

ISSN 1646-107X
eISSN 2182-2972

mOtricidade

2024, vol. 20, n. 3

Escopo

A revista Motricidade (ISSN 1646-107X, eISSN 2182-2972) é uma publicação científica trimestral. A política editorial da revista visa contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento científico de caráter teórico e empírico nas áreas científicas do desporto, psicologia e desenvolvimento humano, e saúde, adotando sempre que possível uma natureza interdisciplinar.

Direitos de autor

Os direitos de autor dos textos publicados são propriedade da revista motricidade. A sua reprodução só é permitida mediante a autorização por escrito do diretor.

Ficha Técnica

ISSN (print): 1646-107X
ISSN (online): 2182-2972
Depósito legal: 222069/05
ICS: 124607
Periodicidade: Trimestral (Março, Junho, Setembro e Dezembro)

Correspondência/Edição

Revista Motricidade
(A/C Prof. Dr. Nuno Domingos Garrido)

director@revistamotricidade.com
revistamotricidade@revistamotricidade.com

Propriedade

Sílabas Didáticas, UNIPESSOAL, LDA
Urbanização Aleu 5
5000-054, Vila Real
PORTUGAL
silabasdidaticas@gmail.com
NIPC: 515999750
Capital Social: 500€
Gerência: Nuno Domingos Garrido Nunes de Sousa

Indexação

Web of Knowledge/Scielo Citation Index (Clarivate Analytics), ELSEVIER (SCOPUS, EMCare), SCImago (SJR: Medicine, Health Professions), PsycINFO, IndexCopernicus, Scielo, CABI (CAB Abstracts, Global Health, Leisure, Recreation and Tourism Abstracts, Nutrition Abstracts and Reviews Series A), Qualis, SPORTDiscus, EBSCO (CINAHL Plus with Full Text, Academic Search Complete, Fonte Acadêmica, Fuente Academica, Fuente Academica Premier), Proquest (CSA Physical Education Index, ProQuest Psychology Journals, Summon by Serial Solutions, Ulrich's Periodicals Directory), DOAJ, Open J-Gate, Latindex, Gale/Cengage Learning (InfoTrac, Academic OneFile, Informe) Google Scholar, SIIC Databases (siicsa-lud), BVS ePORTUGUESe, SHERPA/RoMEO, e-Revistas, OCLC, Hinari/WHO, Swets Information Services, ScienceCentral, Genamics JournalSeek, Cabell's Directories, SafetyLit, NLM Catalog, SCIRUS, BASE Bielefeld, Academic Journals Database, Index Online RMP, Saúde em Movimento

Produção editorial



Scope

Journal Motricidade (ISSN 1646-107X, eISSN 2182-2972) is a scientific electronic journal, publishing quarterly. Its editorial politics aim is contributing to the development and dissemination of scientific knowledge of theoretical and empirical character in the context of sports, psychology and human development, and health assuming whenever is possible an interdisciplinary commitment.

Copyright

The journal motricidade holds the copyright of all published articles. No material published in this journal may be reproduced without first obtaining written permission from the director.

Technical Information

ISSN (print): 1646-107X
ISSN (online): 2182-2972
Legal Deposit: 222069/05
ICS: 124607
Frequency: Quarterly (March, June, September and December)

Correspondence/Edition

Journal Motricidade
(A/C Prof. Dr. Nuno Domingos Garrido)

director@revistamotricidade.com
revistamotricidade@revistamotricidade.com

Property

Sílabas Didáticas LDA
Urbanização Aleu 5
5000-054, Vila Real
PORTUGAL
silabasdidaticas@gmail.com

Index Coverage

Web of Knowledge/Scielo Citation Index (Clarivate Analytics), ELSEVIER (SCOPUS, EMCare), SCImago (SJR: Medicine, Health Professions), PsycINFO, IndexCopernicus, Scielo, CABI (CAB Abstracts, Global Health, Leisure, Recreation and Tourism Abstracts, Nutrition Abstracts and Reviews Series A), Qualis, SPORTDiscus, EBSCO (CINAHL Plus with Full Text, Academic Search Complete, Fonte Acadêmica, Fuente Academica, Fuente Academica Premier), Proquest (CSA Physical Education Index, ProQuest Psychology Journals, Summon by Serial Solutions, Ulrich's Periodicals Directory), DOAJ, Open J-Gate, Latindex, Gale/Cengage Learning (InfoTrac, Academic OneFile, Informe) Google Scholar, SIIC Databases (siicsa-lud), BVS ePORTUGUESe, SHERPA/RoMEO, e-Revistas, OCLC, Hinari/WHO, Swets Information Services, ScienceCentral, Genamics JournalSeek, Cabell's Directories, SafetyLit, NLM Catalog, SCIRUS, BASE Bielefeld, Academic Journals Database, Index Online RMP, Saúde em Movimento

EQUIPA EDITORIAL

Diretor

Director

Nuno Domingos Garrido — *Universidade de Trás-os-Montes and Alto Douro, Vila Real, Portugal*

Editor

Editor

Sílabas Didáticas, UNIPESSOAL, LDA

Editor-Chefe

Editor-In-Chief

Diogo Monteiro

*Politécnico de Leiria / Escola Superior de Educação e Ciências Sociais (ESECS),
Campus 1 Rua Dr. João Soares Apt 4045, 2411-901 Leiria, Portugal*

Editores Associados

Associate Editors

Catarina Santos, ISCE DOURO - Instituto Superior de Ciências Educativas do Douro, Penafiel Portugal
Eduardo Borba Neves, Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Brasil
Filipe Rodrigues, Escola Superior de Educação e Ciências Sociais, Instituto Politécnico de Leiria
Gabriel Rodrigues Neto, Faculdade de Enfermagem e Medicina Nova Esperança (FAMENE / FACENE) / Centro de Educação Superior e Sesenvolvimento (CESED - UNIFACISA, FCM, ESAC), Brazil
Henrique Pereira Neiva, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal
Jorge Morais, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal
José Vilaça-Alves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Luís Branquinho, Instituto Politécnico de Portalegre, Portugal
Maria Teresa Anguera, Universidade de Barcelona, Barcelona, Espanha
Pedro Forte, ISCE DOURO - Instituto Superior de Ciências Educativas do Douro, Penafiel Portugal
Ricardo Ferraz, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal

Conselho Editorial Internacional

International Editorial Board

Aldo Filipe Costa, Universidade da Beira Interior, Portugal
André Luiz Gomes Carneiro, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
António José Silva, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
António Miguel de Barros Monteiro, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal
António Prista, Universidade Pedagógica de Moçambique
Aurelio Olmedilla, Universidade de Murcia Espanha
Carlo Baldari, eCampus University Novedrate, Itália
Daniel Almeida Marinho, Universidade da Beira Interior, Portugal
David Paulo Ramalheira Catela, CIEQV, Instituto Politécnico de Santarém, Portugal
Diogo Santos Teixeira, Faculdade de Educação Física e Desporto da Universidade Lusófona, Lisboa
Eduardo Leite, Portugal
Felipe José Aida, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Fernando Navarro Valdivielso, Universidade de Castilla la Mancha, Espanha
Filipe Luís Martins Casanova, Faculdade de Educação Física e Desporto da Universidade Lusófona, Porto, Portugal
Flávio António De Souza Castro, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
Gian Pietro Pietro Emerenziani, Università degli Studi di Catanzaro "Magna Græcia", Italia
Guilherme Tucher, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Helder Miguel Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
Jefferson Silva Novaes, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
João Paulo Vilas-Boas, Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, FADE-UP, Portugal
José Pérez Antonio Turpin, Universidade de Alicante, Espanha
Laura Guidetti, Università degli studi Niccolò Cusano, Italia
Luis Cid, Escola Superior de Desporto de Rio Maior, Rio Maior, Portugal
Marc Cloes, Université de Liège, Belgium
Marek Rejman, Faculdade de Educação Física da Breslândia, Polónia
Maria do Socorro Cirilo de Sousa, Universidade Regional do Cariri, Brasil
Mário Jorge Costa, Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, FADE-UP, Portugal
Martim Bottaro, Universidade de Brasília, Brasil
Michael Bemben, Departamento de Ciências da Saúde e do Exercício, Universidade de Oklahoma, Estados Unidos
Mikel Izquierdo, Departamento de Ciências da Saúde, Universidade Pública de Navarra, Espanha
Nelson Sousa, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Per-Ludvik Kjendlie, Norway
Rafael Franco Soares Oliveira, Escola Superior de Desporto de Rio Maior, Rio Maior, Portugal
Ricardo J. Fernandes, Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, FADE-UP, Portugal
Roberto Simão, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Romeu Mendes, Serviço Nacional de Saúde, Portugal
Raúl Antunes, Escola Superior de Educação e Ciências Sociais do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal
Rubens Vinícius Letieri, Multidisciplinary Research Center in Physical Education, NIMEF, Federal University of Tocantins, UFT
Steven Fleck, Universidade de Wisconsin-Parkside, Estados Unidos
Tiago Barbosa, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal
Victor Machado Reis, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal

SUMÁRIO

Validation of the Aquanex system to assess in-water forces during aquatic exercise	193
Catarina Costa Santos, Mário Jorge Costa, Daniel Almeida Marinho, Nuno Domingos Garrido, Tiago Manuel Barbosa, Sérgio Rosa	
Physiological responses and physical performance of advanced and novice athletes in a specific MMA test	197
Eduardo Figueira Rodrigues, Fabrício Boscolo, José Vilaça-Alves, João Ferreira Lima Neto, Ágata Aranha	
Efeitos de 12 semanas de treinamento de paracanoagem no comprimento, frequência e índice de remada em atletas iniciantes	206
Pedro André da Silva Lins, Juliana Rodrigues Ferreira Andrade, Iaraildo Pereira de Carvalho, Renata Costa Silva, Vinicius Wallace Santos Brito, Jeferson Carvalho Coelho de Gois, Leonardo Gasques Trevisan Costa	
Quality of life in adults and older adults survivors of COVID-19: a retrospective observational study	215
André Pereira dos Santos, Giovani Arita Falha, Jéssica Fernanda Corrêa Cordeiro, Euripedes Barsanulfo Gonçalves Gomide, Lisa Fernanda Mazzonetto, Alcivandro de Sousa Oliveira, Leonardo Santos Lopes da Silva, Pedro Pugliesi Abdalla, Márcio Fernando Tasinafo Júnior, Ana Cláudia Rossini Venturini, Átila Alexandre Trapé, Dalmo Roberto Lopes Machado, Lucimere Bohn, Jorge Mota	
Post-activation potentiation enhancement of countermovement jump performance using velocity-based conditioning protocols with high-loads in active men and women	223
Rafael Peixoto, Rui Canário-Lemos, Tiago Moreira, Guilherme Vilela, Gabriela Lucas Chaves, Felipe Aidar, Filipe Casanova, Gabriela Monteiro, Victor Reis, José Vilaça-Alves,	
Increased risk for signs and clinical symptoms associated with sedentary behaviour in people diagnosed with COVID-19: a retrospective observational study	231
Lisa Fernanda Mazzonetto, Euripedes Barsanulfo Gonçalves Gomide, Alcivandro de Sousa Oliveira, Leonardo Santos Lopes da Silva, Jéssica Fernanda Corrêa Cordeiro, Pedro Pugliesi Abdalla, Márcio Fernando Tasinafo Júnior, Ana Claudia Rossini Venturini, Átila Alexandre Trapé, Jorge Mota, Erlingur Johannsson, Lucimere Bohn, Dalmo Roberto Lopes Machado, André Pereira dos Santos	
Comer transtornado orientado à muscularidade e sintomas de dismorfia muscular em homens insuficientemente ativos e fisicamente ativos	241
Danilo César Paschoalino, Telma Maria Braga Costa	
Correlation between lower limb asymmetry and performance in professional female soccer players	252
Fabio Henrique de Freitas, Victor Gonçalves Corrêa Neto,, Gabriel Paz, Darlan Tavares dos Santos, Estélio Henrique Martin Dantas, Michel Gonçalves, Jeffrey Willardson, Humberto Miranda	
Physical training protocols that influence the 5,000 m time trial performance: a systematic review	259
Anderson Ferreira Gonçalves, Thiago Martins Bueno, Leszek Antoni Szmuchowski, Míriam Raquel Meira Mainenti	
O papel dos afetos em modelos de processamento duplo e sua importância para a adesão ao exercício físico: uma revisão da literatura.....	277
Vasco Bastos, Filipe Rodrigues, Diogo Teixeira	

Validation of the Aquanex system to assess in-water forces during aquatic exercise

Catarina Costa Santos¹ , Mário Jorge Costa^{2,3} , Daniel Almeida Marinho^{1,4} ,
Nuno Domingos Garrido^{4,5} , Tiago Manuel Barbosa^{6,7} , Sérgio Rosa⁶ 

ABSTRACT

The aim of this study was to perform a validation of the Aquanex system to assess in-water forces during aquatic exercise. One sensor (Type A) that composes the differential pressure system (Aquanex v.4.1, STR, USA) was placed inside a wind tunnel (Axial Propellor Fan, England), this last being considered as the gold standard technique for measurement. A frequency inverter was used to control a range of twenty-two frequencies. The mean force (F_{MEAN} , N) acting on the sensor and in the wind tunnel model was measured. The validation criteria were defined as follows: (i) $p > 0.05$ in a paired t-test; (ii) $R^2 \geq 0.49$ in a simple linear regression model; and (iii) at least 80 % of the plots within the limits of agreement in the Bland-Altman plots. The results showed no differences between both methods ($p = 0.884$). A significant relationship with a high effect ($R^2 = 0.573$, $p < 0.001$) was found, as well as a small bias (0.002 N) between the two methods. Thus, the Aquanex system seems to be valid for assessing the in-water forces as it meets all the validation criteria.

KEYWORDS: swimming; pressure sensors; resultant force; methods; device; kinetics.

INTRODUCTION

The research interest in aquatic exercise related to sports performance or health and well-being increased remarkably in the past decades. It is consensual that swimming performance is mainly dependent on the swimmer's capacity to overcome water resistance by applying effective propulsive force in the water. On the other hand, the multidirectional load linked to the drag force acts favourably in developing body strength and promotes adherence to water fitness programs (Barbosa et al., 2007). Thus, the assessment of in-water forces is a key aspect of training control in competitive swimming (Santos et al., 2021b) and can help prescribe exercise in water fitness programs (Santos et al., 2019).

The assessment of in-water force has been done using different pressure systems (Santos et al., 2021a). However, some are based on in-house customised devices that are not

commercially available, integrating four to eight sensors (e.g., Koga et al., 2022; Takagi & Wilson, 1999). In the last couple of years, a commercial system composed of two hand differential pressure sensors (i.e., Aquanex System) has been regularly used for research in swimming (Santos et al., 2021a) and water fitness (Santos et al., 2019, 2021a). In the specific case of swimming, this set-up allows displacement in front crawl without any constraints in stroke mechanics and efficiency (Santos et al., 2022b). Furthermore, it allows swift and real-time feedback for coaches and researchers to track down the in-water force data with accuracy (Santos et al., 2022a).

As far as our understanding goes, the system lacks validation for all aquatic activities and sports. Moreover, there is still no consensus on a gold standard method for measuring the in-water forces in the aquatic environment. So, the Wind Tunnel emerges here as an option for estimating

¹Universidade da Beira Interior, Department of Sports Sciences – Covilhã, Portugal.

²Universidade do Porto, Faculty of Sports – Porto, Portugal.

³Centro de Investigação, Formação, Inovação e Intervenção em Desporto – Porto, Portugal.

⁴Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano – Covilhã, Portugal.

⁵Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Department of Sports Sciences – Vila Real, Portugal.

⁶Instituto Politécnico de Bragança – Bragança, Portugal.

⁷Research Centre for Active Living and Wellbeing – Bragança, Portugal.

*Corresponding author: Universidade da Beira Interior, Departamento de Ciências do Desporto, Rua Marquês de Ávila e Bolama – CEP: 6201-001 – Covilhã, Portugal. E-mail: catarina.costa.santos@ubi.pt

Conflict of interests: nothing to declare. **Funding:** nothing to declare.

Received: 11/07/2023. **Accepted:** 03/13/2024.

hydrodynamic data (Hoffmann et al., 2016) and has been used regularly in cyclic sports for technology development (Bäckström et al., 2016). Therefore, this study aimed to validate the Aquanex System using the Wind Tunnel as a standard measurement device. It was hypothesised that the Aquanex System would meet the validation criteria to assess in-water forces.

METHODS

Experimental design

A differential pressure system (Aquanex v.4.1, Model DU2, Swimming Technology Research, Richmond, USA) used in aquatic exercise (Santos et al., 2021a) and previously reported as a reliable method in swimmers (Santos et al., 2022a) was considered for the present study. The Aquanex system is composed of two hand sensors commonly positioned between the third and fourth proximal phalanges and metacarpals of the practitioners (Santos et al., 2022a). For validity purposes, one sensor (Type A, 3.18 cm × 1.91 cm × 2.54 cm; 0.226 kg) was placed inside a subsonic open-circuit suction type Wind Tunnel (model C2, Armfield Limited, Ringwood, United Kingdom) composed of a test section (octagonal form, 30,4 cm × 30,4 cm × 45,7 cm) and a fan (Axial Propellor Fan, Armfield Limited, Ringwood, United Kingdom). The fan system allows the insufflation of the air inside the test section imposed by an electric motor frequency inverter (DV-700, Panasonic, Osaka, Japan).

The sensor was fixed vertically with a rigid iron oriented to the cone at the base of the test section inside the Wind Tunnel and attached to a two-channel A/D converter connected to a laptop with the Aquanex software (Figure 1).



Figure 1. The assessment setup with the (A) Wind Tunnel, (B) Type A sensor and (C) Aquanex system.

Before all measurements, the system was properly calibrated (force equal to zero) as previously reported (Santos et al., 2022a). The force output acquired with the system (in Newton, N) was derived by multiplying the pressure by the area (Santos et al., 2021b). To measure the mean force (F_{MEAN} , N) of both methods, the air was sucked through the test section by the fan located at the rear of the Wind Tunnel. A range of twenty-two frequencies (i.e., velocities) were controlled through the frequency inverter starting at 12Hz and increasing by 2Hz, up to 54Hz. Afterwards, the F_{MEAN} acting on the sensor at each velocity was obtained by considering the frontal area of the sensor.

Statistical analysis

The normality and homoscedasticity of the data were checked using the Shapiro-Wilk and Levene tests, respectively. The mean and one standard deviation ($M \pm 1SD$) were computed as descriptive statistics. A paired sample t-test was used to compare the F_{MEAN} between both methods. Simple linear regression models between both methods were computed for F_{MEAN} . As a rule of thumb, effect sizes were interpreted as: (i) very weak if $R^2 < 0.04$, weak if $0.04 \leq R^2 < 0.16$, moderate if $0.16 \leq R^2 < 0.49$, high if $0.49 \leq R^2 < 0.81$, and very high if $0.81 \leq R^2 < 1.0$. The Bland-Altman plots with 95% limits of agreement (LoA) were used to display the systematic differences between the two methods. The bias (mean difference), standard deviation (SD), and upper and lower LoA were calculated (Bland & Altman, 1986).

The validation was analyzed considering three validation criteria, as previously reported (Barbosa et al., 2011): (i) $p > 0.05$ in a paired t-test; (ii) $R^2 \geq 0.49$ in a simple linear regression model; and (iii) at least 80% of the plots within the limits of agreement in the Bland-Altman plots. All statistical analyses were performed in the SPSS software (v.27, IBM, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) and GraphPad Prism (v.9, GraphPad Software, San Diego, CA, USA).

RESULTS

No differences in F_{MEAN} were found when comparing the Aquanex System and the Wind Tunnel (Aquanex System: 0.250 ± 0.087 N, Wind Tunnel: 0.244 ± 0.086 N; $p = 0.884$). Linear regression models between both methods showed significant relationships with a high effect ($R^2 = 0.573$, $p < 0.001$) for F_{MEAN} (Figure 2). The Bland-Altman method revealed that 95.5% of the plots (i.e., more than 80%) were within the upper and lower LoA (Figure 3), and the bias was small (0.002 N).

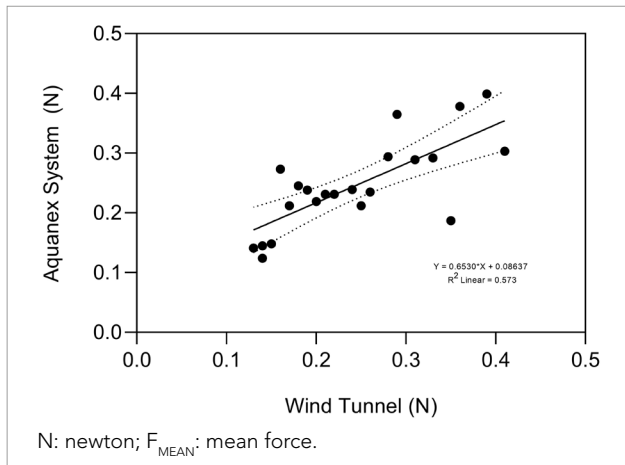


Figure 2. Scattergram with the main trendline (solid line), 95% confidence interval (dotted lines), and determination coefficient (R^2).

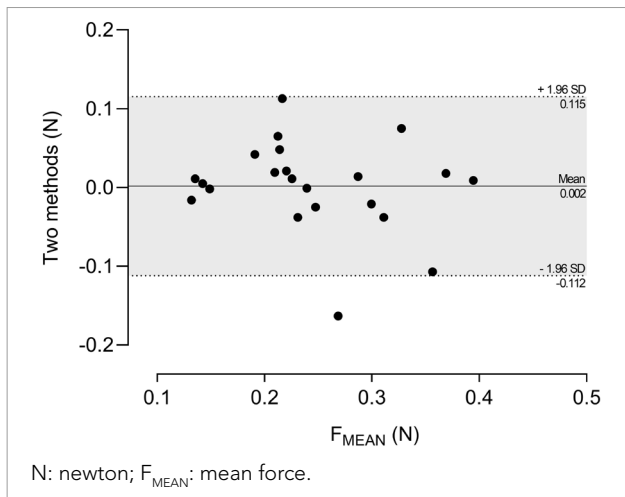


Figure 3. Bland-Altman plots of the difference between Aquanex System and Wind Tunnel (y-axis) and mean of measurements (x-axis). Dotted lines represent the upper and lower 95% LoA (mean differences ± 1.96 SD of the differences), and solid lines represent the mean differences between the two methods (bias).

DISCUSSION

The key finding of this study is that the Aquanex system accomplished the three validation criteria regarding the signal acquisition compared to the Wind Tunnel, considered the gold standard.

Field-oriented research helps improve technology (Barbosa et al., 2023), and researchers and coaches can go deeper into the training evaluation process using cutting-edge experimental methods (Santos et al., 2023). Since they continually strive for more accurate methods to enhance performance (Mooney et al., 2015) or health/well-being (Santos et al., 2020), a boost in technological advances has been observed to

get more friendly and ecological assessments that resemble as closely as possible water environment (Santos et al., 2022b). Ensuring high levels of validity and reliability is crucial to have accurate control (Atkinson & Nevill, 1998; Hopkins, 2000) and to avoid measurement errors or inter-individual differences that do not reflect the real context of practice (Hopkins et al., 1999). For instance, validation studies in aquatic exercise have been developed mainly for physiologic and biomechanic purposes (e.g., Barbosa et al., 2011), protocols or measures (e.g., Colado & Brasil, 2019).

Although there is still no consensus on a gold standard method for measuring in-water forces, the existing tools should mimic as much as possible the movement pattern of the body limbs (Santos et al., 2021b). Within this, pressure sensors, namely the Aquanex System, allow a displacement throughout the water without constraints (Santos et al., 2022b). However, as far as our understanding goes, a specific validation of the system has not been reported yet. Hence, this study is the first to provide data about validation with the Aquanex System.

When comparing the Aquanex System and the Wind Tunnel, some tiny biases were found, which might be explained by the “nature” of the assessments and the interaction of the different fluids’ characteristics. For instance, water is more than 800 times dense than air (Carr, 2004), implying that the resistance to movement in this environment is higher than in air. Thus, the sensors can be highly sensitive to the air velocity while maintaining a pressure absence (which does not happen in the water). This can explain why the mean values were lower than those retrieved from the assessment conducted in a more ecological and valid environment (i.e., water) (Santos et al., 2019, 2021b; 2022a). Still, there is a high level of consistency on both the qualitative and quantitative levels when the Wind Tunnel is used to determine hydrodynamic data (Hoffmann et al., 2016).

Since this is the first step to validate the usefulness of a two-hand pressure system for in-water force measurements, a few limitations can be pointed out: (i) the use of a wind tunnel instead of a water channel to compare F_{MEAN} values and (ii) the assessments were made under the assumption that both sensors are equal. Future studies should try to use a water channel in a broad range of variables (e.g., peak force or higher velocities) to see if the results follow the same trend.

CONCLUSIONS

The Aquanex System presented a high validation and accuracy. The system seems to be an appropriate device to assess the in-water forces in aquatic sports and exercise.

This means that coaches and health professionals can use the Aquanex System to detect acute responses or long-term adaptations in human kinetics for performance, conditioning, or rehabilitation purposes.

REFERENCES

- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217-238. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826040-00002>
- Bäckström, M., Carlsson, P., Danvind, J., Koptjug, A., Sundström, D., & Tinnsten, M. (2016). A new wind tunnel facility dedicated to sports technology research and development. *Procedia Engineering*, 147, 62-67. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.190>
- Barbosa, T. M., Barbosa, A. C., Simbaña Escobar, D., Mullen, G. J., Cossor, J. M., Hodierna, R., Arellano, R., & Mason, B. R. (2023). The role of the biomechanics analyst in swimming training and competition analysis. *Sports Biomechanics*, 22(12), 1734-1751. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1960417>
- Barbosa, T. M., Costa, M. J., Morais, J. E., Jesus, S., Silva, A., Batista, J., & Gonçalves, J. (2011). Validation of an integrated system to assess horizontal intra-cyclic velocity with a mechanical speedometer. In: Vilas-Boas, J., Machado, L., Kim, W., & Veloso, A. (Eds.), *Biomechanics in Sports* (29, pp. 833-835). Portuguese Journal of Sports Science.
- Barbosa, T. M., Garrido, M. F., & Bragada, J. (2007). Physiological adaptations to head-out aquatic exercises with different levels of body immersion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1255-1259. <https://doi.org/10.1519/r-20896.1>
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 327(8476), 307-310. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(86\)90837-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8)
- Carr, G. (2004). *Sport Mechanics for Coaches*. Human Kinetics.
- Colado, J. C., & Brasil, R. M. (2019). Concurrent and construct validation of a scale for rating perceived exertion in aquatic cycling for young men. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(4), 695-707.
- Hoffmann, K., Rasmussen, J. T., Hansen, S. O., Reiso, M., Isaksen, B., & Aasland, T. E. (2016). The use of wind tunnel facilities to estimate hydrodynamic data. *EPJ Web of Conferences*, 114, 02040. <https://doi.org/10.1051/epjconf/201611402040>
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1-15. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>
- Hopkins, W. G., Hawley, J. A., & Burke, L. M. (1999). Design and analysis of research on sport performance enhancement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(3), 472-485. <https://doi.org/10.1097/00005768-199903000-00018>
- Koga, D., Tsunokawa, T., Sengoku, Y., Homoto, K., Nakazono, Y., & Takagi, H. (2022). Relationship between hand kinematics, hand hydrodynamic pressure distribution and hand propulsive force in sprint front crawl swimming. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 786459. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.786459>
- Mooney, R., Corley, G., Godfrey, A., Quinlan, L. R., & ÓLaighin, G. (2015). Inertial Sensor Technology for Elite Swimming Performance Analysis: A Systematic Review. *Sensors*, 16(1), 18. <https://doi.org/10.3390/s16010018>
- Santos, C. C., Barbosa, T. M., & Costa, M. J. (2020). Biomechanical responses to water fitness programmes: a narrative review. *Motricidade*, 16(3), 205-215. <https://doi.org/10.6063/motricidade.20052>
- Santos, C. C., Costa, M. J., Bartolomeu, R. F., Barbosa, T. M., & Rama, L. M. (2021a). Force production and symmetry in water fitness exercises: a gender comparison. *Motricidade*, 17(4), 399-405. <https://doi.org/10.6063/motricidade.25565>
- Santos, C. C., Costa, M. J., Forte, P., & Marinho, D. A. (2023). A comparison of load cell and pressure sensors to measure in-water force in young competitive swimmers. *Journal of Biomechanics*, 160, 111815. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2023.111815>
- Santos, C. C., Marinho, D. A., & Costa, M. J. (2022a). Reliability of using a pressure sensor system to measure in-water force in young competitive swimmers. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10, 903753. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.903753>
- Santos, C. C., Marinho, D. A., & Costa, M. J. (2022b). The mechanical and efficiency constraints when swimming front crawl with the Aquanex System. *Journal of Human Kinetics*, 84, 166-173. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0090>
- Santos, C. C., Marinho, D. A., Neiva, H. P., & Costa, M. J. (2021b). Propulsive forces in human competitive swimming: a systematic review on direct assessment methods. *Sports Biomechanics*, Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1953574>
- Santos, C. C., Rama, L. M., Marinho, D. A., Barbosa, T. M., & Costa, M. J. (2019). Kinetic Analysis of Water Fitness Exercises: Contributions for Strength Development. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(19), 3784. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193784>
- Takagi, H., & Wilson, B. (1999). Calculating hydrodynamic force by using pressure difference in swimming. In: Keskinen, K., Komi, P., & Hollander, A. P. (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII* (pp. 101-106). Gummerus.

Physiological responses and physical performance of advanced and novice athletes in a specific MMA test

Eduardo Figueira Rodrigues^{1,2*} , Fabrício Boscolo³ , José Vilaça-Alves^{4,5} ,
João Ferreira Lima Neto⁶ , Ágata Aranha⁴ 

ABSTRACT

In Mixed Martial Arts (MMA), the evaluation of athletes' performance is carried out mostly through non-specific tests. So far, there is only one specific test, the Anaerobic Specific Assessment for Mixed Martial Arts (ASA_{MMA}). Thus, the objective of the present study was to apply ASA_{MMA} to MMA athletes and compare their performance according to the competitive level. In the present study, 20 MMA athletes were involved, 10 advanced (ADV: 33.80 ± 4.80 years; height 179.40 ± 9.31 cm and 88.50 ± 20.83 kg) and 10 novices (NOV: 34.50 ± 5.81 years; 174.90 ± 5.99 cm and 86.00 ± 10.68 kg). In the first experimental session, anthropometric, resting heart rate (HR) and lactate (LA) measurements were performed. In the second session, ASA_{MMA} was applied. Due to the physiological demand of the evaluation, ADV athletes performed three rounds, and the NOV only performed one round. At the end of each round, the following were recorded: i) HR values, ii) blood LA concentration, iii) total number of sequences performed per round and iv) fatigue index in ASA_{MMA} . Regarding mean HR, differences were observed between groups (ADV: 167 ± 7.27 bpm and $89.2 \pm 11.9\%$ of maximum HR; NOV: 179 ± 3.8 bpm and $96.3 \pm 3, 7\%$ of maximum HR; $p < 0.001$). After the first round, LA concentration was 15.08 ± 2.86 mmol/L in ADV and 17.15 ± 1.36 mmol/L in NOV ($p = 0.054$). Among ADV, the LA increased throughout the rounds ($F_{(2,10)} = 5.81$; $p = 0.0111$; $\eta^2 = 0.39$). ADV athletes performed a higher number of sequences in the first round (71.8 ± 7.87 versus 65.6 ± 2.87 repetitions; $p = 0.003$). However, in the analysis of repeated measures, a reduction in the number of sequences was observed throughout the rounds ($F_{(2,10)} = 14.37$; $p < 0.001$). Negative correlations were found between body fat percentage and ASA_{MMA} performance ($p < 0.05$) and between mean HR and ASA_{MMA} performance ($p < 0.01$). ASA_{MMA} can discriminate between advanced and novice athletes, both from a physiological (using heart rate as an indicator) and physical point of view, based on the number of sequences of movements.

KEYWORDS: martial arts; psychophysiology; sports; exercise; athletic performance.

INTRODUCTION

The combat sport named mixed martial arts (MMA) began in the third decade of the 20th century, when Carlos Gracie, one of the founders of "Gracie jiu-jitsu" (also known as Brazilian jiu-jitsu), invited competitors from different combat modalities to participate in the same event with few rules. MMA's fame has increased since 1993, with the first

edition of the Ultimate Fighting Championship (UFC) in Denver, Colorado (Malanowski & Baima, 2021). Since then, MMA has become one of the fastest growing sports in the world. (Collier et al., 2011), gaining a lot of space in the media (Martin et al., 2015). However, this media advance was not accompanied at the same pace by the scientific support of the training and evaluation methodologies used by

¹Palms Sports – Abu Dhabi, United Arab Emirates.

²Universidade Cesumar – Dubai, United Arab Emirates.

³Universidade Federal de Pelotas – Pelotas (RS), Brazil.

⁴Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Departamento de Ciências do Desporto, Exercício e Saúde – Vila Real, Portugal.

⁵Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano – Vila Real, Portugal.

⁶Faculdade Católica da Paraíba – Cajazeiras (PB), Brazil.

*Corresponding author: Oud Metha Offices Building, 1st floor – GRG Business Center – Dubai, United Arab Emirates.

E-mail: advisor.defense@gmail.com

Conflict of interests: nothing to declare. **Funding:** nothing to declare.

Received: 02/22/2023. **Accepted:** 02/27/2024.

MMA athletes (Del Vecchio & Ferreira, 2013; Kirk et al., 2021). A systematic review of MMA was carried out by Bueno et al. (2022) highlighting a lack of studies focusing on technical-tactical aspects and physical fitness in MMA.

MMA requires intense physical effort from its practitioners, as it incorporates different techniques from different modalities, requiring many physical abilities and a need to train the technical, physical and tactical components in the same week (Bounty et al., 2011). This training density, when there is no properly structured planning, can lead to physical and psychological overload of the athlete (Kirk et al., 2021), may increase the risk of injury both during training periods and in competition (Ross et al., 2021). In this way, there is a need to increase scientific knowledge in planning MMA training in order to enhance the athlete's performance and reduce the risk of injury (Andrade et al., 2019), as well as looking for evaluation models that allow identifying the athlete's state of readiness for competitions (Chernozub et al., 2022).

The MMA athlete has peak oxygen consumption values (VO_2 peak) from 44.2 ± 6.7 $\text{mLO}_2/\text{kg}/\text{min}$ to 55.5 ± 7.3 $\text{mLO}_2/\text{kg}/\text{min}$, estimated body fat percentage of $13.4 \pm 5.6\%$, squat jump and countermovement jump of 51 cm and 45 cm (professionals and amateurs, respectively), long standing jump of 2.19 ± 0.31 m, performs an average of 42 repetitions of sit-ups in 30s and 37 ± 9 repetitions of push-ups in the same duration, maintains an average of 35 ± 10 s on the isometric pull on fixed bar and perform the bench press exercise, on average, with a load of 1.21 ± 0.18 kg per body mass for professionals and 1.07 ± 0.20 kg per body mass for amateurs (Andrade et al., 2019; Bueno et al., 2022). However, only the VO_2 peak was obtained through a specific test of the MMA, with the remaining indicators of neuromuscular capacity being obtained through indirect tests not specific to the modality (Andrade et al., 2019; Bueno et al., 2022).

There are already validated tests measuring different physical abilities for combat sports, such as judo (Franchini et al., 2009), wrestling (Marković et al., 2021), jiu-jitsu (da Silva Junior et al., 2022), karate (Chaabène et al., 2012) and taekwondo (Tayech et al., 2019), being able, in the case of judo and jiu-jitsu, to differentiate the competitive level of the athletes (da Silva Junior et al., 2022; Franchini et al., 2009). In relation to MMA, until now, the evaluation of athletes' performance is carried out mostly through non-specific tests (Plush et al., 2021). As far as we know, there is only the test proposed by Paiva and Del Vecchio (2009) named Anaerobic Specific Assessment for Mixed Martial Arts (ASA_{MMA}).

The elaboration of the ASA_{MMA} test was based on the duration of the MMA matches (3 to 5 rounds of five minutes,

with a minute interval between them) and the analysis of the execution time of the different techniques used in the combat, conducted through the study of the MMA matches' dynamics (Del Vecchio et al., 2011). ASA_{MMA} is associated with the aerobic capacity of $r = 0.87$ and $r = 0.60$ to aerobic power, both physical abilities measured in generic tests (Andrade et al., 2022). The ASA_{MMA} result variation in amateur athletes between 3.1% and 4.3%. However, there are no studies showing if ASA_{MMA} can distinguish different groups of athletes. Thus, the objective of the present study was to apply the ASA_{MMA} in MMA athletes, and compare their performance according to the competitive level.

METHODS

Type of study and characterisation of variables

The present investigation presents an experimental design (Atkinson & Nevill, 2001). As independent variables, moment (rounds 1, 2 and 3) and competitive level (novice versus advanced) were considered. Physiological parameters (heart rate and blood lactate concentration) and ASA_{MMA} performance parameters (number of strikes) were adopted as dependent variables.

Participants

Male MMA practitioners were involved, aged between 25 and 45 years old, with regular practice (3 times a week in the last 3 months). The sample size was determined using the G-Power software (version 3.1.9.7, Germany), using data from the study by Andrade et al. (2022) as a reference to estimate the required sample size. It was considered that the present study should contain two groups (advanced and novices), and a necessary sample of 10 individuals per group was calculated (5% alpha; 95% beta; statistical power ≥ 0.95). Thus, 20 MMA athletes were intentionally recruited ($\text{age} = 34 \pm 5$ years [95%CI 31.8–36.4]; $\text{height} = 1.77 \pm 0.07$ m [95%CI 1.73–1.80]; $\text{body mass} = 87.2 \pm 16.2$ kg [95%CI 80.2–94.3]; $\text{BMI} = 27.6 \pm 3.3$ [95%CI 26.2–29.1]), all of them Brazilians residing in the United Arab Emirates in the period between January and October of 2022.

Procedures

After recruiting participants, visits to data collection sites were previously scheduled. Participants should be in a fed state (between 2 and 4 hours after the last meal), with a night's sleep of 8 hours or more and without high-intensity efforts on the day before data collection.

Two experimental sessions were required for the present study, separated by 24 to 48 hours. In the first session, the study procedures, and possible discomforts that participation could cause were presented. Clarification about the study design and data collection was allowed to the participants. Then, the participants who agreed to participate in the study read and signed an informed consent form. All procedures in this study followed the ethical precepts presented in the Declaration of Helsinki.

Still, in the first session, the participants completed a form with personal data and a standardised questionnaire on the level of competitive performance, in which the athletes are ranked, taking into account a scale from 1 (it represents that the athlete has not practised the sport for more 1 year) until 10, when the athlete has represented the country competitively in this sport (Manning & Pickup, 1998; Manning & Taylor, 2001). Based on the result of the questionnaire regarding competitive level, the participants were allocated into groups (Advanced = 8.5 ± 2.1 points; Novices = 2.6 ± 0.2 points; $t = 12.24$; $p < 0.001$). In the same session, height (SECA stadiometer, model 213, Deutschland, Germany, with 0.1 cm precision), body mass (EUFY scale, model C1, Changsha, China, with precision of 100 grams), and body fat percentage were measured. For this, a previously calibrated calliper was used (CESCORF®, Porto Alegre, Brazil), and the three-skinfold protocol — pectoral, abdomen and thigh — was used to estimate body density (Jackson & Pollock, 1978). Each skinfold was measured three times by a single evaluator and in a rotation system. After calculating the body density, the Siri equation was Applied to estimate body fat percentage (Siri, 1961).

Finally, in that same session, the participant was positioned in dorsal decubitus, and after 10 min of rest, the heart rate was measured for 5 min (Polar™ heart rate monitor, model H10, Kempele, Finland), and the average value of the period was considered (Schaffarczyk et al., 2022). Blood lactate was also measured at rest from a puncture in the digital pulp, with extraction of 0.8 µL and reading on portable equipment (Lactate Detect TD-4261 lactometer, EcoDiagnostica®, Nova Lima, Brazil).

In the second session, ASA_{MMA} was applied. All participants were in the official uniform allowed for MMA events, consisting of shorts, 4 oz gloves and mouth guard, to increase specificity in relation to a real fight. Initially, the participants had 5 minutes to perform a targeted and modality-specific warm-up with self-selected movements of punches, kicks, dodges and displacements at light to moderate intensity. The evaluation procedure was performed in an environment with controlled temperature (25°C) and humidity (85%) in

a space with dimensions of 10 m x 10 m intended for the practice of martial arts, lined with 50 mm EVA™ rubberised plates.

The ASA_{MMA} has a total duration of 1020 seconds (17 minutes), with 600 seconds of total motor actions distributed in 3 rounds with 420 seconds of pause (the pause time includes the interval between rounds). This duration of 600 s is distributed in 3 rounds, with 1 min rest between each. Each round consists of 3 blocks of efforts with specific MMA movements, which are repeated until the end of the total time for each round (movie: <https://youtu.be/S7Sn7-ikNN4>). Each effort block lasts 20 seconds and is performed at maximal intensity, followed by a 10-second active pause when the participant simulates low-intensity movements. Once the recovery is complete, the participant starts block 2 and so on (Figure 1).

Block 1: interaction

Lasting 20 seconds, the sequence jab/cross/semi-circle kick/sprawl is repeated until the end. For its realisation, a small rubberised training area of 10 m² is necessary, as well as the use of a punching bag for the movements of punches, kicks and sprawl (takedown defence).

