el estudio de Chen et al.<sup>13</sup> y Benjamin et al.<sup>16</sup>, se observan mejoras en la calidad de vida debido a una mejor puntuación en los ítems de función física en el cuestionario SF-36. Se ha contemplado una correlación negativa entre la imagen corporal y la DA<sup>5,7</sup>. Fuentes-Aparicio et al.<sup>5</sup> apunta que una mayor DA se relaciona con niveles más bajos de satisfacción con el área abdominal; mientras que Cardaillac et al.<sup>7</sup> señala que no se vinculó relación con la gravedad de la DA. A su vez, la reducción de la calidad de vida, debido a la salud física y el funcionamiento, puede estar relacionada con una menor satisfacción de la imagen corporal<sup>7</sup>. Las limitaciones físicas en los sujetos con DA podrían estar relacionadas con una menor capacidad para estabilizar el tronco, asociado a la disminución de la fuerza de los flexores del tronco en sujetos con DA descrita previamente<sup>5</sup>.

Otro dato que se ha observado es una disminución del dolor lumbar<sup>12-14</sup>. Pese a que en la literatura actual no se ha reportado una asociación significativa entre la DA y el dolor lumbar<sup>2,5,7,36</sup>, no debemos obviar que el ejercicio es uno de los principales tratamientos conservadores para la lumbalgia<sup>37</sup>. Probablemente, la realización de ejercicio para la DA pueda mejorar el dolor lumbar. La terapia con ejercicio tiene como objetivo aumentar la fuerza muscular y articular, mejorar la función y el rango de movimiento, lo que se estima que reduce el dolor y la discapacidad<sup>37</sup>.

Aunque la DA afecta tanto a hombres como a mujeres, está más estudiada en mujeres postparto o de 3ª edad. Se desconoce la prevalencia en hombres<sup>38,39</sup> y rara vez se presenta en mujeres nulíparas<sup>38</sup>. La combinación de cambios hormonales (como la alteración del equilibrio progesterona-estradiol y el aumento de las concentraciones de la hormona relajante) y el aumento del volumen abdominal<sup>39</sup> (con un incremento promedio de 115% de la circunferencia abdominal<sup>18</sup>) son responsables de la alta tasa de investigación y desarrollo de DA en los embarazos<sup>39</sup>. Asimismo, se ha reportado una prevalencia del 52% en pacientes menopáusicas uroginecológicas que habían tenido hijos, lo que sugiere que la DA puede persistir años después de la maternidad<sup>38</sup>. Debido a la influencia hormonal en el tejido fascial, su persistencia postparto podría estar relacionada con los niveles de estrógeno bajos durante el postparto<sup>40</sup>. Este mismo descenso de estrógenos ocurre, de igual manera, en mujeres de edad avanzada posmenopáusicas<sup>23</sup>. Esto puede influir negativamente en la DA porque la línea alba es un tejido fascial y el estrógeno tiene un efecto estimulante en la síntesis de colágeno en reposo<sup>23</sup>.

Por otro lado, la etiología es distinta entre sexos, ya que presentan diferencias estructurales en la composición de colágeno y la arquitectura anatómica de la línea alba<sup>39</sup>. La síntesis de colágeno inducida por el ejercicio es menor en mujeres que en hombres<sup>23</sup>, por lo que las mujeres podrían ser más propensas a lesiones del tejido fascial. La causa de DA en los hombres suele ser la presión intraabdominal absoluta aumentada por la obesidad visceral y el aumento de la presión relativa por el ejercicio<sup>39</sup>.

Respecto a los datos de reducción de la DA en mujeres postparto, debido a la resolución espontánea tras el parto, es muy importante tener en cuenta cuánto tiempo ha pasado desde el alumbramiento, dato no incluido en la mayoría de las revisiones. En futuras líneas de investigación se necesitan ensayos clínicos aleatorizados más grandes y de alta calidad metodológica que evalúen el efecto de ejercicios concretos en la DA a largo plazo. Por ende, es necesario que se unifiquen las e intervenciones para que los datos no sean tan heterogéneos y resulten más comparables.

## CONCLUSIÓN

No se ha logrado identificar de manera definitiva el mejor abordaje desde la fisioterapia para el manejo de la DA. Los programas de ejercicio se consideran la primera línea de abordaje conservador, proporcionando beneficios tanto musculoesqueléticos como psicológicos en las mujeres en el postparto. No obstante, hasta el momento, no se ha demostrado que algún ejercicio específico reduzca significativamente la DIR, por lo que se aconseja ser precavidos a la hora de recomendar ejercicios específicos en el tratamiento de la DA.

## Bibliografía

1. Soleimanzadeh E, Adigozali H, Salehi-Pourmehr H, Ghanavati T, Ghaderi F. Physiotherapy Interventions and Assessment Methods for Diastasis Recti Abdominis in Postpartum Women: A Systematic Review Protocol. *Muscle Ligaments Tendons J* [Internet]. 2023;13(03):456. Disponible en: <https://www.mltj.online/physiotherapy-interventions-and-assessment-methods-for-diastasis-recti-abdominis-in-postpartum-women-a-systematic-review-protocol/>
2. Benjamin DR, Frawley HC, Shields N, van de Water ATM, Taylor NF. Relationship between diastasis of the rectus abdominis muscle (DRAM) and musculoskeletal dysfunctions, pain and quality of life: a systematic review. *Physiotherapy* [Internet]. 2019;105(1):24-34. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031940618301329>
3. Critchley CJC. Physical Therapy Is an Important Component of Postpartum Care in the Fourth Trimester. *Phys Ther* [Internet]. 2022;102(5):1-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ptj/pzac021>
4. Radhakrishnan M, Ramamurthy K. Efficacy and Challenges in the Treatment of Diastasis Recti Abdominis-A Scoping Review on the Current Trends and Future Perspectives. *Diagn Basel Switz*. 2022;12(9):2044.
5. Fuentes Aparicio L, Rejano-Campo M, Donnelly GM, Vicente-Campos V. Self-reported symptoms in women with diastasis rectus abdominis: A systematic review. *J Gynecol Obstet Hum Reprod*. 2021;50(7):101995.
6. Skoura A, Billis E, Papanikolaou DT, Xergia S, Tsarbou C, Tsekoura M, et al. Diastasis Recti Abdominis Rehabilitation in the Postpartum Period: A Scoping Review of Current Clinical Practice. *Int Urogynecology J*. 2024;35(3):491-520.
7. Cardaillac C, Vieillefosse S, Oppenheimer A, Joueidi Y, Thubert T, Deffieux X. Diastasis of the rectus abdominis muscles in postpartum: Concordance of patient and clinician evaluations, prevalence, associated pelvic floor symptoms and quality of life. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2020;252:228-32.
8. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol* [Internet]. 2021;74(9):790-9.

- Disponibile en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300893221002748>
9. Santos CMDC, Pimenta CADM, Nobre MRC. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Rev Lat Am Enfermagem* [Internet]. 2007;15(3):508-11. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-11692007000300023&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-11692007000300023&lng=en&tlng=en)
  10. Ciapponi A. AMSTAR-2: herramienta de evaluación crítica de revisiones sistemáticas de estudios de intervenciones de salud. *Evid Actual En Práctica Ambulatoria* [Internet]. 2018;21(1). Disponible en: <http://www.evidencia.org.ar/index.php/Evidencia/article/view/6834>
  11. Carrera Pérez C, Da Cuña Carrera I, González González Y. [What is the best exercise for rehabilitation of abdominal diastasis rehabilitation?]. *Rehabilitacion*. 2019;53(3):198-210.
  12. Benjamin DR, Frawley HC, Shields N, Peiris CL, van de Water ATM, Bruder AM, et al. Conservative interventions may have little effect on reducing diastasis of the rectus abdominis in postnatal women – A systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy*. 2023;119:54-71.
  13. Chen B, Zhao X, Hu Y. Rehabilitations for maternal diastasis recti abdominis: An update on therapeutic directions. *Heliyon*. 2023;9(10).
  14. Gluppe S, Engh ME, Bø K. What is the evidence for abdominal and pelvic floor muscle training to treat diastasis recti abdominis postpartum? A systematic review with meta-analysis. *Braz J Phys Ther*. 2021;25(6):664-75.
  15. Mommers EHH, Ponten JEH, Al Omar AK, de Vries Reilingh TS, Bouvy ND, Nienhuijs SW. The general surgeon's perspective of rectus diastasis. A systematic review of treatment options. *Surg Endosc*. 2017;31(12):4934-49.
  16. Benjamin DR, Van De Water ATM, Peiris CL. Effects of exercise on diastasis of the rectus abdominis muscle in the antenatal and postnatal periods: a systematic review. *Physiotherapy* [Internet]. 2014;100(1):1-8. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0031940613000837>
  17. Mota P, Pascoal AG, Carita AI, Bø K. The Immediate Effects on Inter-rectus Distance of Abdominal Crunch and Drawing-in Exercises During Pregnancy and the Postpartum Period. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2015;45(10):781-8.
  18. Gluppe SB, Engh ME, Bø K. Immediate Effect of Abdominal and Pelvic Floor Muscle Exercises on Interrecti Distance in Women With Diastasis Recti Abdominis Who Were Parous. *Phys Ther*. 2020;100(8):1372-83.
  19. Sancho MF, Pascoal AG, Mota P, Bø K. Abdominal exercises affect inter-rectus distance in postpartum women: a two-dimensional ultrasound study. *Physiotherapy*. 2015;101(3):286-91.
  20. Gillard S, Ryan CG, Stokes M, Warner M, Dixon J. Effects of posture and anatomical location on inter-recti distance measured using ultrasound imaging in parous women. *Musculoskelet Sci Pract*. abril de 2018;34:1-7.
  21. Gluppe SB, Ellström Engh M, Bø K. Curl-up exercises improve abdominal muscle strength without worsening inter-recti distance in women with diastasis recti abdominis postpartum: a randomised controlled trial. *J Physiother*. 2023;69(3):160-7.
  22. Blotta RM, Costa SDS, Trindade EN, Meurer L, Maciel-Trindade MR. Collagen I and III in women with diastasis recti. *Clin Sao Paulo Braz*. 2018;73:e319.
  23. Zügel M, Maganaris CN, Wilke J, Jurkat-Rott K, Klingler W, Wearing SC, et al. Fascial tissue research in sports medicine: from molecules to tissue adaptation, injury and diagnostics: consensus statement. *Br J Sports Med*. 2018;52(23):1497.
  24. Bø K, Hilde G, Tennfjord MK, Sperstad JB, Engh ME. Pelvic floor muscle function, pelvic floor dysfunction and diastasis recti abdominis: Prospective cohort study. *Neurourol Urodyn* [Internet]. 2017;36(3):716-21. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/nau.23005>
  25. Bø K, Mørkved S, Frawley H, Sherburn M. Evidence for benefit of transversus abdominis training alone or in combination with pelvic floor muscle training to treat female urinary incontinence: A systematic review. *Neurourol Urodyn*. 2009;28(5):368-73.
  26. Theodorsen NM, Strand LI, Bø K. Effect of pelvic floor and transversus abdominis muscle contraction on inter-rectus distance in postpartum women: a cross-sectional experimental study. *Physiotherapy* [Internet]. 2019;105(3):315-20. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031940618303110>
  27. Kamel DM, Yousif AM. Neuromuscular Electrical Stimulation and Strength Recovery of Postnatal Diastasis Recti Abdominis Muscles. *Ann Rehabil Med*. 2017;41(3):465-74.
  28. Álvarez-Barrio L, Rodríguez-Pérez V, Calvo-Lobo C, Leirós-Rodríguez R, Alba-Pérez E, López-Rodríguez AF. Immediate Effects of Whole-Body versus Local Dynamic Electrostimulation of the Abdominal Muscles in Healthy People Assessed by Ultrasound: A Randomized Controlled Trial. *Biology*. 2023;12(3):454.
  29. Depledge J, McNair P, Ellis R. Exercises, Tubigrip and taping: can they reduce rectus abdominis diastasis measured three weeks post-partum? *Musculoskelet Sci Pract*. 2021;53:102381.
  30. Opala-Berdzik A, Rudek-Zeprzałka M, Niesporek J, Cebula M, Baron J, Gruszczyńska K, et al. Technical aspects of inter-recti distance measurement with ultrasonographic imaging for physiotherapy purposes: the scoping review. *Insights Imaging*. 2023;14(1):92.
  31. Beer GM, Schuster A, Seifert B, Manestar M, Mihic-Probst D, Weber SA. The normal width of the linea alba in nulliparous women. *Clin Anat N Y N*. 2009;22(6):706-11.
  32. van de Water ATM, Benjamin DR. Measurement methods to assess diastasis of the rectus abdominis muscle (DRAM): A systematic review of their measurement properties and meta-analytic reliability generalisation. *Man Ther*. febrero de 2016;21:41-53.
  33. Keshwani N, Hills N, McLean L. Inter-Rectus Distance Measurement Using Ultrasound Imaging: Does the Rater Matter? *Physiother Can Physiother Can*. 2016;68(3):223-9.
  34. Mota P, Pascoal AG, Sancho F, Carita AI, Bø K. Reliability of the inter-rectus distance measured by palpation. Comparison of palpation and ultrasound measurements. *Man Ther* [Internet]. 2013;18(4):294-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1356689X12002421>
  35. El-Mekawy HS, ElDeeb A, Lythy MAE, Elbegawy AF. Effect of Abdominal Exercises versus Abdominal Supporting Belt on Post-Partum Abdominal Efficiency and Rectus Separation. *Int J Med Health Sci* [Internet]. 2013;7(1):75-9. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-Abdominal-Exercises-versus-Abdominal-Belt-El-Mekawy-ElDeeb/Oa305c723f506cdd252299859a7f4a093957d133>
  36. Sokunbi G, Camino-Willhuber G, Paschal PK, Olufade O, Hussain FS, Shue J, et al. Is Diastasis Recti Abdominis Associated With Low Back Pain? A Systematic Review. *World Neurosurg*. 2023;174:119-25.