Block 2: projection

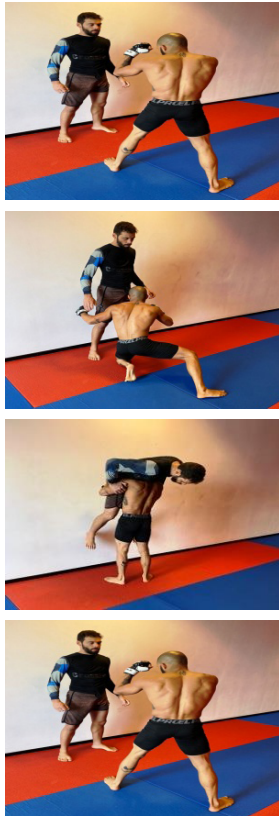
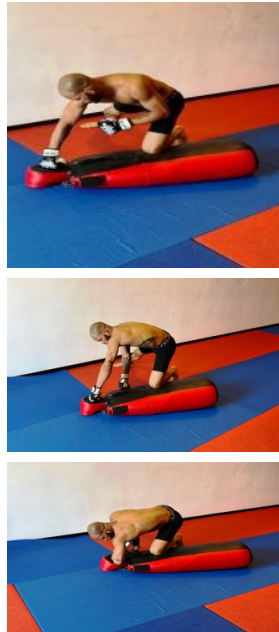
With a duration of 20 seconds and with the help of a partner, projection movements (double leg) are performed. The training partner remains leaning against the wall, and the subject must remove the training partner from the same weight category from the ground without finishing the projection.

Block 3: ground & pound

A dummy or a punching bag on the ground is used to perform the movement known as Ground and Pound (punches and elbows on the ground level, with the subject evaluated on the dummy). In this block, jab, cross and elbow sequences are performed in the position known as “knee on the belly” for both sides, alternated after executing the three techniques sequentially.

These three blocks are repeated successively within each 5-minute round, and the last 20 s of the round are composed of a sequence (final sprint) of jab, cross and kick in the standing position, completing the 300 seconds, that is, 5 minutes (1 MMA round time). At the end of the 5 min of the first round, the subject recovers for 1 minute and then repeats the process two more times, totalling 3 rounds.

Participants were verbally encouraged at all times to perform as many repetitions as possible while performing

Block	1		2		3	
Technique	Jab/Cross/Kick/Sprawl	Pause	Double leg on the wall	Pause	Ground and Pound	Pause
Duration	20 s	10 s	20 s	10 s	20 s	10 s
						
Repetitions	3 rounds, with 1 minute rest between them.					
Total duration	5 minutes each round*					

*At the end of each round, perform a 20 s jab-cross-kick (final sprint) in maximal intensity

Figure 1. Structure of the Anaerobic Specific Assessment for Mixed Martial Arts (ASA_{MMA}).

ASA_{MMA} , maintaining proper form. In the present study, the individuals wore the heart rate monitor throughout the test to evaluate physiological variables. Thus, the mean heart rate (HR) values (HRMean) were recorded at the end of each round (HRR1, HRR2, HRR3), absolutely (bpm) and relative to the maximum HR (%HRmax) estimated by the Equation 1 (Tanaka et al., 2001):

$$HR_{max} = 208 - 0.7 \times \text{age} \quad (1)$$

At the end of each round, blood lactate concentration was also measured.

For the performance data collection during ASA_{MMA} (total sequences of strikes landed per round), a sheet of the

scorecard was previously printed and stored in a digital spreadsheet. Due to the importance of knowing the cadence of each round, the fatigue index was also calculated in ASA_{MMA} , and the average of the total number of sequences in round 2 and round 3 was added and divided by 2, then this quotient was divided by the total number of sequences in round 1. In this sense, values up to 0.5 were considered as low resistance to fatigue; values up to 0.8 as moderate resistance to fatigue; and values above 0.8 high resistance to fatigue (Paiva & Del Vecchio, 2009). In general, it is indicated that the advanced athletes performed the three rounds of the standard ASA_{MMA} test. However, for safety reasons, the novice participants performed only one round, composed of 5 min of high-intensity intermittent efforts.

Statistical analysis

Descriptive and inferential statistics were used for data analysis. Initially, mean, and respective standard deviations were adopted as measures of centrality and dispersion. Correlation analyses were performed for variables of interest using Pearson's test.

For comparisons between groups (Advanced and Novice), Student's t-test was adopted for independent samples, and the magnitude of the difference was calculated using Cohen's d , which can be classified as small ($d=0.20$), medium ($d=0.50$) and large ($d=0.8$) and very large when $d=1.2$ (Sawilowsky, 2009).

In the comparison between rounds for the trained athletes, the analysis of variance (ANOVA) of repeated measures in the moment factor and Bonferroni's post-hoc were applied to locate the differences. In the comparisons between Advanced and Novice, ANOVA was used for repeated measures (moments X groups), using *post-hoc* Tukey for groups and Bonferroni for moments. Prior to the ANOVA, the Mauchly test was performed to test the sphericity of the data and the Greenhouse-Geiser correction was used when necessary (Maia et al., 2004). The magnitude of differences was presented using eta squared (η^2), which can be classified as small (0.1), medium (0.24) or large (0.37) (Cohen, 1988). The significance level was set at 5%.

RESULTS

Data related to the participants' characteristics are presented in Table 1. In it, there were no significant differences for age ($p=0.77$; $d=0.13$), height ($p=0.21$; $d=0.57$), body mass ($p=0.74$; $d=0.15$), lactate ($p=0.91$; $d=0.05$), HR at rest and maximum HR estimated by age ($p=0.74$; $d=0.15$). Only the body fat showed a value close to statistical significance ($p=0.056$; $d=0.91$). Among the anthropometric variables, there was a significant correlation between body mass and body fat percentage ($r=0.65$; $p=0.002$; Table 2).

In relation to the heart rate during ASA_{MMA} , it is identified statistically significant differences between groups for HRMean ($p<0.001$; $d=2.17$), and advanced athletes presented 167 ± 7 , 27 bpm, and novices exhibited 179 ± 3.8 bpm. The same occurred for values after the first round ($p=0.028$; $d=1.07$). Regarding the maximum HR percentages, the average HR values in the first round reached $89.2\pm 11.9\%$ in advanced athletes and $96.3\pm 3.7\%$ in novices ($p<0.001$; $d=2.73$). The comparison between rounds was only possible in the group of advanced athletes, given that novice athletes performed only one round (Figure 2, Panel A). Specifically in the advanced group, the analysis of repeated measures of heart rate according to round (rounds 1, 2 and 3) showed no effect for the moment factor ($F(2;10)=1.68$; $p=0.21$; $\eta^2=0.16$).

Regarding the blood lactate, it is identified that the data after the first round approached the level of significance adopted in the comparison between groups ($p=0.054$; $d=0.92$) when advanced athletes presented 15.08 ± 2 , 86 mmol/L and novices exhibited 17.15 ± 1.36 mmol/L. The comparison between rounds was only possible in the group of advanced athletes, given that novice athletes performed only one round (Figure 2, Panel B). Regarding the advanced ones, the analysis of repeated measurements of blood lactate according to round (rounds 1, 2 and 3) showed significant differences between moments ($F(2;10)=5.81$; $p=0.0111$; $\eta^2=0.39$), and the Bonferroni *post-hoc* identified that the difference is located between rounds 1 and 3 (17.3 ± 2.08 mmol/L; $p=0.045$).

There were differences identified between groups considering the number of sequences of movements performed in the first round of ASA_{MMA} ($p=0.003$; $d=1.046$), with advanced athletes presenting 71.8 ± 7.87 strikes and novices exhibiting 65.6 ± 2.87 strikes. The comparison between rounds was only possible in the first group (Figure 3). In relation to the advanced athletes, the analysis of repeated measurements of cadence of strikes according to round (rounds 1, 2

Table 1. Descriptive values (mean $\pm$ SD) of the sample and comparisons by group.

	Advanced (n= 10)		Novice (n= 10)		p-value	Cohen's d
Age (years)	33.80	± 4.80	34.50	± 5.81	0.77	0.13
Height (cm)	179.40	± 9.31	174.90	± 5.99	0.21	0.57
Weight (kg)	88.50	± 20.83	86.00	± 10.68	0.74	0.15
Body fat (%)	17.42	± 7.47	23.97	± 6.85	0.056	0.91
HR maximum (bpm)	186.30	± 4.64	185.50	± 5.81	0.74	0.15
HR rest (bpm)	67.1	± 3.51	68.7	± 3.26	0.30	0.74
Lactate rest (mmol/L)	2.1	± 0.22	2.09	± 0.15	0.91	0.05

HR: heart rate.

and 3) showed statistically significant differences between moments ($F(2;10)= 14.37$; $p< 0.001$; $\eta^2= 0.61$), and the Bonferroni *post-hoc* identified that the differences are located

between rounds 1 and 2 ($p= 0.04$), 1 and 3 ($p= 0.005$) and 2 and 3 ($p= 0.017$). Finally, regarding the fatigue index, a performance of 0.90 ± 0.08 is indicated, and of the 10

Table 2. Correlation pairs, with respective Pearson's r and significance level.

Variable 1	versus	Variable 2	n [*]	Pearson's r		p-value
Body mass (kg)	versus	Body fat (%)	20	0.657	**	0.002
Body fat (%)	versus	HR mean (%HR max)	20	0.474	*	0.035
Body fat (%)	versus	Sequences of movement R1	20	-0.469	*	0.037
Body fat (%)	versus	Sequences of movement R3	10	-0.647	*	0.043
Body fat (%)	versus	Fatigue index	10	-0.682	*	0.030
HR R1 (bpm)	versus	HR R2 (bpm)	10	0.706	*	0.023
HR R1 (bpm)	versus	HR R3 (bpm)	10	0.725	*	0.018
HR R1 (bpm)	versus	HR mean during test (bpm)	20	0.786	***	< 0.001
HR R1 (bpm)	versus	HR mean (%HR max)	20	0.615	**	0.004
HR R2 (bpm)	versus	HR R3 (bpm)	10	0.939	***	< 0.001
HR R2 (bpm)	versus	HR mean during test (bpm)	10	0.792	**	0.006
HR R2 (bpm)	versus	HR mean (%HR max)	10	0.811	**	0.004
HR R3 (bpm)	versus	HR mean during test (bpm)	10	0.702	*	0.024
HR R3 (bpm)	versus	HR mean (%HR max)	10	0.752	*	0.012
HR mean during test (bpm)	versus	HR mean (%HR max)	20	0.840	***	< 0.001
HR mean during test (bpm)	versus	Lactate in round 1	20	0.457	*	0.043
HR mean during test (bpm)	versus	Sequences of movements R1	20	-0.538	*	0.014
HR mean (%HR max)	versus	Sequences of movements R1	20	-0.601	**	0.005
Lactate R2	versus	Lactate R3	10	0.852	**	0.002
Sequences of movements R1	versus	Sequences of movements R2	10	0.863	**	0.001
Sequences of movements R1	versus	Sequences of movements R3	10	0.855	**	0.002
Sequences of movements R2	versus	Sequences of movements R3	10	0.985	***	< 0.001
Sequences of movements R2	versus	Fatigue index	10	0.766	**	0.010
Sequences of movements R3	versus	Fatigue index	10	0.778	**	0.008

#n varied according to the number of athletes observed (only advanced or advanced plus novice); * $p< 0,05$, ** $p< 0,01$, *** $p< 0,001$; R1, R2, and R3: rounds 1, 2, and 3; HR: heart rate.

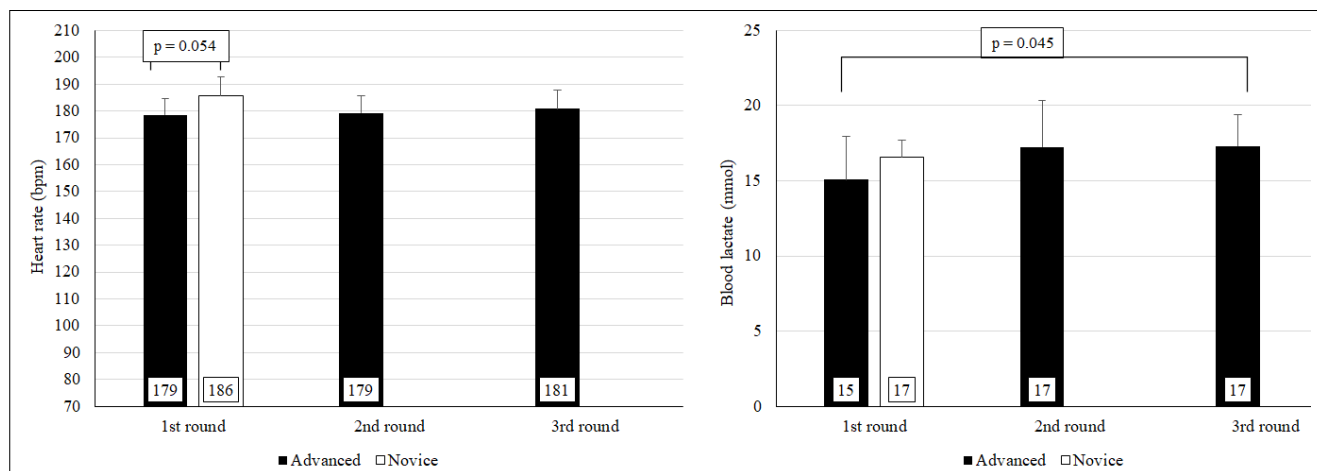


Figure 2. (A) Heart rate and (B) lactate, according to group and round.

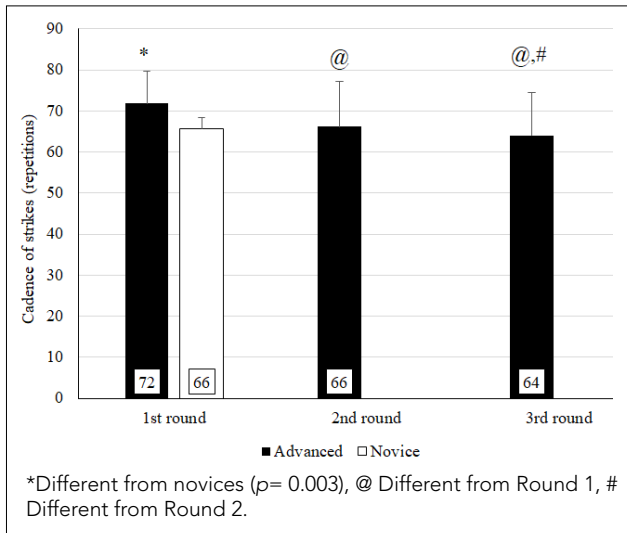


Figure 3. Sequences of movements by group (advanced and novice) and round.

advanced athletes, only one presented a score classified as moderate (0.74).

The correlational analyses present significant values between anthropometric, physiological, and physical performance parameters in Table 2.

DISCUSSION

The purpose of the present study was to investigate the physiological and physical performance responses of advanced and novice practitioners in a specific MMA test. The main findings of the present study indicated that (i) the participants did not differ in terms of age, body composition, HR and resting lactate, (ii) HR at the end of the first round was higher in the novice athletes, (iii) in the advanced group, the lactate values at the end of the third round were higher than the values of the first round and, finally, (iv) among advanced group, the number of sequences of strikes was higher than for novices, decreasing over the rounds.

The evaluation of MMA athletes was widely performed with nonspecific tests of strength, power, flexibility, and cardiorespiratory fitness (Andrade et al., 2019; Bueno et al., 2022; Plush et al., 2021). However, there is a lack of specific tests, as the Anaerobic Specific Assessment for Mixed Martial Arts (ASA_{MMA}), a procedure that was developed considering: i) duration of MMA fights (Bounty et al., 2011), ii) the temporality of the combats in relation to the periods of effort and pause (Miarka et al., 2016; Coswig et al., 2016), and iii) the technical-tactical dynamics, considering the most used techniques (Del Vecchio et al., 2011).

In a recent investigation, Andrade et al. (2022) tested the reproducibility of ASA_{MMA} with 12 amateur fighters and found no significant differences between test and retest, with intraclass correlation coefficients between 0.5 (movement sequences) and 0.9 (rating of perceived exertion). Complementarily, values lower than 5% were observed in the coefficient of variation (CV) for most of the variables measured (between 3.1% and 4.3%), although values close to 10% were identified in the fatigue index. Finally, significant correlations were identified between ASA_{MMA} performance and maximal oxygen consumption in the incremental test ($r=0.67$; $p<0.05$) and aerobic capacity ($r=0.96$; $p<0.05$), but the absence of correlations with the Wingate test (30 s), probably due to the duration of the tests (Andrade et al., 2022).

Heart rate is a relevant parameter to evaluate and monitor in combat sports athletes (Slimani et al., 2018). Various tests, such as the Special Judo Fitness Test (Franchini et al., 2009), correlate heart rate with the number of projections, with a lower index in the test revealing better performance. From a physiological point of view, the average HR (absolute and relative) during the first test round was higher in the group of novice athletes, which may be due to better aerobic fitness among advanced fighters (Del Vecchio & Ferreira, 2013), promoting lower cardiorespiratory demand during ASA_{MMA} (Bounty et al., 2011).

Regarding blood lactate, it is indicated that it is associated with the glycolytic demand of physical exertion. In this sense, official or simulated MMA fights present values close to 16 mmol/L (Coswig et al., 2016), values similar to those found in the present study — and which indicate a high demand for the anaerobic component of energy supply (Del Vecchio et al., 2011). Considering that high values of blood lactate can affect muscle contractility mechanisms by interfering with interactions at the level of cross bridges, this could partially explain the loss of performance over the rounds, inferred by the reduction in the number of sequences of movements. However, the present study highlights a high resistance to fatigue in Trained fighters, given that only one presented a moderate index. In this sense, with regard to more successful fighters, it is indicated that memos are more tolerant to lactate (lactic tolerance), as well as a greater buffering capacity of the hydrogen cation in the blood, providing greater muscular resistance (Aschenbach et al., 2000).

Regarding the evaluative and competitive context, sports modalities have been studied regarding several physiological parameters, such as quantification of heart rate and blood lactate concentration. However, the analysis of specific movements is also relevant in order to clarify the physical performance of the competitor, and in the present study, the values

were statistically different between Advanced and Novice athletes, evidencing the relevance of this variable in the evaluation routines (Andrade et al., 2019; Andrade et al., 2022).

The present study demonstrates the usefulness of ASA_{MMA} as an evaluation and even training adjustment, given that all subjects showed a significant decrease in the sequence of specific high-intensity movements and concise indicative of fatigue and muscle wasting during the test, in addition to stimulation of the anaerobic energy systems lactic or glycolytic that are considered decisive for the best competitive performance (Del Vecchio et al., 2011). Due to the degree of specificity and physiological demand observed in the present study, the ASA_{MMA} can be used as part of the periodization monitoring of combat modality athletes, as it presents simulations of situations of competitive conditions close to reality (Del Vecchio et al., 2011; Miarka et al., 2016; Coswig et al., 2016).

It is also verified that other modifications can be made according to the opponent and the predominant style of the fighter since the technical and tactical aspects are directly related to the performance and the result of the fight, and recent studies point to technical variation as a fundamental element for unpredictability in high-performance competitions (Miarka et al., 2016).

CONCLUSION

Based on the results obtained, we can conclude that ASA_{MMA} can discriminate between advanced and novice athletes, both from a physiological point of view (using heart rate as an indicator) and from a physical point of view, based on the number of sequences of movements. It is indicated that the model presented in the study presents movement specificity and the relation between effort/pause. Thus, it can be used as an integral part of planning specific training for MMA and serving as a performance evaluation tool to measure the evolution in the development of physical or technical-tactical fitness of MMA athletes.

REFERENCES

- Andrade, A., Flores, M. A., Andreato, L. v., & Coimbra, D. R. (2019). Physical and training characteristics of mixed martial arts athletes: systematic review. *Strength & Conditioning Journal*, 41(1), 51-63. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000410>
- Andrade, V. L., Foresti, Y. F., Almeida, P. B., Araujo, M. Y. C., Kalva-Filho, C. A., & Papoti, M. (2022). Validity and reliability of a specific anaerobic test for mixed martial arts. *Science & Sports*, 37(5-6), 488.e1-488.e10. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2021.10.006>
- Aschenbach, W., Ocel, J., Craft, L., Ward, C., Spangenburg, E., & Williams, J. (2000). Effect of oral sodium loading on high-intensity arm ergometry in college wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(3), 669-675. <https://doi.org/10.1097/00005768-200003000-00018>
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (2001). Selected issues in the design and analysis of sport performance research. *Journal of Sports Sciences*, 19(10), 811-827. <https://doi.org/10.1080/026404101317015447>
- Bounty, P. la, Campbell, B. I., Galvan, E., Cooke, M., & Antonio, J. (2011). Strength and Conditioning Considerations for Mixed Martial Arts. *Strength & Conditioning Journal*, 33(1), 56-67. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3182044304>
- Bueno, J. C. A., Faro, H., Lenetsky, S., Gonçalves, A. F., Dias, S. B. C. D., Ribeiro, A. L. B., da Silva, B. V. C., Filho, C. A. C., de Vasconcelos, B. M., Serrão, J. C., Andrade, A., Souza-Junior, T. P., & Claudino, J. G. (2022). Exploratory systematic review of mixed martial arts: an overview of performance of importance factors with over 20,000 athletes. *Sports*, 10(6), 80. <https://doi.org/10.3390/sports10060080>
- Chaabène, H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., Montassar, M., & Chamari, K. (2012). Reliability and construct validity of the karate-specific aerobic test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3454-3460. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824eddda>
- Chernozub, A., Manolachi, V., Korobeynikov, G., Potop, V., Sherstiuk, L., Manolachi, V., & Mihaila, I. (2022). Criteria for assessing the adaptive changes in mixed martial arts (MMA) athletes of strike fighting style in different training load regimes. *PeerJ*, 10, e13827. <https://doi.org/10.7717/peerj.13827>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Collier, T., Johnson, A. L., & Ruggiero, J. (2011). Aggression in mixed martial arts: an analysis of the likelihood of winning a decision. In: Jewell, R. (Ed.), *Violence and Aggression in Sporting Contests* (pp. 97-109). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6630-8_7
- Coswig, V. S., Hideyoshi Fukuda, D., de Paula Ramos, S., & Del Vecchio, F. B. (2016). Biochemical differences between official and simulated mixed martial arts (MMA) matches. *Asian Journal of Sports Medicine*, 7(2), e30950. <https://doi.org/10.5812/asjms.30950>
- da Silva Junior, J. N., Kons, R. L., de Lucas, R. D., & Detanico, D. (2022). Jiu-Jitsu-specific performance test: reliability analysis and construct validity in competitive athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(1), 174-179. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003429>
- Del Vecchio, F. B., & Ferreira, J. L. M. (2013). Mixed martial arts: rotinas de condicionamento e avaliação da aptidão física de lutadores de Pelotas/RS. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, 35(3), 611-626. <https://doi.org/10.1590/S0101-32892013000300007>
- Del Vecchio, F. B., Hirata, S. M., & Franchini, E. (2011). A review of time-motion analysis and combat development in mixed martial arts matches at regional level tournaments. *Perceptual and Motor Skills*, 112(2), 639-648. <https://doi.org/10.2466/05.25.PMS.112.2.639-648>
- Franchini, E., Del Vecchio, F. B., & Sterkowicz, S. (2009). A special judo fitness test classificatory table. *Archives of Budo*, 5, 127-129.
- Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40(3), 497-504. <https://doi.org/10.1079/BJN19780152>
- Kirk, C., Langan-Evans, C., Clark, D. R., & Morton, J. P. (2021). Quantification of training load distribution in mixed martial arts athletes: A lack of periodisation and load management. *PLoS One*, 16(5), e0251266. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251266>
- Maia, J. A. R., Silva, R. G., Seabra, A., Lopes, V. P., Prista, A., & Freitas, D. L. (2004). Uma nota didáctica breve no uso esclarecido de procedimentos estatísticos em análise de dados repetidos no tempo. Um estudo guiado para investigadores em Ciências do Desporto. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 4(3), 115-133.

- Malanowski, S., & Baima, N. R. (2021). On the martial arts status of mixed martial arts. In: Malanowski, S., & Baima, N. R. (Eds), *The Philosophy of Mixed Martial Arts* (pp. 16-29). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003122395-3>
- Manning, J., & Pickup, L. (1998). Symmetry and performance in middle distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 19(3), 205-209. <https://doi.org/10.1055/s-2007-971905>
- Manning, J. T., & Taylor, R. P. (2001). Second to fourth digit ratio and male ability in sport: implications for sexual selection in humans. *Evolution and Human Behavior*, 22(1), 61-69. [https://doi.org/10.1016/S1090-5138\(00\)00063-5](https://doi.org/10.1016/S1090-5138(00)00063-5)
- Marković, M., Kukić, F., Dopsaj, M., Kasum, G., Toskic, L., & Zaric, I. (2021). Validity of a novel specific wrestling fitness test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(12S), S51-S57. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003538>
- Martin, T. G., Williams, A. S., Whisenant, W., & Dees, W. (2015). Mixed martial arts (MMA) and the media: an examination of an emerging sport's coverage in ESPN the magazine. *Public Organization Review*, 15(3), 433-452. <https://doi.org/10.1007/s11115-014-0283-x>
- Miarka, B., Coswig, V., Brito, J. C., Slimani, M., Amtmann, J., & Del Vecchio, F. B. (2016). Comparison of combat outcomes: technical and tactical analysis of female MMA. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(2), 539-552. <https://doi.org/10.1080/24748668.2016.11868907>
- Paiva, L., & del Vecchio, F. B. (2009). *Pronto pra guerra: preparação física específica para luta e superação*. OMP.
- Plush, M. G., Guppy, S. N., Nosaka, K., & Barley, O. R. (2021). Developing a Comprehensive Testing Battery for Mixed Martial Arts. *International Journal of Exercise Science*, 14(4), 941-961.
- Ross, A. J., Ross, B. J., Zeoli, T. C., Brown, S. M., & Mulcahey, M. K. (2021). Injury profile of mixed martial arts competitions in the United States. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 9(3). <https://doi.org/10.1177/2325967121991560>
- Sawilowsky, S. S. (2009). New effect size rules of thumb. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 8(2), 597-599. <https://doi.org/10.22237/jmasm/1257035100>
- Schaffarczyk, M., Rogers, B., Reer, R., & Gronwald, T. (2022). Validity of the polar H10 sensor for heart rate variability analysis during resting state and incremental exercise in recreational men and women. *Sensors*, 22(17), 6536. <https://doi.org/10.3390/s22176536>
- Siri, W. E. (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. *Nutrition*, 9(5), 480-491.
- Slimani, M., Znazen, H., Sellami, M., & Davis, P. (2018). Heart rate monitoring during combat sports matches: a brief review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(2), 273-292. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1469080>
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-156. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(00\)01054-8](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)01054-8)
- Tayeh, A., Mejri, M. A., Chaabene, H., Chaouachi, M., Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2019). Test-retest reliability and criterion validity of a new Taekwondo Anaerobic Intermittent Kick Test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(2), 230-237. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08105-7>

Efeitos de 12 semanas de treinamento de paracanoagem no comprimento, frequência e índice de remada em atletas iniciantes

Pedro André da Silva Lins^{1*} , Juliana Rodrigues Ferreira Andrade¹ ,
Iaraildo Pereira de Carvalho , Renata Costa Silva¹ , Vinicius Wallace Santos Brito¹ ,
Jeferson Carvalho Coelho de Gois¹ , Leonardo Gasques Trevisan Costa¹ 

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo analisar os efeitos de 12 semanas de treinamento de paracanoagem no comprimento, frequência e índice de remada. Caracterizando-se por uma pesquisa quantitativa e delineamento quase-experimental. A amostra foi composta por 5 atletas, com idade entre 28 e 43 anos, de paracanoagem, de ambos os sexos e residentes no sertão de Pernambuco. A coleta de dados foi realizada em um lago artificial situado na cidade de Petrolina, PE, que ocorreu em dois momentos sendo pré e pós teste, utilizando caiaque (K1 paracanoagem) e remo (Epic® e Jantex®) com uma câmera de vídeo de ação (GoPro 7 Hero Black®) acoplada na proa da embarcação. Posteriormente, foi utilizado um programa de telemetria (Telemetry Overlay®) para extrair os dados da câmera de vídeo de ação, e o Kinovea® para analisar os dados do vídeo. As variáveis de tempo ($d=0,68$), comprimento de remada ($d=0,51$), frequência da remada ($d=0,52$) e índice de remada ($d=0,58$) apresentaram tamanho do efeito moderado quando comparadas no pré e pós teste. O presente estudo demonstrou que 12 semanas de treinamento apresentou maior efeito no desempenho com relação as variáveis de índice de remada e tempo de prova na paracanoagem com percurso de 200 metros.

PALAVRAS-CHAVE: deficiência físico-motora; canoagem; variáveis de desempenho; desporto adaptado.

ABSTRACT

The present research aimed to analyse the effects of 12 weeks of paracanoe training on stroke length, stroke frequency, and stroke index. It is characterised by quantitative research and quasi-experimental design. The sample comprised 5 paracanoe athletes, aged between 28 and 43, of both sexes and living in the backlands of Pernambuco. Data collection was carried out in an artificial lake located in the city of Petrolina (PE), which occurred in two moments, pre and post-test, using a kayak (K1 paracanoe) and rowing (Epic® and Jantex®) with an action camera (GoPro 7 Hero Black®) attached to the bow of the vessel. Subsequently, a telemetry program (Telemetry Overlay®) was used to extract data from the action video camera, and Kinovea® was used to analyze the video data. The variables of time ($d=0.68$), stroke length ($d=0.51$), stroke frequency ($d=0.52$) and stroke index ($d=0.58$) showed a moderate effect size when compared in the pre and post-test. The present study demonstrated that 12 weeks of training had a greater effect on performance in relation to the variables of paddling rate and race time in paracanoe with a 200-meter route.

KEYWORDS: physical-motor disability; canoeing; performance variables; sports for people with disabilities.

INTRODUÇÃO

A paracanoagem é uma modalidade náutica e individual que tem como objetivo remar 200 metros o mais rápido possível (Comitê Paralímpico Brasileiro, 2023), presente no programa dos Jogos Paralímpicos desde o Rio de Janeiro, que

ocorreu no ano de 2016 e, vem sendo disputado até os dias atuais com provas em canoas e caiaques (Edwards et al., 2019).

O público elegível para competir na paracanoagem são pessoas com deficiência físico-motoras no tronco e membros inferiores que apresentem: potência muscular prejudicada,

¹Universidade Federal do Vale do São Francisco – Petrolina (PE), Brasil.

***Autor correspondente:** Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Educação Física, Avenida José de Sá Maniçoba, s/n – Centro – CEP: 56.304-205 – Petrolina (PE), Brasil. E-mail: professorpedrolins@gmail.com

Conflito de interesses: nada a declarar. Financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Recebido: 06/09/2023. Aceite: 21/05/2024.

ausência total ou parcial de ossos ou articulação nos membros inferiores e deficiência na amplitude do movimento passiva dos membros inferiores (International Canoe Federation, 2017).

Em relação ao desempenho motor na canoagem são investigados os efeitos de variáveis (Limonta et al., 2010; Therrien et al., 2012) que interferem na velocidade do atleta (Gomes et al., 2022; McDonnell et al., 2013; Vaquero-Cristóbal et al., 2013) dentre elas: comprimento da remada (CR), definida como a distância média percorrida pelo barco, durante a execução de um ciclo completo de remada do canoísta; frequência da remada (FR), que é número médio de remadas realizado pelo atleta em um determinado período sendo registrados em ciclos por minuto ou ciclos por segundo e; índice de remada (IR), que é a eficiência da remada do atleta, calculada pelo produto da velocidade instantânea e a frequência de remada (Castro & Carneiro, 2009; Vaquero-Cristóbal et al., 2013).

Um estudo realizado com 19 atletas de elite e sub-elite de canoagem em provas de 200 metros, utilizou um GPS e um acelerômetro para analisar o comprimento da remada e a frequência ao longo da prova, o resultado verificou que mesmo a frequência da remada seja uma variável importante, os atletas com comprimento de remada mais longo atingiram uma velocidade maior (Pickett et al., 2021).

Outro estudo envolvendo 15 canoístas do sexo masculino divididos em 3 grupos (cinco remadores de elite, quatro intermediário e seis iniciantes), identificou as variáveis cinemáticas que contribuem para o desempenho na canoagem e, os resultados demonstraram que os remadores de elite apresentaram maior amplitude de movimento (cumprimento da braçada) do que os canoístas intermediários e novatos (Limonta et al., 2010).

Um estudo realizado com 26 atletas de paracanoagem que foram finalistas do campeonato mundial em 2017, verificou alterações no CR, FR e IR de acordo com a fase da prova (aceleração, manutenção e desaceleração) e classificação funcional (KL1, KL2 e KL3), acarretando uma diferença significativa na variável de tempo entre finalistas e medalhistas, oscilando de 1 a 3 segundos considerando todas as classificações funcionais em prova. Com isso, sugere-se que o treinador adquira conhecimentos específicos dentro de cada classe funcional e fase de prova, bem como identifique que os parâmetros de canoagem olímpicas não são precisos quando utilizadas com atletas com deficiência (Santos et al., 2021).

Posto isto, podemos observar que as variáveis (CR, FR, IR) interagem de forma singular e com potencial de transformação de resultados em competições alto nível, considerando o nível de experiência na modalidade e a classificação funcional. No entanto, os estudos de campo encontrados na canoagem com essas variáveis verificam resultados baseadas

em atletas sem deficiência ou atletas com deficiência de elite. Até o momento não foi encontrada análise com essas variáveis relacionadas ao efeito do treinamento em atletas iniciantes com deficiência, o que mostra que ainda há lacunas na literatura.

A partir disso, o objetivo do presente estudo foi identificar quais os efeitos que a intervenção de 12 semanas de paracanoagem irá promover nas variáveis comprimento, frequência e índice de remada. O estudo teve como hipótese que a Efeitos do treinamento de paracanoagem intervenção do treinamento apresenta efeitos positivos nos resultados das variáveis para melhora do desempenho dos atletas.

MÉTODO

A presente pesquisa se caracteriza como estudo quantitativo por visar a quantificação dos efeitos da intervenção, além disso, não possui randomização da amostra e grupo controle, sendo assim um delineamento quasi-experimental (Thomas et al., 2009).

Amostra

Foram adotados como critérios de inclusão: faixa etária maior que 18 anos, apresentar documentação médica que conste a sua Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde (CID) e, liberação médica para prática de atividade física. Como critérios de exclusão: atingir frequência menor que 70% nas sessões de intervenção e ausência nos dias das coletas de dados. A amostra foi composta por 5 atletas iniciantes de paracanoagem, de ambos os sexos (3 homens e 2 mulheres) com idade entre 28 e 43 anos, com tempo de prática entre 6 e 12 meses, com classificação funcional KL2 ($n=2$) e KL3 ($n=3$), como mostra na Tabela 1. Todos os participantes eram residentes no Sertão de Pernambuco, região do Vale do São Francisco, e estavam vinculados ao núcleo regional de canoagem paralímpica de Petrolina, com isso, o recrutamento da amostra foi realizado por conveniência.

Aspectos éticos

O presente projeto obedeceu às diretrizes e normas que regulamentam a pesquisa com seres humanos (Lei nº 466/12) e faz parte de um estudo maior, aprovado pelo Comitê de Ética e Deontologia em Pesquisa (CEDEP) da Universidade Federal do Vale do São Francisco com parecer n.3.892.500. O termo de consentimento livre e esclarecido foi apresentado aos voluntários da pesquisa em uma reunião inaugural, que teve como finalidade, informar os objetivos do estudo e os procedimentos a serem adotados, todos foram devidamente assinados.

Instrumentos

As avaliações foram individuais e o voluntário foi instruído a realizar um aquecimento composto por remar 800 metros, em uma intensidade de 60 remadas por minuto, para auxiliar no acompanhamento da intensidade, foi utilizado um metrônomo instalado em aparelho celular (Metronome beats®) que emitia sinais sonoros conforme a FR desejada. Posteriormente, o participante iniciou o teste de desempenho motor no espaço(S) 0 e, após o comando do avaliador 1 “Atenção, prepara, vai!” remou o mais rápido possível por um percurso de 200 metros, em linha reta, com boias aquáticas laterais a cada 25 metros, Efeitos do treinamento de paracanoagem delimitando o espaço simulando as provas oficiais da modalidade. No fim do percurso, estava o avaliador 2 que ficou responsável por cronometrar o tempo (Figura 1). Foram realizadas três tentativas com 10 minutos de intervalo entre elas, sendo considerada a com menor tempo para a análise dos dados. Por se tratar de um teste de campo, durante a sua execução, também foi mensurada a velocidade do vento por meio de um anemômetro digital (B-Max®) posicionado contra o sentido do remador.

Para diminuir o risco de viés, o local que ocorreram as avaliações foi em um lago artificial com apenas o avaliado no meio aquático, para não possuir interferência de ondas. Como forma de verificar a velocidade do vento foi utilizado um anemômetro digital em todas as avaliações. Com isso, os dados foram coletados em águas calmas, sem influência das correntes e com velocidade do vento inferior a 0,42 m/s (correspondendo ao ar calmo a leve na escala de Beaufort) (Saucier, 2003).

A captação dos dados relacionados às variáveis de desempenho motor foi realizada por meio de uma câmera de vídeo de ação (GoPro 7 Hero 143 Black®) com confiabilidade testada em estudos com canoagem (Miyazaki et al., 2023). O equipamento foi acoplado na proa do caiaque para captar a imagem frontal do avaliado, com frequência de 18 Hz e qualidade de imagem de 1.440 pixels.

Posteriormente, foi utilizado um programa de telemetria (Telemetry Overlay®) para extrair os dados da câmera de

vídeo de ação, e o Kinovea® para analisar os dados do vídeo. Com isso, foi possível quantificar as variáveis de desempenho motor referentes ao comprimento, frequência e índice de remada (Tabela 2).

Procedimentos

A coleta de dados foi realizada em um lago artificial com, aproximadamente, 400 metros de comprimento e 80 metros de largura, situado no município de Petrolina, PE, durante o período matutino e vespertino. O pesquisador responsável esteve presente em todas as coletas de dados e recebeu auxílio da equipe do Grupo de Estudo e Pesquisa em Atividade Física Adaptada (GEPafa)/Univasf, previamente capacitada.

As coletas de dados ocorreram em dois momentos distintos: antes do período de intervenção (pré-teste) e após o período de 12 semanas de treinamento (pós- teste). Foram utilizados os caiaques (K1 paracanoagem, Pernambuco Fibras®), remo (Epic® e Jantex®) e adaptações que os atletas comumente utilizavam durante os treinamentos. Além disso, foram mantidas as adaptações e materiais nos momentos pré e pós. Em relação as adaptações feitas, foram utilizados EVAs por questões de segurança, para evitar desenvolvimento de escaras em alguns atletas, como também para melhor ajuste no caiaque. O local da intervenção foi em um clube náutico no

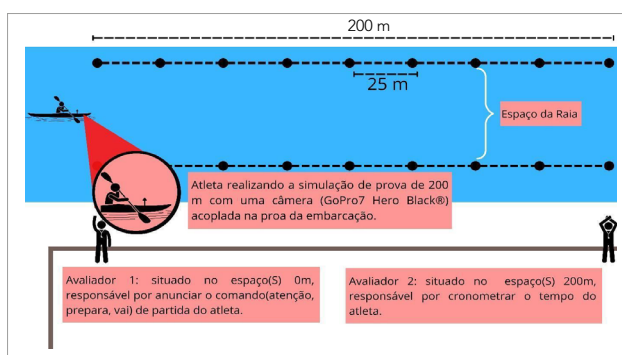


Figura 1. Demonstração do protocolo de avaliação do desempenho motor do presente estudo.

Tabela 1. Caracterização da amostra.

Participantes	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 4	Sujeito 5
Classificação funcional	KL3	KL2	KL3	KL2	KL3
Sexo	M	M	F	F	M
Deficiência	Alteração ortopédica congênita	Lesão medular incompleta (T5), com paresia de MMI	Osteossarcoma em tíbia proximal esquerda	Sequela de poliomielite com paresia de MMI	Sequela de poliomielite com paresia de MMI direito
Idade (anos)	41	33	28	37	43
Tempo de deficiência (anos)	41	13	17	35	43

município de Petrolina-PE, que possui estrutura adequada para o desenvolvimento das aulas de paracanoagem (acessibilidade arquitetônica, bebedouro, banheiros e pier acessível). O lago possui atestado de qualidade da água própria para esportes náuticos, com aproximadamente 400 metros de comprimento, 80 metros de largura e 1,60 metros de profundidade.

Inicialmente, foram realizados exercícios de mobilidade em meio terrestre (10 minutos de movimentos articulares de pescoço, tronco, ombro, cotovelos e punho) e aquecimento com movimentos técnicos em meio líquido (consistindo em movimentos de remada em deslocamento para frente e para trás; para o lado direito e esquerdo e movimentos completos de remada). Posteriormente, foram iniciadas as atividades em meio líquido de acordo com o objetivo geral da semana (treinamento de volume, aceleração, velocidade máxima e manutenção da velocidade).

As 12 semanas seguiram um planejamento baseado em características da modalidade, com periodização variando a intensidade, método e volume (Tabela 3). A intensidade foi baseada nos valores de frequência máxima de remada de cada atleta analisada no pré-teste, para esse controle foi utilizado um metrônomo acoplado individualmente nas embarcações.

Análise estatística

Para análise estatística, inicialmente, foi utilizado o teste de Shapiro Wilk para verificar se a distribuição dos dados era paramétrica ou não paramétrica. Posteriormente, foram utilizadas as análises descritivas (tendência central e dispersão). Para verificar os efeitos da intervenção, recorreu-se ao teste de Mann-Whitney. Os programas estatísticos adotados para análise e tratamento estatístico dos dados foram o IBM SPSS Statistics versão 22.0 (IBM Corporation) (Statistical Package for the Social Sciences) e GraphPad Prism 8. Por fim, o tamanho do efeito da intervenção foi calculado e classificado conforme escala d de Cohen em pequeno ($0,2 < 0,5$), moderado ($0,5 < 0,8$) e grande ($\geq 0,8$) (Cohen, 2016).

RESULTADOS

As variáveis de tempo ($d = 0,68$), CR ($d = 0,51$), FR ($d = 0,52$) e IR ($d = 0,58$) apresentaram tamanho do efeito

moderado quando comparadas no pré e pós. Além disso foi possível verificar os valores de percentil de percentil 25, 50 e 75 de desempenho motor nos momentos pré e pós, o efeito do treinamento e a velocidade do vento, esses valores são apresentados na Tabela 4.

Foi possível analisar o desenvolvimento do Índice de Remada a cada 25 metros da média pré e pós da amostra ao longo dos 200 metros. Nela, percebemos que há uma crescente no nível do Índice de Remada na fase de aceleração até 50 metros e logo após ocorre uma breve estabilidade na fase de manutenção e em seguida a diminuição do Índice de Remada na fase de desaceleração após 75 metros. Além disso, verificamos que, tanto o pré como o pós, apresentam comportamentos semelhantes em sua variação de Índice de Remada entre o momento de manutenção (50 metros) e desaceleração (75 metros), bem como entre 125 metros e 175 metros.

No entanto, ao chegar entre os 75 metros e 100 metros o Índice de Remada pré segue desacelerando quando comparado ao momento pós que, apesar da leve queda na aceleração, se mantém com maior estabilidade na manutenção do IR. Em contrapartida, ao alcançar a fase final da prova na distância entre 175 metros e 200 metros o Índice de Remada pós melhora seu desempenho e ganha aceleração enquanto o Índice de Remada pré desacelera (Figura 2). O tamanho do efeito do índice de remada geral apresentou valor moderado ($d = 0,58$).

A relação Comprimento de remada associada a distância percorrida, foi possível identificar que o pré e pós demonstram resultados semelhantes, exceto em dois pontos que foram entre 75 metros e 125 metros, e entre 125 metros e 175 metros, em ambos o pós apresentou uma diminuição do Comprimento de remada e logo após voltou a manter resultado semelhante do pré como mostra na Figura 3. A variável do comprimento de remada geral apresentou tamanho do efeito moderado ($d = 0,51$).

Ao verificar o desempenho da Frequência da remada total da amostra nos 200 m, é possível perceber que do início do teste até 150 metros, os resultados pós-intervenção apresentam valores de Frequência da remada maior quando comparado os resultados pré intervenção. Ao alcançar os

Tabela 2. Demonstração das variáveis de desempenho motor que foram adotadas no presente estudo.

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
Índice de Remada	Multiplicação da velocidade instantânea (V_i) e a frequência da remada: $IR = V_i \cdot FR$
Comprimento da Remada	Razão entre a distância(d) e frequência da remada (FR): $CR = d/FR$. Mensurada a partir da análise de vídeo e GPS da câmera de ação.
Frequência da remada	Ciclos de remada realizados por minuto. Contabilizadas por meio da análise de vídeo.

Tabela 3. Periodização de treinamento da intervenção do presente estudo.

Semana	Objetivo geral	Intensidade (%)	Método	Descrição	Volume (km)
1	Condicionamento geral	50	Intervalado Contínuo	1 hora	7
2	Condicionamento geral	60	Intervalado Contínuo	1 hora	8
3	Condicionamento geral	70	Intervalado Contínuo	1 hora	9
4	Condicionamento geral	80	Contínuo Intervalado	1 hora	10
5	Condicionamento geral Aceleração máxima	60 100	Contínuo Intervalado	40 minutos 5' 4x 30s (saída dinâmica) 3'	7
6	Condicionamento geral Aceleração máxima	60 100	Contínuo Intervalado	40 minutos 5' 6x 30s (saída dinâmica) 3'	8
7	Condicionamento geral Aceleração brusca	70 100	Contínuo Intervalado	40 minutos 5' 4x 15s (saída estática) 3'	7
8	Condicionamento geral Aceleração brusca	70 100	Contínuo Intervalado	40 minutos 5' 6x 15s (saída estática) 3'	8
9	Condicionamento geral Força de remada	80 100	Contínuo Intervalado	40 minutos 5' 4x 20s (saída dinâmica) Com travão 3'	7
10	Condicionamento geral Força de remada	80 100	Contínuo Intervalado	40 minutos 5' 5x 20s (saída dinâmica) Com travão 3'	8
11	Condicionamento geral Força de remada	50 100	Contínuo Intervalado	40 minutos 5' 4x 20s (saída estática) com travão 3'	7
12	Condicionamento geral Força de remada	50 100	Contínuo Intervalado	40 minutos 5' 6x 20s (saída estática) com travão 3'	8

Travão: material de EVA utilizado enrolado na frente da embarcação com contato com a água que teve como objetivo de aumentar a resistência na remada e, com isso, demandar mais força do atleta para o deslocamento do barco.

Tabela 4. Efeitos do treinamento no desempenho motor da amostra.

	Pré			Pós			ΔS	d
	25	50	75	25	50	75		
Tempo (s)	56,86	67,93	75,13	50,73	57,48	69,84	↓ 10,45	0,68
CR (m)	1,71	2,13	2,18	1,85	2,11	2,16	↓ 0,02	0,51
FR (ciclos/min)	84,55	95,38	107,77	92,90	98,12	110,13	↑ 2,74	0,52
IR (m ² .ciclos/s)	4,55	6,53	7,53	5,31	7,41	8,52	↑ 0,88	0,58
Vento (m/s)	1,35	1,60	2,15	1,55	2,60	3,2	↑ 1,0	-

CR: comprimento de remada; FR: Frequência de remada; IR: Índice de remada; ΔS : diferença entre as medianas pré e pós; d: tamanho do efeito de Cohen.

150 metros os valores do pós teste alcançam número menor que o pré-teste até os 200 metros (Figura 4). O tamanho do efeito da frequência da remada geral apresentou resultado moderado ($d= 0,52$).

Foi analisado também desenvolvimento Índice de Remada durante os 200 m de cada voluntário do presente estudo. Os sujeitos da amostra apresentaram aumento no Índice de Remada após intervenção, principalmente, nos trechos iniciais de 25 a 75 metros, embora dois dos sujeitos tenham

mantido semelhança nesses trechos iniciais com relação ao Índice de Remada pré: Sujeito C (com pré e pós com resultados próximo de 4 m².ciclos/s nos 25 metros e próximo de 6 m².ciclos/s nos 75 metros) e sujeito E (pré e pós com resultados próximos de 4 m².ciclos/s nos 25 metros e próximo de 8 m².ciclos/s nos 75 metros). A maioria dos sujeitos conseguiram maior estabilidade na fase de manutenção (100 a 150 metros) no pós teste, entretanto o sujeito E sofre uma queda brusca na sua manutenção de Índice de Remada aos

125 metros de prova (de $9,5 \text{ m}^2 \cdot \text{ciclos/s}$ para $9 \text{ m}^2 \cdot \text{ciclos/s}$) mantendo uma constância, semelhante ao pré, a partir de 150 metros até o final da prova (Figura 5).

DISCUSSÃO

A modalidade paracanoagem vem se profissionalizando e ganhando maior espaço em competições nacionais e internacionais nos últimos anos (Edwards et al., 2019), com isso, o cenário esportivo propõe ampliação das análises de desempenho, buscando o trabalho individualizado e específico para cada atleta de acordo com a prova (Santos et al., 2021). É possível identificar o índice de remada (IR), comprimento de remada (CR) e frequência de remada (FR) como variáveis de desempenho importantes na canoagem (Castro & Carneiro, 2009).

Na canoagem o desempenho depende da frequência de braçada e da força propulsiva como evidenciado no estudo realizado por Therrien et al. (2012) que investigou o efeito da frequência de braçada (de 50 a 110 braçadas por minuto) sobre a cinemática e cinética da lâmina do remo com caiaque ergômetro em 14 remadores de elite e, verificou que a duração e o deslocamento da lâmina do remo na fase de tração

diminuíram, enquanto as fases de entrada e saída permaneceram inalteradas.

Um estudo realizado por Gomes et al. (2015), verificou que a frequência da remada tem papel fundamental na velocidade do atleta, isso porque seus achados demonstraram que a força total deve ser aplicada associada a frequência adequada. Em outro estudo, realizado por Pickett et al. (2021) verificou os valores do comprimento da remada associado a frequência da remada são variáveis de desempenho importantes em atletas de canoagem.

A partir disso, mostra a relevância do presente estudo, visto que foram realizadas análises de campo com situação aproximada a uma prova oficial, no que se refere ao percurso executado, levando em consideração variáveis importantes de desempenho. Na paracanoagem a diversidade é esperada devido a classificação funcional possuir três níveis (KL1, KL2, KL3), e, portanto, apresenta características distintas em individualidade biológica, funcional e nas necessidades de adaptação das atividades (Gorgatti & Costa, 2013). Assim, a amostra que participou da pesquisa apresentou características heterogêneas em sexo, deficiência, tempo de deficiência e classificação funcional.

Através dos resultados, foi possível perceber, inicialmente, o tamanho do efeito moderado para as variáveis de tempo, CR, FR e IR, com isso é possível identificar que o treinamento de canoagem para atletas iniciantes com deficiência apresenta efeitos positivos no desempenho motor. Além disso, o aumento nos níveis do IR e diminuição do tempo, demonstram que a intervenção realizada produziu aumento da velocidade média durante o percurso de 200 m. Esse resultado demonstra que em 12 semanas, atletas iniciantes já apresentam essa melhora que, consequentemente, impacta na redução do tempo de prova.

Kinugasa et al. (2021) investigaram os efeitos de quatro semanas do treinamento de caiaque na água na cinemática de corpo inteiro e na cinética e na cinemática da remada (mensuradas por meio de um caiaque ergômetro) em um

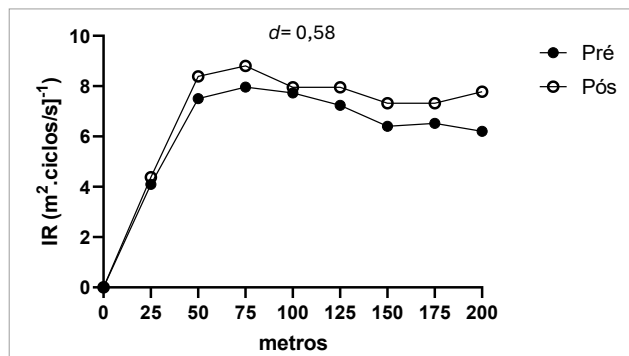


Figura 2. Desenvolvimento do índice de remada (IR) geral durante os 200 metros.

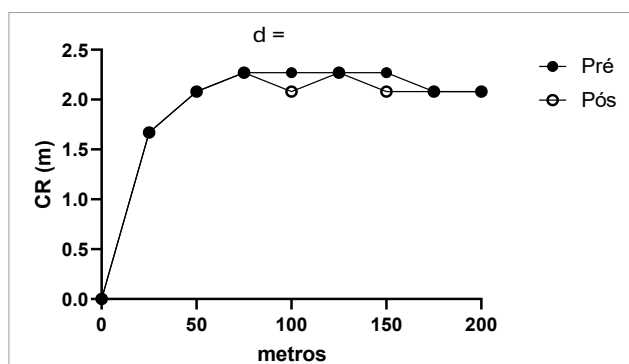


Figura 3. Desenvolvimento geral do CR durante os 200 m.

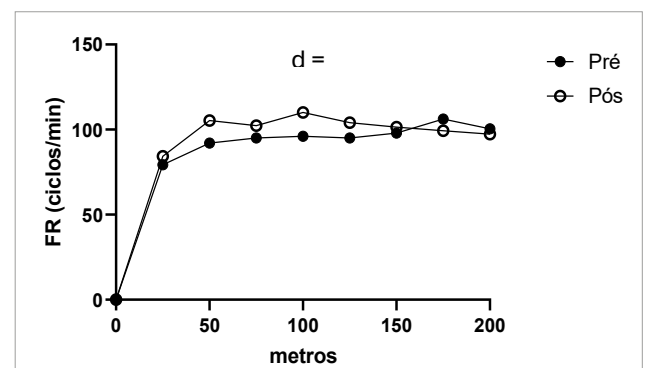


Figura 4. Desenvolvimento geral da FR durante os 200 m.

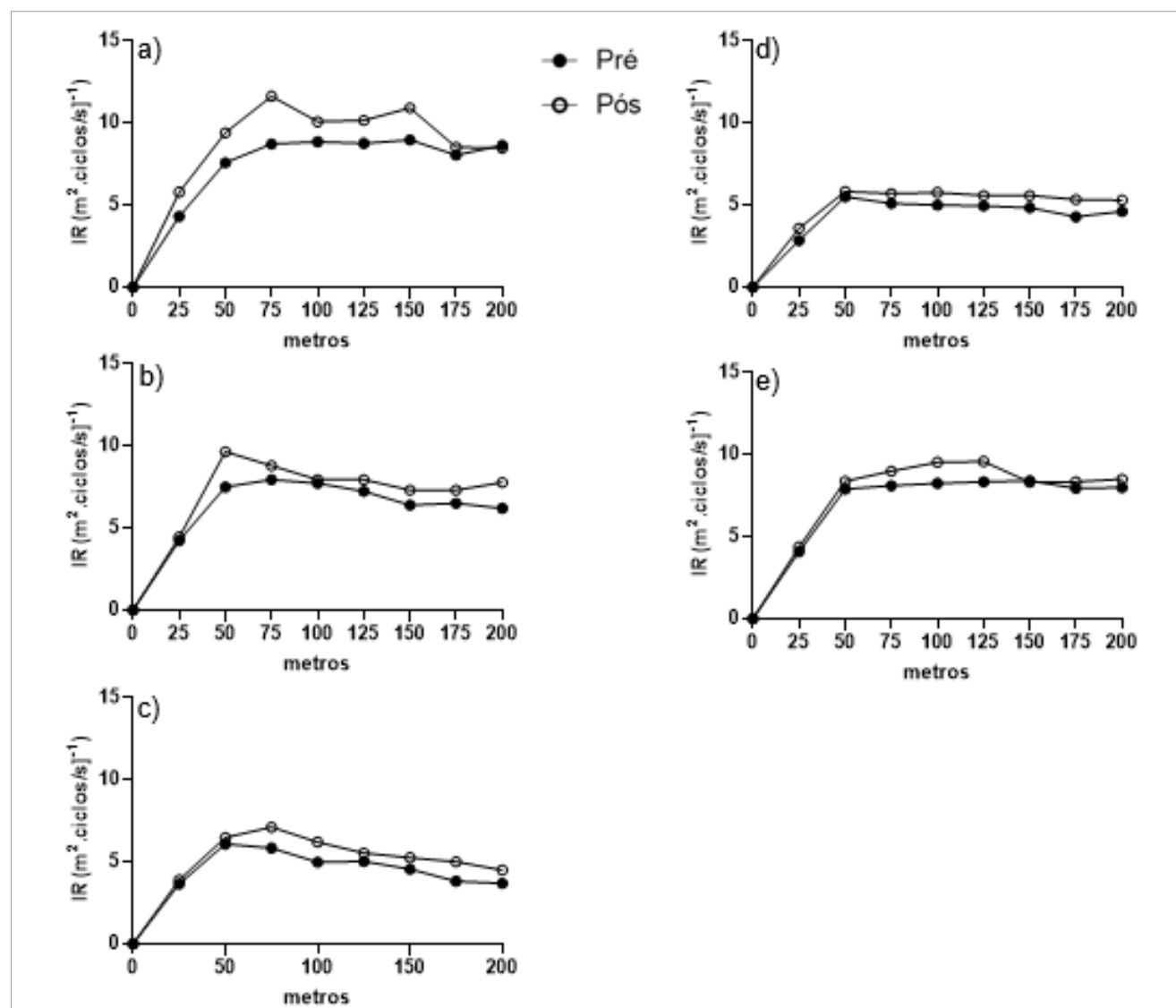


Figura 5. Desenvolvimento individual do IR durante os 200 m.

remador iniciante, onde seus resultados demonstraram que o tempo necessário para realizar um percurso de 270 m foi reduzido em 7,3% do pré-treinamento (99,3 s) para o pós-treinamento (92,0 s), além disso, aumentou a frequência de braçada (62,8 para 81,0 ciclos/min) e o comprimento de braçada (1,53 para 1,71 m) após o treinamento, indo de acordo com os resultados do presente estudo.

Quando verificamos o gráfico da média do índice de remada dos voluntários que participaram, percebemos que todos os valores do pós-intervenção demonstraram melhora quando comparados com a média pré-intervenção, mostrando, com isso, que em uma visão geral a média da eficiência da remada melhorou. Sugere-se que esses efeitos positivos ocorreram, provavelmente, devido a aprendizagem motora da remada e de ganhos físicos gerados pelo treinamento.

O estudo de Limonta et al. (2010) cujo objetivo foi identificar as variáveis cinemáticas que contribuem para o desempenho na canoagem utilizando um simulador de caiaque e análise cinemática tridimensional, verificou que canoístas com maior nível técnico apresentam um maior comprimento da remada. A partir disso, podemos apontar que ocorreu um aumento da frequência da remada com a manutenção do ciclo da remada, produzindo acréscimo da velocidade e no índice de remada. Os resultados do estudo realizado por Gomes et al (2022), evidenciam a importância de alcançar maior frequência de braçada em remadores de caiaque de elite para aumentar a velocidade do caiaque, sendo que as durações das fases aquática e aérea correlacionaram-se negativamente com a frequência de braçada.

Em relação ao índice de remada, apesar de ter demonstrado diferença e um tamanho do efeito moderado quando

comparados o pré e pós, ao analisar os gráficos individuais de cada sujeito, foi possível perceber que alguns ficaram sobrepostos, mostrando que a diferença não foi tão acentuada. O que pode ser explicado possivelmente pelo fato de a amostra ser heterogênea e que esses indivíduos necessitariam de um tempo maior de intervenção para que houvesse um maior efeito, levando em consideração sua individualidade biológica.

O estudo de Santos et al. (2023) corrobora com esse achado, visto que ao analisar atletas das três classes na paracanoagem verificou que há diferenças em variáveis como velocidade, frequência de braçadas e índice de braçadas de acordo com a individualidade biológica, até mesmo em atletas da mesma classe funcional. Um estudo realizado por Lee e Nam (2012), mostrou que canoístas que utilizam melhor amplitude de rotação de pelve, flexão e extensão de joelho apresentam melhor desempenho. Isso pode explicar a diferença do IR, visto que apenas três pessoas da amostra são da classe KL3 (classe que é possível realizar parte desses movimentos) e, ainda assim, a deficiência entre eles são distintas.

O estudo de Vaquero-Cristóbal et al. (2013) que analisou a evolução das variáveis cinemáticas em canoagem velocidade, encontrando variações entre os sexos masculino e feminino no CR e FR, enquanto o IR não foram encontradas diferenças. O estudo de Goreham et al. (2021) também identificou que as relações entre os parâmetros de braçada (frequência de braçada e comprimento de braçada) e velocidade do caiaque mudam dependendo do sexo do atleta e da distância da corrida em canoístas de elite de velocidade.

Quanto as aplicações práticas, esse estudo pode ser aplicado não apenas nas pesquisas, mas também por treinadores que visam quantificar variáveis de desempenho utilizando poucos materiais, com apenas três tentativas. Com isso, realizar mapeamento do atleta para traçar um perfil de desempenho, acompanhar seu rendimento e, consequentemente, analisar as variáveis que precisam melhorar para potencializar os resultados dos atletas.

Em relação a pontos fortes do estudo podemos citar, inicialmente a facilidade de aplicar esses testes, visto que são poucos equipamentos e com apenas um avaliador é possível realizar. Além disso, por se tratar de um estudo de campo, se aproxima da realidade do esporte, sendo que, não foram encontrados estudos de campo que investigassem os efeitos do treinamento na paracanoagem.

O presente estudo apresentou algumas limitações em sua aplicação. Uma delas é a amostra, ainda que a pesquisa tenha utilizado todos os atletas de canoagem paralímpica do estado, foi heterogênea e com número pequeno, visto que são pessoas com deficiências que atendem os pré-requisitos específicos da

modalidade, isso dificulta que haja um grupo grande e homogêneo. Além disso, a captação de imagem foi apenas através de um plano frontal do atleta, talvez a captação simultânea de mais planos possa encontrar outras variáveis de desempenho. Vale ressaltar que é uma pesquisa de fácil aplicação que necessita de poucos avaliadores e com valor relativamente baixo.

No entanto, ainda que o estudo tenha obtido uma amostra pequena, com variação de tempo de prática e sem grupo controle, apresentou resultados relevantes para a modalidade com variáveis de desempenho importantes na canoagem paralímpica.

CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que 12 semanas de treinamento apresentou efeitos moderados no desempenho com relação as variáveis de índice de remada e tempo de prova na canoagem paralímpica no percurso de 200 metros. Além disso, por outro lado, as variáveis de comprimento e frequência da remada não apresentaram melhoras estatísticas nesse contexto específico. Com isso, o estudo conclui que, 12 semanas de treinamento de canoagem demonstra mudanças positivas nas variáveis utilizadas. Compreende-se que, em relação a perspectivas futuras, é necessário a realização de novas pesquisas utilizando hipóteses com amostra maior e mais homogênea, variação do tempo de treinamento em atletas iniciantes, comparação entre o efeito em diferentes categorias de classes funcionais, bem como utilizar delineamentos com randomizações e grupo controle para um menor risco de viés.

REFERÊNCIAS

- Brasil (2012). *Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012*. Conselho Nacional de Saúde.
- Castro, F. S., & Carneiro, L. M. (2009). Cinemática da canoagem: revisão. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 17(3), 114-122. <https://doi.org/10.18511/rbcm.v17i3.1034>
- Cohen, J. (2016). A power primer. In A. E. Kazdin (Ed.), *Methodological issues and strategies in clinical research* (4th ed., pp. 279-284). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/14805-018>
- Comitê Paralímpico Brasileiro (2023). *Canoagem*. Comitê Paralímpico Brasileiro. Recuperado de <https://www.cpb.org.br/modalidades/59/canoagem>
- Edwards, J., Bjerkefors, A., Rosen, J., & Tarassova, O. (2019). Paracanoe. *Handbook of Sports Medicine and Science: Canoeing*, 106-115. <https://doi.org/10.1002/9781119097198.ch9>
- Gomes, B. B., Ramos, N. V., Conceição, F. A., Sanders, R. H., Vaz, M. A., & Vilas-Boas, J. P. (2015). Paddling force profiles at different stroke rates in elite sprint kayaking. *Journal of Applied Biomechanics*, 31(4), 258-263. <https://doi.org/10.1123/jab.2014-0114>
- Gomes, B. B., Ramos, N. V., Conceição, F. A., Sanders, R. H., Vaz, M. A., & Vilas-Boas, J. P. (2022). Paddling time parameters and paddling efficiency with the increase in stroke rate in kayaking. *Sports Biomechanics*, 21(10), 1303-1311. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1789204>

- Goreham, J. A., Miller, K. B., Frayne, R. J., & Ladouceur, M. (2021). Pacing strategies and relationships between speed and stroke parameters for elite sprint kayakers in single boats. *Journal of Sports Sciences*, 39(19), 2211-2218. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1927314>
- Gorgatti, M. G., & Costa, R. F. (2013). *Atividade física adaptada: qualidade de vida para pessoas com necessidades especiais*. Manole.
- International Canoe Federation (2017). *Classification Rules for Paracanoe*. International Canoe Federation.
- Kinugasa, R., Kubo, S., & Endo, K. (2021). Effects of four-week kayak training on three-dimensional paddling kinetics, body kinematics, and electromyography activity in a novice paddler: a case study. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 694989. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.694989>
- Lee, C. H., & Nam, K. J. (2012). Analysis of the kayak forward stroke according to skill level and knee flexion angle. *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology*, 4(4), 41-48.
- Limonta, E., Squadrone, R., Rodano, R., Marzegan, A., Veicsteinas, A., Merati, G., & Sacchi, M. (2010). Tridimensional kinematic analysis on a kayaking simulator: key factors to successful performance. *Sport Sciences for Health*, 6, 27-34. <https://doi.org/10.1007/s11332-010-0093-7>
- McDonnell, L. K., Hume, P. A., & Nolte, V. (2013). A deterministic model based on evidence for the associations between kinematic variables and sprint kayak performance. *Sports Biomechanics*, 12(3), 205-220. <https://doi.org/10.1080/14763141.2012.760106>
- Miyazaki, S., Yamako, G., Kimura, R., Punchihewa, N. G., Kawaguchi, T., Arakawa, H., & Chosa, E. (2023). Development of a video camera-type kayak motion capture system to measure water kayaking. *PeerJ*, 11, e15227. <https://doi.org/10.7717/peerj.15227>
- Pickett, C. W., Abbiss, C., Zois, J., & Blazevich, A. J. (2021). Pacing and stroke kinematics in 200-m kayak racing. *Journal of Sports Sciences*, 39(10), 1096-1104. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1859242>
- Santos, L. G. T. F. (2019). *Paracanoagem: desempenho esportivo dos atletas finalistas de campeonato mundial* (tese de doutorado). Universidade Estadual de Campinas.
- Santos, L. G. T. F., Campos, L. F. C. C., Maiola, L., & Duarte, E. (2021). A preparação desportiva na paracanoagem. *Atena*.
- Santos, L. G. T. F., Sierra, M. F., Campos, L. F. C. C., Duarte, E., Luarte, C. R., Montagner, P. C., & Borin, J. P. (2023). Paracanoe: particularities of functional classes in the structuring of the sports' training. *Revista Ciencias de la Actividad Física*, 24(1), 387-400. <https://doi.org/10.29035/rcaf.24.1.3>
- Saucier, W. J. (2003). *Principles of meteorological analysis*. Dover Phoenix.
- Therrien, M., Colloud, F., & Begon, E. M. (2012). Effect of stroke rate on paddle tip path in kayaking. *Movement & Sport Sciences*, 1(75), 113-120. <https://doi.org/10.3917/sm.075.0113>
- Thomas, J. R., Nelson, J. K., & Silverman, S. J. (2009). *Métodos de pesquisa em atividade física*. Artmed.
- Vaquero-Cristóbal, R., Alacid, F., López-Plaza, D., Muyor, J. M., & López-Miñarro, P. A. (2013). Kinematic variables evolution during a 200-m maximum test in young paddlers. *Journal of Human Kinetics*, 38, 15-22. <https://doi.org/10.2478/2Fhukin-2013-0041>

Quality of life in adults and older adults survivors of COVID-19: a retrospective observational study

André Pereira dos Santos^{1,2*} , Giovani Arita Falha², Jéssica Fernanda Corrêa Cordeiro¹ , Euripedes Barsanulfo Gonçalves Gomide³ , Lisa Fernanda Mazzonetto² , Alcivandro de Sousa Oliveira² , Leonardo Santos Lopes da Silva² , Pedro Pugliesi Abdalla² , Márcio Fernando Tasinafo Júnior² , Ana Cláudia Rossini Venturini² , Átila Alexandre Trapéz² , Dalmo Roberto Lopes Machado² , Lucimere Bohn⁴ , Jorge Mota¹ 

ABSTRACT

The present study aimed to compare the quality of life on pre-diagnosis and post-recovery of people diagnosed with COVID-19 and examine the impact of its signals, symptoms, and clinical outcomes on quality of life in adults and older adults, considering sex, age groups, nutritional status, physical activity level, and family income as confounding variables. This retrospective observational study included 509 participants (39% male) ≥ 18 years old from a city in the northeastern region of São Paulo, Brazil, diagnosed with COVID-19 between March/2020 and February/2021. Participants were telephonically interviewed to provide information about COVID-19 infection, quality of life, and physical activity, considering the week pre-diagnosis and the week prior to the interview (post-recovery). Quality of life decreased in the post-COVID-19 recovery period compared to pre-diagnosis periods ($Med = 5.6$; $Med = 3.4$, respectively; $Z = -19,589$; $p < 0.001$). After controlling comparisons for age, sex, nutritional status, physical activity level, and family income, it was observed that the infection increased the frequency of respiratory distress ($F = 3,956$; [$df = 1$]; $p = 0.047$) and length of hospitalisation (≥ 6 days) ($F = 6,538$; [$df = 1$]; $p = 0.011$). COVID-19 infection induced worse respiratory distress and length of hospitalisation, compromising the survivors' quality of life.

KEYWORDS: SARS-CoV-2; general health status; aging; body mass index.

INTRODUCTION

During the pre-COVID-19 vaccine period, the recovery prognosis was worrying, and the mortality of people infected by this disease was high (Kowsar et al., 2023). Additionally, commonly experienced clinical outcomes were hospitalization, length of stay, respiratory support, intubation, and mechanical ventilation (Gomide et al., 2022a; Gomide et al., 2022b). Such events can impair the quality of life of people diagnosed

with COVID-19. These factors and changes imposed by social distancing measures have greatly affected people's quality of life (Mercieca-Bebber et al., 2023).

The World Health Organization defines quality of life as "an individual's perception of their life position in the context of the culture and value systems in which they live and in relation to their goals, expectations, standards and concerns". During the outbreak, the quality of life of populations was

¹Universidade do Porto, Faculdade de Desporto – Porto, Portugal.

²Universidade de São Paulo – São Paulo (SP), Brazil.

³Claretiano – Centro Universitário – São Paulo (SP), Brazil.

⁴Universidade Lusófona – Porto, Portugal.

*Corresponding author: R. Prof. Hélio Lourenço, 3.900 – Vila Monte Alegre – CEP: 14040-902 – Ribeirão Preto (SP), Brazil. E-mail: andreps@alumni.usp.br

Conflict of interests: nothing to declare. **Funding:** Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001. Grant number (88882.317622/2019-01); and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) Grant number (201126/2022-2).

Received: 09/19/2023. **Accepted:** 11/01/2023.

reduced due to the risk of infection, mortality, and potential severe prognosis, also emphasizing the older and obese individuals (Kowsar et al., 2023; Mahmoodi et al., 2023). In addition, the recommendation for social distancing to contain the viral spread was combined with adopting a poorer health lifestyle that compromises the quality of life stability (Qi et al., 2020). For instance, during the COVID-19 first wave, general attitudes unfavourable to health were the reduction of total physical activity and greater caloric intake (Robinson et al., 2021). These behaviors have led countless people to increase body weight, the emergence of comorbidities associated with increased cardiovascular risk, and psychosocial disorders such as anxiety, loneliness, and depression, especially in older people (Sepúlveda-Loyola et al., 2020). In addition, this situation can aggravate people's quality of life in different aspects, including low family income, reduced social interaction, and illness, among others (Banks et al., 2011; Cureau et al., 2018; Gao et al., 2021; Sousa et al., 2021).

There are different proposals to measure and evaluate the quality of life. However, it generally seeks to verify variables such as functional capacity, global limitation, social aspects, pain, mental health, and vitality. Understanding quality of life as a multidimensional construct influenced by an intricate network of interconnected variables is crucial. Functional capacity, essential for daily activities and individual goals, serves as a key determinant. Global limitations impact the subjective perception of well-being. Social dynamics, encompassing social interactions and emotional support, bear relevance to mental state and overall satisfaction. The presence of pain, beyond limiting functionality, holds implications for mental health and vitality, influencing energy and mood. Mental health, intrinsically linked to quality of life, underscores the importance of emotional stability. Vitality, as an energetic attribute, contributes to an overall sense of health. The integrated assessment of these variables provides a holistic understanding of the determinants of quality of life (Campolina et al., 2011).

Therefore, neglecting quality of life can be a mistake, as observed that the risk of upper respiratory tract infection by SARS-CoV-2 was potentially higher in the presence of an impaired immune system due to unhealthy habits and a low quality of life (Ferreira et al., 2021; Nieman, 2020). Furthermore, female sex, older age, presence of comorbidities, intensive care unit admission and stay, and being mechanically ventilated are the most frequently reported factors associated with a low quality of life (Nandasena et al., 2022). Regardless of the time since discharge or recovery, COVID-19 patients' quality of life has been significantly impacted.

However, quality of life was not verified in pre-diagnosis and post-recovery of people diagnosed with COVID-19. Additionally, sex, age, nutritional status, physical activity level, and family income have not yet been considered together to understand this impact, especially in middle-income countries such as Brazil. Thus, we aimed to compare the quality of life on pre-diagnosis and post-recovery of people diagnosed with COVID-19 and examine the impact of its signals, symptoms, and clinical outcomes on quality of life in adults and older adults, considering sex, age groups, nutritional status, physical activity level, and family income as confounding variables.

METHODS

Study design

This is a retrospective observational study. Data was collected between June and December/2021 from people diagnosed with COVID-19 between March/2020 and February/2021. This manuscript followed the guidelines of The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) (Von Elm et al., 2007) and the Checklist for Reporting Results of the Internet, list of E-Surveys (CHERRIES) conferences (Eysenbach, 2004).

Ethical aspects

The study was approved by the Ethical Review Board of the Nursing School of the Universidade de São Paulo at Ribeirão Preto, following the ethical guidelines outlined in the 1975 Helsinki Declaration. Additionally, the project was forwarded to the Municipal Health Department of Ribeirão Preto and was approved by Doc. No. 462/2020. Written informed consent was obtained from all participants included in the study after a brief explanation of the study objectives and evaluations.

Sample and data collection

The sample consisted of adults of both sexes with a positive diagnosis of COVID-19. Inclusion criteria were: age $\geq$ 18 years old, positive polymerase chain reaction (PCR) test for COVID-19, living in Ribeirão Preto, state of São Paulo, Brazil. Exclusion criteria were: any immunologically compromised conditions, prolonged use and administration of corticosteroids and/or chemotherapy, transplant recipients, and neurodegenerative diseases.

Sample size

The sample size was calculated a priori using The Power and Sample Size Program[®], version 3.043. The selected

parameters were a prevalence of COVID-19 hospitalizations of 10.0% with a precision of 3.5% and a confidence interval of 95% for a finite population of 33,643 infected during data collection, reaching a minimum sample of 500 to 650 participants. The Health Secretary of Ribeirão Preto Municipal made available the telephone numbers and personal emails of 33,643 citizens diagnosed with COVID-19. From those, 3,814 telephone contacts were randomly selected using Microsoft Excel®. Seven evaluators made three phone call attempts under the supervision of the main researcher, and 647 participants answered the calls. Data from 14 individuals were disregarded because they did not meet eligibility criteria, and 124 declined to participate. Thus, the final sample size comprises 509 people diagnosed with COVID-19.

Procedures and data collection

Participants answered three questionnaires during the phone calls, and answers were introduced into a Google Forms® data set. All information collected and stored was used without identifying the study participants.

The first questionnaire, "Profile of the person diagnosed with COVID-19" (Ramos et al., 2022), presented questions regarding sociodemographic variables (age, sex, self-reported skin color, education level, and family income), self-reported anthropometric (body weight and height), which was used to derive body mass index (BMI) as weight (m) divided by the square height (m). In addition, this questionnaire also addressed questions to verify the occurrence of COVID-19 signals and symptoms (e.g. fever, headache, muscle pain, difficulty breathing, coughing, loss of taste, loss of smell, stomach upset, diarrhea, nausea, vomiting, chest pain/pressure, coryza, and sore throat), and hospitalization as a consequence of the COVID-19 infection. Finally, this questionnaire was applied by asking the participants to recall the acute moment of COVID-19 infection.

Subsequently, the "Short-Form 6 Dimensions" quality of life questionnaire, a Brazilian-validated version, was applied (Campolina et al., 2011). Participants were questioned about their quality of life before (pre-diagnosis) and after (post-recovery) COVID-19 infection. This questionnaire addresses issues related to functional capacity, global limitation, social aspects, pain, mental health, and vitality. In summary, the key outcomes of this study can be delineated as follows:

Functional Capacity: Quantifies an individual's proficiency in executing daily activities and tasks, reflecting their physical capabilities and overall health status.

Global Limitation: An all-encompassing evaluation of constraints across various life domains, offering a comprehensive perspective on limitations in functionality and participation.

Social Aspects: Relating to the social dimensions of an individual's life, this encompasses interactions, relationships, and societal engagement.

Pain: Refers to the subjective and sensory experience associated with discomfort or suffering, often indicative of underlying physical or psychological issues.

Mental Health: This denotes the state of psychological well-being, spanning emotional, cognitive, and social aspects and providing insights into an individual's mental resilience.

Vitality: This metric gauges energy, vigor, and overall vitality, offering a glimpse into an individual's sense of aliveness and robustness when confronting daily challenges.

The questionnaire was developed on a Likert scale, with the total score ranging from 0 to 6 points. The higher total score represents a better quality of life, considering the issues addressed in the questionnaire.

The Brazilian version of the International Physical Activity Questionnaire - Short Version (IPAQ-SV) (Matsudo et al., 2001) was applied to measure the physical activity level of the week prior to the diagnosis of COVID-19. The IPAQ-SV was applied by asking the participant about the physical activity level in the week before the diagnosis of COVID-19. This instrument assesses the domains and intensity of physical activity, including walking and sitting time, that people perform as part of their everyday lives. The IPAQ-SV conceptualizes the categories as follows: (a) sedentary: does not perform any physical activity for a minimum of 10 continuous minutes during the week; (b) insufficiently active: practices physical activities for a minimum of 10 continuous minutes per week, but not enough to be classified as active. (c) Active: meets the following recommendations: (i) vigorous physical activity: ≥ 3 days/week and ≥ 20 min/session; (ii) moderate activity or walking: ≥ 5 days/week and ≥ 30 min/session; (iii) any added activity: ≥ 5 days/week and ≥ 150 min/week. (d) Very active: meets the following recommendations: (i) vigorous activity: ≥ 5 days/week and ≥ 30 min/session; (ii) vigorous activity: ≥ 3 days/week and ≥ 20 min/session + moderate activity and/or walking ≥ 5 days/week and ≥ 30 min/session. For comparison purposes, in this study, participants were grouped into two groups: sedentary (sedentary and insufficiently active) and active (active and very active) (Ramos et al., 2022).

To ensure that all responses were correctly answered and noted down, the researcher read what was noted down and asked the participant if it was correct.

Statistical analysis

The results were double-checked to reduce possible coding errors and coded by two independent researchers.

Non-parametric procedures were adopted because variables were non-normal distributed (after verification using the Kolmogorov-Smirnov test). Results are presented as absolute (n) and relative (%) frequencies for categorical variables. The total quality of life score (quantitative variable) is presented as median and percentiles 25th and 75th. Comparisons between pre-diagnosis and post-recovery and total quality of life scores were performed with the Wilcoxon test for paired samples. To verify the effect size of the impact of the COVID-19 infection on the participants' quality of life, we adopted Cohen's d (1988) reference values ($d < 0.1$ = negligible; $0.1 \leq d < 0.3$ = small; $0.3 \leq d < 0.5$ = medium; $d \geq 0.5$ = large). The Quade's ANCOVA test (Natarajan et al., 2012) verified the influence of COVID-19 signals, symptoms, and clinical outcomes on the quality of life, controlling for confounding variables age (18 a 59 or ≥ 60 years old), sex (male or female), BMI (≤ 24.9 kg/m² or ≥ 25 kg/m²), physical activity level (sedentary or active), and family income ($\leq$ \$ 370 or $\geq$ \$ 371). The presentation of results and statistical analysis were prepared considering the total sample. All statistical analysis was performed using SPSS® version 20.0 with a significance level of $\alpha = 5\%$.

RESULTS

A total of 509 people were enrolled in this study. Most of the sample were adults (18 to 59 years old), female, overweight or obese, white skin color, and attended high school, received more than \$ 371. Regarding physical activity level, similar frequency was found for sedentary and active (Table 1).

Table 2 shows the absolute and relative frequency of responses for each quality of life questionnaire category in the pre-diagnosis and post-recovery of COVID-19 periods. There is a trend toward reducing responses to questions denoting balance in physical and emotional health and increasing the frequency of responses to questions denoting damage and negative impact on health in the pre-diagnosis and post-recovery COVID-19 periods.

This trend mentioned above is confirmed in Figure 1, where a reduction (2.2 points) in the median value of the total quality of life score was observed in the comparison between the pre-diagnosis (5.6 points) and post-recovery (3.4 points) COVID-19 periods ($Z = -19,589$; $p < 0.001$). In addition, the minimum and maximum values (1.0–6.0; 0.0–4.7) and 25th and 75th percentiles (5.0–5.6; 2.5–3.4) were observed in the pre-diagnosis and post-COVID-19 recovery periods, respectively. Additionally, the effect size of the impact of COVID-19 on quality of life was classified as large ($d = 0.87$).

During Quade's ANCOVA test, we verified the influence of COVID-19 signals, symptoms, and clinical outcomes on the quality of life, controlling for age, sex, BMI, physical activity level, and family income. Only signs, symptoms, and clinical outcomes resulting from COVID-19 were presented for those we verified statistical significance. We found that the respiratory distress signal ($F = 3,956$; [$df = 1$]; $p = 0.047$) and the clinical length of hospitalization (≥ 6 days) ($F = 6,538$; [$df = 1$]; $p = 0.011$) had a negative impact on the quality of life of people diagnosed with COVID-19 even after controlling for the variables mentioned above. The absolute and relative frequency of the respiratory distress signal, the clinical outcome of hospitalization, and the result of the Quade's Ancova test of people diagnosed with COVID-19 are present in Figure 2.

Table 1. Study participants' absolute and relative values of personal and sociodemographic characteristics. Ribeirão Preto, Brazil. 2022.