37. Hayden JA, Ellis J, Ogilvie R, Malmivaara A, Tulder MW. Exercise therapy for chronic low back pain. Cochrane Database Syst Rev [Internet]. 2021;2021(9):CD009790. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8477273/>
38. Cavalli M, Aiolfi A, Bruni PG, Manfredini L, Lombardo F, Bonfanti MT, et al. Prevalence and risk factors for diastasis recti abdominis: a review and proposal of a new anatomical variation. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg*. 2021;25(4):883-90.
39. Nienhuijs SW, Berkvens EHM, de Vries Reilingh TS, Mommers EHH, Bouvy ND, Wegdam J. The male rectus diastasis: a different concept? *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg*. 2021;25(4):951-6.
40. Barbu RM, Gavrilesu CM, Cojocaru E, Popescu RI, Ababei D, Bild W. Hormonal effects of estrogen and progesterone in postpartum depression. *Bull Integr Psychiatry* [Internet]. 2020;86(3):87-94. Disponible en: <http://dev.buletindepsihiatrie.ro/011-hormonal-effects-of-estrogen-and-progesterone-in-postpartum-depression/>

Revisión

## CRYOTHERAPY IN SPORT: AN INTEGRATIVE REVIEW OF ITS USE IN ANKLE SPRAINS



Cristiana Inara Bamberg<sup>1</sup>, Mylene Eraci Borges<sup>a</sup>, Thais Fernanda Tortorelli Zarili<sup>a</sup>, Dartel Ferrari de Lima<sup>a</sup>, Gladson Ricardo Flor Bertolini<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Brazil.

### ABSTRACT

**Objective:** To develop an integrative review of the results of cryotherapy for ankle sprains. **Methods:** An integrative review was carried out by searching the electronic databases PubMed and LILACS, using the descriptors "Cryotherapy", "Cold therapy", "Ankle trauma", "Ankle injuries", "Ankle sprains", "Syndesmotic injury", "Foot and ankle injuries", "Foot trauma", and "Metatarsophalangeal joint sprain, Ankle" in combination and with MeSH Terms, combined with the Boolean operators "and" and "or". We searched for national and international articles in English and Portuguese published in the last 20 years. A total of 91 articles were found, which were submitted to an evaluation of the abstracts, and 12 met the inclusion criteria. The data was collected in April 2024. **Results:** By analyzing the four studies that made up this review, it was possible to conclude that cryotherapy, despite its commonly known beneficial effects, still has limitations and potential risks when used over the long term or inappropriately. In addition, it was possible to see that there is a lack of consensus regarding its applicability as a treatment for ankle sprain, and little evidence available in the literature to elucidate its benefits. Therefore, there is a clear need for more studies on the subject. As for its use, it is essential to consider a balanced approach, integrating cryotherapy with other treatment modalities, such as early mobilization and functional rehabilitation, to optimize recovery and minimize adverse effects. **Conclusion:** The research has not provided enough solid evidence to support its benefits in a way that clarifies all doubts about its application.

**Keywords:** cryotherapy; ankle injuries; musculoskeletal pain.

### CRIOTERAPIA NO ESPORTE, UMA REVISÃO INTEGRATIVA SOBRE O USO EM ENTORSE DE TORNOZELO

#### RESUMO

**Objetivo:** Desenvolver uma revisão integrativa a respeito dos resultados da aplicação da crioterapia na entorse de tornozelo. **Métodos:** Foi realizada uma revisão integrativa com pesquisa nas bases de dados eletrônicas PubMed e LILACS, usando os descritores "Crioterapia", "Terapia fria", "Traumatismos do tornozelo", "Lesões de tornozelo", "Entorses de tornozelo", "Lesão Sindesmótica", "Lesões nos pés e tornozelo", "Traumatismos do pé", e "Entorse da Articulação Metatarsofalangeal, Tornozelo" combinadamente e com MeSH Terms, conjugados com os operadores booleanos "and" e "or". Buscaram-se artigos nacionais e internacionais em inglês e português publicados nos últimos 20 anos. Foram encontrados 91 artigos, os quais foram submetidos à avaliação dos resumos, e 12 atenderam os critérios de inclusão. Os dados foram coletados em abril de 2024. **Resultados:** Através da análise dos quatro estudos que compuseram esta revisão, foi possível concluir que a crioterapia, apesar de seus efeitos benéficos comumente conhecidos, apresenta ainda limitações e potenciais riscos quando utilizada a longo prazo ou de forma inadequada. Além disso, foi possível perceber que há falta de consenso em relação a sua aplicabilidade como tratamento para a entorse de tornozelo, e poucas evidências disponíveis na literatura para elucidar seus benefícios. Portanto, é evidente a necessidade de haver mais estudos sobre o tema. Quanto ao uso, é essencial considerar uma abordagem equilibrada, integrando a crioterapia com outras modalidades de tratamento, como a mobilização precoce e a reabilitação funcional, para otimizar a recuperação e minimizar os efeitos adversos. **Conclusão:** As pesquisas não proporcionaram evidências sólidas suficientes que sustentem quais são seus benefícios de forma que esclareça todas as dúvidas sobre sua aplicação.

**Palavras-chave:** crioterapia; traumatismos do tornozelo; dor musculoesquelética.

\* Corresponding author: Gladson Ricardo Flor Bertolini. [gladson\\_ricardo@yahoo.com.br](mailto:gladson_ricardo@yahoo.com.br) (Gladson Ricardo Flor Bertolini)

<https://doi.org/10.33155/ramd.v17i3-4.1169>

ISSN-e: 2172-5063/ © Consejería de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

## CRIOTERAPIA EN EL DEPORTE: UNA REVISIÓN INTEGRADORA DE SU USO EN LOS ESGUINCES DE TOBILLO

### RESUMEN

**Objetivo:** Realizar una revisión integradora de los resultados de la crioterapia para los esguinces de tobillo. **Métodos:** Se realizó una revisión integradora mediante búsquedas en las bases de datos electrónicas PubMed y LILACS, utilizando los descriptores "Cryotherapy", "Cold therapy", "Ankle trauma", "Ankle injuries", "Ankle sprains", "Syndesmotic injury", "Foot and ankle injuries", "Foot trauma", y "Metatarsophalangeal joint sprain, Ankle" en combinación y con MeSH Terms, combinados con los operadores booleanos "and" y "or". Se buscaron artículos nacionales e internacionales en inglés y portugués publicados en los últimos 20 años. Se encontraron 91 artículos, cuyos resúmenes fueron analizados y 12 de los cuales cumplieron los criterios de inclusión. Los datos se recogieron en abril de 2024. **Resultados:** Al analizar los cuatro estudios que componían esta revisión, fue posible concluir que la crioterapia, a pesar de sus efectos beneficiosos comúnmente conocidos, sigue teniendo limitaciones y riesgos potenciales cuando se utiliza a largo plazo o de forma inadecuada. Además, fue posible darse cuenta de que hay una falta de consenso en cuanto a su aplicabilidad como tratamiento del esguince de tobillo, y pocas pruebas disponibles en la bibliografía para dilucidar sus beneficios. Por lo tanto, existe una clara necesidad de realizar más estudios sobre el tema. En cuanto a su uso, es esencial considerar un enfoque equilibrado, integrando la crioterapia con otras modalidades de tratamiento, como la movilización precoz y la rehabilitación funcional, para optimizar la recuperación y minimizar los efectos adversos. **Conclusión:** La investigación no ha aportado pruebas suficientemente sólidas para respaldar sus beneficios de forma que se aclaren todas las dudas sobre su aplicación.

*Palabras clave:* crioterapia; traumatismos del tobillo; dolor musculoesquelético.

### INTRODUCTION

Acute ankle sprains are among the most common musculoskeletal injuries, with around 70% of people who suffer an acute injury developing chronic ankle instability, which generates a high number of recurrences. Acute injuries occur mainly in the active population, when performing functional activities and in sports<sup>1,2</sup>. Chronic instability is caused by ligament trauma and changes in spinal and supraspinal motor control, which favors the appearance of osteoarthritis in the talus., meaning that it is very important for the body to be able to repair the ligaments properly, as well as to recover proprioception<sup>1</sup>.

Among the therapeutic options, in extreme cases, where there is great instability or permanence of symptoms, the surgical procedure involving anatomical repair of the injured ligaments as well as reinforcement of the extensor retinaculum can be mentioned. However, the results tend to be the same as those of conservative treatment, with regard to function and subjective results. Thus, conservative treatment is generally the first choice, and various procedures can be used, such as: anti-inflammatories and opiates, immobilization, acupuncture, manual therapy, neuromuscular training and electrophysical agents (diathermy, ultrasound, photobiomodulation, electric currents), and initially the treatment considered universal has been rest, cryotherapy, compression and elevation, although the evidence supporting this form of therapy is very limited<sup>4-6</sup>.

The PRICE protocol (protection, rest, ice, compression and elevation) is one of the approaches that can be used to treat musculoskeletal injuries during their initial stages. Protection consists of immobilizing the affected area to prevent further damage, while rest enables the body to begin the process of tissue recovery together with the application of ice which reduces the local temperature caused by the inflammatory process, thus reducing inflammation and consequently bringing analgesia, while elevating the affected limb helps to reduce edema<sup>7</sup>.

The immediate application of ice is widely adopted to relieve pain and reduce inflammation. It is the first line of treatment for both sports injuries and recovery after intense training/matches and is generally used locally in the former cases and by full body immersion in the latter<sup>8,9</sup>. However, despite its popularity, the long-term effects of this technique on the healing process and functional recovery of the ankle are still not fully understood, as excessive

reduction of the inflammatory process can delay recovery or result in incomplete tissue regeneration. The effects of cryotherapy on tissue regeneration, especially with regard to ligament resilience, are also not well understood. The evidence on whether the application of ice improves or impairs the quality and durability of regenerated tissues is limited and conflicting. Clarifying this relationship is fundamental to developing evidence-based treatment protocols that guarantee optimal recovery and long-term tissue integrity<sup>3,10,11</sup>.

There is a notorious lack of standardized guidelines on the ideal timing, frequency and duration of ice application for ankle sprains. Variations in these parameters can lead to different results, and the absence of robust guidelines based on scientific evidence adds to the complexity and controversy over the long-term effectiveness of cryotherapy. Establishing clear, evidence-based protocols is essential to maximize the therapeutic benefits of cryotherapy<sup>12</sup>.

Thus, despite being widely researched, the use of cryotherapy still has several gaps in terms of its effects on musculoskeletal injuries<sup>13-19</sup>. The importance of cryotherapy for sport and health professionals should be borne in mind, given its widespread use. Therefore, an integrative review that comprehensively and critically analyzes the available evidence on the effects of cryotherapy on ankle sprains is crucial to contribute to clinical practice and sport performance. Therefore, this article proposes to carry out an integrative review of the scientific literature, seeking to consolidate existing knowledge and identify possible gaps and challenges for future research and clinical interventions regarding the use of cryotherapy as a treatment for ankle sprain.

### METHODS

The integrative literature review was adopted as a method, which allows a comprehensive analysis of the available literature, providing the consolidation of evidence to support clinical decisions, and is also "a unique tool in the field of health that synthesizes research and guides practice based on scientific knowledge"<sup>20</sup>.

This integrative literature review aims to critically evaluate the long-term effects of the use of cryotherapy in the recovery of ankle sprains, considering that, despite its popularity and immediate effectiveness in reducing pain and inflammation, there is still a significant gap in knowledge. Areas of controversy include the impact of ice on the inflammatory response and healing processes, on functional recovery and performance, and on the quality of tissue regeneration, as well as the lack of standardized guidelines on its application. Clarifying these issues is key to developing evidence-

based treatment protocols that maximize therapeutic benefits and ensure optimal recovery and long-term tissue integrity.

#### Inclusion and exclusion criteria

Studies investigating the use of cryotherapy in the treatment of ankle sprains were included, documenting its long-term effects on pain reduction, inflammation and functional recovery. Studies addressed interventions with immediate application of ice and considered variables such as inflammatory response, tissue healing, ligament resilience and functional performance. We considered studies with participants of both sexes, different age groups, different ethnicities, including both athletes and non-athletes, with a history of sports or non-sports trauma, and studies available in full text in Portuguese and English published in the last 20 years.

Studies that did not exclusively investigate the use of cryotherapy in the treatment of ankle sprains were excluded. Studies that combined this technique with other treatment modalities in addition to immediate ice application were not considered, except those that made it possible to identify cryotherapy as the main intervention and its results were clearly analyzed. Articles that did not address aspects such as pain, inflammation, tissue healing, functional recovery, ligament resilience or long-term performance were also excluded.

The PICO technique (acronym for patient, intervention, comparison and outcomes) was used to draw up the research question for the integrative review<sup>21</sup>, as follows: P - patients with ankle sprains; I - cryotherapy; O - pain, performance, edema and hyperemia. The third element - (C) comparison - was not used. Thus, the research question was defined as: "What are the results of the application of cryotherapy in the treatment of ankle sprain?".

To carry out the integrative review, the following stages were followed: 1. Definition of the review topic in the form of a primary question or hypothesis; 2. Selection of the sample, after defining the inclusion and exclusion criteria; 3. Characterization of the studies; 4. Analysis of the results, identifying similarities and conflicts; 5. Presentation and discussion of the findings<sup>22</sup>.

The search for published articles was carried out using international databases, Public MEDLINE (PubMed) and Latin American and Caribbean Health Sciences Literature (LILACS). The search strategy was: (Crioterapia) OR (Cryotherapy) OR (Cold Therapy) OR (Cold Therapies) OR (Therapies, Cold) OR (Therapy, Cold)) AND ((Traumatismos do Tornozelo) OR (Lesões do Tornozelo) OR (Injury, Ankle) OR (Injuries, Ankle) OR (Ankle Sprains) OR (Ankle Sprain) OR (Sprain, Ankle) OR (Injury, Syndesmotic) OR (Syndesmotic Injury) OR (Sprains, Ankle) OR (Syndesmotic Injuries) OR (Injuries, Syndesmotic) OR (Foot Injuries, Ankle) OR (Traumatismos do Pé) OR (Ankle Injuries) OR (Entorse da Articulação Metatarsalangeal, Tornozelo)). They were applied to the PubMed and LILACS tools.

Data was collected in April 2024 and 6,403 articles were found in the two databases. After applying the 20-year time cut-off, 82 articles were obtained from PubMed and 9 from LILACS. To assess the articles found in the search, the titles and abstracts were examined, excluding those that were repeated between the databases and that did not meet the inclusion criteria. Eighteen manuscripts were identified for full-text reading, and in the end twelve articles were included in the study. A Microsoft Excel database was built to systematize the articles collected, and the criteria established by Souza, Silva and Carvalho<sup>20</sup> were used to evaluate the articles.

#### Summary of data

To synthesize the data extracted in this integrative review, an approach was used that combined both qualitative and quantitative

results from the selected studies. Thematic analysis was adopted to organize and integrate the evidence found, allowing the identification of patterns, similarities and divergences in the studies reviewed. The data was grouped according to relevant themes related to the long-term effects of cryotherapy in the treatment of ankle sprains, considering aspects such as inflammatory response, tissue healing, functional recovery, ligament resilience and impacts on patient performance over time.

#### Limitations of the integrative review

One of the main limitations to be considered is publication bias, where studies with positive results are more likely to be published than those with neutral or negative results, which can distort the general understanding of the results. In addition, the inclusion of studies with different designs, research populations and methodologies can make it difficult to directly compare and synthesize the data. The intrinsic limitations of the studies reviewed, such as variations in diagnostic criteria and outcome assessment, also have a potential impact on the interpretation of the findings. It is essential to address these issues clearly and in detail in the Methods section of the integrative review, thus ensuring transparency, the possibility of replication and the credibility of the results obtained.

#### Ethical considerations

According to Article 1 of Resolution 510/2016 of the Brazilian National Health Council, research carried out exclusively with scientific texts to review the scientific literature does not require analysis by an ethics committee, as it does not include the collection of new primary data with the direct participation of individuals. However, it was ensured that the conduct and reporting of the research strictly followed ethical standards, such as transparency in the selection of studies, impartiality in data analysis and respect for the intellectual property of the authors.

## RESULTS

The final set of this analysis included 12 scientific articles, which were chosen based on the established inclusion criteria, one of which was found in the LILACS database and 11 in PubMed (Figure 1).

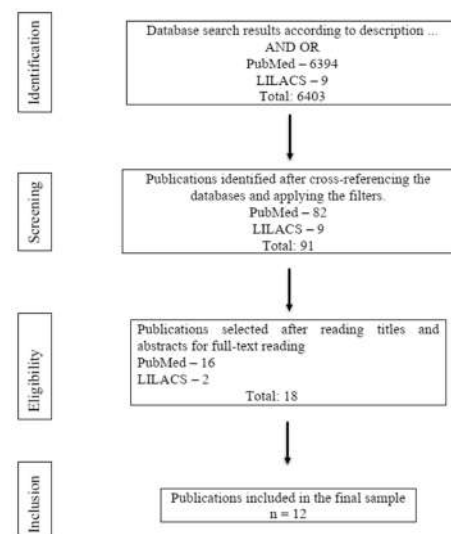


Figure 1. Study selection flowchart.