Variables		Total Sample (n= 509)	
		n	%
Age group	18 to 59 years	399	78.4
	≥ 60 years	110	21.6
Sex	Male	198	38.9
	Female	311	61.1
Body Mass Index	Up to 24,9 kg/m ²	144	28.3
	≥ 25 kg/m ²	365	71.7
Skin Color	White	301	59.1
	Black	48	9.4
	Asian	3	0.6
	Pardo Brazilian	156	30.6
	Not declared	1	0.2
	Illiterate	3	0.6
Education Level	Elementary Incomplete	6	1.2
	Elementary Complete	40	7.7
	High School – Incomplete	42	8.1
	High School – Complete	187	35.9
	Higher Education – Incomplete	40	7.7
	Higher Education – Complete	95	18.2
	Graduate – Incomplete	3	0.6
	Graduate – Complete	20	3.8
Family Income*	$\geq$ \$ 371	444	85.2
	Up to \$ 370	65	12.5
Physical Activity Level	Sedentary	251	49.3
	Active	258	50.7

n: frequency number; $\geq$: greater than or equal to; \$: United States Dollar; *In 2020, the minimum wage in Brazil was \$ 202.

Table 2. Absolute and relative frequency of answers to the six Quality of Life questionnaire categories in the pre-diagnosis and post-recovery COVID-19 periods. Ribeirão Preto, 2022.

Categories	Questions	Total Sample (n= 509)			
		Pre-diagnosis		Post-recovery	
		n	%	n	%
1 - Functional Capacity	Health does not stand in the way of vigorous activity	405	79.6	273	53.6
	Health makes it a little difficult to perform vigorous activities	61	12.0	109	21.4
	Health makes it a little difficult to perform moderate activities	23	4.5	64	12.6
	Health makes it very difficult to perform moderate activities	16	3.1	54	10.6
	Health makes it a little difficult to shower and dress	2	0.4	3	0.6
	Health makes it very difficult to shower and dress	2	0.4	6	1.2
2 - Global Limitation	I have no problems at work due to physical and emotional health	451	88.6	374	73.5
	I have limitations at work due to physical health	39	7.7	92	18.1
	I perform less tasks than I would like due to an emotional problem	13	2.6	25	4.9
	Limited at work due to physical health and I perform fewer tasks due to emotional problems	6	1.2	18	3.5
3 - Social Aspects	Physical health or emotional problems do not interfere with social activities any of the time	452	88.8	386	75.8
	Physical health or emotional problems interfere with social activities a small part of the time	34	6.7	44	8.6
	Physical health or emotional problems interfere with social activities some of the time	14	2.8	45	8.8
	Physical health or emotional problems interfere with social activities most of the time	7	1.4	27	5.3
	Physical health or emotional problems interfere with social activities all the time	2	0.4	7	1.4
4 - Pain	I have no body pain	374	73.5	278	54.6
	I have pain, but it does not interfere with work	69	13.6	78	15.3
	I have pain and it interferes a little with work	32	6.3	55	10.8
	I have pain and it moderately interferes with work	18	3.5	45	8.8
	I have pain and it interferes a lot with work	15	2.9	48	9.4
	I have pain and it interferes extremely with work	1	0.2	5	1.0
5 - Mental Health	I never feel nervous, anxious or down	379	74.5	314	61.7
	I feel nervous, anxious, or down a little bit of the time	62	12.2	65	12.8
	I feel nervous, anxious, or down some of the time	43	8.4	77	15.1
	I feel nervous, anxious, or down most of the time	22	4.3	39	7.7
	I feel nervous, anxious, or down all the time	3	0.6	14	2.8
6 - Vitality	I feel very energetic all the time	158	31.0	100	19.6
	I feel very energetic most of the time	265	52.1	200	39.3
	I feel very energetic some of the time	67	13.2	129	25.3
	I feel very energetic a small part of the time	18	3.5	68	13.4
	I never feel very energetic	1	0.2	12	2.4

DISCUSSION

The study aimed to compare the quality of life on pre-diagnosis and post-recovery of people diagnosed with COVID-19 and examine the impact of its signals, symptoms, and clinical outcomes on quality of life in adults and older adults,

considering sex, age groups, nutritional status, physical activity level, and family income as confounding variables. There was a decline in the total quality of life score in the pre-diagnosis and post-COVID-19 recovery periods. Additionally, it was verified that the respiratory distress signal and the clinical

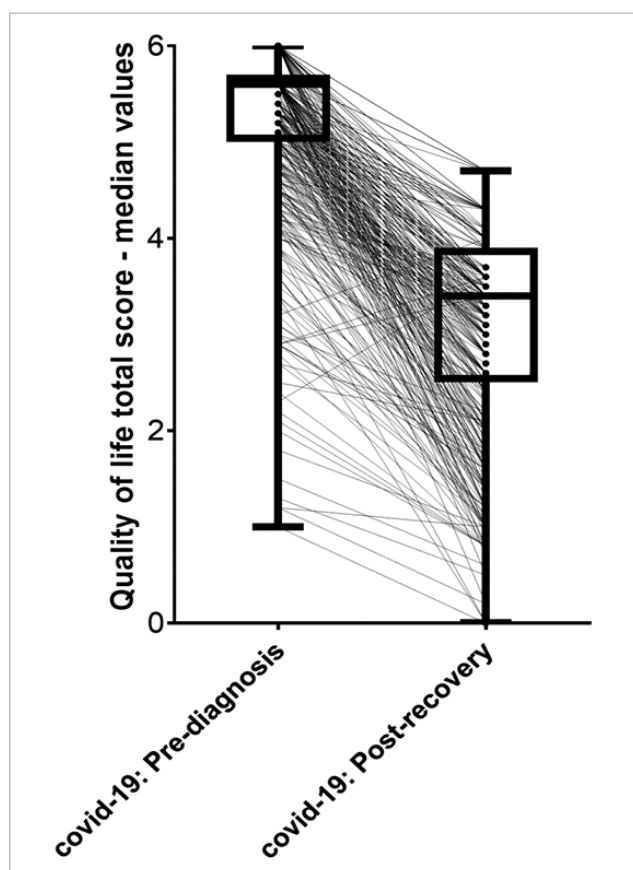


Figure 1. Median values of the total Quality of life score and test of differences in the pre-diagnosis and post-COVID-19 recovery periods. Ribeirão Preto, 2022.

length of hospitalization (≥ 6 days) had a negative impact on the quality of life.

In fact, quality of life was impaired with the COVID-19 pandemic, as observed in previous studies (Ferrarello et al., 2023; O'Sullivan et al., 2023). Even after 15 months of recovering from the virus infection, people did not return to their baseline (pre-infection) quality of life (Ferrarello et al., 2023). In addition, people with reduced quality of life had greater severity and prolonged symptoms of COVID-19 infection, besides having a greater likelihood of cardiopulmonary pathogenesis and reduced exercise capacity during submaximal and maximal tests (O'Sullivan et al., 2023). These impacts are speculated to be due to post-acute COVID-19 syndrome, an ongoing symptomatic illness in those recovered from the initial infection by Sars-Cov-2 (Malik et al., 2022). It is suggested that these possible persistent symptoms, such as fatigue, dyspnea, anosmia, sleeping difficulties, chest pain, headache, and cough, may influence the quality of life in post-infection recovery (Malik et al., 2022). In addition, the low quality of life can be explained by the influence exerted on mental health in response to the anxiety generated by the coronavirus pandemic (Ahorsu et al., 2020; Ferreira et al., 2021; Lee, 2020). Therefore, possible speculation of the quality of life impairment of people after recovery is the persistent symptoms after diagnosis of COVID-19.

The number of reduced quality of life responses was visually higher in post-recovery compared to pre-diagnosis for all

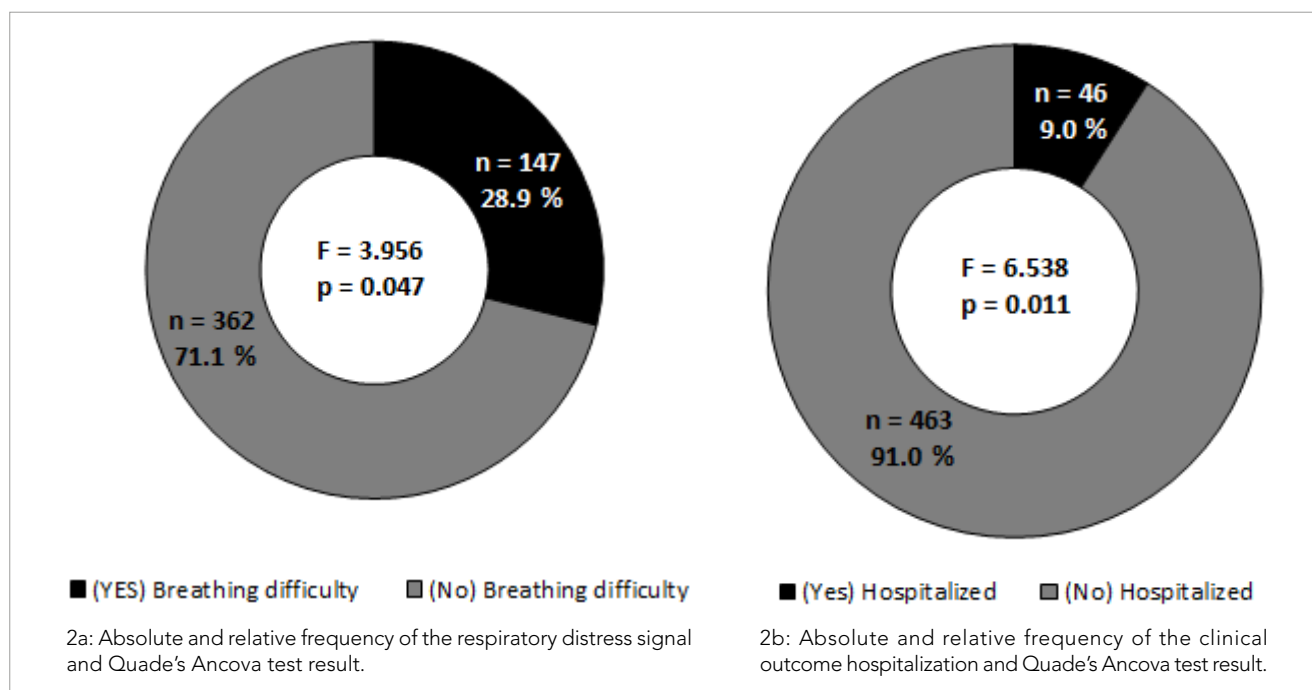


Figure 2. (A) Absolute and relative frequency of the respiratory distress signal, (B) the clinical outcome of hospitalisation, and the result of the Quade's Ancova test of people diagnosed with COVID-19. Ribeirão Preto, 2022.

categories. On the other hand, the number of good responses was visually higher in pre-diagnosis compared to post-recovery for all categories. This indicates the dimensionality of the instrument's items to express the common construct (quality of life) and demonstrates that all items were sensitive to the outbreak. In addition, the number of women was relatively greater than the number of men. This may have occurred due to cultural issues related to sex and the interest in participating in research.

The study's limitations were the reduced sample of the older adult population ($n=112$) compared to the adult sample between 18 and 59 years old ($n=397$), which could have influenced our findings. However, it is important to highlight that comparisons were age-controlled. Additionally, as it is an observational study, it is not possible to draw inferences about the cause-effect relationship between COVID-19 and quality of life. Also, this study presented a retrospective character; therefore, several factors could influence the response to the questionnaires (i.e. memory, mental status, and illnesses). However, all evaluators were trained to avoid these biases. Finally, our sample refers to a specific group of people, residents of Ribeirão Preto, state of São Paulo, which prevents the results from being expanded to other contexts. The strength of the research was the absence of vaccination bias, as the sample was collected before the population came into contact with the administration of vaccines (January 17, 2021). Furthermore, with the interviews carried out only by the study researchers and not triggered in an electronic form, the sample was always controlled and located in Ribeirão Preto. Another strong point is using the SF-6D Brazil Questionnaire validated in Brazil (Campolina et al., 2011). As this is a telephone survey study, extensive questionnaires could bias the analyses and minimize non-response and withdrawal from the survey (Barriball et al., 1996). Therefore, using a short version questionnaire such as the SF-6D could potentially have reduced possible methodological biases found in more extensive telephone surveys (Silva et al., 2022). The findings of the present study contribute to understanding the quality of life of the population of Ribeirão Preto-SP, considering the impact of COVID-19. This research points out and should serve as an incentive for the search and maintenance of better life habits, for a more active life, and balanced physical and mental health. The prognosis of COVID-19 could be attenuated if more people have possibilities to health care, including access to physical and mental rehabilitation.

The COVID-19 pandemic has negatively impacted every country, some with more chaotic consequences than others. Brazil was one of the countries where the delay in adopting the necessary public health measures to control the pandemic

aggravated the spread of the disease (Szwarcwald et al., 2022). Therefore, this study highlights the impairment in the quality of life of individuals after the diagnosis of COVID-19, either due to the association with respiratory distress signal and the clinical length of hospitalization (≥ 6 days) or the coping measures adopted during the pandemic period. For this post-diagnosis scenario to be mitigated, we suggest implementing public policies to encourage the treatment of individuals recovering from COVID-19.

CONCLUSION

COVID-19 infection, especially respiratory distress and hospitalization, negatively impacts the quality of life, even after controlling for age, sex, nutritional status, physical activity level, and family income. Our findings reinforce the importance of proposing treatment strategies for people after a positive diagnosis of COVID-19, including the period after the recovery, to help improve these people's quality of life.

REFERENCES

- Ahorsu, D. K., Lin, C. Y., Imani, V., Saffari, M., Griffiths, M. D., & Pakpour, A. H. (2020). The fear of COVID-19 scale: development and initial validation. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 20, 1537-1545. <https://doi.org/10.1007/s11469-020-00270-8>
- Banks, E., Jorm, L., Rogers, K., Clements, M., & Bauman, A. (2011). Screen-time, obesity, ageing and disability: findings from 91,266 participants in the 45 and Up Study. *Public Health Nutrition*, 14(1), 34-43. <https://doi.org/10.1017/S1368980010000674>
- Barriball, K. L., Christian, S. L., While, A. E., & Bergen, A. (1996). The telephone survey method: a discussion paper. *Journal of Advanced Nursing*, 24(1), 115-121. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.1996.17016.x>
- Campolina, A. G., Bortoluzzo, A. B., Ferraz, M. B., & Ciconelli, R. M. (2011). Validation of the Brazilian version of the generic six-dimensional short form quality of life questionnaire (SF-6D Brazil). *Ciência & Saúde Coletiva*, 16(7), 3103-3110. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232011000800010>
- Cureau, F. V., Sparrenberger, K., Bloch, K. V., Ekelund, U., & Schaan, B. D. (2018). Associations of multiple unhealthy lifestyle behaviors with overweight/obesity and abdominal obesity among Brazilian adolescents: a country-wide survey. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 28(7), 765-774. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2018.04.012>
- Eysenbach, G. (2004). Improving the quality of Web surveys: the Checklist for Reporting Results of Internet E-Surveys (CHERRIES). *Journal of Medical Internet Research*, 6(3), e34. <https://doi.org/10.2196/jmir.6.3.e34>
- Ferrarello, F., Iacopino, C., Pierinelli, C., & Paci, M. (2023). Physical functioning and health-related quality of life after COVID-19: a long-term perspective case series. *International Journal of Rehabilitation Research*, 46(1), 77-85. <https://doi.org/10.1097/MRR.0000000000000563>
- Ferreira, L. N., Pereira, L. N., da Fé Brás, M., & Ilchuk, K. (2021). Quality of life under the COVID-19 quarantine. *Quality of Life Research*, 30, 1389-1405. <https://doi.org/10.1007/s11136-020-02724-x>

- Gao, Y. D., Ding, M., Dong, X., Zhang, J. J., Kursat Azkur, A., Azkur, D., Gan, H., Sun, Y. L., Fu, W., Li, W., Liang, H. L., Cao, Y. Y., Yan, Q., Cao, C., Gao, H. Y., Brügggen, M. C., van de Veen, W., ... & Akdis, C. A. (2021). Risk factors for severe and critically ill COVID-19 patients: a review. *Allergy*, 76(2), 428-455. <https://doi.org/10.1111/all.14657>
- Gomide, E. B. G., Abdalla, P. P., Pisa, M. F., Schneider, G., Vieira, L. G., Mazzone, L. F., Oliveira, A. S., Sebastião, E., Santos, A. P. (2022a). The role of physical activity in the clinical outcomes of people diagnosed with COVID-19: A systematic review. *JSAMS Plus*, 1, 100007. <https://doi.org/10.1016/j.jsampl.2022.100007>
- Gomide, E. B. G., Mazzone, L. F., Cordeiro, J. F. C., Cordeiro, D. C., Oliveira, A. D. S., Fioco, E. M., Venturini, A. C. R., Abdalla, P. P., Da Silva, L. S. L., Tasinafo Júnior, M. F., Andrade, D., Bohn, L., Machado, D. R. L., & Santos, A. P. (2022b). Being physically active leads to better recovery prognosis for people diagnosed with COVID-19: A cross-sectional study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 14908. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214908>
- Kowsar, R., Rahimi, A. M., Sroka, M., Mansouri, A., Sadeghi, K., Bonakdar, E., Kateb, S. F., & Mahdavi, A. H. (2023). Risk of mortality in COVID-19 patients: a meta-analysis and network analysis. *Scientific Reports*, 13(1), 2138. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29364-8>
- Lee, S. A. (2020). Coronavirus Anxiety Scale: A brief mental health screener for COVID-19 related anxiety. *Death Studies*, 44(7), 393-401. <https://doi.org/10.1080/07481187.2020.1748481>
- Mahmoodi, Z., Bahrami, G., Ghavidel, N., Seddighi, H. (2023). The effect of social determinants of health on quality of life among Afghan refugees in Iran during the COVID-19 pandemic: a path analysis. *BMC Psychiatry*, 23(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s12888-022-04502-0>
- Malik, P., Patel, K., Pinto, C., Jaiswal, R., Tirupathi, R., Pillai, S., & Patel, U. (2022). Post-acute COVID-19 syndrome (PCS) and health-related quality of life (HRQoL)—A systematic review and meta-analysis. *Journal of Medical Virology*, 94(1), 253-262. <https://doi.org/10.1002/jmv.27309>
- Matsudo, S., Araújo, T., Marsudo, V., Andrade, D., Andrade, E., & Braggion, G. (2001). Questionário internacional de atividade física (IPAQ): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, 6(2), 5-18. <https://doi.org/10.12820/rbafs.v.6n2p5-18>
- Mercieca-Bebber, R., Campbell, R., Fullerton, D. J., Kleitman, S., Costa, D. S., Candelaria, D., Tait, M. A., Norman, R., & King, M. (2023). Health-related quality of life of Australians during the 2020 COVID-19 pandemic: a comparison with pre-pandemic data and factors associated with poor outcomes. *Quality of Life Research*, 32(2), 339-355. <https://doi.org/10.1007/s11136-022-03222-y>
- Nandasena, H. M. R. K. G., Pathirathna, M. L., Atapattu, A. M. M. P., & Prasanga, P. T. S. (2022). Quality of life of COVID-19 patients after discharge: Systematic review. *PLoS One*, 17(2), e0263941. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263941>
- Nieman, D. C. (2020). Coronavirus disease-2019: A tocsin to our aging, unfit, corpulent, and immunodeficient society. *Journal of Sport and Health Science*, 9(4), 293-301. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.05.001>
- Natarajan, S., Lipsitz, S. R., Fitzmaurice, G. M., Sinha, D., Ibrahim, J. G., Haas, J., ... & Gellad, W. (2012). An extension of the Wilcoxon rank-sum test for complex sample survey data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 61(4), 653-664. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9876.2011.01028.x>
- O'Sullivan, O., Holdsworth, D. A., Ladlow, P., Barker-Davies, R. M., Chamley, R., Houston, A., May, S., Dewson, D., Mills, D., Pierce, K., Mitchell, J., Xie, C., Sellon, E., Naylor, J., Mulae, J., Cranley, M., Talbot, N. P., ... & Bennett, A. N. (2023). Cardiopulmonary, functional, cognitive and mental health outcomes post-COVID-19, across the range of severity of acute illness, in a physically active, working-age population. *Sports Medicine-Open*, 9(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00552-0>
- Qi, M., Li, P., Moyle, W., Weeks, B., & Jones, C. (2020). Physical activity, health-related quality of life, and stress among the Chinese adult population during the COVID-19 pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6494. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186494>
- Ramos, A. B. M., Gomide, E. B. G., Alves, T. C., Miguel, N. D., Trapé, Á. A., Sebastião, E., & dos Santos, A. P. (2022). Physical activity and sitting time in adults after a positive diagnosis for COVID-19: a cross-sectional study. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, 27, 1-10. <https://doi.org/10.12820/rbafs.27e0268>
- Robinson, E., Boyland, E., Chisholm, A., Harrold, J., Maloney, N. G., Marty, L., Mead, B. R., Noonan, R., & Hardman, C. A. (2021). Obesity, eating behavior, and physical activity during COVID-19 lockdown: A study of UK adults. *Appetite*, 156, 104853. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104853>
- Sepúlveda-Loyola, W., Rodríguez-Sánchez, I., Pérez-Rodríguez, P., Ganz, F., Torralba, R., Oliveira, D. V., & Rodríguez-Mañas, L. (2020). Impact of social isolation due to COVID-19 on health in older people: mental and physical effects and recommendations. *Journal of Nutrition, Health & Aging*, 24(9), 938-947. <https://doi.org/10.1007/s12603-020-1469-2>
- Silva, L. S. L., de Freitas Batalhão, D., dos Santos Carvalho, A., Bohn, L., Ramos, N. C., & Abdalla, P. P. (2022). Nutritional status, health risk behaviors, and eating habits are correlated with physical activity and exercise of Brazilian older hypertensive adults: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 22(1), 2382. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14873-4>
- Sousa, R. A. L., Impropa-Caria, A. C., Aras-Júnior, R., de Oliveira, E. M., Soci, Ú. P. R., & Cassilhas, R. C. (2021). Physical exercise effects on the brain during COVID-19 pandemic: links between mental and cardiovascular health. *Neurological Sciences*, 42, 1325-1334. <https://doi.org/10.1007/s10072-021-05082-9>
- Szwarcwald, C. L., Boccolini, C. S., da Silva de Almeida, W., Soares Filho, A. M., & Malta, D. C. (2022). COVID-19 mortality in Brazil, 2020-21: consequences of the pandemic inadequate management. *Archives of Public Health*, 80(1), 255. <https://doi.org/10.1186/s13690-022-01012-z>
- Von Elm, E., Altman, D. G., Egger, M., Pocock, S. J., Gøtzsche, P. C., & Vandenbroucke, J. P. (2007). The Strengthening of Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *The Lancet*, 370(9596), 1453-1457. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61602-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61602-X)

Post-activation potentiation enhancement of countermovement jump performance using velocity-based conditioning protocols with high-loads in active men and women

Rafael Peixoto^{1*} , Rui Canário-Lemos² , Tiago Moreira³ , Guilherme Vilela² ,
Gabriela Lucas Chaves² , Felipe Aidar⁴ , Filipe Casanova^{5,6} , Gabriéla Monteiro² ,
Victor Reis^{2,7} , José Vilaça-Alves^{2,7} 

ABSTRACT

Post-activation performance enhancement (PAPE) refers to the temporary improvement in physical abilities resulting from a previous conditioning activity (CA), and velocity-based resistance training has been proposed to optimise PAPE. The present study aimed to evaluate the optimal rest interval to induce PAPE in the countermovement jump using heavy parallel squats monitored by the velocity loss (VL) threshold. The study had a randomised repeated measures design, with three sessions that included a control session and two different squat conditions (80% of 1 repetition maximum (RM) with 10% and 30% VL of mean propulsive velocity). Ten men (age 21.9 ± 1.16 years, height 1.8 ± 0.04 m, body weight 78.5 ± 9.9 kg, relative strength: 1.4 ± 0.29 kg $\times$ kg⁻¹) and ten women (age 20.7 ± 1.16 years, height 1.6 ± 0.06 m, body weight 56.9 ± 4.67 kg, relative strength: 1.1 ± 0.19 kg $\times$ kg⁻¹) participated in the study. They had at least 1 year of experience with the back squat but no experience in power training. Measurements were taken at baseline and at six time points after the conditioning activity or rest period. The study found no significant effects between intervention and moment and no optimal rest time to induce PAPE, but women had significantly lower countermovement jump (CMJ) values than men ($M_{men} = 30.01$, $SE = 1.35$; 95%CI 27.17–32.84, $M_{women} = 24.33$, $SE = 1.35$, 95%CI 21.50–27.16), but when values were normalised to body weight, there were no significant differences. In conclusion, a single set of 80% 1RM in the squat to a VL of 10 or 30% is not sufficient to induce PAPE in CMJ; therefore, there is no optimal rest time.

KEYWORDS: velocity-based training; power; strength; velocity loss; resistance training.

INTRODUCTION

The phenomenon of post-activation performance enhancement (PAPE) is characterised by a temporary improvement in physical capabilities, such as strength and power, resulting from a preceding conditioning activity (CA) (Blazevich & Babault, 2019; Boudlosa et al., 2020).

Several mechanisms, such as an increase in muscle temperature, fibre water content, and muscle activation, may account for this phenomenon (Boudlosa et al., 2020). To enhance its performance, trainers employ a conditioning activity, which should involve the same muscle groups and movement patterns as the subsequent activity (Seitz & Haff, 2016).

¹Department of Sports, Higher Institute of Educational Sciences of the Douro – Penafiel, Portugal.

²Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Department of Sports Sciences, Exercise and Health – Vila Real, Portugal.

³Maia Polytechnic Institute – Castelo da Maia, Portugal.

⁴Universidade de Sergipe – Aracaju (SE), Brasil.

⁵Research Center in Sport, Physical Education, Exercise and Health – Lisboa, Portugal.

⁶Lusófona University – Lisboa, Portugal.

⁷Research Center in Sports Sciences, Health Sciences and Human Development – Vila Real, Portugal.

***Corresponding author:** Departamento de Ciências do Desporto Exercício e Saúde da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Complexo Desportivo da UTAD, Quinta de Prados – CEP: 5000-801 – Vila Real, Portugal. E-mail: peixoto347@gmail.com

Conflict of interests: nothing to declare. **Funding:** Portuguese Foundation for Science and Technology, I.P. under project UID/04045/2020. **Received:** 10/04/2023. **Accepted:** 04/29/2024.

It is widely acknowledged that potentiation and fatigue are the main determinants of PAPE induction (Rassier & MacIntosh, 2000; Seitz & Haff, 2016). The outcome of PAPE induction depends on the balance between these two determinants. If the CA induces a substantial level of fatigue, it may not lead to potentiation. On the other hand, if the CA stimulus promotes potentiation more than fatigue, some degree of potentiation may occur (Rassier & MacIntosh, 2000; Seitz & Haff, 2016). To address this issue, previous studies have examined the type of exercise for conditioning activity, intensity, volume, and rest intervals (Bogdanis et al., 2014; Esformes et al., 2011) to determine the optimal parameters for triggering PAPE. While there are no specific guidelines for the optimal volume to induce PAPE, it is known that a wide range of intensities can increase PAPE and CA, from plyometric body weights to supra-maximal loads. Among these, high intensities (between 80 and 90% of 1 repetition maximum (RM) have been the most studied (Krzysztofik & Wilk, 2020; Krzysztofik, et al., 2020; Krzysztofik, Wilk, et al., 2021; Seitz & Haff, 2016; Wilson et al., 2013).

It is worth noting that individual characteristics of participants, such as muscle fibre type, training experience, rest time, muscle strength, and fatigue resistance, also have a significant influence on PAPE induction (Seitz & Haff, 2016; Wilson et al., 2013). Also, there are differences between men and women, with men having a larger cross-sectional area of type II fibres, a higher firing frequency of motor unit, and relatively lower oxidative capacity (Mihic et al., 2000; Pincivero, Coelho, & Campy, 2003; Pincivero, Gandaio, & Ito, 2003). These differences may lead to different times of PAPE increase, as induced fatigue may be superior in men. Additionally, Rixon et al. (2007) found a smaller PAPE effect on countermovement jump (CMJ) in women compared to men after an isometric squat with maximal intention of contraction. Krzysztofik, Kalinowski, et al. (2021) have also shown that performing a single set of 80% 1RM of back squat with 10% velocity loss (VL) in female amateur volleyball players does not result in PAPE. To our knowledge, there are no studies comparing CA with VL in active men and women.

Also, it seems that rest time between the CA and the subsequent exercise may impact the magnitude of PAPE (Wilson et al., 2013). Seitz and Haff (2016) have shown that PAPE effects may be greater after longer recovery periods (5–7 min, $ES = 0.49$; 8 min, $ES = 0.44$). Although, Krzysztofik, Kalinowski, et al. (2021) have shown that in female volleyball players the rest time between CA and PAPE is highly individualised. This might be due to an explanation from

the work of Rassier and MacIntosh (2000), who proposed that fatigue and potentiation can coexist, and it is possible to enhance performance if the level of fatigue induced by CA does not dominate the levels of potentiation.

Velocity-based resistance training has been shown to be a practical approach to monitoring and quantifying the intensity and volume of resistance exercise. The real-time measurement of VL during multiple repetitions is a sensitive indicator of neuromuscular fatigue, making it a potentially useful tool for coaches to target PAPE by maintaining the optimal balance between potentiation and fatigue (Rodríguez-Rosell et al., 2020). To date, only four studies (Krzysztofik, Kalinowski, et al., 2021; Athanasios et al., 2021; Tsoukos et al., 2019) have investigated the use of VL during CA to optimise PAPE. The studies suggest that a greater PAPE is achieved after a 10 than a 30% VL and that heavy loads (80% 1 RM) are more effective than lighter loads (80 and 60% vs 40% 1 RM). However, the effectiveness of CA seems to vary from person to person. Moreover, Krzysztofik, Kalinowski, et al. (2021) have analysed the effects of VL on the lower limb in female amateur volleyball athletes, showing that PAPE effects are highly individualised, with only 56% of the participants responding positively to the CA. It is unclear whether these effects are similar in other populations, such as resistance trained men and women, and the effects of different VL levels in the CA are unknown. Therefore, investigating the efficacy of VL CA in improving lower body performance in resistance trained men and women may provide new insights into the broader use of VL CA in different populations.

Since VL can induce the same level of fatigue, it might be an optimal strategy to induce PAPE. However, there are no studies comparing the effects of a CA in active men and women in the lower limb, nor the differences between men and women. Therefore, the aim of the present study was to evaluate the optimal rest interval during heavy parallel squats, the different VL in the CA on PAPE and the differences between men and women during the subsequent CMJ. We hypothesised that both VL would induce PAPE and that women would have the effect with a prolonged rest interval.

METHODS

Participants

Twenty active adults (10 men and 10 women) participated in this study, and complete participants' characteristics are presented in Table 1. Participants had no previous

Table 1. Participants characteristics*.

	MEN	WOMEN
Age	21.9± 3.7	20.7± 1.2
Height	1.8± 0.1	1.6± 0.1
Body Mass	78.5± 9.9	56.9± 4.7
Body Fat	18.6± 6.9	23.3± 8.1
1 Repetition Maximum	111.5± 30.9	61± 9.1
Relative Strength	1.4± 0.3	1.1± 0.2

*Variables are presented with Means ± Standard Deviation.

training background in power training but had experience of at least 1 year of performing back squat. All participants had no musculoskeletal injuries prior to the study and were not taking any nutritional supplements or drugs/medications. The sample dimension analysis was performed using G*Power 3.1 software (Faul et al., 2007). Under a framework assuming an estimation error of $\alpha=0.05$, $power=95\%$, and an effect size of 0.357, having 6 measures (moments) x 3 interventions, an n of 18 was necessary. Written informed consent was obtained from each participant after a thorough explanation of the protocol involved, the possible risks associated with it, and the right to withdraw the participation. The study was approved by the Ethics Board of the University of Trás-os-Montes and Alto Douro (Doc64A-CE-UTAD-2021 and Doc64B-CE-UTAD-2021) and all procedures were in accordance with the Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki of 1964, as revised in 2013).

Procedures

A randomised repeated measures design was used to examine PAPE of CMJ performance by squat exercise on two different occasions and one control session. The two different conditions included 80% of 1RM and two different VL percentages (10 and 30% of mean propulsive velocity).

Participants attended three preparatory sessions. At the first session, anthropometric data were collected, and familiarisation with the CMJ was provided. In the second session, participants were familiarised with the squat exercise and incremental loading protocol (1RM). On the third visit, participants performed the incremental loading protocol for the squat exercise. Participants were instructed to perform the eccentric phase at a controlled velocity (i.e., 0.45–0.65^{m.s⁻¹}) and to move as fast as possible during the concentric phase (Pareja-Blanco et al., 2017).

Three experimental sessions were performed 48 to 72 hours apart from each other after the preparatory sessions. The conditions for each session were as follows:

- Control session, participants did not perform CA but only the CMJ;
- 80% of 1RM until the MPV dropped by 10%;
- 80% of 1RM until the MPV dropped by 30%.

In each session, participants rested for three minutes after the standardised general and specific warm-up and then performed a CMJ, which was recorded as baseline. After five minutes of rest, participants tested the load equivalent to 80% of 1RM; if the velocity value had a deviation of 0.02 m/s, the load was adjusted until it corresponded to 80% of 1RM. Then, participants performed the CA or rested for five minutes and 30 seconds. After the CA, CMJ height was reassessed at the following time points: immediately after, 2, 4, 6, 8 and 10 minutes.

General and specific warm-up

Before the preparatory or experimental session, participants performed a standardised warm-up consisting of five minutes of light cycling on a cycle ergometer (50–60 watts) and 5 minutes of dynamic stretching. After the general warm-up, participants performed a specific warm-up consisting of two sets of squats and CMJ repetitions, 10 and 5 repetitions, respectively, with a three-minute rest between sets.

Measurements

Anthropometric measurements

Anthropometric measurements were taken in the first preliminary session. Body height was measured with a stadiometer (seca 274). Body mass was measured using a scale (seca 274), and body fat was estimated from 7 skinfold thicknesses (Barreira et al., 2013) using an adipometer (Sanny AD1011-LDC).

Incremental loading test

In the third session, participants' 1RM during the Squat exercise was determined according to the procedures described (Pallarés et al., 2020). The squat was performed with the free barbell, with participants starting from the upright position with knees and hips fully extended, stance approximately shoulder-width apart, and the barbell placed across the back at the level of the acromion. Each participant lowered in a continuous motion until they touched a bench, which was when the hips were parallel to the angle of the floor (Hartmann et al., 2013); the movement immediately reversed motion and ascended back to the upright position. Feedback was based on concentric velocity. For this purpose, a linear velocity transducer (Speed4Lift) was used (Martínez-Cava et al.,

2020; Pérez-Castilla et al., 2019). Unlike the eccentric phase, which was performed at a controlled mean velocity (i.e., 0.45–0.65 m.s⁻¹) (González-Badillo et al., 2014), participants always had to perform the concentric phase of each repetition at maximum intended velocity, i.e. explosively. To motivate participants to exert maximum effort, they received strong verbal encouragement and feedback on speed during each repetition. The initial load was set at 20 kg for men and 10 kg for women and increased in 10 kg increments until velocity was 0.60 ms⁻¹ (Sanchez-Medina et al., 2010); after that, the load was increased in 2.5–5 kg increments so that the 1RM could be accurately determined. Only the best repetition at each load was considered for subsequent analysis (Sanchez-Medina et al., 2010). Three repetitions were performed for light (< 50% 1RM), two for medium (50–80% 1RM), and only one for the heaviest loads (> 80% 1RM). Recovery times between sets ranged from three to five minutes for both light and heavy loads, respectively. The 1RM was considered the heaviest load each participant could lift with full range of motion (ROM) for each SQ without external help.

Vertical jump tests

CMJ were performed before and after the SQ exercise. After the general and specific warm-up, participants rested for 3 minutes and performed a CMJ. After the intervention with the SQ exercise, participants performed a CMJ immediately after, at 4, 6, 8 and 10 minutes. Jump height was determined using a jump mat system with open source Chronojump (Bosco-System, Barcelona, Spain). The test-retest reliability of this equipment was measured, with authors reporting intra-class correlation (Pueo et al., 2018).

Statistical analyses

All statistical analyses were performed using SPSS (version 25.0; SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) and reported as means with standard deviations (SD). Repeated measures ANOVA was conducted for the 3 interventions × 6 moments × 2 sex model with Bonferroni post-hoc corrections, and to relativise the jump weight in CMJ height to body mass. The effect sizes were calculated using partial eta squared (η_p^2). The small, medium, and large effect sizes (ES) would be reflected η_p^2 in values greater than .0099, .0588, and .1379, respectively (Cohen, 2013). The dependent variables were CMJ height. The significance level was established at 5% ($p < .05$).

RESULTS

No effect was found between moment and intervention, moment × group and moment × intervention interactions.

Differences were found between men and women in ($Z_{(1,18)} = 8.858$; $p = 0.008$; $\eta_p^2 = 0.330$), suggesting that men scored significantly higher CMJ values ($M_{men} = 30.01$, $SE = 1.35$; 95%CI 27.17–32.84, compared to women, $M_{women} = 24.33$, $SE = 1.35$, 95%CI 21.50–27.16).

CMJ values were significantly lower ($p = 0.01$) in women relative to men in every moment and every intervention. However, no statistical differences were found when CMJ values were relativised to body weight.

There was a high variability of inter-individual differences. For the CTRL sessions the percentage variation was 1.7± 8.7; 0.6± 8.5; 1.9± 10.8; 4.7± 10.6; 3.1± 9.2; 3.6± 7, for women and 1.1± 7.8; 0.6± 7.9; 3.9± 6.1; 0.8± 7.6; 2.3± 8.8; -0.7± 10.2 for men, for 0-, 2-, 4-, 6-, 8- and 10-minute post-intervention respectively. For the VL10 session the percentage variation was 5.1± 11.5; 0.18± 12.3; 4.7± 8.5; 4.8± 10.1; 0.11± 7.5; 4.0± 9.8 for women and 4.1± 6.9; 1.5± 6.5; 2.6± 8.6; 3.3± 9.1; -1.1± 10.1; -2.2± 8.4 for men, for 0-, 2-, 4-, 6-, 8- and 10-minute post-intervention respectively. And for VL30 session the percentage variation was 2.2± 8.7; 2.6± 10.3; 5.1± 8; -1.9± 13.3; -2.4± 9.2; -1.4± 9.4 for women and -1.7± 8.9; 1.33± 8.1; -0.42± 6.3; -0.7± 8.9; -1.5± 6.9 for men, for 0-, 2-, 4-, 6-, 8- and 10-minute post-intervention respectively.

Means± SD are presented in Tables 2 and 3. Figures 1, 2 and 3 show the coefficient variation for each individual and each session.

DISCUSSION

The main finding of the present study was that there were no differences in any intervention, and there was no optimal rest time to induce PAPE. Although the values were lower in women at any moment and with each intervention, no statistical differences were found when they were relativised to body weight. There was no difference between VL 10 and 30% for any interventions. Differences in CMJ were similar between the two interventions and CTRL, which ranged from -2.35 to 5.10% difference. In the present study, it does

Table 2. Means and standard deviations of variables.

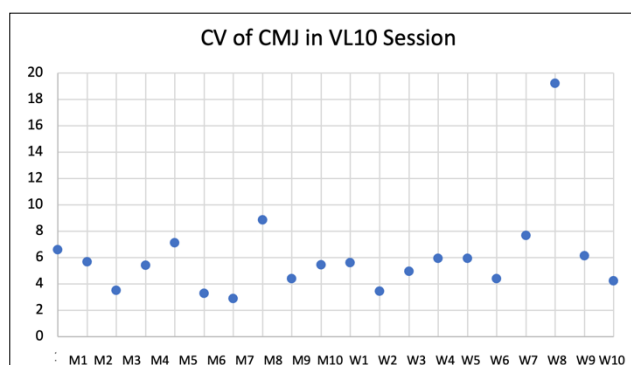
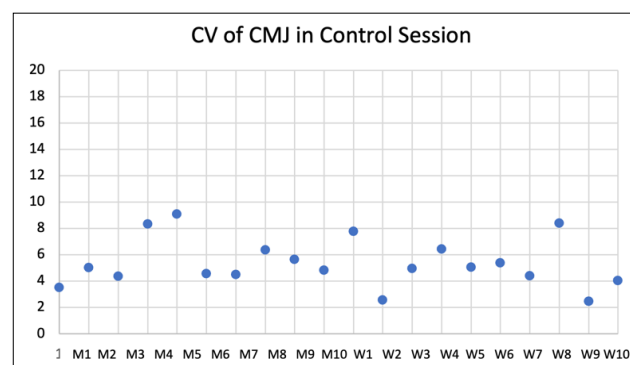
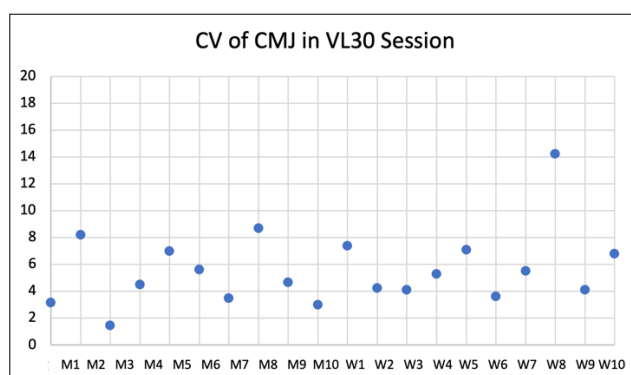
	MEN	WOMEN
Number of Repetitions VL10	3.1± 1	3.8± 1.2
Number of Repetitions VL30	9± 1.9	7.3± 3.0
% of Velocity Loss VL10	10.6± 2.5	10.2± 3.6
% of Velocity Loss VL30	32± 7.9	29.4± 6.8

VL10: Velocity loss 10% group; VL30: Velocity loss 30% group; Variables are presented with Means ± Standard Deviation.

Table 3. Means and standard deviation of countermovement jump from interventions.

	MEN			WOMEN		
	CTRL (N= 10)	VL10 (N= 10)	VL30 (N= 10)	CTRL (N= 10)	10VL (N= 10)	30VL (N= 10)
	Mean± SD	Mean± SD	Mean± SD	Mean± SD	Mean± SD	Mean± SD
Baseline	29.8± 4.4	29.1± 4.5	30.9± 4.1	23.6± 5.3	23.7± 4.1	24.5± 3.6
Post-CA	30± 3.9	30.2± 4.5	30.2± 4.3	23.7± 4.4	24.7± 4	25.1± 4.7
2 min	30± 5.1	29.5± 5.2	31.1± 3.6	23.6± 5.4	23.9± 6	25.3± 5.4
4 min	30.9± 4.6	29.6± 3.8	30.7± 4.3	23.9± 5.3	24.8± 5	25.7± 4
6 min	30± 4.6	29.8± 4	30.6± 4.4	24.4± 4.8	24.8± 4.9	24.2± 5.4
8 min	30.6± 5.4	28.5± 3.3	30.3± 3.7	24.1± 4.9	23.8± 5	24± 4.7
10 min	29.7± 6	28.4± 4.6	30.3± 4.4	24.2± 4.8	24.7± 5.2	24.3± 5

CTRL: control group; VL10: velocity loss 10% group; VL30: velocity loss 30% group; CA: conditioning activity; SD: standard deviation; Men 95%CI CTRL 26.7–33; 27.2–32.8; 26.4–33.6; 27.7–34.1; 26.7–33.3; 26.7–34.4; 25.5–33.7, VL10 25.88–32.26; 26.7–33.4; 25.8–33.2; 26.9–32.4; 27–32.7; 26.1–30.9; 25.1–31.7, VL30 27.9–33.8; 27.1–33.3; 28.5–33.7; 27.6–33.8; 27.4–33.7; 27.7–32.9; 27.1–33.5 for Baseline, Post-CA, 2-min; 4-min, 6-min, 8-min and 10-min respectively. Women 95%CI CTRL 19.8–27.4; 20.5–26.9; 19.8–27.5; 20.1–27.7; 21–27.9; 20.6–27.6; 20.8–27.7, VL10 20.8–26.6; 21.9–27.6; 19.6–28.2; 21.3–28.4; 21.3–28.3; 20.2–27.3; 21–28.4, VL30 21.9–27; 21.7–28.4; 21.4–29.2; 22.8–28.6; 20.3–28.1; 20.7–27.3; 20.7–27.8 for Baseline, Post-CA, 2-min; 4-min, 6-min, 8-min and 10-min respectively.

**Figure 1.** Coefficient variation for VL10 session.**Figure 3.** Coefficient variation for control session.**Figure 2.** Coefficient variation for VL30 session.

not seem to make a difference in performing a CA activity based on VL or no activity at all (CTRL). However, looking at the individual analysis, the variability at PAPE is very high. Some individuals achieved a 14.70% increase in CMJ and others an 11.19% decrease, suggesting that the PAPE effect may be individually dependent. Our results are consistent

with previous research studies, that found that the response of PAPE is highly individualised (Chiu et al., 2003; Evetovich et al., 2015; Hamada et al., 2000; Krzysztófik, Kalinowski, et al., 2021; McCann & Flanagan, 2010). Therefore, implementations of these types of protocols in training programs should be used carefully and reviewed individually before application.

It has been suggested that the balance between fatigue and potentiation may be the main factor affecting the degree of PAPE, according to CA (Chiu et al., 2003; Hamada et al., 2000). Therefore, an individualised approach that adjusts the type of CA and the variables (volume and intensity) should be preferred. It seems weaker individuals are less resistant to fatigue than stronger individuals and may not show PAPE effect (Chiu et al., 2003; Hamada et al., 2000). Seitz and Haff (2016) classified stronger and weaker individuals by their relative strength, with ³ 1.75 being stronger for men and > 1.5 for women in the back squat. Because the individuals of the present study can be classified as weaker ($1.4 \pm 0.29 \text{ kg} \times \text{kg}^{-1}$;

$1.1 \pm 0.19 \text{ kg} \times \text{kg}^{-1}$, men and women, respectively), this may be one of the factors that influenced the results.

Since fatigue seems to be an important factor modulating PAPE, our hypothesis (Seitz & Haff, 2016; Seitz et al., 2014; Seitz et al., 2016; Stone et al., 2008) was that the VL30 condition would show an increase at a later time. Seitz and Haff (2016) have shown that athlete level influences PAPE performance, either in terms of an earlier increase in performance or the degree of increase, which agrees with the present study since there were no effects in PAPE in both interventions. González-Badillo et al. (2016) also showed that reaching failure produced a higher degree of fatigue, although the VL of reaching failure in the squat exercise was 44%, and in the present study, 10 and 30% were used as the degree of VL. So, it could be that the degree of fatigue between 10 and 30% is very low, which could be why there is no difference at PAPE.

Seitz and Haff (2016) showed in their systematic review that the depth of the squat has an influence on the degree of PAPE. This showed a better effect with a half squat ($ES = 0.58$) than with a deeper squat ($ES = 0.25$), and the hypothesis is that a parallel squat causes more fatigue. Therefore, there may be a worse relationship between fatigue and potentiation. This is consistent with the previous report by Place et al. (2005), which showed a higher degree of post-twitch potentiation after fatiguing contractions at short muscle length compared to long muscle length in the quadriceps muscle but with a similar degree of fatigue between conditions. Thus, the difference between 10 and 30% of VL may not be sufficient to cause fatigue, and the depth of exercise may be the main cause of fatigue.

High loads are usually recommended to promote PAPE when using traditional resistance exercise as CA because they elicit recruitment of higher threshold motor units that innervate Type II muscle fibres (Seitz & Haff, 2016). However, PAPE can also be induced by low to moderate loads and by plyometric exercises (Krzysztofik & Wilk, 2020; Krzysztofik et al., 2020; Rassier & MacIntosh, 2000; Seitz & Haff, 2016; Wilson et al., 2013) and PAPE can be observed earlier when plyometric exercises are used. Contrary to this, the present study showed no significant increase in CMJ over time. In practice, using strategies to induce PAPE in weaker populations may not be beneficial. However, future studies should be conducted comparing the effect of PAPE with a VL intervention with a plyometric, traditional high-intensity variable depth squat.

To the best of our knowledge, Krzysztofik, Kalinowski, et al. (2021) was the only study that used the squat as a CA activity with VL, although their study only used women.

They found no significant differences in their intervention and noted that the PAPE effects are highly individualized. This is consistent with the present study in that there were no significant increases in the CMJ, and there were several differences between participants. However, no studies address differences in the PAPE effects between men and women. Also, Krzysztofik, Kalinowski, et al. (2021) had only one intervention with CA with VL (10% of VL, with 80% 1RM) and in the present study there were two groups (10 and 30% of VL, with 80% 1RM). Further studies should be conducted to study the relationship between VL, intensity and the effects of PAPE.

Previous studies (Rodríguez-Rosell et al., 2020; Tsoukos et al., 2019; Tsoukos et al., 2021) have shown that velocity-controlled CA is an effective method to induce PAPE, although this is contrary to the present study, individual difference was found. Similar to the study of Krzysztofik, Kalinowski, et al. (2021), low volume was not sufficient to induce PAPE and may not be sufficient to increase muscle activation and temperature and/or intramuscular fluid accumulation (Blazevich & Babault, 2019), nor was greater volume sufficient to induce PAPE. There is a consensus that a key point to induce PAPE is the balance between fatigue and potentiation (Seitz & Haff, 2016). Therefore, we hypothesised that by taking into account the fatigue profile of the participants and considering that the control of VL during multiple repetitions can serve as an indicator of neuromuscular fatigue (Rodríguez-Rosell et al., 2020), we could obtain a more homogeneous PAPE effect. However, this was not observed in the present study and is consistent with several studies (Chiu et al., 2003; Evetovich et al., 2015; Hamada et al., 2000; McCann & Flanagan, 2010), which may suggest that other factors are more important in triggering PAPE.

Seitz and Haff (2016) have shown that a multiple set of CA appears to be more effective in triggering PAPE in weaker individuals. Because participants in the present study were classified as weaker (< 1.75 and < 1.5 for men and women, respectively), a multiple-set intervention rather than a single set of CA should be preferred. This is a major limitation of our study. However, since this was the first study to analyse the effects of a CA using VL in PAPE with resistance-trained men and women, we decided to use only a single set of CA. However, future studies should examine the differences between single and multiple-set interventions in weaker individuals.

Also, it seems that there is no optimal rest time between CA and PAPE. Seitz and Haff (2016) have shown that there may be an optimal rest time between CA and PAPE (5–7 min, $ES = 0.49$; 8 min, $ES = 0.44$). However, they also

showed that rest time seems to be dictated by the individual's strength level, showing that stronger individuals may express their greatest PAPE at 5–7 min and weaker only after 8 min (Seitz et al., 2014; Seitz & Haff, 2016). In the present study, there was no optimal rest time to induce PAPE, and these findings agree with the study of Krzysztofik, Kalinowski, et al. (2021), which, to the best of our knowledge, is the only study with a VL threshold has a CA in the lower body. It seems that the rest time is highly individualised, and in the present study, there were no differences in performing a CTRL or a VL threshold (VL10 and VL30) session as a CA. This may be because the participants in the present study were classified as weaker (< 1.75 and < 1.5 for men and women, respectively); a multiple-set intervention rather than a single set of CA should be preferred.

The present study has limitations because we used only one intensity level (80% of 1RM), and the thresholds of VL were not very different (10 vs. 30%). Other studies showed differences in fatigue when comparing 20 vs. 40% of VL in squat exercise. Furthermore, Evetovich et al. (2015) have shown that PAPE response is highly individualised, which is also evident in the present study. Therefore, a VL approach must be individualised for each participant to optimise a PAPE.

CONCLUSION

In conclusion, there is no optimal rest time to induce PAPE since there were no statistically significant effects in CTRL, VL10 and VL30. Also, in this population, performing no CA (CTRL) or a CA (VL10 and VL30) with a VL threshold is the same to induce PAPE since none of them induces PAPE. There is no difference in PAPE between men and women. However, the results are highly individualised, so trainers and coaches should analyse whether the CA is applicable to their clients.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank all participants for their dedicated time.

REFERENCES

- Barreira, T. V., Renfrow, M. S., Tseh, W., & Kang, M. (2013). The validity of 7-site skinfold measurements taken by exercise science students. *International Journal of Exercise Science*, 6(1), 20–28. <https://doi.org/10.70252/IFBG2740>
- Blazevich, A. J., & Babault, N. (2019). Post-activation potentiation versus post-activation performance enhancement in humans: historical perspective, underlying mechanisms, and current issues. *Frontiers in Physiology*, 10, 1359. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01359>
- Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Veligekas, P., Tsolakis, C., & Terzis, G. (2014). Effects of muscle action type with equal impulse of conditioning activity on postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2521–2528. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000444>
- Boullosa, D., Beato, M., Dello Iacono, A. D., Cuenca-Fernández, F., Doma, K., Schumann, A. M. Z., Loturco, I., & Behm, D. G. (2020). A new taxonomy for postactivation potentiation in sport. *Internacional Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(8), 1197–1200. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0350>
- Chiu, L. F. Z., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E., & Smith, S. L. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 671–677. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017%3C0671:ppriaa%3E2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017%3C0671:ppriaa%3E2.0.co;2)
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge.
- Esformes, J. I., Keenan, M., Moody, J., & Bampouras, T. M. (2011). Effect of different types of conditioning contraction on upper body postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 143–148. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181fef7f3>
- Evetovich, T. K., Conley, D. S., & McCawley, P. F. (2015). Postactivation potentiation enhances upper- and lower-body athletic performance in collegiate male and female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 336–342. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000728>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/bf03193146>
- González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, 14(8), 772–781. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.905987>
- González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Ribas, J., López-López, C., Mora-Custodio, R., Yañez-García, J. M., & Pareja-Blanco, F. (2016). Short-term recovery following resistance exercise leading or not to failure. *International Journal of Sports Medicine*, 37(4), 295–304. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1564254>
- Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Tarnopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2131–2137. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.6.2131>
- Hartmann, H., Wirth, K., & Klusemann, M. (2013). Analysis of the load on the knee joint and vertebral column with changes in squatting depth and weight load. *Sports Medicine*, 43(10), 993–1008. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0073-6>
- Krzysztofik, M., Kalinowski, R., Trybulski, R., Filip-Stachnik, A., & Stastny, P. (2021). Enhancement of countermovement jump performance using a heavy load with velocity-loss repetition control in female volleyball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11530. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111530>
- Krzysztofik, M., Matykievicz, P., Celebanska, D., Jarosz, J., Gawel, E., & Zwierzchowska, A. (2021). The acute post-activation performance enhancement of the bench press throw in disabled sitting volleyball athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3818. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073818>
- Krzysztofik, M., & Wilk, M. (2020). The effects of plyometric conditioning on post-activation bench press performance. *Journal of Human Kinetics*, 74, 99–108. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0017>

- Krzysztofik, M., Wilk, M., Filip, A., Zmijewski, P., Zajac, A., & Tufano, J. J. (2020). Can post-activation performance enhancement (pape) improve resistance training volume during the bench press exercise? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2554. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072554>
- Krzysztofik, M., Wilk, M., Stastny, P., & Golas, A. (2021). Post-activation performance enhancement in the bench press throw: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 11, 598628. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.598628>
- Martínez-Cava, A., Hernández-Belmonte, A., Courel-Ibáñez, J., Morán-Navarro, R., González-Badillo, J. J., & Pallarés, J. G. (2020). Reliability of technologies to measure the barbell velocity: Implications for monitoring resistance training. *Public Library of Science One*, 15(6), e0232465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232465>
- McCann, M. R., & Flanagan, S. P. (2010). The effects of exercise selection and rest interval on postactivation potentiation of vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1285-1291. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181d6867c>
- Mihic, S., MacDonald, J. R., McKenzie, S., & Tarnopolsky, M. A. (2000). Acute creatine loading increases fat-free mass, but does not affect blood pressure, plasma creatinine, or CK activity in men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(2), 291-296. <https://doi.org/10.1097/00005768-200002000-00007>
- Pallarés, J. G., Cava, A. M., Courel-Ibáñez, J., González-Badillo, J. J., & Morán-Navarro, R. (2020). Full squat produces greater neuromuscular and functional adaptations and lower pain than partial squats after prolonged resistance training. *European Journal of Sport Science*, 20(1), 115-124. <https://doi.org/10.1080/017461391.2019.1612952>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(7), 724-735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>
- Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Delgado-García, G., Garrido-Blanca, G., & García-Ramos, A. (2019). Reliability and concurrent validity of seven commercially available devices for the assessment of movement velocity at different intensities during the bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(5), 1258-1265. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003118>
- Pincivero, D. M., Coelho, A. J., & Campy, R. M. (2003). Perceived exertion and maximal quadriceps femoris muscle strength during dynamic knee extension exercise in young adult males and females. *European Journal of Applied Physiology*, 89(2), 150-156. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0768-0>
- Pincivero, D. M., Gandaio, C. B., & Ito, Y. (2003). Gender-specific knee extensor torque, flexor torque, and muscle fatigue responses during maximal effort contractions. *European Journal of Applied Physiology*, 89(2), 134-141. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0739-5>
- Place, N., Maffiuletti, N. A., Ballay, Y., & Lepers, R. (2005). Twitch potentiation is greater after a fatiguing submaximal isometric contraction performed at short vs. long quadriceps muscle length. *Journal of Applied Physiology*, 98(2), 429-436. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00664.2004>
- Pueo, B., Jimenez-Olmedo, J. M., Lipińska, P., Buško, K., & Penichet-Tomas, A. (2018). Concurrent validity and reliability of proprietary and open-source jump mat systems for the assessment of vertical jumps in sport sciences. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 20(3), 51-57. <https://doi.org/10.5277/ABB-01132-2018-02>
- Rassier, D. E., & MacIntosh, B. R. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33(5), 499-508. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2000000500003>
- Rixon, K. P., Lamont, H. S., & Bemben, M. G. (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 500-505. <https://doi.org/10.1519/r-18855.1>
- Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., Pareja-Blanco, F., Ravelo-García, A. G., Ribas-Serna, J., & González-Badillo, J. J. (2020). Velocity-based resistance training: impact of velocity loss in the set on neuromuscular performance and hormonal response. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(8), 817-828. <https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0829>
- Sanchez-Medina, L., Perez, C. E., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 123-129. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1242815>
- Seitz, L. B., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 706-715. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3182a73ea3>
- Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2016). Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: a systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231-240. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0415-7>
- Seitz, L. B., Trajano, G. S., Haff, G. G., Dumke, C. C. L. S., Tufano, J. J., & Blazevich, A. J. (2016). Relationships between maximal strength, muscle size, and myosin heavy chain isoform composition and postactivation potentiation. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(5), 491-497. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0403>
- Stone, M. H., Sands, W. A., Pierce, K. C., Ramsey, M. W., & Haff, G. G. (2008). Power and power potentiation among strength-power athletes: preliminary study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(1), 55-67. <https://doi.org/10.1123/ijspp.3.1.55>
- Tsoukos, A., Brown, L. E., Terzis, G., Veligekas, P., & Bogdanis, G. C. (2021). Potentiation of bench press throw performance using a heavy load and velocity-based repetition control. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 35, S72-S79. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003633>
- Tsoukos, A., Brown, L. E., Veligekas, P., Terzis, G., & Bogdanis, G. C. (2019). Postactivation potentiation of bench press throw performance using velocity-based conditioning protocols with low and moderate loads. *Journal of Human Kinetics*, 68, 81-98. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0058>
- Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M. C., Lowery, R., & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 854-859. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31825c2bdb>

Increased risk for signs and clinical symptoms associated with sedentary behaviour in people diagnosed with COVID-19: a retrospective observational study

Lisa Fernanda Mazzonetto^{1*} , Euripedes Barsanulfo Gonçalves Gomide² , Alcivandro de Sousa Oliveira¹ , Leonardo Santos Lopes da Silva¹ , Jéssica Fernanda Corrêa Cordeiro^{3,4} , Pedro Pugliesi Abdalla¹ , Márcio Fernando Tasinafo Júnior¹ , Ana Claudia Rossini Venturini¹ , Átila Alexandre Trapé¹ , Jorge Mota³ , Erlingur Johannsson^{5,6} , Lucimere Bohn⁷ , Dalmo Roberto Lopes Machado¹ , André Pereira dos Santos^{1,3,4} 

ABSTRACT

This study aimed to verify the association between sedentary behaviour (SB) and clinical signs and symptoms in individuals with COVID-19. Five hundred nine people diagnosed with COVID-19 were cross-sectionally assessed by telephone interviews. Sociodemographic characteristics, clinical signs and symptoms and SB (IPAQ-SV) were obtained. It was found an association between increased sedentary behaviour (ISB) and clinical signs/symptoms of COVID-19 ($p < 0.05$). Controlling for the variables age, body mass index and moderate/vigorous physical activity, men with ISB had a higher occurrence of headache (OR= 2.357; 95%CI 1.312–4.232) and cough (OR= 2.508; 95%CI 1.268–4.959), women with ISB had a reduction in fatigue or tiredness (OR= 0.574; 95%CI 0.353–0.932). Four or more hours of SB increased the risk of headache and cough in men. Women experienced reduced symptoms of fatigue/tiredness during COVID-19 diagnosis.

KEYWORDS: physical activity; SARS-CoV-2; sedentary lifestyle; clinical outcomes.

INTRODUCTION

COVID-19 is an infection caused by the severe acute respiratory syndrome virus (SARS-CoV-2) (Wu et al., 2020). The most common signs and clinical symptoms of COVID-19 are fever, headache, muscle pain, cough, dyspnea, nausea,

generalised weakness or fatigue, vomiting, diarrhoea, stomach discomfort, sore throat, runny nose, loss of smell and taste (Zhou et al., 2020). The most serious ones are severe acute respiratory syndrome, hypoxia, delirium, encephalopathy, hypercoagulability, and pulmonary fibrosis (Filgueira et al.,

¹Universidade de São Paulo, School of Physical Education and Sport of Ribeirão Preto – Ribeirão Preto (SP), Brazil.

²Claretiano – University Center – São Paulo (SP), Brazil.

³Universidade de Porto, Faculty of Sport – Porto, Portugal.

⁴Universidade de São Paulo, College of Nursing of Ribeirão Preto – Ribeirão Preto (SP), Brazil.

⁵University of Iceland, School of Education, Center of Sport and Health Sciences – Iceland.

⁶Western Norway University of Applied Sciences, Department of Sport, Food and Natural Sciences – Bergen, Norway.

⁷Universidade Lusófona do Porto, Faculty of Psychology, Education and Sport – Porto, Portugal.

*Corresponding author: Avenida Bandeirantes, 3.900 – Monte Alegre – CEP: 14040-900 – Ribeirão Preto (SP), Brazil. E-mail: lisafernanda20@hotmail.com

Conflict of interests: nothing to declare. **Funding:** Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel – Brazil (CAPES) – Financing Code 001.

Received: 10/12/2023. **Accepted:** 03/06/2024.

2021; Marino et al., 2022). COVID-19 symptomatology may be related to the individual's existing health status. Emerging data suggests that those most severely affected are those with pre-existing comorbidities (Marino et al., 2022).

Physically active people become less susceptible to infections. Moderate-intensity physical activity has been shown to be effective against respiratory tract infections (Channappanavar & Perlman, 2017). Furthermore, regular physical activity exerts a protective effect against severe forms of COVID-19 (Gomide et al., 2022a; Gomide et al., 2022b) because it counteracts the chronic inflammatory condition of the body, increases antibody responses in vaccination, and reduces systemic inflammation, with a better recovery prognosis for certain diseases (Chen et al., 2022; Clemente-Suárez et al., 2022; Hamer & Chida, 2008), including COVID-19 itself (Gomide et al., 2022a). Conversely, data has shown amplification in sedentary activities and a nonnegligible association between sedentary behaviour (SB) and worse outcomes for health (Bohn et al., 2017; Martinez-Ferran et al., 2020; Rezende et al., 2014). Despite the above mentioned information, data regarding SB and subsequent negative health outcomes arising from low-to-middle income countries such as Brazil, still needs to be included, especially when considering COVID-19 related-outcomes. The obligation to stay home during initial COVID-19 waves directly influenced the SB (Bohn et al., 2021; Carvalho et al., 2021; Martinez-Ferran et al., 2020).

Many physiological pathways can explain the deleterious effect of SB on the prognosis of COVID-19 since the association of a sedentary lifestyle with chronic diseases, such as obesity, diabetes, metabolic disorders, cardiovascular diseases, among others, is already well established in the scientific literature (Channappanavar & Perlman, 2017; Gomide et al., 2022b). Time spent in SB can negatively impact immune system functionality, increasing the risk of COVID-19 infection and disease severity (Tavakol et al., 2023). In turn, physical activity reduces systemic inflammation in the body, stimulates anti-inflammatory cytokines, increases the activity of macrophages, neutrophils and natural killer cells and is positively associated with shorter recovery times. Compared to sedentary people, active people had a lower chance of hospitalization, fewer days of hospitalisation, less respiratory difficulty and less need for oxygen support (Gomide et al., 2022a; Gomide et al., 2022b). Therefore, the exacerbation of the cytokine "storm" triggered by SARS-CoV-2 infection, added to SB (Meneguci et al., 2015) could directly influence the occurrence of clinical signs and symptoms in people dealing with the infection. However, there is still a lack of knowledge in this regard. Despite the variability of

sedentary behavior time, all point to deleterious effects with greater risks for different types of diseases depending on the time spent sitting (Charansonney, 2011; Mazo et al., 2018; Rutten et al., 2013). To the best of our knowledge, no studies in Brazil have investigated the effect of SB on the clinical signs and symptoms of COVID-19.

The relationship between comorbidities and the evolution of patients with COVID-19 is a significant factor; however, in a complex scenario such as Brazil, where social, health and economic differences are accentuated by strong inequalities, these socioeconomic, geographic, structural, and personal characteristics, such as age and sex, state of residence and development index, level of education and hospital plan, can worsen the clinical signs and symptoms of COVID-19. (Baqui et al., 2021). Considering these factors, the signs and clinical symptoms are distinct, depending on modifiable and non-modifiable variables. In this regard, it is necessary to develop studies in various contexts investigating the association between SB and signs and clinical symptoms among people with COVID-19. Understanding this impact may indicate a direct relationship between SB and the worsening of clinical signs and symptoms of the disease. Thus, this study aimed to verify the association between SB and the occurrence of COVID-19 and clinical symptoms, as well as verify the odds ratio of SB influencing the higher occurrence of these clinical signs and symptoms. We hypothesise that SB may exert a more pronounced influence on the clinical signs and symptoms of individuals diagnosed with COVID-19 taking into account variables such as sex, moderate to vigorous physical activity, age grouping, and BMI. Additionally, we hypothesise that SB may have a differential impact on signs and symptoms across different sexes and clinical symptoms.

METHODS

Study design

This is a retrospective observational study derived from a larger study (Gomide et al., 2022b). Data was collected between June and December 2021 from individuals diagnosed with COVID-19 during March 2020 and February 2021. This manuscript followed the guidelines of Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) (Elm et al., 2007) and the Checklist for Reporting Results of Internet E-Surveys (CHERRIES) (Eysenbach, 2004).

Ethical aspects

The study was approved by the Ethics and Research Committee of the Nursing School of Ribeirão Preto,

Universidade de São Paulo (CAAE: 39645220.6.0000.5393). The study followed the guidelines of the Council Resolution National Health System (CNS) 466/12, which regulates research involving human beings (Novoa, 2014). The study was then forwarded to the Municipal Health Department of Ribeirão Preto and was approved (official letter 462/2020). All participants were informed of the study's purposes and methods, emphasising their right to withdraw from the research at any time.

Sample and location for data collection

We included people who resided in the city of Ribeirão Preto, São Paulo - Brazil, aged ≥ 18 years old, positive polymerase chain reaction (PCR) test for COVID-19, no presence of any immunologically compromised conditions, prolonged use and administration of corticosteroids and/or chemotherapy, transplant recipients, and neurodegenerative diseases. We excluded people who did not answer all the questions or withdrew from participating in the study. Recruitment, participant selection, and data collection were conducted via telephone interviews by Resolution 510/2016 on the norms applicable to research in Human and Social Sciences (Lordello & Silva, 2017). The researchers identified themselves and presented the study goals, risks, procedures, and benefits to the participants. The research was initiated only after the participant accepted and sent their free informed consent, which was sent via WhatsApp® or email and explained via phone calls. After obtaining informed consent, data collection began following validated questionnaires (Matsudo et al., 2001; Ramos et al., 2022). The interviewer entered the responses into a Google Forms® database while the phone call was ongoing, ensuring that all mandatory questions were answered.

Sample size

The sample size was calculated a priori using The Power and Sample Size Program®, version 3.043. The selected parameters were a prevalence of hospitalisation due to COVID-19 of 10.0% with a precision of 3.5%, a confidence interval of 95%, and a finite population of 33,643 infected individuals in the city where the study was conducted during the data collection period, resulting in a minimum sample size of 500 to 650 participants.

Data collection

The Ribeirão Preto Municipal Health Secretariat provided telephone numbers, and emails of 33,643 individuals diagnosed with COVID-19. Using Microsoft Excel®, seven

evaluators trained and supervised by the main researcher made 3,814 random phone calls. Out of this total, 647 participants answered the calls after a maximum of three attempts. Data from 14 individuals was excluded due to not meeting the eligibility criteria, and 124 people declined to participate in the study. Thus, a total of 509 individuals diagnosed with COVID-19 were deemed eligible, interviewed, and had their data included in the study. The data collection flowchart has been previously published (Gomide et al., 2022b).

Questionnaires

The instrument used in this study was the "Profile of the Person Diagnosed by COVID-19" questionnaire, which referred to the week prior to the diagnosis (Ramos et al., 2022). We collected information about age (years), self-reported skin colour, sex, height (m), and weight (kg) to calculate the Body Mass Index (BMI) and the signs and clinical symptoms due to COVID-19. The International Physical Activity Questionnaire — Short Version (IPAQ-SV) (Matsudo et al., 2001), validated for Brazilian (Garcia et al., 2013), was adopted to obtain sitting time (SB) on one normal weekday and one normal weekend day to the week prior to the diagnosis (including during work and leisure). SB was collected as minutes and then transformed into hours per day. The number of hours per day of SB on weekdays was multiplied by five, and the number of hours per day of SB on weekend days was multiplied by two. These values were summed and divided by seven to obtain the SB number of hours per day (Di Fusco et al., 2021). Finally, SB was categorised as reduced sedentary behaviour ($RSB < 4$ h/day) and increased sedentary behaviour ($ISB \geq 4$ h/day) (Hamer & Stamatakis, 2014).

Statistical analysis

After completing the inclusion of the interview results in Google Forms®, the information was downloaded in a Microsoft Excel® spreadsheet format. Two researchers independently coded the data, and the validation was performed by double checking in Microsoft Excel® to minimise the risk of bias in data tabulation. The variables, including sex, age group (18 to 59 years; $60 \geq$ years), self-reported skin colour (White, Black, Yellow, and Brown), BMI (kg/m^2), and clinical signs and symptoms of COVID-19 were presented as absolute (n) and relative (%) frequency. Signs and clinical symptoms of COVID-19 were dichotomised into yes (1) or no (0). Fisher's exact test was used to verify the association between SB and clinical signs and symptoms for the total sample, which was grouped by sex. Only those signs and clinical symptoms statistically significantly associated ($p < 0.050$) were included in the binary logistic regression analysis. Binary

logistic regression was conducted to indicate the odds ratio (OR) of people with ISB (independent variable) manifesting a certain sign and/or symptom (dependent variable). Thus, for logistic regression, the following dichotomised confounding variables which were associated with clinical outcomes due to COVID-19 (Baqui et al., 2021) were controlled: age grouping (0= 18≥ 59 years; 1= 60≥ years), BMI (0= Normal weight≤ 24.9kg/m²; 1= Overweight or obesity≥ 25kg/m²), and moderate/vigorous physical activity (0= inactive< 150 minutes of physical activity per week; 1= active≥ 150 minutes of physical activity per week). Criteria for these variables, age and BMI are presented with a worse prognosis for covid-19 (Wu et al., 2020), as well as the difference between the sexes, with greater involvement for males (Lustosa et al., 2022) and physical activity level as a modifiable factor (Gomide et al., 2022b) or not of the influence of sedentary behaviour. Additionally, we assessed the effect size (*d*) of sedentary behaviour on the manifestation of signs and symptoms, exclusively focusing on those that demonstrated a statistically significant association through the exact Fisher's test. We adopted Cohen's *d* (1988) reference values (*d*< 0.1= negligible; 0.1≤ *d*< 0.3= small; 0.3≤ *d*< 0.5= medium; *d*≥ 0.5= large). The statistical analysis was performed using the SPSS® version 20.0 program with a significance level of $\alpha= 5\%$.

RESULTS

The sample characteristics are presented in Table 1. The age of the participants varied between 18 and 89 years old, with the majority (78%) in the group from 18 to 59 years old, while the remaining 22% were 60 years old or older. Of the participants, 61% were female. Among the total sample, 44.8% were classified as having ISB, with 38.6% of females and 54.5% of males exhibiting this behaviour. Most participants (71.7%) were classified as overweight or obese according to their BMI.

ISB is associated with the symptoms of headache (*OR*= 1.483; *p*= 0.037) and cough (*OR*= 1.448; *p*= 0.038) for the total sample; headache (*OR*= 2.306; *p*= 0.004), muscle pain (*OR*= 1.831; *p*= 0.045) and cough (*OR*= 2.511; *p*= 0.007) for males; and fatigue/tiredness (*OR*= 0.610; *p*= 0.042) for females (Table 2).

In Table 3, the logistic binary regression shows the OR of people with ISB presenting a higher occurrence for determining signs and symptoms, controlling for confounding variables (age grouping, sex, BMI, and moderate/vigorous physical activity) that were statistically significant. Signs/symptoms that had no significant association with ISB were not presented. For the total sample, people with ISB have a higher

occurrence of headache (*OR*= 1.582; 95%CI 1.085–2.305; *p*= 0.017) and cough (*OR*= 1.519; 95%CI 1.019–2.265; *p*= 0.040). For males, ISB was associated with the occurrence of headache (*OR*= 2.357; 95%CI 1.312–4.232; *p*= 0.004) and cough (*OR*= 2.508; 95%CI 1.268–4.959; *p*= 0.008). For females, ISB reduced the chance of experiencing symptoms of fatigue/tiredness (*OR*= 0.574; 95%CI 0.353–0.932; *p*= 0.025), given as a protective factor.

For the total sample, the effect size for ISB on the occurrence of headache was (*d*= 0.3), and for cough (*d*= 0.2). For males, the effect size for both headache and cough was (*d*= 0.5). For females, the effect size for fatigue or tiredness was (*d*= -0.4). Therefore, the effect size classification for these conditions was deemed “medium,” except for cough in the total sample, which was classified as “small.”

DISCUSSION

This retrospective observational study identified an association between SB and clinical signs and symptoms of COVID-19. Specifically, the most frequent symptoms observed among those with ISB were headache, fatigue/tiredness, and muscle pain. Among the participants, 44.8% were classified as having ISB, with 38.6% of the total females and 54.5% of the total males. Furthermore, ISB increased the odds for the occurrence of clinical signs and symptoms such as headache (1.5 times) and cough (1.5 times) for the total sample, headache (2.3 times), and cough (2.5 times) for males. Additionally, there was an association with a lower occurrence of the fatigue or tiredness symptom (0.5 times) for females, which was given as a protective factor; more time sitting, there is less effort, resulting in a reduction in the fatigue or tiredness symptom.

Thus, the study highlights a worrying aspect of SB and its adverse health outcomes. An observational analysis evaluated 38 young adults, grouped by sex, to verify whether BMI and physical activity level modulate autonomic function after SARS-CoV-2 infection. The study found that even after mild to moderate COVID-19 infection, young adults had higher sympathetic activity, lower parasympathetic activity, and global variability compared to uninfected individuals. In addition, overweight and physically inactive participants had worse cardiac autonomic modulation (Freire et al., 2022). Such comorbidities, along with COVID-19, present autonomic dysregulation, corroborating the hypothesis that an organism with a systemic inflammatory profile decreased physical activity and increased SB aggravates COVID-19 disease (Chen et al., 2022; Freire et al., 2022; Gomide et al., 2022b). In addition, our findings show that the symptoms differ in

Table 1. Absolute (n) and relative (%) frequency of sociodemographic characteristics and clinical signs and symptoms of COVID-19 in the total sample and grouped by sex.

Variables	Categories	Total Sample (n= 509)		Female (n= 311)		Male (n= 198)	
		(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)
Sociodemographic							
Age groups	60≥ years	112	22.0	73	23.5	39	19.7
	18 a 59 years	397	78.0	238	76.5	159	80.3
Sedentary Behavior	< 4 hours	281	55.2	191	61.4	90	45.5
	≥ 4 hours	228	44.8	120	38.6	108	54.5
Skin color	White	301	59.1	187	60.1	114	57.6
	Black	48	9.4	33	10.6	15	7.6
	Yellow	3	0.6	2	0.6	1	0.5
	Brown	156	30.6	88	28.3	68	34.3
	Prefer not to declare	1	0.2	1	0.3	0	0.0
BMI (kg.m²)	24.9 ≤	144	28.3	86	27.7	58	29.3
	25 or more	365	71.7	225	72.3	140	70.7
Signs and symptoms							
Fever	Yes	259	50.9	146	46.9	113	57.1
	No	250	49.1	165	53.1	85	42.9
Headache	Yes	297	58.3	200	64.3	97	49
	No	212	41.1	111	35.7	101	51
Muscle pain	Yes	280	55.0	178	57.2	102	51.5
	No	229	45.0	133	42.8	96	48.5
Difficulty Breathing	Yes	147	28.9	97	31.2	50	25.3
	No	362	72.1	214	68.8	148	74.7
Cough	Yes	144	28.3	90	28.9	54	27.3
	No	365	71.7	221	71.1	144	72.7
Loss of taste	Yes	245	48.1	160	51.4	85	42.9
	No	264	51.9	151	48.6	113	57.1
Loss of smell	Yes	248	48.7	162	52.1	86	43.4
	No	261	51.3	149	47.9	112	56.6
Stomach discomfort	Yes	27	5.3	19	6.1	8	4.0
	No	482	94.7	292	93.9	190	96.0
Diarrhea	Yes	72	14.1	48	15.4	24	12.1
	No	437	85.9	263	84.6	174	87.9
Nausea	Yes	35	6.9	29	9.3	6	3.0
	No	474	93.1	282	90.7	192	97.0
Vomit	Yes	30	5.9	26	8.4	4	2.0
	No	479	94.1	285	91.6	194	98.0
Chest pain/pressure	Yes	24	4.7	14	4.5	10	5.1
	No	485	95.3	297	95.5	188	94.9
Runny nose	Yes	64	12.6	48	15.4	16	8.1
	No	445	87.4	263	84.6	182	91.9

Continue...

Table 1. Continued.

Variables	Categories	Total Sample (n= 509)		Female (n= 311)		Male (n= 198)	
		(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)
Sore throat	Yes	86	16.9	61	19.6	25	12.6
	No	423	83.1	250	80.4	173	87.4
Fatigue/ Tiredness	Yes	288	56.6	191	61.4	97	49
	No	221	43.4	120	38.6	101	51
Other Symptoms	Yes	73	14.3	59	19.0	14	7.1
	No	436	85.7	252	81.0	184	92.9

n: absolute value; %: relative value; BMI: body mass index.

Table 2. Association between sedentary behavior and signs and symptoms of COVID-19 for the total sample and grouped by sex.

Clinical signs and symptoms	Total Sample (n= 509)			Male (n= 198)			Female (n= 311)		
	RSB	ISB	OR	RSB	ISB	OR	RSB	ISB	OR
	n (%)	n (%)		n (%)	n (%)		n (%)	n (%)	
Fever	143 (55.2)	116 (44.8)	1.000	53 (46.9)	60 (53.1)	0.873	90 (61.6)	56 (38.4)	0.982
Headache	152 (51.2)	145 (48.8)	1.483*	34 (35.1)	63 (64.0)	2.306*	118 (59.0)	82 (41.0)	1.335
Muscle pain	151 (53.9)	129 (46.1)	1.122	39 (38.2)	63 (61.8)	1.831*	112 (62.9)	66 (37.1)	0.862
Difficulty Breathing	73 (49.7)	74 (50.3)	1.369	20 (40.0)	30 (60.0)	1.346	53 (54.6)	44 (45.4)	1.507
Cough	70 (48.6)	74 (51.4)	1.448*	16 (29.6)	38 (70.4)	2.511*	54 (60.0)	36 (40.0)	1.087
Loss of taste	138 (56.3)	107 (43.7)	0.916	42 (49.4)	43 (50.6)	0.756	96 (60.0)	64 (40.0)	1.131
Loss of smell	138 (55.6)	110 (44.4)	0.966	40 (46.5)	46 (53.5)	0.927	98 (60.5)	64 (39.5)	1.085
Stomach discomfort	17 (63.0)	10 (37.0)	0.712	5 (62.5)	3 (37.5)	0.486	12 (63.2)	7 (36.8)	0.924
Diarrhea	39 (54.2)	33 (45.8)	1.050	8 (33.3)	16 (66.7)	1.783	31 (64.6)	17 (35.4)	0.852
Nausea	23 (65.7)	12 (34.3)	0.623	3 (50.0)	3 (50.0)	0.829	20 (69.0)	9 (31.0)	0.693
Vomit	19 (63.3)	11 (36.7)	0.699	1 (25.0)	3 (75.0)	2.543	18 (69.2)	8 (30.8)	0.687
Chest pain/ pressure	11 (45.8)	13 (54.2)	1.484	2 (20.0)	8 (80.0)	3.520	9 (64.4)	5 (35.7)	0.879
Runny nose	40 (62.5)	24 (37.5)	0.709	5 (31.2)	11 (68.8)	1.928	35 (72.9)	13 (27.1)	0.542
Sore throat	49 (57.0)	37 (43.0)	0.917	10 (40.0)	15 (60.0)	1.290	39 (63.9)	22 (36.1)	0.875
Fatigue/ Tiredness	165 (57.3)	123 (42.7)	0.824	39 (40.2)	58 (59.8)	1.517	126 (66.0)	65 (34.0)	0.610*

RSB: Reduced Sedentary Behavior; ISB: Increased Sedentary Behavior; n: Absolute Value; %: Relative Value; OR: Odds Ratio; * $p < 0.05$ in Fisher's Exact Test.

their occurrence between sexes, affecting more males, which is consistent with literature that shows that the mortality and hospitalisation rate between sexes is higher in males (Lustosa et al., 2022; Rodrigues et al., 2023).

In Brazil, the proportion of deaths from COVID-19 was higher for males (2020), data similar to deaths in the Italian population for the same year (Souza et al., 2020). In another prospective cohort study in Sweden, it was shown

Table 3. Association of increased sedentary behavior with signs and clinical symptoms of people diagnosed with COVID-19.