**Table I.** Contains the objectives and main results obtained.

Authors and year of publication	Objectives	Design - participants	Protocol	Main results
Bekerom et al., 2012	Analyze the RICE protocol within 72 hours of ankle sprain	Systematic review	11 trials involving 868 patients	Insufficient evidence of the RICE protocol in individuals with ankle sprains
Bleakley et al., 2006 <sup>23</sup>	To compare the effectiveness of two cryotherapy protocols (intermittent and continuous) in the immediate treatment of mild to moderate ankle sprains.	Systematic review	Eligible randomized clinical trials using cryotherapy for soft tissue injuries, including ankle sprains	Short-term reduction in pain and edema The intermittent protocol (10 minutes of application followed by 10 minutes of rest every two hours) showed better long-term functional recovery
Brison et al., 2016 <sup>24</sup>	To evaluate the effectiveness of a supervised physiotherapy program in the recovery of simple ankle sprains grades 1 and 2.	Randomized clinical trial – 503 participants	PRICE	No clinically important benefits were obtained
Chen et al., 2019 <sup>5</sup>	To understand the trends in the use of cryotherapy for ankle sprain injuries from 2000 to 2018.	Narrative review	Athletes who suffer an ankle sprain, treatment and rehabilitation, including cryotherapy	Athletes with ankle sprains who underwent immediate cryotherapy showed better functional results
Halabchi & Hassabi, 2020 <sup>25</sup>	Literature review to analyze different clinical and therapeutic approaches to lateral ankle sprain in athletes.	Literature review	Presentation of different forms of treatment for ankle sprains in athletes, including cryotherapy	Questioned the effectiveness of cryotherapy alone in reducing the symptoms of an ankle sprain (level 2 on a scale of 1 to 4)
Hawkins & Hawkins, 2016 <sup>26</sup>	To identify the current patterns of clinical use of cryotherapy among sports physiotherapists.	Cross-sectional survey – 7283 members of the Sports Physical Therapy Section of the APTA	Application of cryotherapy by professionals	Great variability in the approaches, demonstrating a lack of clear consensus on the choices for treatment with cryotherapy
Klintberg & Larsson, 2021 <sup>27</sup>	Systematic review of the long-term effects of cryotherapy.	Systematic review	Eight systematic reviews and 50 randomized clinical trials cryotherapy even in individuals with ankle sprains	The general effects of long-term cryotherapy generated low certainty of evidence, except for the absence of an analgesic effect, which had moderate certainty
Miranda et al., 2021 <sup>28</sup>	To investigate the effectiveness of cryotherapy on pain intensity, swelling, range of motion, function and recurrence in acute ankle sprain.	Systematic review	Two randomized clinical trials looking at the effects of cryotherapy on ankle sprains	Uncertain evidence shows that cryotherapy does not increase the effects of other interventions on swelling, pain intensity and range of motion
Mugno & Constant, 2023 <sup>29</sup>	To compare different conservative protocols in the treatment of ankle sprains in the general public.			RICE protocol reduces the recurrence rate of ankle sprains and emphasizes the importance of early intervention
Ruiz-Sánchez et al., 2022 <sup>6</sup>	To review current clinical practice guidelines on the management and treatment of ankle sprains.	Literature review	Presentation of treatment techniques for ankle sprains, including cryotherapy	Sufficient evidence to be applied in clinical practice – cryotherapy
Thain et al., 2015 <sup>30</sup>	To compare the effects of wet ice and cold-water immersion on the reaction time of the peroneus longus and tibialis anterior muscles during a simulated lateral ankle sprain.	Randomized clinical trial – 54 participants	Wet-ice application, cold-water immersion, or an untreated control condition applied to the ankle for 10 minutes	Cryotherapy did not affect muscle reaction time or amplitude
Tittley et al., 2020 <sup>10</sup>	To compare the effect of two cryotherapy interventions, neurocryostimulation and traditional ice pack application in the treatment of acute ankle sprain.	Randomized clinical trial – 41 participants	Two bags of crushed ice applied around the injured ankle for 15 min	Reduction in inflammation and pain

## DISCUSSION

The aim of this review was to examine the effects of cryotherapy on ankle sprains, based on the evidence available in the literature. However, the scarcity of existing studies on the subject that had a design consistent with the inclusion and critical selection criteria meant that the scope for conclusions on this objective was limited. However, based on the analysis of the included articles in this review, it was possible to identify and suggest some factors such as the ideal application time, evidence of the analgesic effect of cryotherapy, and some non-beneficial factors.

Various treatment methods for ankle sprains have been identified, including the Ottawa rules, manual therapy, functional supports, early ambulation, short-term non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs), rehabilitation and cryotherapy. It was observed that cryotherapy is highly recommended in the acute phase for pain reduction, compared to the use of analgesic drugs. However, there is low effectiveness in the recovery phase of the injury, indicating that it should only be applied to acute ankle sprains to reduce pain, minimize swelling and prevent secondary injuries<sup>6</sup>.

These analgesic effects are explained by a series of physiological mechanisms and become of great relevance when applied



immediately after sports injuries, aiming at the rapid recovery of athletes and the reduction of inflammatory signs<sup>8,9</sup>. According to Thain et al.<sup>30</sup>, there is an increase in the latency and prolonged duration of sensory action potentials, which leads to a decrease in nerve transmission, inhibiting the sensitivity of nociceptive receptors and effects against irritants, controlling acute pain after soft tissue injury. Regarding the parameters that can be applied, the cooling time is directly related to the thickness of the adipose tissue and the depth of the target tissue<sup>30</sup>. These authors found consistent evidence that applying ice for periods longer than 20 minutes had a negative impact on strength, speed, power and performance in activities requiring agility, and that cooling tissues impairs neuromuscular control, causing changes in the sense of joint position.

According to Hawkins and Hawkins<sup>26</sup>, there is still an open debate about the best techniques for applying cryotherapy. If the aim is analgesia, ice massage seems to be the most recommended; however, immersion in cold water can have longer-lasting effects. The authors also comment that, in animals, the temperature of the tissue must reach between 5°C and 15°C to achieve the objectives of cryotherapy, but they have found no studies that clarify the ideal temperatures for humans. They also report that there is a great lack of consensus among physiotherapists about the choices or guidelines for ideal treatment using cryotherapy. In the review by Miranda et al.<sup>28</sup>, of the 19 texts evaluated by the authors, only two randomized clinical trials were included, with no comparison with placebo or evaluation of function and recurrence. The immediate care protocols were combined with anti-inflammatories, elevation, rest, ultrasound, standardized exercises and support. This makes the analysis difficult, as it does not include studies with adequate follow-up.

More broadly, Klintberg and Larsson<sup>27</sup> investigated the long-term effects of using cryotherapy. They selected 58 articles, including eight systematic reviews and 50 randomized clinical trials. However, only one systematic review focused on the technique applied to ankle sprains<sup>31</sup>, the authors point out that cryotherapy is well tolerated and has few adverse events. However, for the long-term effects, the certainty of the evidence was low, except for the absence of pain reduction in the chronic phase, which had moderate certainty. Thus, although cryotherapy is a simple and inexpensive method for reducing immediate pain, the moderate evidence does not support its effectiveness in the chronic phase.

The review by Halabchi and Hassabi<sup>25</sup> analyzed 201 studies with different clinical approaches to lateral ankle sprains in athletes. Traditional conservative treatment prevails, including rest, ice, compression, elevation, non-steroidal anti-inflammatory drugs, analgesics and immobilization. However, they question the effectiveness of cryotherapy alone in reducing the symptoms of an ankle sprain. As for ligament resilience, the results are mixed, with early cryotherapy being able to improve ligament healing by limiting excessive inflammatory reactions<sup>23,32</sup>. On the other hand, there is a need for a balanced approach, as excessive and early cooling can damage the natural healing processes needed for tissue repair and the long-term resilience of ligaments<sup>33</sup>.

Brison et al.<sup>24</sup> carried out a study evaluating the effectiveness of cryotherapy in early supervised physiotherapy for the recovery of acute ankle sprains grades I and II. They found that the current evidence on the role of supervised physiotherapy in the acute management of these injuries is limited and that a standard intervention together with the usual care such as rest, cryotherapy, compression and limb elevation, do not provide clinically important benefits for the treatment of simple ankle sprains.

Finally, the comprehensive analysis of these articles was not enough to elucidate all the effects that cryotherapy can provide, and there is a clear need for further research. This research also showed a lack of clear consensus among those responsible for the rehabilitation process about the most appropriate management for the treatment of ankle sprains, which is probably due to the limited evidence.

## CONCLUSION

It is concluded that cryotherapy, despite its commonly known beneficial effects, has limitations and potential risks when used inappropriately over the long term. Therefore, it is essential to consider a balanced approach, integrating cryotherapy with other treatment modalities, such as early mobilization and functional rehabilitation, to optimize recovery and minimize adverse effects. Research has not provided enough solid evidence to support its benefits in a way that clarifies all doubts about its application.

## REFERENCES

1. Vuurberg G, Hoorntje A, Wink LM, et al. Diagnosis, treatment and prevention of ankle sprains: Update of an evidence-based clinical guideline. *Br J Sports Med* 2018; 52: 956.
2. Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, et al. Epidemiology of ankle sprains and chronic ankle instability. *J Athl Train* 2019; 54: 603–610.
3. Song K, Wikstrom EA. Plausible mechanisms of and techniques to assess ankle joint degeneration following lateral ankle sprains: a narrative review. *Physician and Sportsmedicine* 2019; 47: 275–283.
4. Doherty C, Bleakley C, Delahunt E, et al. Treatment and prevention of acute and recurrent ankle sprain: An overview of systematic reviews with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2017; 51: 113–125.
5. Chen ET, Mcinnis KC, Borg-Stein J. Ankle sprains: Evaluation, rehabilitation, and prevention. *Curr Sports Med Rep* 2019; 18: 217–223.
6. Ruiz-Sánchez FJ, Ruiz-Muñoz M, Martín-Martín J, et al. Management and treatment of ankle sprain according to clinical practice guidelines: A PRISMA systematic review. *Medicine (United States)* 2022; 101: E31087.
7. Fernandes TL, Pedrinelli A, Hernandez AJ. Muscle injury – Physiopathology, diagnosis, treatment and clinical presentation. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo)* 2011; 46: 247–255.
8. Kwiecién SY, McHugh MP. The cold truth: the role of cryotherapy in the treatment of injury and recovery from exercise. *Eur J Appl Physiol* 2021; 121: 2125–2142.
9. Racinais S, Dablainville V, Rouse Y, et al. Cryotherapy for treating soft tissue injuries in sport medicine: a critical review. *Br J Sports Med* 2024; 58: [bjsports-2024-108304](https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-108304).
10. Tittley J, Hébert LJ, Roy JS. Should ice application be replaced with neurocryostimulation for the treatment of acute lateral ankle sprains? A randomized clinical trial. *J Foot Ankle Res* 2020; 13: 69.
11. Duggan W, Tyler C. Is cryotherapy effective for acute management of ankle sprain? *Evidence-Based Practice* 2014; 17: 1–2.
12. Cherry MJ. Bioethics: An international, morally diverse, and often political endeavor. *HEC Forum* 2022; 34: 103–114.
13. Mendes IE, Ribeiro Filho JC, Lourini LC, et al. Cryotherapy in anterior cruciate ligamentoplasty pain: A scoping review. *Ther Hypothermia Temp Manag* 2024; 12: 183–190.
14. Krampe PT, Bendo AJP, Barros MIG, et al. Cryotherapy in knee arthroplasty: Systematic review and meta-analysis. *Ther Hypothermia Temp Manag* 2023; 13: 45–54.
15. Tavares ALDF, Reginato A, Neves M, et al. Analysis of wistar rats submitted to a gout model, treated with double cryotherapy protocol. *Ther Hypothermia Temp Manag* 2022; 12: 30–37.
16. Pradal L de A, Ludemila de Freitas Tavares A, Schnauffer TC, et al. Single application of immersion cryotherapy in Wistar rats with experimental gout. *J Therm Biol* 2022; 107: 103253.

17. Khoshnevis S, Craik NK, Brothers RM, et al. Cryotherapy-induced persistent vasoconstriction after cutaneous cooling: Hysteresis between skin temperature and blood perfusion. *J Biomech Eng* 2016; 138: 4032126.
18. Kowal M. Review of physiological effects of cryotherapy. *J Orthop Sports Phys Ther* 1983; 5: 66-73.
19. White GE, Wells GD. Cold-water immersion and other forms of cryotherapy: Physiological changes potentially affecting recovery from high-intensity exercise. *Extrem Physiol Med* 2013; 2: 26.
20. Souza MT de, Silva MD da, Carvalho R de. Integrative review: what is it? How to do it? *Einstein* 2010; 8: 102-108.
21. Santos CM da C, Pimenta CA de M, Nobre MRC. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Revista Latino-Americana de Enfermagem* 2007; 15: 508-511.
22. Mendes KDS, Silveira RC de CP, Galvão CM. Revisão integrativa: Método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto & Contexto - Enfermagem* 2008; 17: 758-64.
23. Bleakley C, McDonough S, MacAuley D. The use of ice in the treatment of acute soft-tissue injury: A systematic review of randomized controlled trials. *American Journal of Sports Medicine* 2004; 32: 251-261.
24. Brison RJ, Day AG, Pelland L, et al. Effect of early supervised physiotherapy on recovery from acute ankle sprain: Randomised controlled trial. *BMJ (Online)* 2016; 355: i5650.
25. Halabchi F, Hassabi M. Acute ankle sprain in athletes: Clinical aspects and algorithmic approach. *World Journal of Orthopedics Contents Monthly* 2020; 11: 534-626.
26. Hawkins SW, Hawkins JR. Clinical applications of cryotherapy among sports physical therapists. *Int J Sports Phys Ther* 2016; 11: 141-148.
27. Klintberg IH, Larsson ME. Shall we use cryotherapy in the treatment in surgical procedures, in acute pain or injury, or in long term pain or dysfunction? - A systematic review. *J Bodyw Mov Ther* 2021; 27: 368-387.
28. Miranda JP, Silva WT, Silva HJ, et al. Effectiveness of cryotherapy on pain intensity, swelling, range of motion, function and recurrence in acute ankle sprain: A systematic review of randomized controlled trials. *Physical Therapy in Sport* 2021; 49: 243-249.
29. Mugno AT, Constant D. Recurrent ankle sprain continuing education activity. *StatPearls*, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560619/> (2023).
30. Thain PK, Bleakley CM, Mitchell ACS. Muscle reaction time during a simulated lateral ankle sprain after wet-ice application or cold-water immersion. *J Athl Train* 2015; 50: 697-703.
31. Van Den Bekerom MPJ, Struijs PAA, Blankevoort L, et al. What is the evidence for rest, ice, compression, and elevation therapy in the treatment of ankle sprains in adults? *J Athl Train* 2012; 47: 435-443.
32. Hubbard TJ, Aronson SL, Denegar CR. Does cryotherapy hasten return to participation? A systematic review. *J Athl Train* 2004; 39: 88-94.
33. Kwiecien SY, McHugh MP. The cold truth: the role of cryotherapy in the treatment of injury and recovery from exercise. *Eur J Appl Physiol* 2021; 121: 2125-2142.

Revisión

## REDUCCIÓN DE SUSTANCIA GRIS Y DISFUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE MARCHA EN PERSONAS MAYORES: REVISIÓN SISTEMÁTICA



Karen Córdova-León<sup>a,\*</sup>, Daly Águila-Delgado<sup>a</sup>, Karinna Castillo-Rebolledo<sup>a</sup>, Katherinne Córdova-Flores<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Salud y Ciencias Sociales, Escuela de Kinesiología, Universidad de las Américas, Chile.

### RESUMEN

**Antecedentes:** El envejecimiento cerebral implica una pérdida progresiva de volumen, afectando tanto funciones cognitivas como motoras. Esta reducción en el tejido cerebral impacta directamente el control del movimiento, generando disfunciones motoras que aumentan el riesgo de caídas y limitan la autonomía en personas mayores.

**Objetivo:** Analizar la relación entre la reducción de la sustancia gris y la disminución de la velocidad de la marcha en personas mayores mediante una revisión sistemática de la literatura.

**Materiales y método:** Se revisaron dos bases de datos, Medline (PubMed) y Scopus, con fecha límite de octubre de 2024. Los términos de búsqueda fueron: (gray matter) AND (gait speed) AND (elderly OR older people OR aged). Los estudios observacionales fueron evaluados mediante la escala Critical Appraisal Checklist por revisores independientes. Se incluyeron un total de doce estudios.

**Resultados:** El análisis de doce artículos científicos indica que existe una relación entre la reducción de la sustancia gris cerebral y la disminución de la velocidad de la marcha en personas mayores. El tamaño de muestra comunicada osciló entre 40 y 1112 individuos, los artículos analizados sumaron un total de 4042 individuos. Todos los estudios correspondían a estudios observacionales, 5 estudios transversales, 5 de cohorte y 2 estudios de casos y controles.

**Conclusión:** Los hallazgos del presente estudio ayudan a comprender mejor la disminución de la velocidad de la marcha realizando la importancia de incorporar su valoración en la clínica pues puede ser reflejo del recambio estructural negativo a nivel de sistema nervioso central.

**Palabras clave:** Envejecimiento; anciano; velocidad al caminar; actividad motora; sustancia gris.

### GRAY MATTER DEPLETION AND GAIT SPEED DYSFUNCTION IN THE ELDERLY: A SYSTEMATIC REVIEW

#### ABSTRACT

**Background:** Brain aging involves a progressive loss of volume, affecting both cognitive and motor functions. This reduction in brain tissue directly impacts movement control, generating motor dysfunctions that increase the risk of falls and limit autonomy in elderly people.

**Objective:** To analyze the relationship between gray matter reduction and gait speed reduction in elderly people by means of a systematic review of the literature.

**Methods:** Two databases were reviewed, Medline (PubMed) and Scopus, with a cut-off date of October 2024. The search terms were: (gray matter) AND (gait speed) AND (elderly OR older people OR aged). Observational studies were assessed using the Critical Appraisal Checklist scale by independent reviewers. A total of twelve studies were included.

**Results:** The analysis of twelve scientific articles indicates that there is a relationship between cerebral gray matter depletion and decreased gait speed in older people. The reported sample size ranged from 40 to 1112 individuals; the articles analyzed totaled 4042 individuals. All studies corresponded to observational studies, 5 cross-sectional studies, 5 cohort studies and 2 case-control studies.

**Conclusion:** The findings of the present study help to better understand the slowing of gait velocity, and it highlights the importance of incorporating its assessment in the clinic as it may reflect negative structural replacement at the level of the central nervous system.

**Keywords:** Ageing; aged; walking speed; motor activity; gray matter.

\* Correspondencia a: Karen Córdova-León Dirección: Jorge Alessandri 1160, Talcahuano, Chile Código postal: 4090940 Telefono: 412129933 [kcordova@udla.cl](mailto:kcordova@udla.cl) (Karen Córdova-León)

<https://doi.org/10.33155/ramd.v17i3-4.1182>

ISSN-e: 2172-5063/ © Consejería de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

## REDUÇÃO DE SUBSTÂNCIA CINZENTA E DISFUNÇÃO NA VELOCIDADE DA MARCHA EM IDOSOS: REVISÃO SISTEMÁTICA

### RESUMO

**Histórico:** O envelhecimento do cérebro envolve uma perda progressiva de volume, afetando as funções cognitivas e motoras. Essa redução no tecido cerebral afeta diretamente o controle do movimento, gerando disfunções motoras que aumentam o risco de quedas e limitam a autonomia dos idosos.

**Objetivo:** Analisar a relação entre a redução da massa cinzenta e a diminuição da velocidade de caminhada em idosos por meio de uma revisão sistemática da literatura.

**Materiais e métodos:** Dois bancos de dados foram revisados: Medline (PubMed) e Scopus, com uma data de corte de outubro de 2024. Os termos de pesquisa foram: (gray matter) AND (gait speed) AND (elderly OR older people OR aged). Os estudos observacionais foram avaliados por revisores independentes usando a escala Critical Appraisal Checklist. Um total de 12 estudos foi incluído.

**Resultados:** A análise de doze artigos científicos indica que há uma relação entre a redução da massa cinzenta cerebral e a velocidade de marcha mais lenta em idosos. O tamanho da amostra relatado variou de 40 a 1112 indivíduos, e os artigos analisados totalizaram 4042 indivíduos. Todos os estudos foram observacionais, 5 estudos transversais, 5 estudos de coorte e 2 estudos de caso-controle.

**Conclusão:** Os resultados do presente estudo ajudam a entender melhor a lentidão da marcha e destacam a importância de incorporar sua avaliação na prática clínica, pois ela pode refletir uma mudança estrutural negativa no nível do sistema nervoso central.

**Palavras-chave:** Envelhecimento; idosos; velocidade de caminhada; atividade motora; substância cinzenta.

### INTRODUCCIÓN

En el proceso de envejecimiento, tanto normal como patológico, ocurre una serie de cambios significativos a nivel cerebral, cambios que impactan la función cognitiva y motora<sup>1</sup>. Una de las manifestaciones más evidentes del envejecimiento cerebral es la pérdida progresiva de volumen, especialmente en la sustancia gris, la cual es crucial para funciones cognitivas y motoras<sup>2</sup>. A su vez, esta reducción en el volumen cerebral se ha asociado con una disminución en la capacidad funcional y una mayor susceptibilidad a trastornos neurodegenerativos. Aunque la pérdida de sustancia gris es una parte esperada del envejecimiento, su aceleración o aumento de severidad puede indicar un proceso patológico que afecta la calidad de vida de las personas mayores.<sup>3-4</sup>

La reducción de tejido cerebral, en particular de la sustancia gris, tiene un impacto directo en el sistema músculo esquelético y asociado al movimiento. La sustancia gris contiene neuronas que generan la transmisión y procesamiento de información en el cerebro, esto incluye la coordinación de los movimientos. A medida que se reduce el volumen de la sustancia gris, la capacidad del cerebro para controlar y coordinar el movimiento se ve afectada, lo que contribuye a la disfunción motora. Este deterioro en las estructuras cerebrales encargadas de la motricidad incrementa el riesgo de caídas y reduce la autonomía de las personas mayores<sup>5</sup>.