Sample	Signs and symptoms	Variables	OR	Confidence Interval (95%)		p-value
Total (n= 509)	Headache	Sedentary Behavior	1.582	1.085	2.305	0.017
		MVPA	0.678	0.413	1.112	0.123
		Age grouping	0.665	0.428	1.034	0.070
		Sex	0.476	0.327	0.694	0.001
		BMI (kg.m ²)	1.061	0.706	1.593	0.776
	Cough	Sedentary Behavior	1.519	1.019	2.265	0.040
		MVPA	1.223	0.735	2.101	0.417
		Age grouping	1.054	0.651	1.706	0.831
		Sex	0.864	0.576	1.295	0.478
		BMI (kg.m ²)	0.906	0.586	1.400	0.657
Male (n= 198)	Headache	Sedentary Behavior	2.357	1.312	4.232	0.004
		MVPA	1.048	0.456	2.406	0.912
		Age grouping	0.806	0.383	1.696	0.569
		BMI (kg.m ²)	0.737	0.385	1.411	0.358
	Cough	Sedentary Behavior	2.508	1.268	4.959	0.008
		MVPA	0.696	0.255	1.901	0.480
		Age grouping	0.903	0.383	2.130	0.816
		BMI (kg.m ²)	0.678	0.331	1.387	0.287
Female (n= 311)	Fatigue/tiredness	Sedentary Behavior	0.574	0.353	0.932	0.025
		MVPA	0.713	0.378	1.343	0.295
		Age grouping	1.184	0.663	2.115	0.567
		BMI (kg.m ²)	2.040	1.215	3.426	0.007

n: absolute value; OR: odds ratio; BMI (kg.m²): body mass index; MVPA: Moderate to vigorous physical activity. Confounding variables: age grouping, sex, BMI, and moderate/vigorous physical activity.

that for males, there was a four times greater risk of death from COVID-19 and an increased risk for viral pneumonia, acute discomfort syndrome, acute episode and sepsis (effect combined sex and age) (Sieurin et al., 2022). What can explain this male vulnerability are the associated comorbidity factors, lifestyle and biological differences that directly impact the immune system, where for females, there are stronger innate and adaptive responses in relation to antigens and with a greater burden of comorbidities non-fatal; males are more vulnerable to infectious diseases, higher levels of pro-inflammatory cytokines, and more fatal health conditions (Sieurin et al., 2022). Thus, it can explain the difference in the occurrence of clinical signs and symptoms of COVID-19 among sexes.

A study by Jimeno-Almazán et al. (2022) recruited individuals diagnosed with COVID-19 who had a chronic symptomatic phase (greater than twelve weeks from the onset of symptoms) and only received outpatient follow-up. The study presented the relationship between physical fitness and the severity of symptoms reported by the patient in the

post-COVID-19 period. Greater physical fitness was associated with lower symptom severity in post-COVID-19 individuals. Physical fitness, lower limb muscle strength, maximal voluntary ventilation, and left ventricular ejection fraction were responsible for reducing fatigue and dyspnea (Jimeno-Almazán et al., 2022). Therefore, maintaining physical fitness during the disease, even in mild cases, was associated with milder symptoms in non-hospitalized individuals during the post-COVID-19 period. Individuals with an SB tend to have lower levels of physical fitness and lung function due to the inhibition of exertion due to this adopted behaviour (Souza et al., 2020). Low hours of SB are valuable pre- and post-COVID-19 measures that can reduce the severity, not only in the acute phase of the infection but also of persistent post-COVID-19 symptoms and prognosis (Souza et al., 2020).

The study of Zhang et al. (2022) carried out a bibliometric analysis of the 50 most cited articles on COVID-19 and physical activity. They concluded that physical activity is a crucial lifestyle change in this field, offering a research

landscape on physical activity in global outbreaks of new coronaviruses linked to progress in coping with similar diseases based on physical activity. In addition, Gomide et al. (2022a) demonstrated that physically active individuals had a lower risk of hospitalisation, shorter hospital stays, fewer breathing difficulties, and lower oxygen support needs compared to sedentary individuals (Gomide et al., 2022b). These results, combined with those of Zhang et al. (2022), support our findings that reducing the ISB as a first step towards changing lifestyle habits and adopting physical activity at appropriate levels can reduce the occurrence of signs and symptoms and worsening of COVID-19.

The implications of SB, a term referring to activities with low energy expenditure (≤ 1.5 METs), such as sitting, reclining, or lying down, are associated with reduced or interrupted muscle contractility, resulting in decreased glucose utilisation by muscles and increased insulin levels, favouring the production of lipids. These lipids are mainly stored in the adipose tissue in the central region of the abdomen, leading to the production of inflammatory molecules and increased abdominal circumference, body weight, and chronic non-communicable diseases (Meneguci et al., 2015). In this sense, it is imperative to develop strategies with society to interrupt SB, as its association with several chronic non-communicable diseases persists, irrespective of the level of physical activity. Being physically active does not necessarily cancel out health problems related to SB (Meneguci et al., 2015). The exposure time to SB ranges from four to eleven hours per day, significantly damaging the individual's health (Hamer & Stamatakis, 2014; Jimeno-Almazán et al., 2022). Thus, interrupting SB through physical activity or even interrupting prolonged sitting with short, frequent periods of activity could mitigate the harmful health effects of SB (Dunstan et al., 2010). SB is associated with several diseases, such as cardiovascular diseases and diabetes, and maintaining adequate levels of physical activity according to recommendations reduces the risk of chronic non-communicable diseases (Gomide et al., 2022a; Meneguci et al., 2015). Therefore, public health campaigns need to promote physical activity as an essential lifestyle change to reduce SB and mitigate the negative effects of a sedentary lifestyle. The choice of the cut-off point for classifying RSB and ISB was arbitrary, ranging from zero to four hours and four hours or more (Mazo et al., 2018). Furthermore, individuals sitting down for eight hours a day typically work four hours, take a break (i.e., interruption of SB), and then work another four hours. Studies cited in this paper and others have demonstrated that exposure to SB for more than three hours increases the risk of certain diseases (Charansonney, 2011; Mazo et al., 2018).

Our study had several strengths, such as the information provided by the Municipal Health Secretariat of the study population (Ribeirão Preto/SP), the sufficient sample size to test the study hypothesis, and the absence of the "snowball" effect. This resulted in better control over instrument application. We confirmed the association between SB and clinical signs and symptoms of COVID-19, underscoring the importance of adopting an active lifestyle, avoiding ISB, and likely minimizing the occurrence of certain signs and symptoms of COVID-19. A potential limitation of our study was the possible memory deficit of the participants, which may have influenced their responses to the questionnaire. Prior training and standardization meetings were performed to minimize this factor and to ensure proper questioning and confirmation with the participants. Future studies are needed with different instruments to measure SB and confirm this relationship between ISB and clinical signs and symptoms of COVID-19 and even other similar viral diseases. Furthermore, our study was carried out with participants from a single municipality (Southeast region of Brazil), so the results cannot be immediately generalized to other locations with different socioeconomic, demographic and structural factors, stimulating future research in different contexts. Our investigation enabled the identification of the influence of ISB on the increased occurrence of certain clinical signs and symptoms of COVID-19, contributing to the worsening of the acute phase of the disease. The results show the importance of reducing ISB to minimise the occurrence of clinical signs and symptoms. Additionally, adopting physical activity at adequate levels can help minimise the effects of COVID-19 (Zhang et al., 2022). Therefore, reducing ISB and engaging in physical activity are essential modifiable factors to mitigate the effects of COVID-19.

CONCLUSIONS

ISB is significantly associated with clinical signs and symptoms in people diagnosed with COVID-19. The most common symptoms reported were headache, fatigue/tiredness, and muscle pain. When looking at the sex differences, males had greater involvement in associated signs and symptoms. In light of these findings, reducing SB for more than four hours can minimize the expression of certain signs and symptoms of COVID-19. Therefore, it is important to emphasize the significance of lifestyle modifications for promoting better health and reducing SB could be the first step towards such changes.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank all the people who attended this study.

REFERENCES

- Baqui, P., Marra, V., Alaa, A.M., Bica, I., Ercole, A., & Van Der Schaar, M. (2021). Comparing COVID-19 risk factors in Brazil using machine learning: the importance of socioeconomic, demographic and structural factors. *Scientific Reports*, 11(1), 15591. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95004-8>
- Bohn, L., Gomes, S., Neto, E. S. D. Q., Lage, A. C. S. D. S., Freitas M. D. D. B., Magalhães, F. D. P., Mota, J., & Miranda, L. S. (2021). Predictors of lower depression levels in older adults during COVID-19 lockdown. *Journal Applied Gerontology*, 40(11), 1407-1416. <https://doi.org/10.1177/07334648211025116>
- Bohn, L., Ramoa, A., Silva, G., Silva, N., Abreu, S. M., Ribeiro, F., Boutouyrie, P., Laurent, S., & Oliveira, J. (2017). Sedentary behavior and arterial stiffness in adults with and without metabolic syndrome. *International Journal of Sports Medicine*, 38(5), 396-401. <https://doi.org/10.1055/s-0043-101676>
- Carvalho, J., Borges-Machado, F., Pizarro, A. N., Bohn, L., & Barros, D. (2021). Home confinement in previously active older adults: a cross-sectional analysis of physical fitness and physical activity behavior and their relationship with depressive symptoms. *Frontiers in Psychology*, 12(1), 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.643832>
- Channappanavar, R., & Perlman, S. (2017). Pathogenic human coronavirus infections: causes and consequences of cytokine storm and immunopathology. *Seminars in Immunopathology*, 39(5), 529-539. <https://doi.org/10.1007/s00281-017-0629-x>
- Charansonney, O. L. (2011). Physical activity and aging: a life-long story. *Discovery Medicine*, 12(64), 177-185. Retrieved from <https://www.discoverymedicine.com/Olivier-L-Charansonney/2011/09/09/physical-activity-and-aging-a-life-long-story/>
- Chen, X., Hong, X., Gao, W., Luo, S., Cai, J., Liu, G., & Huang, Y. (2022). Causal relationship between physical activity, leisure sedentary behaviors and COVID-19 risk: a Mendelian randomization study. *Journal of Translational Medicine*, 20(1), 216. <https://doi.org/10.1186/s12967-022-03407-6>
- Clemente-Suárez, V. J., Beltrán-Velasco, A. I., Ramos-Campo, D. J., Mielgo-Ayuso, J., Nikolaidis, P. A., Belando, N., & Tornero-Aguilera, J. F. (2022). Physical activity and COVID-19. The basis for an efficient intervention in times of COVID-19 pandemic. *Physiology & Behavior*, 244(1), 113667. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113667>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2^a ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Di Fusco, S. A. D., Spinelli, A., Castello, L., Mocini, E., Gulizia, M. M., Oliva, F., Gabrielli, D., Imperoli, G., & Colivicchi, F. (2021). Impact of working from home on cardiovascular health: an emerging issue with the COVID-19 pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22), 11882. <https://doi.org/10.3390/ijerph182211882>
- Dunstan, D. W., Barr, E. L. M., Healy, G. N., Salmon, J., Shaw, J. E., Balkau, B., Magliano, D. J., Cameron, A. J., Zimmet, P. Z., & Owen, N. (2010). Television viewing time and mortality: the Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab). *Circulation*, 121(3), 384-391. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.894824>
- Elm, E. V., Altman, D. G., Egger, M., Pocock, S. J., Gøtzsche, P. C., & Vandenbroucke, J. P. (2007). Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *British Medical Journal*, 335(7624), 806-808. <https://doi.org/10.1136/bmj.39335.541782.AD>
- Eysenbach, G. (2004). Improving the quality of web surveys: the Checklist for Reporting Results of Internet E-Surveys (CHERRIES). *Journal of Medical Internet Research*, 6(3), 1-64. <https://doi.org/10.2196/jmir.6.3.e34>
- Filgueira, T. O., Castoldi, A., Santos, L. E. R., de Amorim, G. J. D., Sousa Fernandes, M. S. D., Anastácio, W. D. L. D. N., Campos, E. Z., Santos, T. M., & Souto, F. O. (2021). The relevance of a physical active lifestyle and physical fitness on immune defense: mitigating disease burden, with focus on COVID-19 consequences. *Frontiers Immunology*, 12(1), 1-23. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.587146>
- Freire, A. P. C. F., Lira, F. S., Morano, A. E. V. A., Pereira, T., Coelho-E-Silva, M.-J., Caseiro, A., Christofaro, D. G. D., Júnior O. M., Dorneles, G. P., Minuzzi, L. G., Pinho, R. A., & Silva, B. S. D. A. (2022). Role of body mass and physical activity in autonomic function modulation on post-COVID-19 condition: an observational subanalysis of fit-COVID study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4), 2457. <https://doi.org/10.3390/ijerph19042457>
- Garcia, L. M. T., Osti, R. F. I., Ribeiro, E. H. C., & Florindo, A. A. (2013). Validação de dois questionários para a avaliação da atividade física em adultos. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, 18(3), 317-317. <https://doi.org/10.12820/rbafs.v.18n3p317>
- Gomide, E. B. G., Abdalla, P. P., Pisa, M. F., Schneider, G., Vieira, L. G., Mazzonetto, L. F., Oliveira, A. D. S., Sebastião, E., & Santos, A. P. D. (2022a). The role of physical activity in the clinical outcomes of people diagnosed with Covid-19: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport Plus*, 1(1), 100007. <https://doi.org/10.1016/j.jsampl.2022.100007>
- Gomide, E. B. G., Mazzonetto, L. F., Cordeiro, J. F. C., Cordeiro, D. C., Oliveira, A. D. S., Fioco, E. M., Venturini, A. C. R., Abdalla, P. P., Silva, L. S. L. D., Tasinafo Júnior, M. F., Andrade, D. D., Bohn, L., Machado, D. R. L., & Santos, A. P. D. (2022b). Being physically active leads to better recovery prognosis for people diagnosed with COVID-19: a cross-sectional study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 14908. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214908>
- Hamer, M., & Chida, Y. (2008). Walking and primary prevention: a meta-analysis of prospective cohort studies. *British Journal of Sports Medicine*, 42(4), 238-243. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.039974>
- Hamer, M., & Stamatakis, E. (2014). Prospective study of sedentary behavior, risk of depression, and cognitive impairment. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(4), 718-723. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000156>
- Jimeno-Almazán, A., Martínez-Cava, A., Buendía-Romero, Á., Franco-López, F., Sánchez-Agar, J. A., Sánchez-Alcaraz, B. J., Tufano, J. J., Pallarés, J. G., & Courel-Ibáñez, J. (2022). Correction to: Relationship between the severity of persistent symptoms, physical fitness, and cardiopulmonary function in post-COVID-19 condition. A population-based analysis. *Internal and Emergency Medicine*, 17(1), 2453. <https://doi.org/10.1007/s11739-022-03089-4>
- Lordello, S. R., & Silva, I. M. D. (2017). Resolução no 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde: um panorama geral. *Revista SPAGESP*, 18(2), 6-15.
- Lustosa, F. D. D., Minuzzo, E. A. D. S., Oliveira, M. A. D., Ferreira, K. G., Nicoletta, A., Rabelo, R. Q., Castilho, M. C. B. F., & Sobrinho, U. V. M. (2022). Perfil epidemiológico dos óbitos ocasionados por COVID-19 no município de Redenção, PA. *Brazilian Journal of Infectious Diseases*, 26(Suppl. 1), 102053. <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2021.102053>
- Marino, F.E., Vargas, N. T., Skein, M., & Hartmann, T. (2022). Metabolic and inflammatory health in SARS-CoV-2 and the potential role for habitual exercise in reducing disease severity. *Inflammation Research*, 71(1), 27-38. <https://doi.org/10.1007/s00011-021-01517-3>
- Martinez-Ferran, M., Guía-Galipienso, F. D. L., Sanchis-Gomar, F., & Pareja-Galeano, H. (2020). Metabolic impacts of confinement during the COVID-19 pandemic due to modified diet and physical activity habits. *Nutrients*, 12(6), 1549. <https://doi.org/10.3390/nu12061549>

- Matsudo, S., Araújo, T., Marsudo, V., Andrade, D., Andrade, E., Oliveira, L. C., & Braggion, G. (2001). Questionário internacional de atividade física (IPAQ): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, 6(2), 5-18. <https://doi.org/10.12820/rbafs.v.6n2p5-18>
- Mazo, G. Z., Virtuoso, J. F., Krug, R. D. R., Menezes, E. C., & Lopes, M. A. (2018). Association between sitting time and major diseases in brazilian octogenarians. *Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR*, 22(1), 3-9. <https://doi.org/10.25110/arqsaude.v22i1.2018.6033>
- Meneguci, J., Santos, D. A. T., Silva, R. B., Santos, R. G., Sasaki, J. E., Tribess, S., Damião, R. & Júnior, J. S. V. (2015). Comportamento sedentário: conceito, implicações fisiológicas e os procedimentos de avaliação. *Motricidade*, 11(1), 160-174. <https://doi.org/10.6063/motricidade.3178>
- Novoa, P. C. R. (2014). O que muda na Ética em Pesquisa no Brasil: resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. *Einstein*, 12(1), 7-10. <https://doi.org/10.1590/S1679-45082014ED3077>
- Ramos, A. B. M., Gomide, E. B. G., Alves, T. C., Miguel, N. D., Trapé, A. A., Sebastião, E., & Santos, A. P. D. (2022). Physical activity and sitting time in adults after positive diagnosis for COVID-19: a cross-sectional study. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, 27(1), 1-10. <https://doi.org/10.12820/rbafs.27e0268>
- Rezende, L. F. M., Lopes, M. R., Rey-López, J. P., Matsudo, V. K. R., & Luiz, O. D. C. (2014). Sedentary behavior and health outcomes: an overview of systematic reviews. *PloS One*, 9(8), e0105620. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105620>
- Rodrigues, M. D. S., Guimarães, J., Filho, R. B. D. C., Júnior, A. A. D. M., Moura, J. C. D., & Moura, S. M. D. (2023). Perfil epidemiológico dos pacientes hospitalizados por COVID-19 em uma Unidade de Terapia Intensiva no interior do Brasil. *Revista de Medicina*, 102(1), 1-8. <https://doi.org/10.11606/issn.1679-9836.v102i1e-188803>
- Rutten, G. M., Savelberg, H. H., Biddle, S. J. H., & Kremers, S. P. J. (2013). Interrupting long periods of sitting: good STUFF. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10(1), 1-3. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-10-1>
- Sieurin, J., Brandén, G., Magnusson, C., Hergens, M.-P., & Kosidou, K. (2022). A population-based cohort study of sex and risk of severe outcomes in covid-19. *European Journal of Epidemiology*, 37, 1159-1169. <https://doi.org/10.1007/s10654-022-00919-9>
- Souza, L. G., Randow, R., & Siviero, P. C. L. (2020). Reflexões em tempos de COVID-19: diferenciais por sexo e idade. *Comunicação em Ciências da Saúde*, 31(3), 75-83. <https://doi.org/10.51723/ccs.v31iSuppl>
- Tavakol, Z., Ghannadi, S., Tabesh, M. R., Halabchi, F., Noormohammadpour, P., Akbarpour, S., Alizadeh, Z., Nezhad, M. H., & Reyhan, S. K. (2023). Relationship between physical activity, healthy lifestyle and COVID-19 disease severity; a cross-sectional study. *Journal of Public Health*, 31(1), 267-275. <https://doi.org/10.1007/s10389-020-01468-9>
- Wu, C., Chen, X., Cai, Y., Xia, J., Zhou, X., Xu, S., Huang, H., Zhang, L., Zhou, X., Du, C., Zhang, Y., Song, J., Wang, S., Chao, Y., Yang, Z., Xu, J., ... & Song, Y. (2020). Risk factors associated with acute respiratory distress syndrome and death in patients with coronavirus disease 2019 pneumonia in Wuhan, China. *JAMA Internal Medicine*, 180(7), 934-943. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.0994>
- Zhang, F., Zhang, Y., Yu, Y., Lu, W., & Zhang, H. (2022). Bibliometric analysis of the top-50 cited articles on COVID-19 and physical activity. *Frontiers in Public Health*, 10(1), 926244. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.926244>
- Zhou, F., Yu, T., Du, R., Fan, G., Liu, Y., Liu, Z., Xiang, J., Wang, Y., Song, B., Gu, X., Guan, L., Wei, Y., Li, H., Wu, X., Xu, J., Tu, S., ... & Cao, B. (2020). Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet*, 395(10229), 1054-1062. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30566-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30566-3)

Comer transtornado orientado à muscularidade e sintomas de dismorfia muscular em homens insuficientemente ativos e fisicamente ativos

Muscularity-oriented disordered eating and symptoms of muscle dysmorphia in insufficiently active and physically active men

Danilo César Paschoalino^{1*} , Telma Maria Braga Costa^{1,2} 

RESUMO

O estudo tem como objetivo avaliar o comer transtornado orientado à muscularidade e sintomas de dismorfia muscular em homens com idade entre 18 e 59 anos. Trata-se de um estudo transversal, comparativo e quantitativo, com coleta de dados online pelos instrumentos MDDI (*Muscle Dysmorphic Disorder Inventory*) e MOET (*Muscularity Oriented Eating Test*); as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa SPSS, com valor de $p \leq 0,05$ adotado para determinar o nível de significância. Os resultados obtidos com a amostra de 427 homens, separados em três grupos: praticantes de musculação (GM; $n = 145$), grupo de insuficientemente ativos (GIAt; $n = 124$) e grupo de praticantes de outras modalidades (GPOM; $n = 158$), apontam pela análise dos escores totais dos instrumentos MOET e MDDI que há diferença significativa ($p = 0,001$) entre os grupos. O grupo GM possui média superior ao GIAt e GPOM ($p = 0,001$ para ambos). Sugerindo que GM apresenta maior preocupação com alimentação direcionada à hipertrofia muscular e sintomas de dismorfia muscular quanto aos outros grupos. Conclui-se que os resultados do estudo permitam aos profissionais de saúde uma abordagem adequada com indivíduos que apresentem comer transtornado à muscularidade e sintomas de dismorfia muscular.

PALAVRAS-CHAVE: comportamento alimentar; imagem corporal; homens.

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate muscularity-oriented disordered eating and symptoms of muscle dysmorphia in men aged between 18 and 59 years. This is a cross-sectional, comparative and quantitative study, with online data collection using the MDDI (*Muscle Dysmorphic Disorder Inventory*) and MOET (*Muscularity Oriented Eating Test*) instruments. Statistical analyses were performed using the SPSS program, with a $p \leq 0.05$ adopted to determine the significance level. The results were obtained with the sample of 427 men, separated into three groups: bodybuilding practitioners (BPG; $n = 145$), an insufficiently active group (IAG; $n = 124$) and a group of practitioners of other modalities (GPOM; $n = 158$), pointing out by analysing the total scores of the MOET and MDDI instruments that there is a significant difference ($p = .001$) between the groups. The BPG group has a higher average than IAG and GPOM ($p = .001$ for both), suggesting that BPG is more concerned with eating aimed at muscle hypertrophy and symptoms of muscle dysmorphia than the other groups. It is intended that the results of the study will allow health professionals to have an appropriate approach to individuals who have disordered eating and muscular dysmorphia.

KEYWORDS: feeding behaviour; body image; men.

¹Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Ribeirão Preto (SP), Brasil.

²Universidade de Ribeirão Preto – Ribeirão Preto (SP), Brasil.

*Autor correspondente: Rua Maria Perone Sarmento, 195, Jardim Ângelo Jurca – CEP: 14093667 – Ribeirão Preto (SP), Brasil. E-mail: dcpaschoal@hotmail.com

Conflito de interesses: nada a declarar. Financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e Universidade de Ribeirão Preto.

Recebido: 16/11/2023. **Aceite:** 12/03/2024.

INTRODUÇÃO

Considerando o crescente número de indivíduos que buscam de forma inadequada a melhora da composição corporal em academias de ginástica para a prática de musculação, se observa relevância no estudo de padrões comportamentais para esta prática e também dos padrões comportamentais alimentares voltados à busca pela muscularidade. A avaliação e compreensão destes padrões característicos e suas possíveis correlações podem contribuir para intervenção assertiva tanto dos profissionais de nutrição quanto dos profissionais de educação física (Almeida et al., 2021; Singh & Veale, 2019).

Segundo Lavender et al. (2017), questões específicas para pesquisas neste âmbito devem incluir fatores que diferenciem o risco para o desenvolvimento de Transtornos Alimentares (TA) tradicionais *versus* os orientados à muscularidade em homens, assim como, o que se refere a alimentação desordenada tradicional *versus* a alimentação orientada à muscularidade diante das características individuais ou de grupos (Lavender et al., 2017).

Com base nos critérios diagnósticos do manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais DSM-5 (American Psychiatric Association [APA], 2014), pesquisadores estimam que 60% dos diagnósticos de TA são documentados como Transtorno Alimentar Sem Outra Especificação (EDNOS). Isso pode significar que eles tenham transtorno da compulsão alimentar periódica, dismorfia muscular ou alguma forma de alimentação desordenada que não atenda aos rigorosos critérios de anorexia nervosa ou bulimia podendo subestimar esse número de diagnósticos (Hiluy et al. 2019).

De acordo com Assunção (2002) a dismorfia muscular (DM) é conceituada como um tipo de Transtorno Dismórfico Corporal (TDC) em que a pessoa se imagina “muito pequena” ou “subdesenvolvida”. O DSM-5 (APA, 2014) se propôs incluir o diagnóstico de Transtorno Dismórfico Muscular (TDM) considerando os seguintes critérios diagnósticos que incluem: a preocupação com a ideia de que o corpo não é suficientemente magro e musculoso com base numa percepção irreal (Pope et al., 2000). Esses indivíduos despendem cerca de três a oito horas por dia com essa repetição de ideias voltadas à hipertrofia muscular, apresentam rituais repetitivos e demorados para corrigir ou esconder seu corpo ou partes desse durante exposição social, como em academias de ginástica, por exemplo, dentre outros ambientes de socialização (Almeida et al., 2021; APA, 2014; Johnson et al., 2018; Silva & Ferreira, 2019).

Segundo Almeida et al. (2020) a pressão social para a busca da muscularidade promove não só a internalização de um ideal muitas vezes inatingível, como também a insatisfação corporal, levando a uma avaliação exagerada da importância

da aparência física, das medidas corporais, do uso excessivo e descontrolado de dietas, de comportamentos não saudáveis que podem levar ao desenvolvimento de transtornos na busca inadequada pela anatomia desejável.

Assim, o instrumento MDDI foi desenvolvido por Hildebrandt et al. (2004), traduzido e adaptado mantendo a quantidade original de itens por Gomes et al. (2020). Considerando as necessidades de avaliação de sinais e sintomas de dismorfia muscular (Almeida et al., 2020; Hildebrandt et al., 2004; Azevedo et al., 2012; Fortes et al., 2017; Gomes et al., 2020).

Segundo Murray et al. (2019) as medidas existentes de psicopatologia do transtorno alimentar podem carecer de sensibilidade para captar as características da alimentação inadequada com foco na muscularidade. Com o objetivo de suprir esta carência Murray et al. (2019) desenvolveram o teste alimentar orientado para a muscularidade MOET- *Muscularity Oriented Eating Test* - representando uma medida psicometricamente sólida e inovadora da alimentação desordenada voltada para a muscularidade, adaptado e avaliado transculturalmente por Carvalho et al. (2022), onde suas propriedades psicométricas de validade e confiabilidade se mostraram hábeis para avaliação do comer transtornado orientado para a muscularidade.

Diante do exposto, o estudo se propôs a avaliar o comer transtornado orientado à muscularidade e sintomas de transtorno dismórfico muscular em homens praticantes de musculação, insuficientemente ativos e praticantes de outras modalidades. Adotando a hipótese de que estes indivíduos apresentem tais características e a avaliação e compreensão destas possa contribuir para intervenção assertiva pelos profissionais de saúde envolvidos.

MÉTODO

Trata-se de um estudo transversal, avaliativo, comparativo e de abordagem quantitativa (Ribeiro & Scatena, 2019).

Amostra

A amostra foi composta por indivíduos do sexo masculino com idade entre 18 a 59 anos, de nacionalidade brasileira, experiência mínima de três meses de prática de exercícios físicos, mais de 75 minutos de prática semanal em intensidade vigorosa ou mínimo de 150 minutos semanais em intensidade moderada, com predominância de musculação compuseram o grupo GM, os com predominância de outras modalidades (desportos, exceto musculação) formaram o grupo GPOM. Os indivíduos insuficientemente ativos (GIAt) foram considerados os com menos de 75 minutos semanais de qualquer prática, seguindo critérios da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2000).

Como critérios de inclusão os indivíduos deveriam se enquadrar nas características pré-estabelecidas como: idade (anos), sexo (masculino), nacionalidade (brasileira), renda (mensal), grau de escolaridade (ensino fundamental ou superior completo), estado civil (casado ou solteiro), peso (kg), estatura (m), Índice de Massa Corporal (IMC) (kg/m^2), além de responder ao formulário de forma completa. Sobre os critérios de exclusão, não foram considerados na amostra indivíduos atletas (profissionais ou amadores), ou que possuíam alguma deficiência física limitante, ou praticantes de treino caracterizado com a marca Cross Fit® devido às características de competição e estrutura local (não ter espelhos) comparado às salas de musculação.

A amostra foi definida através de técnica não probabilística por julgamento considerando somente a população masculina, residente em Ribeirão Preto na faixa etária entre 18 a 59 anos, segundo dados do IBGE-2010, teríamos 48,14%. Assumindo erro absoluto tolerável= 0,05 e Coeficiente de confiança= 95%. Resultante no valor de $n= 384$, admitindo-se perdas, majoração de 10%, assim considerando $n= 422$ ideal para os objetivos da pesquisa.

Ressalta-se que o anonimato e confidencialidade dos participantes foram garantidos e explicitados através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) em consequente a certificação e autorização do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP) (Campus Ribeirão Preto/SP), com parecer nº 4.748.222 e CAAE: 1 45460521.5.0000.5498.

Instrumentos

O instrumento MDDI (*Muscle Dysmorphic Disorder Inventory*), foi desenvolvido por Hildebrandt et al. (2004), traduzido e adaptado mantendo a quantidade original de itens, compreensão e consistência interna (alfa de Cronbach= 0.78) adequada à adultos brasileiros, por Gomes et al. (2020). Composto por 13 itens de autorrelato, respondidos em escala do tipo *Likert* de pontos (1= nunca a 5= sempre) com escore que varia de 13 a 65 distribuídos em três subescalas, sendo: a) *Drive for Size* (DS — Ânsia por Tamanho), b) *Appearance Intolerance* (AI — Intolerância com a Aparência), c) *Functional Impairment* (FI — Comprometimento Funcional).

As dimensões do MDDI incluem questões referentes a cognições, emoções e comportamentos relacionados à imagem corporal. A subescala DS consiste em perguntas sobre pensamentos de ser menor e menos musculoso do que o desejado, ou deseja aumentar o tamanho e a força. O pensamento representado por esta subescala é consistente com as preocupações sobre o tamanho inadequado em dismorfia muscular. A subescala de AI consiste em perguntas sobre

crenças negativas sobre o próprio corpo resultante em ansiedade ou evitação da exposição corporal, cognições negativas e manifestações comportamentais de crenças negativas sobre o próprio corpo, como exemplo, usar roupas largas ao ar livre ou a crença de que o corpo é feio e desagradável (Almeida et al., 2020; Hildebrandt et al., 2004; Azevedo et al., 2012; Fortes et al., 2017; Gomes et al., 2020). Por fim, a FI, que consiste em perguntas sobre comportamentos relacionados à manutenção de rotinas de exercícios, interferência de emoções negativas ao se desviar da rotina de exercícios, ou evitar situações sociais por preocupações excessivas com o próprio corpo. O instrumento apresenta boa consistência interna em todos os fatores e escore total (α de Cronbach de 0,73), $MDDI-DS= 0,76$; $MDDI-AI= 0,70$; e $MDDI-FI= 0,82$, teste e reteste de boa confiabilidade ($ICC= 0,83$; $p= 0,001$). Além disso, o teste de Spearman mostrou forte associação entre os escores de MDDI no teste-reteste com $r= 0,71$; $p< 0,001$ (Gomes et al., 2020).

O instrumento MOET (*Muscularity Oriented Eating Test*), desenvolvido por Murray et al. (2019) e adaptado como teste alimentar orientado para a muscularidade (MOET) por Carvalho et al. (2022). Com análise fatorial exploratória e análise fatorial confirmatória, revelaram uma estrutura unidimensional e consistência interna adequada para homens ($\omega= 0,86$; $\alpha= 0,86$). Além disso, a escala demonstrou um bom teste de confiabilidade do reteste para homens ($ICC= 0,96$; $p< 0,001$), com associações moderadas a fortes com impulso para muscularidade, sintomas de DM, internalização de ideal muscular/atlético, alimentação desordenada e dependência de exercícios, respondido em escala tipo *Likert* (1= nunca a 5= sempre), com 15 itens. Representando um avanço nas medidas de transtornos alimentares orientados para a muscularidade em adultos brasileiros neste campo (Carvalho et al., 2022).

Procedimentos

Após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, o estudo com os participantes foi realizado de forma *online*, através de um link, utilizando-se dos recursos da plataforma Redcap® e divulgação por meio das mídias (*whatsApp*, *Facebook*, *Instagram* e *e-mails*) voltado aos indivíduos que aceitassem participar do estudo após darem aceite no TCLE. Em caso de resposta negativa do TCLE ou não classificação dentro dos critérios de inclusão, a pesquisa foi automaticamente finalizada sem qualquer dado registrado e nenhum prejuízo para os participantes, com a seguinte mensagem automática: “Agradecemos sua participação”.

Após o aceite no TCLE, preenchimento autorreferidos dos dados iniciais de caracterização da amostra idade (anos), peso (Kg), estatura (m), grau de escolaridade, renda mensal,

modalidade praticada, qual a frequência e tempo de experiência, tempo de duração semanal da modalidade praticada (em minutos), intensidade praticada (leve, moderada ou vigorosa), se competia como atleta ou não e se possuíam alguma deficiência física. Os participantes que se enquadraram aos critérios de inclusão da pesquisa foram direcionados automaticamente (segundo recursos da plataforma Redcap®) para responderem aos itens pertinentes dos formulários (MDDI e MOET), ao finalizar as respostas dos itens de forma completa os participantes receberam o aviso instantaneamente de agradecimento pela participação e finalização da pesquisa.

Análise estatística

Para a avaliação dos escores dos instrumentos (MDDI e MOET) com foco nos sintomas de dismorfia muscular e comer transtornado voltado à muscularidade, se utilizou programa de estatística *Statistical Package for the Social Science* (versão 23.0). Através de análise multivariada utilizando um conjunto de métodos: Análise de consistência interna (CI) por coeficiente ômega de McDonald (Baião et al., 2023; Gomes et al., 2020; Goodboy & Martin, 2020) considerando valores referenciais da literatura científica compatível ao estudo com $\omega \geq 0,70$ que representa boa confiabilidade; Coeficiente de regressão Poisson; Teste χ^2 ; Teste GLM (Modelo Linear Generalizado); Teste *post hoc* de Bonferroni; e Coeficiente de correlação de Pearson sabendo que a avaliação quantitativa do grau de correlação entre duas variáveis possa ser representada por sua intensidade da correlação onde: $r = 0,000$ é nula ou inexistente, $r = 0,001$ a $0,299$ é fraca ou pequena, $r = 0,300$ a $0,599$ é regular ou moderada, $r = 0,600$ a $0,899$ é forte, $r = 0,900$ a $0,999$ é muito forte e $r = 1,000$ é considerada plena ou perfeita (Diaz et al., 2020). O valor de $p \leq 0,05$ foi adotado para determinar o nível de significância dos resultados dos testes estatísticos aplicados. (Baião et al., 2023; Carvalho et al., 2022; Gomes et al., 2020; Goodboy & Martin, 2020).

RESULTADOS

A análise das escalas representou boa consistência interna (CI) pelo coeficiente ômega de McDonald ($\Omega = 0,87$ para MOET e $\Omega = 0,70$ para MDDI, para suas subescalas: $DS = 0,84$; $AI = 0,78$; e $FI = 0,81$).

Através do coeficiente de correlação de Pearson foi possível identificar correlações positivas entre os instrumentos e grupos quando considerado os escores totais. O grupo GM apresentou correlação positiva moderada em relação ao MDDI e MOET com $r = 0,502$ ($p = 0,000$). No grupo GIAt houve correlações significativas moderadas com $r = 0,566$ ($p = 0,000$). Quanto ao GPOM nas pontuações totais dos

instrumentos (MDDI e MOET), o grupo apresentou valor baixo de $r = 0,289$ ($p = 0,000$), traduzindo em uma correlação positiva pequena. Vale ressaltar que apesar dos valores de r baixos a moderados, todas as correlações apontadas entre os instrumentos e grupos demonstraram correlação significativa ($p = 0,01$).

A amostra composta por 427 indivíduos, divididos em seus respectivos grupos: GM ($n = 145$), GPOM ($n = 158$) e GIAt ($n = 124$), conforme suas características e critérios de inclusão adotados na pesquisa descritos na metodologia.

A Tabela 1 mostra a estatística descritiva sobre a distribuição e caracterização da amostra com as variáveis preditoras.

Na Tabela 1 observamos (através dos testes aplicados: χ^2 , GLM e *post hoc* de Bonferroni) que houve diferença significativa ($\chi^2 = 11,66$; $p = 0,02$) entre os grupos quanto à idade, na faixa etária de 18 a 30 anos os grupos GM e GPOM possuem percentuais significativamente superiores ao do grupo GIAt (46,9 e 46,2% > 33,9%) e na faixa etária > 40 anos o grupo GIAt possui percentual significativamente superior ao do grupo GM (24 m²⁰% > 10,3%). Quanto ao IMC ($\chi^2 = 23,84$; $p = 0,001$) na faixa de 18,5 a 24,99 kg/m², o grupo GPOM possui percentual significativamente superior ao do grupo GIAt (46,2% > 33,9%), e na faixa > 30 kg/m² o grupo GIAt possui percentual significativamente superior ao do grupo GPOM (25,8% > 8,2%). No estado conjugal casado (mora junto) ($\chi^2 = 16,19$ com $p = 0,001$) o grupo GIAt possui

Tabela 1. Descrição da distribuição e caracterização da amostra n (%) com as variáveis preditoras que apresentaram diferença significativa, sobre as escalas.

Variável Preditora		Grupos			Total (amostral)
		GM	GIAt	GPOM	
Idade*	18-29	n= 68 (46,9)	n= 42 (33,9)	n= 73 (46,2)	n= 183 (42,9)
	30-40	n= 62 (42,8)	n= 52 (41,9)	n= 60 (38,0)	n= 174 (40,7)
	> 40	n= 15 (10,3)	n= 30 (24,2)	n= 25 (15,8)	n= 70 (16,4)
Índice de Massa Corporal**	18,5-24,99	n= 51 (35,2)	n= 30 (24,2)	n= 73 (46,2)	n= 154 (36,1)
	25-30	n= 73 (50,3)	n= 62 (50,0)	n= 72 (45,6)	n= 207 (48,5)
	> 30	n= 21 (14,5)	n= 32 (25,8)	n= 13 (8,2)	n= 66 (15,5)
Estado conjugal:***	Casado/ mora junto	n= 57 (39,3)	n= 76 (61,3)	n= 64 (40,5)	n= 197 (46,1)
	Solteiro	n= 88 (60,7)	n= 48 (38,7)	n= 94 (59,5)	n= 230 (53,9)
Total (grupo)		n= 145 (100)	n= 124 (100)	n= 158 (100)	n= 427 (100)

GM: grupo musculação; GIAt: grupo insuficientemente ativo; GPOM: grupo praticantes de outras modalidades; * $p = 0,02$; ** $p = 0,001$; *** $p = 0,001$.

percentual significativamente superior ao dos grupos GM e GPOM (61,3% > 39,3 e 40,5% respectivamente), como a variável só tem duas categorias o inverso é válido, no estado conjugal solteiro os grupos GM e GPOM possuem percentuais significativamente superiores ao do grupo GIAt (60,7 e 59,5% > 38,7%).

Sobre a variável escolaridade não houve diferença significativa ($\chi^2 = 5,46$ com $p = 0,7$). Sendo assim, a variável preditora não apresentou diferença significativa a ponto de exercer influência no tamanho do efeito assim como renda ($\chi^2 = 7,21$ com $p = 0,30$).

Pelo teste *post hoc* de Bonferroni foi observado diferença significativa com a variável idade no MDDI. Temos que o grupo de 18-29 anos possui média de escores significativamente superior ao grupo de 30-40 anos ($p = 0,05$) e ao grupo > 40 anos ($p = 0,001$), o grupo de 30-40 anos por sua vez, possui média significativamente superior ao grupo > 40 anos ($p = 0,001$). Indicando que quanto menor a faixa etária maior os escores no instrumento MDDI, caracterizando maior preocupação com a imagem corporal e busca por muscularidade.

Na análise das médias dos escores totais alcançadas pelos grupos no instrumento MDDI (*effect size* = 36,04), observamos que há diferença significativa ($p = 0,001$) entre os grupos, pelo teste *post hoc* de Bonferroni temos que o grupo GM possui média significativamente superior aos grupos GIAt e GPOM (ambas com $p = 0,001$), GPOM e GIAt se equivalem ($p = 1,00$). Estes resultados apontam que o GM também apresenta sintomas de transtorno dismórfico muscular, maior internalização de imagem corporal idealizada, exagerada importância da aparência física (tamanho, magreza, musculatura), refletindo em questões referentes a cognições e emoções relacionadas à imagem corporal as quais o MDDI mensura.

Portanto, para as comparações no total amostral foi realizado, o ajuste, por idade, IMC e estado conjugal. Foi observado pelo teste de efeito utilizando GLM que houve diferença significativa entre os grupos ($\chi^2 = 90,71$; $p = 0,000$), sendo que as outras variáveis preditoras não apresentaram diferença significativa para MOET. Já na análise do MDDI, grupos ($\chi^2 = 29,44$; $p = 0,000$), idade ($\chi^2 = 22,64$ e $p = 0,000$) e estado conjugal ($\chi^2 = 6,75$; $p = 0,009$) apresentam diferença significativa pelo teste de efeito utilizando GLM, então constatamos que estas três variáveis exerceram influência sobre a escala MDDI.

Na análise das médias dos escores totais do instrumento MOET, houve diferença significativa (*effect size* = 91,08), com $p = 0,001$ entre os grupos. Pelo teste *post hoc* de Bonferroni temos que o grupo GM possui média significativamente superior aos grupos GIAt e GPOM ($p = 0,001$ para ambos), que se equivalem ($p = 0,60$). Estes dados refletem que os indivíduos do GM apresentam mais sintomas de comer

transtornado em relação à muscularidade comparados aos grupos GIAt e GPOM.

Quando a somatória da escala MOET ($\chi^2 (4) = 5,63$; $\text{prob} > \chi^2 = 0,229$; pseudo $R^2 = 0,001$) foi modelada considerando o total amostral (como variável preditora), a única variável que apresentou diferença significativa foi o IMC (Tabela 2). Por se tratar de variável com associação e diferença entre os grupos, optou-se por modelar cada grupo separadamente, como pode ser observado na Tabela 2 por regressão de Poisson. A partir dos resultados obtidos, nota-se que: os grupos apresentam diferenças entre as preditoras com efeito significativo para a escala MOET, onde: GIAt $\chi^2 (3) = 7,73$ e $\text{prob} > \chi^2 = 0,052$; GM $\chi^2 (3) = 6,12$ e $\text{prob} > \chi^2 = 0,106$; GPOM $\chi^2 (3) = 5,95$ e $\text{prob} > \chi^2 = 0,114$. A variável idade apresentou diferença significativa para os grupos GM e GPOM; nos integrantes do GM, quanto menor a idade maior a probabilidade de pontuação elevada na MOET. A variável estado conjugal apresentou diferença significativa para o grupo GIAt, diante do coeficiente negativo, compreende-se que o efeito dessa variável na MOET seja inversamente proporcional, isto é, os indivíduos solteiros têm maior probabilidade de pontuação elevada na escala, quando comparados aos indivíduos casados.

Pela Tabela 3, quando a somatória total da escala MDDI ($\text{prob} > \chi^2 = 0,000$; pseudo $R^2 = 0,030$) foi modelada considerando total amostral, com grupo sendo uma variável preditora, as variáveis que apresentaram diferença significativa foram idade e estado conjugal. Quando a somatória da escala

Tabela 2. Coeficientes de regressão de Poisson para escala *Muscularity Oriented Eating Test*, segundo variáveis elencadas e grupos.

Grupos	Variáveis Preditoras	β	Z (p)	IC95%
Total Amostr. MOET (n= 427)	Grupo	0,009	0,78 (0,436)	-0,013–0,031
	Idade	-0,001	-0,76 (0,447)	-0,003–0,001
	IMC	0,005*	2,25 (0,025)	0,001–0,010
	Estado conjugal	-0,021	-1,00 (0,318)	-0,064–0,021
	Escolaridade	0,032	1,50 (0,134)	-0,010–0,073
GIAt (n= 124)	Idade	0,002	1,02 (0,307)	-0,002–0,007
	IMC	0,011	1,69 (0,092)	-0,002–0,024
	Estado conjugal	-0,122*	-2,77 (0,006)	-0,209–0,036
GM (n= 145)	Idade	0,051	0,84 (0,401)	-0,068–0,170
	Idade	-0,009*	-2,50 (0,012)	-0,017–0,002
	IMC	0,007	1,15 (0,251)	-0,005–0,019
	Estado conjugal	0,062	1,02 (0,307)	-0,057–0,182
GPOM (n= 158)	Idade	0,047	0,71 (0,476)	-0,082–0,176
	Idade	0,009*	2,37 (0,018)	0,001–0,017
	IMC	-0,005	-0,59 (0,554)	-0,023–0,012
	Estado conjugal	0,020	0,28 (0,783)	-0,128–0,170
	Escolaridade	-0,129	-1,83 (0,068)	-0,268–0,009

GIAt: grupo insuficientemente ativo; GM: grupo de musculação; GPOM: grupo praticantes de outras modalidades; IMC: índice de massa corporal; MOET: *muscularity oriented eating test*; *coeficientes estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

MDDI-*AI* ($LR \chi^2 (5) = 138,54$; $\text{prob} > \chi^2 = 0,000$; pseudo $R^2 = 0,060$) foi modelada considerando total amostral, com grupo sendo uma variável preditora, todas as variáveis do modelo apresentaram diferença significativa exceto grau de escolaridade. Quando a somatória da escala MDDI-*DS*- ($LR \chi^2 (5) = 190,10$; $\text{Prob} > \chi^2 = 0,000$; pseudo $R^2 = 0,070$) foi modelada considerando total amostral, com grupo sendo uma variável preditora, todas as variáveis do modelo apresentaram diferença significativa menos a variável “grupo”. Quando a somatória da escala MDDI-*FI* ($LR \chi^2 (5) = 18,47$; $\text{Prob} > \chi^2 = 0,002$; pseudo $R^2 = 0,008$) foi modelada considerando total amostral, com grupo sendo uma variável preditora, somente ela apresentou diferença significativa. O que pode ser observado na Tabela 3.

Por se tratar de variáveis com associação e diferença entre os grupos, optou-se por modelar cada grupo separadamente, apresentado na Tabela 4.

A partir dos resultados obtidos, nota-se pela Tabela 4 que, os grupos apresentam diferenças entre as preditoras com efeito significativo para a escala MDDI (GIAt $\chi^2 (4) = 11,25$ e $\text{prob} > \chi^2 = 0,024$; GM $\chi^2 (4) = 17,60$ e $\text{prob} > \chi^2 = 0,001$; GPOM $\chi^2 (4) = 37,04$ e $\text{prob} > \chi^2 = 0,000$). A variável idade apresentou diferença significativa para os grupos GM e GPOM, isto é, quanto menor a idade maior a probabilidade de pontuação elevada na MDDI. A variável grau de escolaridade apresentou diferença significativa para os grupos GIAt e GPOM, contudo, GPOM que têm somente ensino médio

completo apresentam maior probabilidade de pontuar mais na MDDI do que aqueles que possuem superior completo (entre os praticantes de outras modalidades — GPOM). A variável estado conjugal apresentou diferença significativa para o grupo GPOM, diante do coeficiente negativo, compreende-se que o efeito dessa variável na MDDI seja inversamente proporcional, isto é, os indivíduos solteiros têm maior probabilidade de pontuação elevada na escala, quando comparados aos indivíduos casados.

Cabe ressaltar que desde a análise univariada entre MDDI-*AI* e grupo, em todas as etapas (i.e. a cada inserção de mais uma possível preditora) a variável grupo apresentou diferença significativa. Sendo assim, acredita-se que esta variável desempenhe papel importante, para o desfecho da escala MDDI-*AI* (MDDI-*AI*-GIAt $\chi^2 (4) = 23,34$ e $\text{prob} > \chi^2 = 0,000$; MDDI-*AI*-GM $\chi^2 (4) = 37,71$ e $\text{prob} > \chi^2 = 0,000$; MDDI-*AI*-GPOM $(4) = 77,56$ e $\text{prob} > \chi^2 = 0,000$). A fim de esclarecer se as variáveis preditoras para MDDI-*AI* são as mesmas para todos os grupos, optou-se por modelar cada grupo separadamente, assim como, para todas as outras subescalas e seus respectivos grupos, sendo apresentado na Tabela 5.

Pela Tabela 5 observamos que a variável IMC apresentou diferença significativa para todos os grupos, revelando-se uma importante preditora para a subescala MDDI-*AI*. Torna-se oportuno comentar, que diferente da subescala MDDI-*DS*, para esta subescala o efeito do IMC foi diretamente proporcional, ou seja, quanto maior o IMC, maior a probabilidade de pontuação elevada na MDDI-*AI*. As variáveis idade e estado conjugal apresentaram diferença significativa somente para o grupo GPOM. Além disso, diante do coeficiente negativo, compreende-se que o efeito de ambas as variáveis na subescala MDDI-*AI* seja inversamente proporcional, ou seja, quanto

Tabela 3. Coeficientes de regressão de Poisson para escala e subescalas *Muscle Dysmorphic Disorder Inventory* considerando total amostral ($n = 427$), segundo variáveis elencadas.

MDDI - Total Amostral	Variáveis Preditoras	β	Z (p)	IC95%
<i>Muscle Dysmorphic Disorder Inventory</i>	Grupo	-0,009	-0,77 (0,439)	-0,032–0,014
	Idade	-0,008*	-6,05 (0,000)	-0,011–0,005
	IMC	0,004	1,81 (0,070)	-0,000–0,009
	Estado conjugal	-0,081*	-3,60 (0,000)	-0,126–0,040
	Escolaridade	0,027	1,23 (0,217)	-0,016–0,070
<i>Appearance Intolerance</i>	Grupo	-0,077*	-3,72 (0,000)	-0,120–0,036
	Idade	0,044*	10,61 (0,000)	0,036–0,052
	IMC	-0,006*	-2,55 (0,011)	-0,010–0,001
	Estado conjugal	-0,081*	-2,03 (0,042)	-0,160–0,003
	Escolaridade	0,024	0,64 (0,522)	-0,050–0,100
<i>Drive for Size</i>	Grupo	-0,002	-0,11 (0,912)	-0,037–0,033
	Idade	-0,027*	-6,81 (0,000)	-0,035–0,020
	IMC	-0,014*	-6,76 (0,000)	-0,029–0,010
	Estado conjugal	-0,091*	-2,64 (0,008)	-0,158–0,023
	Escolaridade	0,088*	2,62 (0,009)	0,022–0,154
<i>Functional Impairment</i>	Grupo	0,072*	3,02 (0,003)	0,025–0,120
	Idade	-0,000	-0,29 (0,776)	-0,006–0,004
	IMC	-0,002	0,42 (0,674)	-0,008–0,012
	Estado conjugal	-0,068	-1,50 (0,134)	-0,157–0,021
	Escolaridade	-0,052	-1,19 (0,235)	-0,137–0,033

IMC: índice de massa corporal; MDDI: *muscle dysmorphic disorder inventory*; *coeficientes estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Tabela 4. Coeficientes de regressão de Poisson para escala *Muscle Dysmorphic Disorder Inventory*, segundo variáveis elencadas e grupos.

Grupos	Variáveis Preditoras	β	Z (p)	IC95%
GIAt ($n = 124$)	Idade	-0,005	-1,76 (0,078)	-0,011–0,000
	IMC	-0,002	-0,29 (0,770)	-0,017–0,012
	Estado conjugal	-0,013	-0,18 (0,859)	-0,156–0,130
	Escolaridade	0,133*	2,02 (0,044)	-0,003–0,262
GM ($n = 145$)	Idade	-0,009*	-3,35 (0,001)	-0,015–0,003
	IMC	0,008	1,61 (0,107)	-0,002–0,018
	Estado conjugal	-0,059	-1,47 (0,143)	-0,138–0,020
	Escolaridade	0,050	1,00 (0,316)	-0,048–0,150
GPOM ($n = 158$)	Idade	-0,006*	-2,27 (0,023)	-0,011–0,001
	IMC	-0,001	-0,19 (0,853)	-0,010–0,008
	Estado conjugal	-0,108*	-2,10 (0,036)	-0,209–0,007
	Escolaridade	-0,125*	-3,01 (0,003)	-0,207–0,044

GIAt: grupo insuficientemente ativo; GM: grupo de musculação; GPOM: grupo praticantes de outras modalidades; IMC: índice de massa corporal; *coeficientes estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

menor a idade, maior a probabilidade de pontuação elevada neste grupo. Existe também maior probabilidade de indivíduos solteiros pontuarem mais na subescala MDDI-AI, quando comparados aos indivíduos casados. A variável grau de escolaridade (na subescala AI) não apresentou diferença significativa para nenhum dos três grupos (GIAt, GM e GPOM).

Cabe ressaltar que na análise univariada entre MDDI-DS e grupo, a preditora apresentou diferença significativa (MDDI-DS-GIAt $\chi^2(4) = 30,79$ e $\text{Prob} > \chi^2 = 0,000$; MDDI-DS-GM $\chi^2(4) = 38,57$ e $\text{Prob} > \chi^2 = 0,000$; MDDI-DS-GPOM $\chi^2(4) = 66,14$ e $\text{Prob} > \chi^2 = 0,000$).

A partir dos resultados obtidos, nota-se que, os grupos apresentam as mesmas preditoras com efeito significativo para

a escala MDDI-DS, ou seja, comparando com o modelo da amostra total, podemos compreender que talvez essas variáveis tenham “mais impacto” para preenchimento da MDDI-DS do que pertencer a este ou aquele grupo. As variáveis idade e IMC apresentaram efeito inverso, para todos os grupos (i. e., quanto menor a idade ou o IMC, maior a probabilidade de pontuação elevada na MDDI-DS. A variável grau de escolaridade apresentou diferença significativa para os três grupos (GIAt, GM e GPOM), contudo, o efeito foi inverso para o GPOM, ou seja, praticantes de outras modalidades que têm somente ensino médio completo apresentam maior probabilidade de pontuar mais na subescala MDDI-DS do que aqueles que possuem superior completo (entre os praticantes de outras modalidades). A variável estado conjugal não apresentou diferença significativa na análise separada por grupos, no entanto, quando o modelo considerou o total amostral, essa variável apresentou diferença significativa, tal situação pode ser em decorrência do GPOM não apresentar casos o suficiente para conseguir indicar um valor significativo estatisticamente, considerando o critério adotado de $p \leq 0,05$.

Destaca-se que desde a análise univariada entre MDDI-FI e grupo, em todas as etapas (i.e. a cada inserção de mais uma possível preditora) somente a variável grupo apresentava diferença significativa. Sendo assim, acredita-se que esta variável desempenhe forte influência, para o desfecho da subescala MDDI-FI (FI - GIAt $\chi^2(4) = 16,46$ e $\text{Prob} > \chi^2 = 0,002$; FI - GM $\chi^2(4) = 4,36$ e $\text{Prob} > \chi^2 = 0,359$; FI - GPOM $\chi^2(4) = 11,06$ e $\text{Prob} > \chi^2 = 0,026$).

A partir dos resultados obtidos, nota-se que: os grupos apresentam diferenças entre as preditoras com efeito significativo para a subescala MDDI-FI. Fato este que confirma o importante papel da variável grupo associado a esta subescala. O grupo GM (musculação) não apresentou nenhuma variável como possível preditora da subescala MDDI-FI (i.e. com significância). A variável idade apresentou diferença significativa somente para o grupo GIAt, indicando que quanto maior a idade, maior a probabilidade dos indivíduos desse grupo apresentarem pontuação mais elevada na subescala MDDI-FI (quando comparados aos demais do mesmo grupo). A variável grau de escolaridade apresentou diferença significativa somente para o GPOM, considerando seu coeficiente negativo, compreende-se que seu efeito na pontuação da subescala MDDI-FI seja inversamente proporcional, ou seja, praticantes de outras modalidades que têm somente ensino médio completo apresentam maior probabilidade de pontuar mais na escala MDDI-FI do que aqueles que possuem superior completo (comparados aos indivíduos do mesmo grupo — GPOM). As variáveis IMC e estado conjugal não apresentaram diferença significativa para nenhum dos três grupos na escala MDDI-FI.

Tabela 5. Coeficientes de regressão de Poisson para subescalas MDDI, segundo variáveis elencadas e grupos.

Grupos	Variáveis Preditoras	β	Z (p)	IC95%
AI-GIAt (n= 124)	Idade	-0,004	-0,84 (0,399)	-0,013–0,005
	IMC	0,030*	3,87 (0,000)	0,015–0,045
	Estado conjugal	0,029	0,33 (0,744)	-0,148–0,207
	Escolaridade	0,147	1,81 (0,070)	-0,012–0,305
AI-GM (n= 145)	Idade	-0,005	-1,40 (0,161)	-0,013–0,002
	IMC	0,044*	5,79 (0,000)	0,030–0,058
	Estado conjugal	-0,046	-0,75 (0,452)	-0,160–0,074
	Escolaridade	0,000	-0,00 (0,997)	-0,160–0,159
AI-GPOM (n= 158)	Idade	-0,007*	2,47 (0,014)	-0,013–0,001
	IMC	0,054*	6,61 (0,000)	0,038–0,070
	Estado conjugal	-0,202*	-3,03 (0,002)	-0,333–0,071
	Escolaridade	-0,045	-0,67 (0,504)	-0,178–0,087
DS-GIAt (n= 124)	Idade	-0,014*	-2,44 (0,015)	-0,025–0,002
	IMC	0,036*	-2,42 (0,015)	-0,066–0,007
	Estado conjugal	-0,016	-0,14 (0,890)	-0,254–0,221
	Escolaridade	0,286*	2,82 (0,005)	0,087–0,485
DS-GM (n= 145)	Idade	-0,015*	-3,65 (0,000)	-0,024–0,007
	IMC	-0,019*	-2,82 (0,005)	-0,032–0,006
	Estado conjugal	-0,065	-1,06 (0,287)	-0,185–0,055
	Escolaridade	0,167*	2,42 (0,015)	0,031–0,302
DS-GPOM (n= 158)	Idade	-0,009*	-2,03 (0,042)	-0,018–0,000
	IMC	-0,038*	-3,97 (0,000)	-0,057–0,019
	Estado conjugal	-0,141	-1,80 (0,072)	-0,29–0,012
	Escolaridade	-0,150*	-2,29 (0,022)	-0,279–0,021
FI-GIAt (n= 124)	Idade	0,007*	2,29 (0,022)	0,001–0,013
	IMC	-0,003	-0,44 (0,659)	-0,020–0,012
	Estado conjugal	-0,058	-0,50 (0,618)	-0,285–0,169
	Escolaridade	-0,130	-1,49 (0,137)	-0,300–0,041
FI-GM (n= 145)	Idade	-0,005	-1,22 (0,222)	-0,013–0,003
	IMC	0,009	0,98 (0,329)	-0,009–0,028
	Estado conjugal	-0,050	-0,72 (0,470)	-0,190–0,087
	Escolaridade	-0,055	-0,66 (0,511)	-0,220–0,109
FI-GPOM (n= 158)	Idade	0,003	0,75 (0,452)	-0,006–0,013
	IMC	-0,010	-1,19 (0,232)	-0,026–0,006
	Estado conjugal	0,058	0,56 (0,575)	-0,146–0,263
	Escolaridade	-0,209*	-2,65 (0,008)	-0,346–0,051

AI: appearance intolerance; DS: drive for size; FI: functional impairment; GIAt: grupo insuficientemente ativo; GM: grupo de musculação; GPOM: grupo praticantes de outras modalidades; IMC: índice de massa corporal; *coeficientes estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

Os dados encontrados sugerem que os participantes praticantes de musculação com idade entre 18 e 29 anos, solteiros exibem escore elevado no que diz respeito à psicopatologia de TDM e comer transtornado voltado à muscularidade, que pode se manifestar como sintomas de TAs tradicionalmente definidos ou como sintomas orientados para a muscularidade impulsivos pelo ideal de corpo sociocultural específico do homem como apresentado em trabalho de revisão sobre TAs e dismorfia muscular (DM) em homens por Lavender et al. (2017).

Os achados no estudo em relação aos comportamentos associados a preocupação excessiva com a aparência e tamanho, intolerância com a própria aparência, comer transtornado voltado à muscularidade gerando ansiedade, comprometimento funcional e social nos indivíduos que pontuam mais nas escalas psicométricas observadas no grupo GM e GPOM (com menor grau de escolaridade) pelos dois instrumentos (MOET e MDDI), são reforçados por trabalhos similares de Andersen (1999), Laus et al. (2022), Mitchell et al. (2017), Murray et al. (2017) e Sardinha et al. (2008).

De acordo com Carvalho et al. (2022), Mitchell et al. (2017) e Murray et al. (2017) as preocupações com a imagem corporal orientada para a muscularidade e padrões de comportamentos alimentares desordenados entre os homens estão criticamente ligados. Nos Estados Unidos da América (EUA) até 60% dos indivíduos do sexo masculino relatam manipular propositadamente as práticas alimentares na busca de maior musculabilidade. A relevância das práticas alimentares em questões de imagem corporal orientadas para a muscularidade também se estende a apresentações patológicas. No presente estudo constatamos que pela diferença significativa encontradas nas médias ($p = 0,001$) o GM apresenta uma preocupação excessiva em relação à alimentação voltada a muscularidade quando comparado aos outros grupos, considerando os escores observados através do MOET.

No estudo de Gattario e Frisén (2019) que examinou de forma longitudinal adolescentes até a idade adulta (26-27 anos) com $n = 16$, utilizando da escala BESSA (*Body-Esteem Scale for Adolescents and Adults*) observaram que os resultados demonstraram padrões diferentes de desenvolvimento de imagem corporal positiva. As características da imagem corporal positiva atual dos participantes coincidiram que os homens nesta faixa etária (18-29 anos) eram mais propensos a tentar melhorar sua forma corporal e perceber seu corpo se assemelhando ao ideal.

Estes achados corroboram para reflexão no que foi observado quanto às diferenças de escores em relação às faixas etárias mais jovens (18 a 29 anos) no presente estudo, comparado com os indivíduos com faixa etária entre 30-40

e > 40 anos, onde quanto maior a idade menor a preocupação com a aparência, menor prática alimentar voltada para muscularidade refletindo melhor aceitação da aparência similarmente encontrado no estudo de Gattario e Frisén (2019) por análise qualitativa de entrevista, além da escala BESSA.

Entretanto, refutando estes achados, se considerarmos isoladamente somente a subescala MDDI-*FI*, observamos que os indivíduos insuficientemente ativos apresentam maior probabilidade de escores mais elevados sobre interferência de emoções negativas em situações sociais por preocupações excessivas com o próprio corpo e sua aparência.

A presente pesquisa identificou que os indivíduos solteiros apresentam diferença significativa em relação ao exposto no MDDI e MOET. Sendo assim, podemos destacar que os indivíduos com faixa etária menor (18 a 29 anos de idade), solteiros, com grau de escolaridade menor (i. e. sem ensino superior), que praticam musculação ou outras modalidades (GM e GPOM) apresentam maiores sinais de busca desordenada pela muscularidade que refletem em maior propensão de dismorfia muscular devido a vulnerabilidade à internalização de imagem corporal idealizada e imposta por pressões sociais e midiáticas, exagerada importância da aparência física (tamanho, magreza, musculatura), maior inclinação em utilizar esteróides anabolizantes de modo indiscriminado, maiores riscos em desenvolver depressão e ideação suicida, como apontado por Angelakis et al. (2016) e Phillips et al. (2012).

Segundo Rodgers et al. (2012), a exposição a outros modelos socioculturais podem levar à alimentação inadequada voltada ao impulso pela busca da magreza e musculabilidade de forma patológica devido à internalização dos estigmas transmitidos. Similarmente ao presente estudo, seus resultados apresentaram correlação das variáveis de forma significativa com impulso para muscularidade como: pressão para perder peso $r = 0,40$ ($p < 0,001$), pressão para ganhar músculo $r = 0,40$ ($p < 0,001$), comparação de aparência $r = 0,31$ ($p < 0,001$) e alimentação desordenada $r = 0,56$ ($p < 0,001$).

No presente estudo através do coeficiente de correlação de Pearson foi possível identificar correlações positivas moderadas ($r = 0,502$ $p = 0,000$) entre os instrumentos quando considerado os escores totais. Estes dados apontam que o GM incide em apresentar maiores pontuações ao responder os instrumentos, apontando simultaneamente sintomas de comer transtornado e DM comparados aos outros grupos GIAt e GPOM, semelhante aos achados de Rodgers et al. (2012) reforçados por Ganson e Rodgers (2022), onde os autores utilizaram escalas similares a do presente estudo, dentre elas a *Drive for Muscularity Scale* e a *Eating Attitudes Test* (EAT-26), as quais também avaliam preocupações, atitudes e comportamentos alimentares voltados à muscularidade.

Em estudo de Nagata et al. (2022), através de modelos múltiplos de regressão logística em âmbito nacional (*USA — United State of America*), associaram que dos 18.924 indivíduos estudados, 29,2% dos homens relataram tentativas de ganho de peso e 25,2% relataram qualquer comportamento de aumento muscular. Todos os comportamentos voltados para aumento muscular foram mais comuns em homens do que em mulheres ($p < 0,001$), é oportuno comentar aqui, que a variável IMC no presente estudo demonstrou forte influência sobre todos os grupos, tanto ao considerarmos MDD-*AI* quanto MDDI-*DS*, pois quanto menor o IMC dos indivíduos, maior é a intolerância com a aparência assim como a busca por “tamanho” ou hipertrofia muscular.

Seguindo ainda sobre o estudo de Nagata et al. (2022), os autores concluíram que os comportamentos para aumento muscular que variaram de mudanças na dieta a suplementos e uso de esteróides anabolizantes androgênicos comuns entre adolescentes e adultos jovens do sexo masculino, análogo aos achados do presente estudo a respeito das preocupações excessivas pela busca da muscularidade através de práticas inadequadas, reforçadas por trabalhos similares (Ganson et al., 2021; Minnick et al., 2020).

Apesar da divergente especificidade amostral, de acordo com Legenbauer et al. (2020), ao avaliarem 3 grupos de obesos: Grupo Controle (GC; $n = 83$), Grupo de cirurgia bariátrica (SURG; $n = 78$) e Grupo de Tratamento Convencional para perda de peso excessivo (CONV; $n = 124$), de forma longitudinal (por 9 anos) utilizando uma análise multivariada (ANCOVA) com um conjunto de dados transversais do *Essen-Bochum Obesity Treatment* (EBOTS), observaram que sexo e idade tiveram influência significativa no nível de insatisfação corporal (sexo, $p = 0,027$; idade, $p < 0,001$) onde, quanto maior a idade menor foi associada a insatisfação corporal, assim como no presente estudo quando analisado os grupos e sua estratificação conforme as faixas etárias onde houve diferença significativa ($p < 0,001$) entre os grupos. Pelo teste *post hoc* de Bonferroni no MDDI com a variável idade foi observado que os indivíduos entre 18-29 anos apresentaram média significativamente superior ao grupo com idade entre 30-40 anos ($p = 0,05$) e ao grupo > 40 anos ($p < 0,001$), assim como, o grupo de 30-40 anos mostrou média significativamente superior ao grupo < 40 anos ($p < 0,001$).

De acordo com trabalho de Legenbauer et al. (2020), também foram identificadas diferenças entre o nível atual de evitação e insatisfação da imagem corporal entre os três grupos que avaliaram. Os autores observaram por teste *post hoc* que o controle alimentar não apresentou diferença significativa entre os grupos ($p = 0,072$; $p = 0,653$; $p = 0,521$). Divergentemente do presente estudo onde através do MOET

as diferenças significativas na escala voltada ao controle alimentar direcionado a muscularidade foram na análise das médias dos escores totais com ($p = 0,001$) entre os grupos. Pelo teste *post hoc* de Bonferroni o grupo GM possui média significativamente superior aos grupos GIAt e GPOM ($p = 0,001$ para ambos), que se equivalem ($p = 0,60$). Estes dados refletem que os indivíduos do GM apresentam maior probabilidade em ter insatisfação corporal, comer transtornado e preocupação excessiva em relação às regras alimentares direcionadas ao ganho de massa muscular e diminuição de gordura corporal em relação aos outros grupos GIAt e GPOM.

Com base em trabalho de Laus et al. (2022), com amostra final de 301 homens, recrutados de forma pessoal e online com idade de 18 a 40 anos ($M = 27,07$, $DP = 5,63$) no Brasil. Observaram diferenças entre praticantes de musculação e praticantes de *CrossFit* por análises exploratórias em que realizaram uma série de regressões lineares múltiplas (usando escore total do MDDI, apreciação corporal e insatisfação corporal). Onde, nos homens, a regressão foi significativa ($p = 0,006$). Resultando que os praticantes de musculação eram mais propensos a exibir sintomas de dismorfia muscular do que atletas *CrossFit* ($p = 0,002$) e maior frequência semanal de treinamento foi associada a maiores sintomas de dismorfia muscular ($p = 0,028$). Estes dados vêm ao encontro aos achados no presente estudo de que praticantes de musculação mais jovens podem exibir maior propensão de dismorfia muscular com base no MDDI e maior probabilidade em comer transtornado voltado à muscularidade com base no MOET.

Embasado nos achados do presente estudo sugere-se que mais pesquisas busquem a elucidação de grupos específicos com caracterização suficiente na prevenção, promoção e manutenção eficaz na saúde dos indivíduos mais vulneráveis à DM e comer transtornado direcionado a muscularidade, através dos profissionais envolvidos (e. g. profissional de educação física, nutrição e psicólogos).

Os instrumentos validados e específicos para homens serviram para melhor assertividade minimizando os percalços encontrados na pesquisa do comer voltado à muscularidade e dismorfia muscular. Deste modo, é possível afirmar que a avaliação com foco no comer transtornado e transtorno dismórfico muscular no público alvo foram suficientes para suprir os objetivos e confirmar as hipóteses levantadas no estudo.

Como limitações do estudo apontamos a necessidade de ampliação de estudos nesta direção que também considerem os papéis de gênero além do sexo e considerem histórico diagnóstico clínico dos participantes, para suprir as demandas de dados específicos que possam ser comparados na literatura científica sobre a temática do comer transtornado e dismorfia muscular.

CONCLUSÕES

Conclui-se que os sinais de comer transtornado e transtorno dismórfico muscular em homens mais jovens (entre 18 e 29 anos), solteiros, com menor grau de escolaridade, praticantes de musculação e outras modalidades são observados nestes indivíduos com base nos instrumentos MOET e MDDI, confirmando a hipótese levantada. Os resultados apontam a necessidade de ampliação de estudos nesta direção que também considerem os papéis de gênero além do sexo e considerar histórico diagnóstico clínico, para suprir as demandas que indivíduos susceptíveis ao comer transtornado e dismorfia muscular não tenham o comprometimento da saúde contando com intervenção assertiva dos profissionais de saúde envolvidos no atendimento destes.

REFERÊNCIAS

- Almeida, M., Gomes, V. M. G. M., & de Carvalho, P. H. B. (2020). Adaptação transcultural e análise de equivalências da male body attitudes scale – revised (MBAS-R) e do muscle dysmorphic disorder inventory (MDDI) para jovens adultos brasileiros. *Principia: Caminhos Da Iniciação Científica*, 19(2), 11. <https://doi.org/10.34019/2179-3700.2019.v19.29914>
- Almeida, M. M. M. S., Leahy, A. R. M., & Moreira, L. A. C. (2021). Transtorno dismórfico corporal: uma revisão integrativa. *Residência Pediátrica*, 11(3), 228. <https://doi.org/10.25060/residpediatr-2021.v11n3-228>
- American Psychiatric Association (APA) (2014). *Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais: DSM-5*. Artmed.
- Andersen, A. E. (1999). Transtornos alimentares em homens: questões críticas. In R. Lemberg (Ed.), *Transtornos alimentares: Um livro de referência* (pp. 72-79). Oryx Press.
- Angelakis, I., Gooding, P. A., & Panagioti, M. (2016). Suicidality in body dysmorphic disorder (BDD): a systematic review with meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, 49, 55-66. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2016.08.002>
- Assunção, S. S. M. (2002). Dismorfia muscular. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 24(Supl. 3), 80-84. <https://doi.org/10.1590/S1516-44462002000700018>
- Azevedo, A. P., Ferreira, A. C., Da Silva, P. P., Caminha, I. O., & Freitas, C. M. (2012). Muscle dysmorphia: a quest for the hyper muscular body. *Motricidade*, 8(1), 53-66. <https://doi.org/10.6063/motricidade.240>
- Baião, P. H. M., Souza, A. G. P., Santos, C. G., Oliveira Júnior, M. L., Almeida, M., & Carvalho, P. H. B. (2023). Preditores de dismorfia muscular em homens brasileiros de minoria sexual e de gênero. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 72(2), 118-126. <https://doi.org/10.1590/0047-2085000000418>
- Carvalho, P. H. B., Bagolin, V., Junqueira, A. C. P., Nagata, J. M., Cattle, C. J., Murray, S. B., Compote, E. J., Costa, T. M. B., Almeida, S. S., & Laus, M. F. (2022). Validation and measurement invariance of the muscularity-oriented eating test among Brazilian men and women. *International Journal of Eating Disorders*, 56(4), 708-720. <https://doi.org/10.1002/eat.23702>
- Díaz, J. O., Werka, H. M. G., Capp, E., & Nienov, O. H. (2020). Correlações, risco, razão de chances e avaliação de testes diagnósticos. Em *Bioestatística quantitativa aplicada* (Cap. 9, pp. 177-196). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Fortes, L. S., Ferreira, M. E. C., Carvalho, P. H. B., & Miranda, R. (2017). Is drive for muscularity related to body checking behaviors in men athletes? *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, 39(2), 141-147. <https://doi.org/10.1016/j.rbce.2016.08.001>
- Ganson, K. T., & Rodgers, R. F. (2022). Problematic muscularity-oriented behaviors: Overview, key gaps, and ideas for future research. *Body Image*, 41, 262-266. <https://doi.org/10.1016/j.bodyim.2022.03.005>
- Ganson, K. T., Nagata, J. M., Lavender, J. M., Rodgers, R. F., Cunningham, M. L., Murray, S. B., & Hammond, D. (2021). Prevalence and correlates of weight gain attempts across five countries. *International Journal of Eating Disorders*, 54(10), 1829-1842. <https://doi.org/10.1002/eat.23595>
- Gattario, K. H., & Frisén, A. (2019). From negative to positive body image: Men's and women's journeys from early adolescence to emerging adulthood. *Body Image*, 28, 53-65. <https://doi.org/10.1016/j.bodyim.2018.12.002>
- Gomes, V. M. G. M., Compote, E. J., Almeida, M., Campos, P. F., Queiroz, A. C. C., Pereira L. F., Brito, C. J., & de Carvalho, P. H. B. (2020). Psychometric properties of the muscle dysmorphic disorder inventory among physically active Brazilian college men. *Psychology of Men & Masculinities*, 21(4), 622-631. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/men0000307>
- Goodboy, A. K., & Martin, M. M. (2020). Omega over alpha for reliability estimation of unidimensional communication measures. *Annals of the International Communication Association*, 44(4), 422-439. <https://doi.org/10.1080/23808985.2020.1846135>
- Hildebrandt, T., Langenbucher, J., & Schlundt, D. G. (2004). Muscularity concerns among men: Development of attitudinal and perceptual measures. *Body Image*, 1(2), 169-181. <https://doi.org/10.1016/j.bodyim.2004.01.001>
- Hiluy, J., Nunes, F. T., Pedrosa, M. A. A., & Appolinario, J. C. B. (2019). Os transtornos alimentares nos sistemas classificatórios atuais: DSM-5 e CID-11. *Debates em Psiquiatria*, 9(3), 6-13. <https://doi.org/10.25118/2763-9037.2019.v9.49>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2010). *Censo Demográfico 2010: características da população e dos domicílios*. IBGE.
- Johnson, S., Williamson, P., & Wade, T. D. (2018). A systematic review and meta-analysis of cognitive processing deficits associated with body dysmorphic disorder. *Behaviour Research and Therapy*, 107, 83-94. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2018.05.013>
- Laus, M. F., Junqueira, A. C. P., Almeida, S. S., Costa, T. M. B., & Swami, V. (2022). Body image, muscle dysmorphia, and muscularity concerns: a comparison of crossfit athletes, weight-trainers, and non-athletes. *Motricidade*, 18(1), 50-60. <https://doi.org/10.6063/motricidade.25584>
- Lavender, J. M., Brown, T. A. & Murray, S. B. (2017). Men, muscles, and eating disorders: an overview of traditional and muscularity-oriented disordered eating. *Current Psychiatry Reports*, 19(6), 32. <https://doi.org/10.1007/s11920-017-0787-5>
- Legenbauer, T., Müller, A., Zwaan, M., & Herpertz, S. (2020). Body image and body avoidance nine years after bariatric surgery and conventional weight loss treatment. *Frontiers in Psychiatry*, 10, 945. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2019.00945>
- Minnick, C., Raffoul, A., Hammond, D., & Kirkpatrick, S. I. (2020). Intentional weight gain efforts among young Canadian adults aged 17-32years. *Eating Behaviors*, 38, 101407. <https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2020.101407>
- Mitchell, L., Murray, S. B., Cobley, S., Hackett, D., Gifford, J., Capling, L., & O'Connor, H. (2017). Muscle dysmorphia symptomatology and associated psychological features in bodybuilders and non-bodybuilder resistance trainers: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 47(2), 233-259. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0564-3>
- Murray, S. B., Brown, T. A., Blashill, A. J., Compote, E. J., Lavender, J. M., Mitchison, D., Mond, J. M., Keel, P. K. & Nagata, J. M. (2019). The development and validation of the muscularity-oriented eating test: a novel measure of muscularity-oriented disordered eating. *International Journal of Eating Disorders*, 52(12), 1389-1398. <https://doi.org/10.1002/eat.23144>

- Murray, S. B., Nagata, J. M., Griffiths, S., Calzo, J. P., Brown, T. A., Mitchison, D., Blashill, A. J., & Mond, J. M. (2017). The enigma of male eating disorders: a critical review and synthesis. *Clinical Psychology Review*, 57, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2017.08.001>
- Nagata, J., Ganson, K. T., Griffiths, S., Mitchison, D., Garber, A. K., Vittinghoff, E., Bibbins-Domingo, K., & Murray, S. B. (2022). Prevalence and correlates of muscle-enhancing behaviors among adolescents and young adults in the United States. *International Journal of Adolescent Medicine and Health*, 34(2), 119-129. <https://doi.org/10.1515/ijamh-2020-0001>
- Organização Mundial da Saúde. (2000). *Relatório mundial da saúde 2000: sistemas de saúde: melhorando o desempenho*. Organização Mundial da Saúde.
- Phillips, K. A., Pinto, A., Hart, A. S., Coles, M. E., Eisen, J. L., Menard, W., & Rasmussen, S. A. (2012). A comparison of insight in body dysmorphic disorder and obsessive-compulsive disorder. *Journal of Psychiatric Research*, 46(10), 1293-1299. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2012.05.016>
- Pope, H. G., Phillips, K. A., & Olivardia, R. (2000). *The adonis complex: the secret crisis of male body obsession*. The Free Press. <https://doi.org/10.1037/e490672008-001>
- Ribeiro, L. A., & Scatena, J. H. (2019). A avaliação da atenção primária à saúde no contexto brasileiro: uma análise da produção científica entre 2007 e 2017. *Saúde e Sociedade*, 28(2), 95-110. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902019180884>
- Rodgers, R. F., Ganchou, C., Franko, D. L., & Chabrol, H. (2012). Drive for muscularity and disordered eating among French adolescent boys: A sociocultural model. *Body Image*, 9(3), 318-323. <https://doi.org/10.1016/j.bodyim.2012.03.002>
- Sardinha, A., Oliveira, A. J., & Araújo, C. G. S. (2008). Dismorfia muscular: análise comparativa entre um critério antropométrico e um instrumento psicológico. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 14(4), 387-392. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922008000400013>
- Silva, A. C., & Ferreira, J. (2019). Musculação e cotidiano laboral: significados atribuídos às dores corporais em uma academia de ginástica do Rio de Janeiro. *Ciência & Saúde Coletiva*, 24(10), 3969-3976. <https://doi.org/10.1590/1413-812320182410.26282017>
- Singh, A. R., & Veale, D. (2019). Understanding and treating body dysmorphic disorder. *Indian Journal of Psychiatry*, 61(Supl. 1), S131-S135. <https://doi.org/10.4103/psychiatry.indianjpsychiatry.528.18>

Correlation between lower limb asymmetry and performance in professional female soccer players

Fabio Henrique de Freitas^{1*} , Victor Gonçalves Corrêa Neto^{1,3,4} , Gabriel Paz¹ ,
Darlan Tavares dos Santos² , Estélio Henrique Martin Dantas² , Michel Gonçalves¹ ,
Jeffrey Willardson¹ , Humberto Miranda¹ 

ABSTRACT

The structure of a soccer match is predominantly intermittent, characterised by synchronised and concomitant execution of low and high-intensity actions at different moments of the game, such as jumping, performing successive sprints and change of direction (COD). Furthermore, the repetition of such actions can contribute to the development of lower limb strength asymmetry. The objective of the present study was to investigate the relationship between lower limb asymmetry on peak concentric torque (PTCON) of the hamstrings and quadriceps muscles at 60°/s with performance in the 20-meter sprint, repeated anaerobic sprint test (RAST) and change of direction test (COD) in professional female soccer players. The sample consisted of twenty-two professional female soccer players from a first-division club in Brazilian football. Two visits were carried out with an interval of 48 hours between them. In addition, a value of $p < .05$ was adopted for statistical significance. The results showed no significant correlations between limb asymmetry in quadriceps PTCON, time and speed in the 20-meter sprint, time and velocity in the COD test, and total time in the RAST. Furthermore, no significant correlations were observed between limb asymmetry in hamstring PTCON, time and speed in the 20-meter sprint, time and velocity in the COD test, and total time in the RAST. Asymmetry in lower limb strength may not influence physical performance in sprints and COD tasks such as those adopted in the present study.

KEYWORDS: isokinetic peak torque; speed of change of direction; speed; soccer; performance.

INTRODUCTION

Soccer is the most popular sport on the planet, and it is estimated that there are approximately 65,000 active professional players spread across the world (Baroni et al., 2020). In the last five years, women's soccer has increased approximately 4% in its popularity index (Pardos-Manier et al., 2021), in addition to an increase in physical demand during training and games (Covic et al., 2016). Thus, studies have begun to investigate the relationship between strength, muscle imbalances, and physical performance in female soccer players (Aktug et al., 2016; Bishop et al., 2019; Loturco et al., 2018).