Una de las manifestaciones clínicas más comunes de la disfunción motora en el envejecimiento es la alteración en la marcha, caracterizada frecuentemente por una disminución en la velocidad. Esta reducción en la velocidad de marcha no solo es un indicador de deterioro motor, sino que también se ha vinculado con un mayor riesgo de deterioro cognitivo y problemas de salud adicionales<sup>6</sup>. La velocidad de marcha se ha catalogado como el sexto "signo vital" en las personas mayores y su enlentecimiento se considera un signo temprano de fragilidad y está asociada con un pronóstico desfavorable en términos de movilidad y capacidad funcional.<sup>7-8</sup> Entender la relación entre la pérdida de sustancia gris y la disminución de la velocidad de marcha es fundamental para desarrollar intervenciones que puedan mejorar la calidad de vida y la autonomía esta población. A razón de esto, la presente revisión tuvo como objetivo analizar la evidencia sobre la relación entre reducción

de la sustancia gris y la disminución de la velocidad de la marcha en personas mayores mediante una revisión sistemática de la literatura.

### MATERIAL Y MÉTODOS

#### Diseño

Estudio de enfoque cualitativo y diseño documental, corresponde a una revisión sistemática de la literatura siguiendo los lineamientos de la declaración Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Guidelines (PRISMA).

#### Búsqueda de estudios

La búsqueda fue realizada por los cuatro autores. Esta búsqueda se desarrolló a través de las bases de datos: Medline (PubMed) y Scopus, con fecha límite 30 de octubre de 2024. Los términos y combinación de operadores fue la siguiente: (gray matter) AND (gait speed) AND (elderly OR older people OR aged).

#### Criterios de elegibilidad

Se utilizaron los siguientes criterios para seleccionar los estudios para esta revisión sistemática: I) muestra de personas mayores de 60 años, hombres o mujeres; II) con diseño observacional; III) en los que se relacione densidad de materia gris y la velocidad de la marcha; IV) estudios publicados en idioma inglés o español. Se excluyeron I) estudios publicados sin acceso completo al texto y II) presentaciones en congresos, cartas al editor, tesis y libros.

#### Selección de estudios

Los estudios que se consideraron elegibles para su inclusión se ingresaron en la aplicación Rayyan QCRI, una aplicación que ayuda en el proceso de selección de artículos, optimiza el tiempo de selección y permite tareas colaborativas (disponible en <http://rayyan.qcri.org>). Primero, se eliminaron las referencias duplicadas y aquellas con etiquetas de diseños de investigación

distinta mediante la aplicación. Luego, tres investigadores independientes revisaron los artículos en tres fases: lectura de títulos, lectura de resúmenes y lectura de textos completos; esto para identificar los artículos que cumplieran con los criterios de elegibilidad. Se consideró verificar las listas de referencias en busca de artículos relevantes que pudieran incluirse.

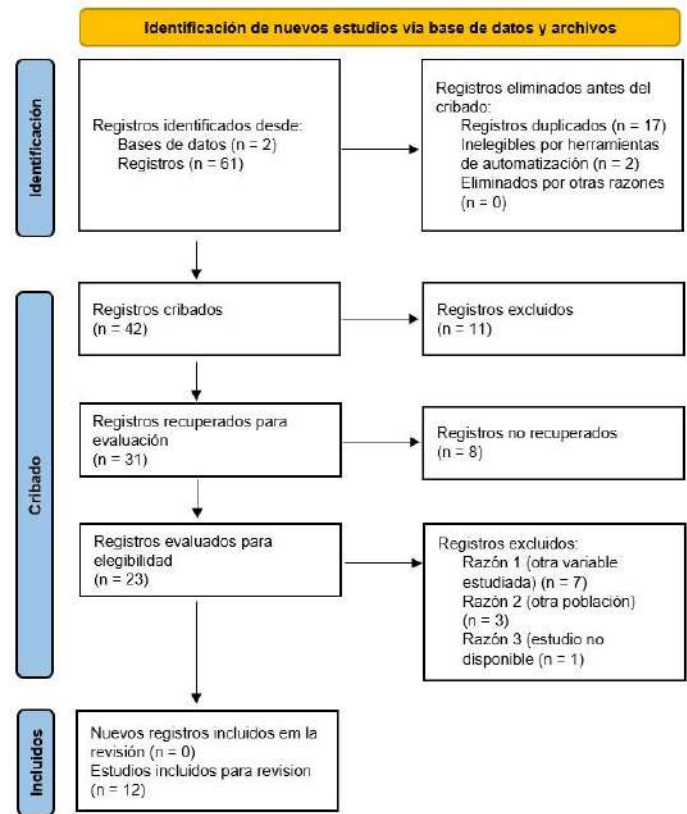
**Evaluación del riesgo de sesgo y calidad de la evidencia**

Cada artículo incluido fue evaluado en calidad metodológica y riesgo de sesgo de forma autónoma por tres autores, utilizando la escala Critical Appraisal Checklist for Analytical Cross-Sectional Studies del Joanna Briggs Institute (JBI), la cual es una herramienta desarrollada específicamente para evaluar la calidad metodológica de estudios de diseño transversal. Esta lista de verificación permite valorar aspectos clave del diseño y ejecución de estudios transversales, identificando potenciales fuentes de sesgo y problemas de validez que podrían afectar los resultados. La escala contiene una lista de ocho preguntas diseñadas para evaluar de manera específica la calidad del diseño, los métodos y los análisis de los estudios. Cada pregunta se responde de acuerdo con los criterios proporcionados, con posibles respuestas como "Sí", "No", "No aplica" o "No claro", dependiendo de la información presentada en el artículo. Un evaluador independiente aplicó la evaluación de riesgo de sesgo (KCL), los resultados de este análisis se presentan en la **Figura 1**.

**Extracción y análisis de datos**

La siguiente información se extrajo de los estudios incluidos: autor(es) y año de publicación, país de ejecución del estudio, Diseño, participantes, edad de los participantes, medición de la sustancia gris, medición de la velocidad de la marcha y principales hallazgos del estudio. Los autores DAD, KCR y KCL utilizaron una plantilla de Excel para extraer la información relevante de cada artículo y el análisis obtenido se presenta en la **Tabla 1**.

proceso de selección y sus fases se resumen en el diagrama de flujo de PRISMA en la **Figura 2**.



**Figura 2.** Diagrama de flujo de PRISMA de la revisión

**Características de los estudios y participantes**

Se seleccionaron 23 estudios para lectura texto completo, sin embargo, de estos se incluyeron sólo 12 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión, se encontraban disponibles a texto completo y declararon la relación entre la densidad de materia gris y la velocidad de la marcha en personas mayores de 60 años, las principales características de los artículos incluidos se presentan en la **Tabla 1**. El tamaño de muestra comunicada osciló entre 40 y 1112 individuos, los 12 artículos analizados sumaron un total de 4042 individuos. Los estudios fueron desarrollados principalmente en América del Norte (n=6, Estados Unidos y Canadá), también en Europa (n=3, Suiza, Finlandia e Italia), Asia (n=2, Japón) y Oceanía (n=1, Australia). Todos los estudios correspondían a estudios observacionales, 5 estudios transversales, 5 de cohorte y 2 estudios de casos y controles). Todos los estudios utilizaron resonancia magnética para la valoración de densidad de sustancia gris, la mayoría utilizaron equipos Siemens Magnetom y una menor cantidad equipos de Philips Achieva. Todos los estudios utilizaron plataforma de caminata para valorar la velocidad de la marcha, sin embargo, oscilaron las longitudes de la plataforma, de 2,4 metros a 20 metros, sólo un estudio no definía la prueba física utilizada, pero su reporte correspondía a la medida cuantitativa de metros por segundo.

**Síntesis de principales hallazgos**

Los hallazgos principales indicaron una relación consistente entre la reducción de la sustancia gris y la disminución de la velocidad de marcha. Las áreas cerebrales más frecuentemente implicadas incluyeron el hipocampo, el lóbulo frontal y temporal, la amígdala, el cerebelo y los ganglios basales. Por otro lado, los estudios

Estudio	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	Puntaje
Nishita et al., (2019)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	8
Consentino et al. (2020)	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	6
DiSalvio et al., (2020)	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	7
Chen et al., (2020)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8
Jayakody et al., (2021)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	7
Lipat et al., (2022)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8
Ragothaman et al., (2022)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8
Jokinen et al., (2022)	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	5
Tajimi et al. (2023)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8
Grande et al. (2023)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	7
Pieruccini-Faria et al., (2023)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8
Poole et al., (2023)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8

**Figura 1.** Resultados de la escala Critical Appraisal Checklist for Analytical Cross-Sectional Studies del Joanna Briggs Institute (JBI).

**RESULTADOS**

**Búsqueda de la literatura**

Se recuperaron un total de 61 artículos de Pubmed y Scopus. Entre todos los artículos, se eliminaron 17 duplicados en ambas bases de datos y 2 artículos se eliminaron con uso de herramientas automáticas, detectando mediante etiquetas diseños observacionales. Después de leer 42 títulos, se excluyeron 11 artículos y luego de leer 31 resúmenes, se excluyeron 8 que no cumplían con los criterios de inclusión o no contenían los términos de búsqueda. Finalmente, fueron 23 artículos los que quedaron para lectura a texto completo y en los cuáles se indagó la coherencia de los objetivos del estudio y los métodos que aportarían a responder la pregunta de investigación. El

**Tabla 1.** Extracción de información de los artículos incluidos en la revisión sistemática

Autor(es) (año)	Diseño (País)	Participantes y edad	Grupos	Instrumentos para valoración y medición de sustancia gris	Instrumento valoración velocidad de marcha	Resultados principales
Nishita et al., (2019)	Observacional, cohorte prospectivo (Japón)	N=835 Edad: 73,3±5,9 años	Grupo frágil (n=78); Grupo prefrágil (n=428); Grupo no frágil (n=329)	-RM -Siemens Magnetom Tim Trio	No especificada	<b>Relación principal:</b> Velocidad de marcha lenta asociada con menores volúmenes de sustancia gris. <b>Regiones afectadas:</b> Hipocampo anterior derecho, amígdala, giro fusiforme bilateral.
Consentino et al. (2020)	Observacional, casos y controles (Italia)	N=86 Edad: 74,7±6,9 años	Casos deterioro cognitivo leve (n=43); Controles aparentemente sanos (n=43)	-RM -Philips Achieva	Prueba de caminata de 10 m asistida por sistema BTS FREEMG 300	Personas con deterioro cognitivo leve: <b>Hallazgo principal:</b> Velocidad de marcha y longitud de zancada asociadas con volúmenes de sustancia gris. <b>Regiones afectadas:</b> Circunvolución temporal superior, tálamo y circunvolución parahipocampal.
DiSalvio et al., (2020)	Observacional, transversal (Estados Unidos)	N=70 Edad: 76±5 años	No	-RM -Siemens Magnetom Tim Trio	Prueba de caminata de 6 m	<b>Relación principal:</b> Mayor volumen de sustancia gris asociado con mejor rendimiento motor. <b>Indicadores:</b> Velocidad de marcha, índice dinámico de marcha (DGI) y prueba de cuatro pasos cuadrados (FSST). <b>Regiones cerebrales:</b> Lóbulos parietal y temporal.
Chen et al., (2020)	Observacional, cohorte prospectivo (Estados Unidos)	N=284 Edad: 83±2,8 años	No	-RM -Siemens Magnetom Tim Trio	Prueba de caminata de 20 m	<b>Velocidad de marcha rápida:Correlación positiva:</b> Mayor densidad de sustancia gris en el lóbulo frontal, temporal, giro precentral, poscentral, parietal inferior; precúneo, lingual, parahipocampal, fusiforme, calcarina, occipital medio, supramarginal, angular; opérculo rolándico, insula, cíngulo, hipocampo, amígdala y cerebelo. <b>Exclusivo:</b> Relación con el giro precentral y lóbulo parietal inferior (no en marcha habitual). <b>Velocidad de marcha habitual:Correlación positiva:</b> Mayor densidad en insula, cerebelo, parahipocampo, calcarina, lóbulo frontal medio/inferior, temporal, occipital medio, amígdala, fusiforme, lingual y precúneo. <b>Exclusivo:</b> Relación con cuneo, caudado, putamen, giro recto y occipital superior (no en marcha rápida).
Jayakody et al., (2021)	Observacional, transversal (Australia)	N=351 Edad: 71,9 ± 7,1 años	No	-RM -Siemens Magnetom Tim Trio	Prueba de caminata de 4,6 m asistida por sistema GAITRite	<b>Velocidad de marcha lenta asociada con:Menor espesor cortical</b> -Frontal (precentral bilateral, frontal superior bilateral, medio bilateral, orbitofrontal lateral derecho). -Temporal (superior bilateral, medio izquierdo). -Parietal (superior derecho, precúneo derecho). <b>Mayor espesor cortical</b> -Cingulada (anterior bilateral, istmo, cingulada posterior izquierda). -Frontal (frontal inferior izquierda). -Temporal (fusiforme izquierda, parahipocampal derecha).
Lipat et al., (2022)		N=40 Edad grupo marcha normal: 70±2 años Edad grupo marcha frágil: 71±2 años	Grupo marcha normal (n=13); Grupo marcha frágil (n=15); Grupo marcha pre frágil (n=12)	-RM -Philips Achieva	Prueba de caminata de 7 m asistida por sistema GAITRite	<b>Grupo de marcha frágil:Volúmenes significativamente menores en comparación con marcha normal:</b> Cerebelo, caudado, putamen y área accumbens. <b>Volumen reducido en comparación con marcha pre-frágil/ inestable:</b> Cerebelo.
Ragothaman et al., (2022)	Observacional, casos y controles (Estados Unidos)	N=146 Edad grupo Alzheimer: 68,4±7,9 años Edad GC: 69±8,1	Grupo con Enfermedad de Alzheimer (n=96); GC (n=50).	-RM -Siemens Magnetom Skyra/Verio	Prueba de caminata de 2 minutos	<b>Hallazgos en Marcha congelada.</b> -Volúmenes menores de sustancia gris cerebelar. -Velocidad de marcha más lenta.
Jokinen et al., (2022)	Observacional, transversal (Finlandia)	N=152 Edad: 70±2,9 años	No	-RM -Siemens Magnetom Skyra/Verio	Prueba de caminata de 8 m	<b>Asociación significativa:</b> Volumen de sustancia blanca y sustancia gris con: • Puntuación SPPB deteriorada. • Velocidad de marcha. • Equilibrio. • Rendimiento en

Autor(es) (año)	Diseño (País)	Participantes y edad	Grupos	Instrumentos para valoración y medición de sustancia gris	Instrumento valoración velocidad de marcha	Resultados principales
						TUG. <b>No asociado con:</b> Caídas recientes autoinformadas.
Tajimi et al. (2023)	Observational, cohorte prospectivo (Japón)	N=1112 Edad: ≥65 años	No	-RM - No especificado	Prueba de caminata de 5 m	Menor velocidad máxima de marcha asociada con: ◦ <b>Menor volumen de materia gris</b> en: encéfalo total, lóbulo frontal, lóbulo temporal, circunvolución cingulada, insula, hipocampo, amígdala, ganglios basales, tálamo y cerebelo. ◦ <b>Mayor volumen de hiperdensidad de materia blanca.</b> <b>Otros hallazgos:</b> • Mayor incidencia de demencia con disminución de la velocidad de marcha.
Grande et al. (2023)	Observacional, cohorte prospectivo (Suiza)	N=385 Edad: 69±8,6 años	No	-RM -Philpis Intera	Prueba de caminata de 2,4 o 6 m	<b>Grupo con deterioro cognitivo y motor combinado:</b> • <b>Reducciones:</b> Volumen total del cerebro y del hipocampo. • <b>Aumentos:</b> Lesiones en materia blanca y agrandamiento de ventrículos. • <b>Salud de materia blanca:</b> Más deteriorada que en otros grupos. <b>Grupo con solo deterioro cognitivo:</b> • Mayor pérdida de volumen en el hipocampo. <b>Grupo con solo problemas motores:</b> • Mayor nivel de lesiones en materia blanca.
Pieruccini-Faria et al., (2023)	Observacional, transversal (Canadá)	N=93 Edad: 71,9±5,36 años		-RM -Siemens Magnetom Prisma	Prueba de caminata de 6 m	<b>Relación principal:</b> Ajustes anticipatorios en velocidad y longitud de paso durante doble tarea asociados con volúmenes de materia gris en deterioro cognitivo leve. <b>Hallazgos específicos:</b> Menores volúmenes en: ◦ Giro frontal inferior izquierdo. ◦ Hipocampo izquierdo y derecho. ◦ Corteza entorrinal derecha. Resultado: Menor capacidad para realizar ajustes anticipatorios antes de cruzar obstáculos.
Poole et al., (2023)	Observacional, cohorte prospectivo (Estados Unidos)	N=438 Edad: 81±7 años		-RM -Siemens Magnetom Prisma	Prueba de caminata de 2,4 m	<b>Relación principal:</b> Velocidad de marcha asociada con deformación cerebral en: ◦ Materia blanca frontal. ◦ Materia gris temporal. ◦ Líquido límbico. ◦ Áreas subcorticales. Volúmenes más pequeños en estas regiones vinculados con una marcha más lenta.

RM: Resonancia Magnética, GC: Grupo Control, TUG: Timed Up and Go

que exploraron el impacto de mayores volúmenes de sustancia gris sugirieron un mejor rendimiento motor; particularmente en tareas de velocidad de marcha y pruebas dinámicas (por ejemplo, índice dinámico de marcha y prueba de cuatro pasos cuadrados).

Además, se observó que los grupos clasificados como "frágiles" o con deterioro cognitivo y motor combinados presentaban los mayores déficits estructurales, incluyendo una reducción significativa en el volumen total del cerebro, el hipocampo y la sustancia gris cerebelar, así como un aumento en las lesiones de materia blanca y agrandamiento de ventrículos. Por el contrario, los participantes con solo deterioro cognitivo mostraron una mayor pérdida específica en el hipocampo, mientras que aquellos con problemas motores tuvieron un mayor nivel de lesiones en la materia blanca.

Cabe destacar que las medidas anticipatorias en la marcha, particularmente bajo condiciones de doble tarea, también estuvieron vinculadas con volúmenes reducidos en áreas específicas como el giro frontal inferior y la corteza entorrinal, lo que refleja la influencia de la conectividad cerebral en ajustes motores complejos. Finalmente, los estudios incluyeron poblaciones mayoritariamente saludables, pero algunos reportaron subgrupos con deterioro cognitivo leve, enfermedad de Alzheimer o fragilidad avanzada, lo que resalta la

heterogeneidad de las muestras y la necesidad de considerar estas diferencias al interpretar los resultados.

## DISCUSIÓN

La revisión de literatura científica afirma que existe una relación entre la pérdida de la sustancia gris cerebral y la disminución de la velocidad de la marcha en personas mayores,<sup>9-20</sup> estando principalmente en centrada en estudios de salud neurológica y salud geriátrica. Es posible explicar esta relación, debido a que la sustancia gris contiene cuerpos neuronales involucrados en la planificación, la integración sensorial y el control motor.

La evidencia ya afirmaba que a medida que se envejece, la pérdida de sustancia gris en ciertas áreas cerebrales se asocia con un rendimiento motor disminuido y, en consecuencia, con una reducción en una de las actividades más importantes para el ser humano, la marcha.<sup>3-4</sup> La revisión actual, permite entender la relación más a fondo, pues los estudios de neuroimagen y de seguimiento longitudinal han identificado una correlación entre la disminución de la sustancia gris en áreas específicas y la velocidad de la marcha, sugiriendo que el mantenimiento de la salud de estas

estructuras podría ser clave para preservar una función adecuada en el proceso de envejecimiento.

La reducción de la sustancia gris en áreas como el lóbulo frontal, parietal, temporal y estructuras subcorticales afecta el procesamiento sensorial, la memoria y la función motora, esenciales para mantener la estabilidad y velocidad de la marcha. Estos cambios neuroanatómicos reducen la capacidad del cerebro para coordinar los movimientos necesarios para una marcha fluida y rápida, y son especialmente evidentes en condiciones de ejecución de la marcha y una tarea cognitiva adicional.<sup>10,12,20</sup> Esta disminución de la velocidad de la marcha se asocia también con déficits en la corteza prefrontal y temporal, áreas críticas para la planificación y control motor. La corteza prefrontal está involucrada en funciones cognitivas como la toma de decisiones y la memoria de trabajo, su atrofia puede afectar la capacidad de iniciar y coordinar el movimiento, lo cual puede influir indirectamente en la marcha.<sup>10,18</sup>

Las principales zonas cerebrales en las que se presenta una reducción de la sustancia gris son el hipocampo (6 estudios)<sup>9,12,13,17,18,19</sup>, el lóbulo frontal temporal (5 estudios)<sup>10,11,12,13,17</sup>, la amígdala (3 estudios)<sup>9,12,17</sup>, el lóbulo frontal (3 estudios)<sup>12,13, 17</sup>, la circunvolución parahipocámpal (3 estudios)<sup>10,12,13</sup>, el cerebelo (3 estudios)<sup>14,15,17</sup>, la ínsula (2 estudios)<sup>12,17</sup>, los ganglios basales (2 estudios)<sup>14,17</sup>, la circunvolución cingulada (2 estudios)<sup>12,17</sup>, el lóbulo parietal (2 estudios)<sup>11,12</sup> y el giro fusiiforme (2 estudios)<sup>9,12</sup>. Estos hallazgos destacan regiones cerebrales clave, particularmente las involucradas en la memoria (hipocampo y lóbulo temporal), funciones motoras (lóbulo parietal y cerebelo) y control emocional (amígdala), todas las cuales afectan la velocidad de marcha. Paralelamente, dentro de los estudios incluidos en la revisión se muestra una mayor densidad de materia gris y un mejor rendimiento en la velocidad de marcha, las zonas más frecuentes de estos hallazgos son el lóbulo temporal, el lóbulo frontal y el hipocampo, coincidiendo estas áreas cerebrales, en la comunicación de esta relación entre ambas variables en sentido inverso.

La presente revisión tuvo limitaciones y una de ellas fue el sesgo de edad de los estudios incluidos, pues en el título y resumen se indicaba a estudios con muestras de personas mayores, y al revisar el artículo completo, algunos de ellos incluían a personas menores de 60 años. Otra limitación es la diferencia de instrumentos para valorar la velocidad de la marcha, y si bien, todos cuentan con protocolos de validación, la diferencia de longitud de la prueba de marcha puede significar sesgo en el resultado final comunicado. Por otro lado, también es una limitación las características de las muestras de personas mayores, en los estudios de Consentino et al., (2020)<sup>10</sup> y de Pieruccini-Faria et al., (2023)<sup>19</sup> se declaró que el grupo control tenía deterioro cognitivo leve y el estudio de Ragothaman et al., (2022) se declaró que el grupo control eran personas mayores con Alzheimer; los demás estudios no definieron grupos con patologías específicas y se interpretó que correspondían a una muestra aparentemente sana.

La principal fortaleza de esta revisión sistemática, es el enfoque en establecer la relación entre la reducción de sustancia gris y la disminución de la velocidad de la marcha. Si bien los estudios previos declaran que esta última es multifactorial, resaltan los factores biomecánicos y músculo esqueléticos, pero no desde una comprensión neurofisiológica. Otra fortaleza es que el análisis de evidencia se realizó en la base de datos de salud más grande a nivel mundial como lo es Medline y en otra donde el índice temático también acoge a una gran proporción de estudios en salud como lo es Scopus.

La valoración periódica de la marcha puede ser útil para monitorear el estado neurológico de las personas mayores y puede ayudar a ajustar las estrategias de intervención para mantener su movilidad y autonomía.<sup>13,18</sup> La comprensión de esta relación, debe reforzar la necesidad de abordar tanto la función motora como cognitiva en personas mayores, en específico, de llevar a cabo programas físico-cognitivo dual, que incluyan ejercicios físicos con tareas de memoria o atención.<sup>10,12,20</sup> La literatura también indica que realizar periódicamente ejercicios de tipo aeróbicos y de resistencia

de moderada a alta intensidad, es una de las intervenciones más efectivas para preservar el volumen de sustancia gris en personas mayores. Ambos tipos de ejercicios potencian la neurogénesis, la plasticidad cerebral y la vascularización cerebral, especialmente en áreas como el hipocampo y los lóbulos frontales.<sup>21-22</sup>

## CONCLUSIÓN

Los resultados de esta revisión sistemática refuerzan la existencia de una relación significativa entre la reducción del volumen de sustancia gris cerebral y la disminución de la velocidad de marcha en personas mayores. Este hallazgo destaca la importancia de valorar la marcha no solo como un indicador funcional, sino también como un reflejo de la integridad estructural del sistema nervioso central.

La evidencia recopilada sugiere que las regiones cerebrales más involucradas en esta relación incluyen áreas clave como el hipocampo, el lóbulo frontal y temporal, y el cerebelo, las cuales desempeñan un papel central en el control motor, la planificación y la integración sensorial. Además, la interacción entre las reducciones de sustancia gris y el aumento de lesiones en la materia blanca enfatiza la naturaleza multifactorial del deterioro motor asociado al envejecimiento.

Estos hallazgos subrayan la relevancia clínica de incorporar evaluaciones regulares de la marcha en la práctica médica geriátrica, ya que podrían ser herramientas útiles para monitorear cambios neurológicos tempranos y diseñar estrategias de intervención integrales. Asimismo, la implementación de programas de entrenamiento físico-cognitivo dual y ejercicios aeróbicos y de resistencia se presenta como una posible vía para mitigar la progresión del deterioro neurológico y motor, contribuyendo al mantenimiento de la autonomía y la calidad de vida de las personas mayores.

En futuras investigaciones, se recomienda explorar más profundamente las diferencias según género, factores genéticos y otras características individuales, así como estandarizar las mediciones para reducir la heterogeneidad metodológica entre estudios.

## REFERENCIAS

1. Rosso AL, Studenski SA, Chen WG, Aizenstein HJ, Alexander NB, Bennett DA, et al. Aging, the Central Nervous System, and Mobility. *The Journals of Gerontology: Series A*. 2013 Jul 10;68(11):1379–86. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/gerona/glt089>
2. Ramanoël S, Hoyau E, Kauffmann L, Renard F, Pichat C, Boudiaf N, et al. Gray Matter Volume and Cognitive Performance During Normal Aging. A Voxel-Based Morphometry Study. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2018 Aug 3;10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fnagi.2018.00235>
3. Wu Z, Peng Y, Hong M, Zhang Y. Gray Matter Deterioration Pattern During Alzheimer's Disease Progression: A Regions-of-Interest Based Surface Morphometry Study. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2021 Feb 3;13. Disponible en <http://dx.doi.org/10.3389/fnagi.2021.593898>
4. Xiao Y, Gao L, Hu Y. Disrupted single-subject gray matter networks are associated with cognitive decline and cortical atrophy in Alzheimer's disease. *Frontiers in Neuroscience*. 2024 May 10;18. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fnins.2024.1366761>
5. Zullo A, Fleckenstein J, Schleip R, Hoppe K, Wearing S, Klingler W. Structural and Functional Changes in the Coupling of Fascial Tissue, Skeletal Muscle, and Nerves During Aging. *Frontiers in Physiology*. 2020 Jun 24;11. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2020.00592>



6. Atkinson HH, Rosano C, Simonsick EM, Williamson JD, Davis C, Ambrosius WT, et al. Cognitive Function, Gait Speed Decline, and Comorbidities: The Health, Aging and Body Composition Study. *The Journals of Gerontology: Series A* [Internet]. 2007 Aug 1;62(8):844–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/gerona/62.8.844>
7. Bortone I, Sardone R, Lampignano L, Castellana F, Zupo R, Lozupone M, et al. How gait influences frailty models and health - related outcomes in clinical - based and population - based studies: a systematic review. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. 2021 Feb 16;12(2):274–97. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/jcsm.12667>
8. Middleton A, Fritz SL, Lusardi M. Walking Speed: The Functional Vital Sign. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2015 Apr;23(2):314–22. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1123/japa.2013-0236>
9. Nishita Y, Nakamura A, Kato T, Otsuka R, Iwata K, Tange C, et al. Links Between Physical Frailty and Regional Gray Matter Volumes in Older Adults: A Voxel-Based Morphometry Study. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2019 Dec;20(12):1587–1592.e7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamda.2019.09.001>
10. Cosentino E, Palmer K, Della Pietà C, Mitolo M, Meneghelo F, Levedianos G, et al. Association Between Gait, Cognition, and Gray Matter Volumes in Mild Cognitive Impairment and Healthy Controls. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*. 2020 Jan 21;34(3):231–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/wad.0000000000000371>
11. DiSalvio NL, Rosano C, Aizenstein HJ, Redfern MS, Furman JM, Jennings JR, et al. Gray Matter Regions Associated With Functional Mobility in Community - Dwelling Older Adults. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2019 Dec 30;68(5):1023–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/jgs.16309>
12. Chen N, Rosano C, Karim HT, Studenski SA, Rosso AL. Regional Gray Matter Density Associated With Fast-Paced Walking in Older Adults: A Voxel-Based Morphometry Study. Melzer D, editor. *The Journals of Gerontology: Series A*. 2020 Apr 14;75(8):1530–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/gerona/glaa091>
13. Jayakody O, Breslin M, Beare R, Blumen HM, Srikanth VK, Callisaya ML. Regional Associations of Cortical Thickness With Gait Variability—The Tasmanian Study of Cognition and Gait. Newman A, editor. *The Journals of Gerontology: Series A*. 2020 May 8;75(8):1537–44. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/gerona/glaa118>
14. Lipat AL, Clark DJ, Hass CJ, Cruz-Almeida Y. Gait subgroups among older adults with chronic pain differ in cerebellum and basal ganglia gray matter volumes. *Experimental Gerontology*. 2022 Jun;163:111773. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.exger.2022.111773>
15. Ragothaman A, Miranda-Dominguez O, Brumbach BH, Giritharan A, Fair DA, Nutt JG, et al. Relationship Between Brain Volumes and Objective Balance and Gait Measures in Parkinson's Disease. *Journal of Parkinson's Disease*. 2022 Jan 21;12(1):283–94. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3233/jpd-202403>
16. Jokinen H, Laakso HM, Ahlström M, Arola A, Lempiäinen J, Pitkänen J, et al. Synergistic associations of cognitive and motor impairments with functional outcome in covert cerebral small vessel disease. *European Journal of Neurology*. 2021 Sep 26;29(1):158–67. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/ene.15108>
17. Tajimi T, Furuta Y, Hirabayashi N, Honda T, Hata J, Ohara T, et al. Association of gait speed with regional brain volumes and risk of dementia in older Japanese: The Hisayama study. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2023 Mar;106:104883. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.archger.2022.104883>
18. Grande G, Vetrano DL, Kalpouzos G, Welmer AK, Laukka EJ, Marseglia A, et al. Brain Changes and Fast Cognitive and Motor Decline in Older Adults. Lipsitz LA, editor. *The Journals of Gerontology: Series A*. 2022 Aug 29;78(2):326–32. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/gerona/glac177>
19. Pieruccini-Faria F, Hassan Haddad SM, Bray NW, Sarquis-Adamson Y, Bartha R, Montero-Odasso M. Brain Structural Correlates of Obstacle Negotiation in Mild Cognitive Impairment: Results from the Gait and Brain Study. *Gerontology*. 2023;69(9):1115–27. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1159/000530796>
20. Poole VN, Oveisgharan S, Yu L, Dawe RJ, Leurgans SE, Zhang S, et al. Volumetric brain correlates of gait associated with cognitive decline in community-dwelling older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2023 Oct 4;15. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fnagi.2023.1194986>
21. Riaz U, Razzaq FA, Areces-Gonzalez A, Piastra MC, Vega MLB, Paz-Linares D, et al. Automatic quality control of the numerical accuracy of EEG lead fields. *NeuroImage*. 2023 Jun;273:120091. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2023.120091>
22. Herold F, Törpel A, Schega L, Müller NG. Functional and/or structural brain changes in response to resistance exercises and resistance training lead to cognitive improvements – a systematic review. *European Review of Aging and Physical Activity*. 2019 Jul 10;16(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s11556-019-0217-2>