The structure of a soccer match is predominantly intermittent, being characterised by synchronised and concomitant execution of low and high-intensity actions at different moments of the game (Lockie et al., 2019; Mohr et al., 2005; Mujika et al., 2009) such as jumping, performing successive sprints and change of direction (COD) (Ruas et al., 2015; Sangnier & Tourny-Chollet, 2007; Silva et al., 2015). Furthermore, the repetition of such actions can contribute to the development of lower limb strength asymmetry (Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2020). Thus, in the field of football, great attention has been given to the relationship between

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro (RJ), Brazil.

²Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Enfermagem e Biociências – Rio de Janeiro (RJ), Brazil.

³Universidade Estácio de Sá – Rio de Janeiro (RJ), Brazil.

⁴Centro Universitário Gama e Souza – Rio de Janeiro (RJ), Brazil.

*Corresponding author: Rua Guaianazes, 64, Penha – CEP: 21020-370 – Rio de Janeiro (RJ), Brazil. E-mail: freitash2004@gmail.com

Conflict of interests: nothing to declare. **Funding:** Fundação de Amparo à Pesquisa from Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ N° 32/2021) – Programa Cientista do Nosso Estado – 2021.

Received: 05/28/2024. **Accepted:** 08/29/2024.

lower limb strength asymmetry and physical performance; thus, lower limb strength asymmetry has been measured and analysed through vertical jump tests (Bishop et al., 2022; Coratella et al., 2018; Raya-Gonzales et al., 2020).

In fact, some scientific evidence shows that there may be a correlation between high scores of lower limb strength asymmetry and deleterious effects on physical performance and a higher incidence of injuries in soccer players (Chalmers et al., 2018; Loturco et al., 2018; Talovic et al., 2018). However, some recent studies have elucidated that lower limb strength asymmetry, regardless of the asymmetry score, may not interfere, either positively or negatively, with some physical abilities such as agility and the ability to jump and run at speed, in addition to not increasing the injury incidence in male and female soccer players (Bishop, Read, et al., 2021; Coratella et al., 2018; Loturco et al., 2019).

For example, Lockie et al. (2012) observed that there was no correlation between limb asymmetry in peak concentric torque (PTCON) of the hamstrings and quadriceps muscles at 60°/s with time in the 20-meter sprint and time in a COD test in amateur soccer players. Additionally, Coratella et al. (2014) clarified that there was no correlation between limb asymmetry in PTCON of the hamstrings and quadriceps muscles at 30°/s with time in the 30-meter sprint and time in a COD test in professional U21 soccer players. Furthermore, in a later study, Loturco et al. (2019) determined that there was no correlation between lower limb strength asymmetry, measured in the single leg countermovement jump (SLCMJ) and single leg squat jump (SLSJ), with time in the 20-meter sprint and time in a COD test in professional female soccer players. However, Bishop et al. (2019) observed a positive correlation between lower limb strength asymmetry, measured in the single leg drop jump (SLDJ) with time in the 30-meter sprint and time in a COD test in professional female soccer players.

Therefore, it seems that the use of different levels of competitiveness, genders, and tests to measure lower limb strength asymmetry may have a different influence on the correlation between lower limb strength asymmetry and physical performance, which is a highly relevant and still controversial variable. Additionally, to the best of our knowledge, no previous study has investigated the correlation between lower limb strength asymmetry, measured with the aid of an isokinetic dynamometer, and physical performance, measured through the repeated anaerobic sprint test (RAST), in professional female soccer players.

Thus, the main purpose of the present study was to investigate the correlation between limb asymmetry in PTCON of the hamstrings and quadriceps muscles at 60°/s with

performance in the 20-meter sprint, RAST and COD test in professional female soccer players. We hypothesised that there would be no correlation between limb asymmetry in PTCON of the hamstrings and quadriceps muscles at 60°/s with performance in the 20-meter sprint, RAST and COD test.

MATERIALS AND METHODS

Participants

The sample consisted of twenty-two professional female soccer players (22.04± 4.37 years of age; 62.24± 5.68 kg of body mass; 1.66± 0.05 meters of height; 22.64± 2.47 kg/m² of body mass index).

Inclusion and exclusion criteria

The following inclusion criteria were adopted: 1) being a professional soccer player and participating in club training; 2) absence of lesions that compromise the performance of the tests; 3) being 18 years of age or older. Likewise, the following were considered as exclusion criteria: 1) use anti-inflammatory drugs and to control blood pressure, anxiety, depression and pain.; 2) positive physical activity readiness questionnaire (PAR-Q); 3) having injuries that would compromise the performance of the experimental protocols; 4) not having authorisation from the club's medical department to perform the tests.

All subjects signed an informed consent form before participating in the study, which was carried out following the ethical standards provided in Resolution 466/12 (National Health Council, 2012).

Protocol

Two visits were carried out with an interval of 48 hours between them. On the first visit, procedures were performed in this order: 1) completing the informed consent form and the PAR-Q; 2) anthropometric measurements; 3) 20-meter sprint test; 4) COD test; 5) RAST. On the second visit, tests were performed on the isokinetic dynamometer (see Figure 1). Furthermore, it is important to emphasise

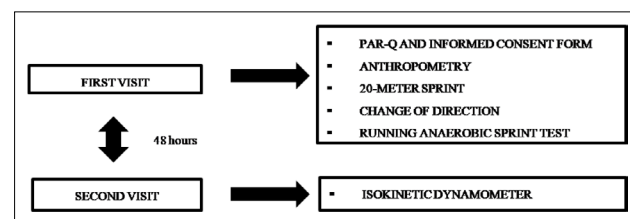


Figure 1. Experimental design.

that some environmental variables, such as temperature and relative humidity, were not controlled.

In addition, all individuals were instructed to avoid the consumption of alcohol and/or ergogenic substances at least 24 hours before testing. For each individual, the order in which the tests were performed was standardised. The present study was carried out in the pre-season period; all individuals evaluated were previously familiar with the tests due to the frequent evaluations carried out by the club throughout the regular season. It is worth highlighting that such tests are commonly carried out by the club for a period of one week during the pre- and post-season. The preferred lower limb was determined through the preference for kicking a ball, and five-minute rest intervals were adopted between each test performed on the first visit.

The PTCON of the hamstrings and quadriceps muscles was measured with the aid of an isokinetic dynamometer (Humac Norm II®, CSMI, USA). Initially, everyone was positioned as follows: seated, trunk in contact with the seat back, and hips and knees in 90° of flexion. In addition, the tested limb was stabilised by an inelastic strap; the knee of the tested limb was aligned with the axis of rotation of the dynamometer; and the trunk and shoulders were stabilised by two inelastic straps (Coratella et al., 2014). At first, a warm-up protocol was performed, consisting of one set of 10 concentric submaximal knee flexion and extension repetitions at 60°/s for each limb, with a two-minute interval between the limbs. Then, after a two-minute break, to measure the PTCON of the quadriceps and hamstring muscles at random, one set of five concentric maximal knee flexion and extension repetitions at 60°/s were performed for each limb, with a two-minute interval between attempts (Coratella et al., 2018; Vargas et al., 2020). Additionally, the limb asymmetry in PTCON of the hamstrings and quadriceps muscles was calculated separately via the Equation 1 (Impellizzeri et al., 2007):

$$\text{Asymmetry} = (\text{stronger limb} - \text{weaker limb} / \text{stronger limb}) \times 100 \quad (1)$$

Three pairs of photocells (CEFISE®, Nova Odessa, São Paulo, Brazil) were positioned at 0, 10, and 20 meters to measure speed and time in the 20-meter sprint. Initially, a warm-up protocol consisting of two submaximal trials was performed, with no interval between them. Subsequently, after a five-minute rest interval, two maximal attempts were performed with a five-minute rest interval between them. Furthermore, all subjects started the test at 0.3 meters behind the starting line; the test was performed on an indoor

running track, and the best time was used in the data analysis (Loturco et al., 2019).

Two pairs of photocells (CEFISE®, Nova Odessa, São Paulo, Brazil) were positioned at 0 and 20 meters for the change of direction test, which was characterised by four segments of five meters (total linear distance of 20 meters), marked with cones (50 centimetres in height) and defined by 100° angles (see Figure 2). The test was performed on an indoor running track so that all subjects accelerated and decelerated as quickly as possible around each cone. Initially, two submaximal trials were performed as a warm-up, with no interval between them. Subsequently, after a five-minute rest interval, two maximal attempts were performed with a five-minute rest interval between them. In addition, all subjects were instructed to complete the test as quickly as possible and not to decelerate before crossing the second pair of photocells. The test was started at 0.3 meters behind the starting line, and only the best time was used in the data analysis (Loturco et al., 2019).

Two pairs of photocells (CEFISE®, Nova Odessa, São Paulo, Brazil) were positioned at 0 and 35 meters for the repeated anaerobic sprint test (RAST). Six sprints of 35 meters were performed at the highest possible speed, with 10-second rest intervals between them. Additionally, behind the start and finish lines, two deceleration areas, 10 meters each, were inserted; the test was performed on an indoor court; all subjects started the test 0.5 meters behind the first pair of photocells and were instructed to decelerate only after passing through the pair of photocells (Nascimento et al., 2016).

Statistical Analysis

Statistical analysis was performed using SPSS software (version 22.0; SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). Initially, to test the normality of the data, the Shapiro-Wilk test and the analysis of asymmetries and kurtosis were performed (Chan, 2003). The sample size was calculated using the G * Power software (G * Power 3.1.9.7, Heinrich Heine-Universität, Düsseldorf, Germany) assuming an *effect size*=

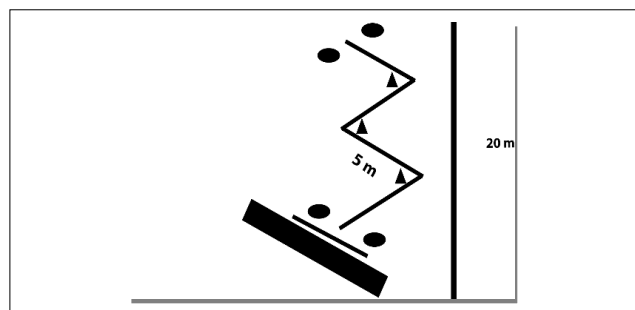


Figure 2. Zig zag change of direction test.

0.56; $\alpha\text{-error}$ = 0.05; and $Power$ = 0.8. The total sample size suggested by the calculation was 22 individuals. Therefore, the sample size suggested by the calculation was respected and considered in the constitution of the sample group.

The relationships between variables were determined using the Pearson product-moment correlation coefficient whenever two or more variables did not have their normality rejected and the Spearman correlation coefficient whenever a variable had its normality rejected. The threshold used to assess the correlations qualitatively was based on the following criteria: $r < .10$, trivial; $r = .10\text{--}.29$, small; $r = .30\text{--}.49$, moderate; $r = .50\text{--}.69$, large; $r = .70\text{--}.89$, very large; $r > .90$, almost perfect (Hopkins, 2006). In the present study, data were presented as mean and standard deviation values when data normality was not rejected, and median value and interquartile range (3 quartile – 1 quartile) when data normality was rejected.

Thus, the variables: a) time ($p = .92$) and speed ($p = .87$) in the 20-meter sprint; b) total time in the RAST ($p = .35$); c) velocity ($p = .80$) in the COD; d) PTCON of hamstrings of preferred ($p = .64$) and non-preferred ($p = .50$) limb; e) PTCON of quadriceps of the preferred ($p = .23$) and non-preferred ($p = .46$) limb; f) limb asymmetry in hamstring PTCON

($p = .06$) had normal distribution, while the variable limb asymmetry in quadriceps PTCON ($p = .02$) had its normality rejected. In addition, a value of $p < .05$ was adopted for statistical significance.

RESULTS

Table 1 presents the PTCON mean and standard deviation values of the hamstrings and quadriceps muscles at 60°/s for both limbs, the percentage of limb asymmetry in hamstring PTCON, and the median value and interquartile range of limb asymmetry percentage in quadriceps PTCON.

Table 2 describes the mean and standard deviation values of time and speed in the 20-meter sprint, total time in the RAST, and time in the COD test.

Table 3 presents the correlation values (r) between limb asymmetry in PTCON of the hamstrings and quadriceps muscles at 60°/s, and performance in the 20-meter sprint, RAST and COD. As a result, no correlations were observed between limb asymmetry in quadriceps PTCON and time and speed in the 20-meter sprint, total time in the RAST, and time in the COD. Furthermore, there was no correlation

Table 1. Mean and standard deviation values of the peak concentric torque of hamstrings and quadriceps muscles of both limbs, percent of limb asymmetry in hamstring peak concentric torque and median value and interquartile range (3-1) of limb asymmetry percentage in quadriceps.

Quadriceps PTCON MP (Nm)	Quadriceps PTCON MNP (Nm)	Hamstring PTCON Preferred Member (Nm)	Hamstring PTCON Non-Preferred Member (Nm)	Limb Asymmetry in Hamstring PTCON (%)	Limb Asymmetry in Quadriceps PTCON (%)
177.95± 30.48	162.62± 41.87	105.75± 23.16	95.70± 27.33	11.20± 10.31	5.74 (3.20–9.90)

PTCON: concentric peak torque; Nm: newton meters; %: percentage.

Table 2. Mean and standard deviation values of time and speed in the 20-meter sprint, total time in the running anaerobic sprint test and time in change of direction.

20-meter sprint time (s)	20-meter sprint speed (m/s)	Total time in running anaerobic sprint test (s)	Time in change of direction (s)
3.23± 0.14	6.19± 0.27	36.02± 1.78	3.26± 0.14

s: seconds; m/s: meters per second.

Table 3. Correlation values (r) between limb asymmetry in concentric peak torque of the hamstrings and quadriceps muscles and performance in the 20-meter sprint, running anaerobic sprint test and change of direction.

	20-meter sprint time		20-meter sprint speed		Total time in running anaerobic sprint test		Time in change of direction	
	r	p	r	p	r	p	r	p
Limb Asymmetry in Quadriceps PTCON	-.41	.06	.41	.05	-.24	.27	-.10	.64
Limb Asymmetry in Hamstring PTCON	-.03	.87	.02	.90	-.21	.34	-.15	.50

PTCON: concentric peak torque; * $p < .05$.

between limb asymmetry in hamstring PTCON and time and speed in the 20-meter sprint, total time in the RAST, and time in the COD test.

DISCUSSION

The key finding of the present study was the lack of a significant correlation between lower limb strength asymmetry and performance in the 20-meter sprint, RAST, and COD ability in professional female soccer players. Thus, these findings corroborate some previous evidence that also failed to show a correlation between lower limb strength asymmetry and sprint (Bishop, Read, et al., 2021; Loturco et al., 2019) and COD ability (Bishop et al., 2019; Bishop et al., 2022; Lockie et al., 2012; Loturco et al., 2019) in female and male soccer players.

In some actions, such as sprinting and changing direction, the hamstrings and quadriceps muscles play an important role in the dynamic stabilisation of the knee and hip joints during the deceleration and acceleration phases (Coratella et al., 2018). Furthermore, given the complexity of the running technique, it is hypothesised that, during a maximal sprint, possible limb asymmetry in the strength of the hamstrings and quadriceps muscles may be compensated for by the recruitment of other muscle groups and the execution of compensatory movements (Coratella et al., 2018).

Lockie et al. (2012) investigated the relationship between lower limb strength asymmetry and performance in the 20-meter sprint and a common COD test (T-test) in amateur soccer players. Lower limb strength asymmetry was measured with the aid of an isokinetic dynamometer. The authors observed that, at 60°/s, there were no correlations between limb asymmetry in the PTCON of quadriceps and hamstrings and time in the 20-meter sprint and T-test, which was consistent with the findings of the present study. Furthermore, Lockie et al. (2012) reported that at 180°/s and 240°/s, there were no correlations between limb asymmetry in hamstring PTCON and time in the 20-meter sprint and time in the COD, which was with the results of the present study. However, Lockie et al. (2012) did report a negative correlation between limb asymmetry in quadriceps PTCON at 240°/s and time in the 20-meter sprint and T-test, as well as a negative correlation between quadriceps PTCON at 180°/s, and COD time.

Furthermore, Coratella et al. (2018) investigated the relationship between lower limb strength asymmetry and performance in the 30-meter sprint and COD test (T-test) in professional under-21 soccer players. Lower limb strength asymmetry was measured with the aid of an isokinetic

dynamometer. The authors observed that, at 30°/s, there was no correlation between limb asymmetry in PTCON of hamstrings and quadriceps and time in the 30-meter sprint and T-test, which was consistent with the findings of the present study. Additionally, it was observed that, at 300°/s, there was no correlation between limb asymmetry in quadriceps PTCON and time in the 30-meter sprint and T-test, which was consistent with the findings of the present study. However, Coratella et al. (2018) found a positive correlation between limb asymmetry in the PTCON of the hamstrings at 300°/s and time in the 30-meter sprint and T-test.

Furthermore, Bishop, Read, et al. (2021) investigated the relationship between lower limb strength asymmetry and 20-meter sprint performance in young female players from a regional talent centre of a professional football club. Lower limb strength asymmetry was measured through a SLCMJ, single leg hop, triple hop and crossover hop jumps, and the sprint test was performed on a 3G synthetic grass surface. No correlations were observed between lower limb strength asymmetry in single leg hop, triple hop and crossover hop jumps and time in the 20-meter sprint, which was consistent with the findings of the present study. However, a positive correlation was found between lower limb strength asymmetry in the SLCMJ and time in the 20-meter sprint, which indicates that greater lower limb strength asymmetry is associated with slower 20-meter sprint times.

Recently, Loturco et al. (2019) examined the relationship between lower limb strength asymmetry and 20-meter sprint performance and COD ability (zig-zag test) in professional female soccer players. The sprint test was performed on an indoor running track, while the COD test was performed on an indoor court, and lower limb strength asymmetry was measured using the SLCMJ and SLSJ. The authors found no correlation between lower limb strength asymmetry in the SLCMJ and SLSJ and speed in the 20-meter sprint and COD test.

Additionally, Bishop et al. (2019) analysed the relationship between lower limb strength asymmetry and performance in the 30-meter sprint and COD ability (5-0-5 COD test) in professional female soccer players. The sprint and COD tests were performed on a 4G synthetic grass surface, and lower limb strength asymmetry was measured using the SLCMJ and SLDJ. No correlations were found between lower limb strength asymmetry in the SLCMJ and time in the 30-meter sprint and COD test. However, there was a positive correlation between lower limb strength asymmetry in the SLDJ and time in the 30-meter sprint and COD test, which indicated that greater lower limb strength asymmetry was associated with slower 20-meter sprint times.

However, it is important to highlight the different levels of training, populations, tests to measure physical performance, tests to measure lower limb strength asymmetry, environmental conditions and angular velocities used in the present study and the studies by Bishop et al. (2019), Bishop, Read, et al. (2021), Coratella et al. (2018), and Lockie et al. (2012), which may possibly underlie the discrepancies between the results of the present study and the studies cited.

Menzel et al. (2013) postulated that the muscular actions performed during a COD test are distinct from the muscular actions performed in a strength test on an isokinetic dynamometer. Furthermore, it has been conjectured that an asymmetry in lower limb strength may not affect, either positively or negatively, the ability to run at high speed with COD in soccer athletes (Loturco et al., 2019).

The present study found no correlations between limb asymmetry in PTCON of the hamstrings and quadriceps muscles at 60° and performance in the 20-meter sprint, RAST and COD test. The following hypotheses can possibly justify these results: 1) lower limb strength asymmetry was balanced by performing compensatory movements and recruiting different muscle groups; 2) the neural recruitment patterns were dissimilar between the isokinetic dynamometer, and the 20-meter sprint, RAST and COD test; 3) some variables such as motor coordination and technique execution, not measured in the present study, may have influenced the relationship between lower limb strength asymmetry and physical performance; 4) in professional female soccer players, the strength asymmetry of the lower limbs, regardless of the asymmetry score, does not influence physical performance either positively or negatively.

CONCLUSION

In conclusion, the present study found no correlations between lower limb strength asymmetry and performance in a variety of tests. Therefore, based on such findings, in general, it is speculated that, in professional soccer, the asymmetry in lower limb strength may not influence physical performance sprinting or COD ability.

REFERENCES

- Aktug, Z. B., Harbili, E., & Harbili, S. (2016). Comparison of isokinetic knee strength between the dominant and non-dominant legs and relationships among isokinetic strength, vertical jump, and speed performance in soccer players. *Turkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 8(1), 8-14. <https://doi.org/10.5336/SPORTSCI.2015-47409>
- Baroni, B. M., Ruas, C. V., Ribeiro-Alvares, J. B., & Pinto, R. S. (2020). Hamstring-to-quadriceps torque ratios of professional male soccer players: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(1), 281-293. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002609>
- Bishop, C., Read, P., Bromley, T., Brazier, J., Jarvis, P., Chavda, S., & Turner, A. (2022). The association between interlimb asymmetry and athletic performance tasks: a season-long study in elite academy soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(3), 787-795. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003526>
- Bishop, C., Read, P., McCubbine, J., & Turner, A. (2021). Vertical and horizontal asymmetries are related to slower sprinting and jump performance in elite youth female soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(1), 56-63. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002544>
- Bishop, C., Turner, A., Maloney, S., Lake, J., Loturco, I., Bromley, T., & Read, P. (2019). Drop jump asymmetry is associated with reduced sprint and change-of-direction speed performance in adult female soccer players. *Sports*, 7(1), 29. <https://doi.org/10.3390/sports7010029>
- Brasil (2012). *National Health Council Resolution N° 466/2012*. On respect for human dignity and special protection of life for participants in scientific research involving human beings. Ministry of Health.
- Chalmers, S., DeBenedictis, T. A., Zacharia, A., Townsley, S., Gleeson, C., Lynagh, M., Townsley, A., & Fuller, J. T. (2018). Asymmetry during functional movement screening and injury risk in junior football players: a replication study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(3), 1281-1287. <https://doi.org/10.1111/sms.13021>
- Chan, Y. H. (2003). *Biostatistics 101: data presentation*. Singapore Medical Journal, 44(6), 280-285.
- Coratella, G., Beato, M., & Schena, F. (2018). Correlation between quadriceps and hamstrings inter-limb strength asymmetry with change of direction and sprint in U21 elite soccer players. *Human Movement Science*, 59, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.03.016>
- Coratella, G., Bellin, G., Beato, M., & Schena, F. (2014). Fatigue affects peak joint torque angle in hamstrings but not in quadriceps. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1276-1282. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.986185>
- Covic, N., Jeleskovic, E., Alic, H., Rado, I., Kafedzic, E., Sporis, G., McMaster, D. T., & Milanovic, Z. (2016). Reliability, validity and usefulness of 30-15 intermittent fitness test in female soccer players. *Frontiers in Physiology*, 7, 510. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00510>
- Fort-Vanmeerhaeghe, A., Bishop, C., Busca, B., Aguilera-Castells, J., Vicens-Bordas, J., & Gonzalo-Skok, O. (2020). Inter-limb asymmetries are associated with decrements in physical performance in youth elite team sports athletes. *PLoS One*, 15(3), e0229440. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229440>
- Hopkins, W. G. (2006). A scale of magnitudes for effect statistics. A new view of statistics. Retrieved from <http://sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Maffiuletti, N., & Marcora, S. M. (2007). A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, 39(11), 2044-2050. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31814fb55c>
- Lockie, R. G., Post, B. K., & Dawes, J. J. (2019). Physical qualities pertaining to shorter and longer change-of-direction speed test performance in men and women. *Sports*, 7(2), 45. <https://doi.org/10.3390/sports7020045>
- Lockie, R. G., Schultz, A., Jeffriess, M. D., & Callaghan, S. J. (2012). The relationship between bilateral differences of knee flexor and extensor isokinetic strength and multi-directional speed. *Isokinetics and Exercise Science*, 20(3), 211-219. <https://doi.org/10.3233/IES-2012-0461>

- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Abad, C. C. C., Komatsu, W., Cunha, R., Arliani, G., Ejnisman, B., Pochini, A. C., Nakamura, F. Y., & Cohen, M. (2018). Functional screening tests: interrelationships and ability to predict vertical jump performance. *International Journal of Sports Medicine*, 39(3), 189-197. <https://doi.org/10.1055/s-0043-122738>
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Abad, C. C. C., Rosseti, M., Carpes, F. P., & Bishop, C. (2019). Do asymmetry scores influence speed and power performance in elite female soccer players? *Biology of Sport*, 36(3), 209-216. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2019.85454>
- Menzel, H. J., Chagas, M. H., Szmuchowski, L. A., Araujo, S. R. S., Andrade, A. G. P., & Jesus-Moraleida, F. R. (2013). Analysis of lower limb asymmetries by isokinetic and vertical jump tests in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1370-1377. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318265a3c8>
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 593-599. <https://doi.org/10.1080/02640410400021286>
- Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F. M., & Castagna, C. (2009). Fitness determinants of success in men's and women's football. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 107-114. <https://doi.org/10.1080/02640410802428071>
- Nascimento, M. G. B., Gomes, S. A., Mota, M. R., Aparecida, R., & Melo, G. F. (2016). Psychological profiles of gender and personality traces of Brazilian professional athletes of futsal, and their influence on physiological parameters. *Psychology Research and Behavior Management*, 9, 41-51. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S77402>
- Pardos-Manier, E., Bishop, C., Gonzalo-Skok, O., Nobari, H., Pérez-Gómez, J., & Lozano, D. (2021). Associations between inter-limb asymmetries in jump and change of direction speed tests and physical performance in adolescent female soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3474. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073474>
- Raya-Gonzales, J., Bishop, C., Gómez-Piqueras P., Veiga, S., Viejo-Romero, D. & Navandar, A. (2020). Strength, jumping, and change of direction speed asymmetries are not associated with athletic performance in elite academy soccer players. *Frontiers in Psychology*, 11, 175. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00175>
- Ruas, C. V., Minozzo F., Pinto, M. D., Brown, L. E., & Pinto, R. S. (2015). Lower-extremity strength ratios of professional soccer players according to field position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1220-1226. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000766>
- Sangnier, S., & Tourny-Chollet, C. (2007). Comparison of the decrease in strength between hamstrings and quadriceps during isokinetic fatigue testing in semiprofessional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(11), 952-957. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964981>
- Silva, J. R., Nassis, G. P., & Rebelo, A. (2015). Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports Medicine*, 1, 17. <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0006-z>
- Talovic, M., Causevic, D., Alic, H., Jeleskovic, E., Enes, D., Ormanovic, S., Lakota, R., Nurkovic, N., Raickovic, N., & Covic, N. (2018). Strength asymmetry differences between premier league and first league football referees. *Acta Kinesiológica*, 12(1), 86-92.
- Vargas, V. Z., Motta, C., Peres, B., Vancini, R. L., Lira, C. A. B., & Andrade, M. S. (2020). Knee isokinetic muscle strength and balance ratio in female soccer players of different age groups: a cross-sectional study. *The Physician and Sportsmedicine*, 48(1), 105-109. <https://doi.org/10.1080/00913847.2019.1642808>

Physical training protocols that influence the 5,000 m time trial performance: a systematic review

Anderson Ferreira Gonçalves^{1*} , Thiago Martins Bueno² ,
Leszek Antoni Szmuchrowski¹ , Míriam Raquel Meira Mainenti² 

ABSTRACT

A review of the 5,000 m race training protocols was conducted to facilitate the search and comparison between the existing protocols. This study aimed to systematically review the literature on the physical training protocols applied to athletes and well-trained runners who have investigated the impacts on performance in 5,000 m races and/or recognised performance parameters in this distance. This review was carried out following PRISMA guidelines. The search used PubMed, Web of Science and Scopus electronic databases. The PICOS strategy was used to define eligibility criteria. A total of 35 studies were included in the systematic review; 25 were selected for qualitative analysis from the databases, and 10 articles were identified while reading the articles selected by the main search. Selected studies had their methodological quality and risk of bias assessed by the Cochrane Risk of Bias Tool. Interval running protocols are the main potentiators for performance in the 5,000 m. Among all running protocols that improved the 5,000 m time trial or any of the predicted variables studied in this review, 33.33% used both interval and continuous training, 33.33% used uphill HIIT, and 13.33% used HIIT. Neuromuscular protocols showed effects mainly on running economy. Eight of the eleven neuromuscular intervention protocols showed improvement in this variable. Among all neuromuscular protocols that improved the 5,000 m time trial or any of the predicted variables studied in this review, 50% applied complex training, 25% used plyometric as an intervention and 25% used strength resistance training. The coach must choose the combination of the studied protocols in order to guarantee performance improvement.

KEYWORDS: athletes; athletic performance; exercise; resistance training; running exercise.

INTRODUCTION

Sports training has been commonly carried out based on a great search for scientific evidence to justify the use of training protocols (Barbanti et al., 2004). Bearing in mind that the difference between the champion or runner-up of a race can be a matter of small details, professionals in the area seek to use the most effective and efficient methods in order to allow the athlete to reach the best of his physical performance during a race. Confirming the argument, it is possible to cite the evolution of world records in the 5,000 m race. The first record was the mark of 14:36.06, held by Hannes Kolehmainen, in a time of empiricism in the sport. The current record was made by Joshua Cheptegei, with the mark of 12:35.36, in a period of a significant increase in studies on physical performance (World Athletics, 2022).

For the 5,000 m race, there is a predominance of aerobic, followed by lactic anaerobic and alactic anaerobic energy metabolism (Bompa, 2001; Dantas, 2014; Støren et al., 2008). Therefore, it is possible to associate some predictive variables for this distance, such as the maximal oxygen uptake ($\text{VO}_{2\text{max}}$), the lactate threshold (intensity of effort before the exponential increase of blood lactate relative to resting levels), running economy (energy demand for a given velocity of submaximal running) and $v\text{VO}_{2\text{max}}$ (first speed at which $\text{VO}_{2\text{max}}$ is reached) (Batista, 2019; Denadai et al., 2004; Guglielmo et al., 2012; Souza et al., 2014).

Due to the large number of participants in this test (Fonseca, 2012), there are a large number of training protocols studied in the literature that seek to improve performance in the referred distance, such as interval (Denham et al., 2015;

¹Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte (MG), Brazil.

²Exército, Escola de Educação Física do Exército – Rio de Janeiro (RJ), Brazil.

*Corresponding author: Rua Laudelina, 116 – Morada do Sol – CEP: 37418-116 – Três Corações (MG), Brazil. E-mail: anderson_cav2014@hotmail.com

Conflict of interests: nothing to declare. **Funding:** nothing to declare.

Received: 09/07/2023. **Accepted:** 03/12/2024.

Etzebarria et al., 2014) and neuromuscular training (Nummela et al., 2006; Paavolainen et al., 1999). However, such knowledge is not compiled, and for some types of intervention, there is still no consensus on which ones are really effective and how they should be applied.

Gathering the scientific literature, in a systematic way, is justified by the elaboration of a document that will allow, in a more objective, quick and easy way, to guide athletes and well trained runners coaches. In this way, they will have scientific support for their choices regarding the really effective protocols to improve performance in the 5,000 m race, as well as to improve physiological variables that predict this performance. This kind of study was not found in the literature for the 5,000 m distance or other Olympic events.

Thus, this study aimed to systematically review the literature on physical training protocols applied to athletes and well-trained runners who have investigated their impacts on performance in 5,000 m races and/or on physiological markers in effort that are recognised as predictors of performance in this distance.

METHODS

Experimental approach of the problem

This systematic review was carried out according to the criteria present in the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) and was registered in the International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) under the identification CDR42022308290. The search was performed using Web of Science, PubMed and Scopus databases through September 2022. The following string was used in the search (“HIIT” OR “interval training” OR “sprint” OR “strength training” OR “plyometric training” OR “running” OR “warm up” OR “cool down” OR “training” OR “recovery”) AND (“performance” OR “running economy” OR “lactate threshold” OR “VO₂max” OR “vVO₂max” OR “oxygen uptake” OR “oxygen consumption” OR “time trial” OR “time-trial”) AND (“5-km” OR “5km” OR “5 km” OR “5000m” OR “5 kilometers”) AND (athlete OR runner) NOT (“basketball” OR “rugby” OR “soccer”) - example for PubMed search.

The PICOS strategy (population, intervention, comparison, result and study design) was used to define the eligibility criteria. Inclusion criteria for this analysis were (1) athletes and well-trained individuals, adults, both male and female. To ensure this characteristic, the study sample should have a better 5,000 m running time below 22 minutes (male sex)

and 25 minutes (female sex), or, when time data was not available, VO₂max values above 53 ml.kg⁻¹.min⁻¹ (male sex) and 40 ml.kg⁻¹.min⁻¹ (female sex), which are classified by Herdy and Caixeta (2016) as excellent for the Brazilian population; (2) specific running training protocols or not as intervention. Some examples are continuous running protocols, interval running, uphill running, neuromuscular training, altitude training, ischemic training, hypoxia training, and polishing and acclimatisation strategies were accepted; (3) comparisons pre *vs* post-intervention, including or not more than one group (groups submitted to different interventions during the same period or control groups, which were not submitted to any interventions). (4) presence of at least one of the following outcomes: 5,000 m running time, or physiological variables associated to endurance running, specifically the 5,000 m race, such as VO₂max, vVO₂max, anaerobic threshold and running economy; and (5) study design types: observational, experimental or quasi-experimental studies. Exclusion criteria were (1) a study sample with athletes of team sports like soccer, basketball, volleyball and others, (2) nutritional strategies as intervention, (3) paper language other than English or Portuguese, (4) recreational or amateur runners, and (5) child, adolescent or elderly as a sample.

Procedures

The initial list was examined to check and exclude duplicates. After that, the titles and abstracts were read, excluding those not meeting the eligibility criteria. The next step was to read the full articles and exclude those that no longer met the inclusion criteria or that addressed some exclusion criteria. In both stages, the eligibility judgment was made independently by two researchers (TB and AG), and, in case of disagreement, a third evaluator (MM) was activated. In addition to the search, others were identified in secondary sources that underwent the eligibility analysis using the same criteria.

Risk of bias assessment

The methodological quality and risk of bias were assessed based on the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions (Higgins & Green, 2008). Two researchers (AG and TB) independently performed this step, with disagreements resolved by a third one (MM). They analysed the risks of: (1) selection bias, (2) performance, (3) detection, (4) attrition, and (5) reporting.

Data extraction and outcomes

The reading of the articles was carried out in order to extract the information for analysis of the risk of bias and the

main information of this review: authors, sample size, age, gender, $\text{VO}_{2\text{max}}$, 5,000 m time trial (TT), type of intervention, duration of the protocol, structuring of the intervention and results (specifically the variables that are the object of research in this work). The findings were categorised according to the type of training protocol: running, neuromuscular, taper and a category called “others”.

RESULTS

The first search obtained a total of 937 articles. After removing duplicates and excluding by title and abstract reading, 106 studies were read in full. Finally, 25 studies from the databases were selected for qualitative analysis; adding to these studies, 10 more articles were identified while reading the selected articles by the main search. A total of 35 studies were included in the systematic review. The study selection flowchart is depicted in Figure 1.

The included articles were classified into four categories according to the type of intervention applied. These categories were called running (17 articles), neuromuscular (9 articles), taper (7 articles) and others (2 articles).

Risk of bias

The risk of bias results showed that the included studies have, in most cases, a high risk for the types of bias “selection”

and “performance”, and a low risk for “attrition” and “report”. It should be noted that the high risk of performance bias is probably due to the characteristics of the intervention: carrying out a certain type of physical training is an intervention that is difficult to be “blinded”, especially for well-trained athletes and practitioners, who usually have good knowledge about physical training methods. The risk of bias results are presented in Table 1.

Effects of running protocols

Seventeen articles (Table 2) observed the results of 35 running protocols. Ten protocols applied High-Intensity Interval Training (HIIT), seven protocols involved both interval and continuous training, eight protocols proposed uphill HIIT, five protocols employed continuous running, two protocols used increased running training, two protocols involved cross-training interventions (combination of exercises from different modalities in a training session or increase the number of running sessions), and one protocol involved deep water running.

The analysis of the studies showed quite comprehensive results. Among the 21 protocols that evaluated the 5,000 m time trial, 16 mentioned a reduction in time (71.43%), and six (28.57%) showed no change in this measure. Of the 35 that applied running protocols, 23 evaluated running economy (RE): 13 (56.52%) protocols showed improvements in

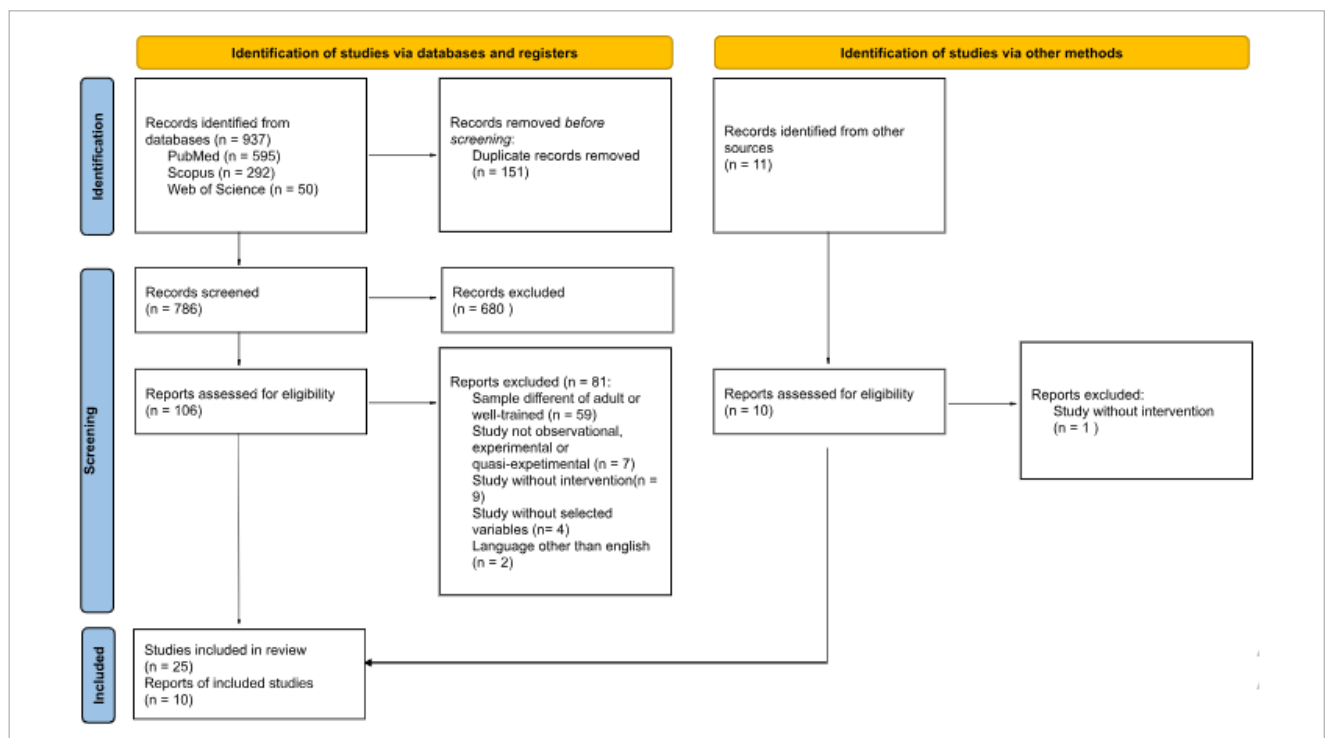


Figure 1. Flow diagram.

Table 1. Risk of bias of the studies included in the review, presented by category.

Article	Selection	Performance	Detection	Attrition	Report
<i>Running Protocols</i>					
Berg et al., 1995	H	L	U	L	L
Pizza et al., 1995	H	H	U	L	L
Bushman et al., 1997	H	L	U	H	L
Flynn et al., 1998	H	H	U	U	L
Smith et al., 1999	H	L	U	L	L
Smith et al., 2003	H	H	U	L	L
Hamilton et al., 2006	H	H	U	L	L
Denadai et al., 2006	H	H	U	L	L
Helgerud et al., 2007	H	H	U	L	L
Philp et al., 2008	H	H	U	U	L
Enoksen et al., 2011	H	H	U	H	L
Barnes et al., 2013a	H	H	U	L	H
Silva et al., 2014	H	L	U	L	L
Ferley et al., 2013	H	H	U	L	L
Ferley et al., 2016	H	H	U	L	L
Skovgaard et al., 2018	H	H	U	L	L
Silva et al., 2017	H	L	U	L	L
Filipas et al., 2022	L	L	B	L	L
<i>Neuromuscular Protocols</i>					
Paavolainen et al., 1999	H	H	U	L	L
Saunders et al., 2006	H	H	U	L	L
Støren et al., 2008	H	H	U	L	L
Guglielmo et al., 2009	H	H	U	L	L
Barnes et al., 2013b	H	H	U	L	L
Beattie et al., 2016	H	H	U	U	L
Li et al., 2019	H	H	U	L	L
Yamanaka et al., 2021	H	L	U	L	L
<i>Taper Protocols</i>					
Houmard et al., 1990	H	L	U	L	L
Wittig et al., 1992	H	L	U	L	L
McConnell et al., 1993	H	L	U	L	L
Houmard et al., 1994	H	H	U	L	L
Zarkadas et al., 1995	H	U	U	H	L
Banister et al., 1999	H	H	U	L	L
Bellenger et al., 2019	H	L	U	L	L
<i>Others Protocols</i>					
Pedlar et al., 2008	H	H	U	L	L
Zurawlew et al., 2016	H	H	U	L	L

H: high risk; L: low risk; U: uncertain risk.

this aspect (VO_2 reduction at a given intensity), while four (17.39%) got worse and six (26.09%) showed no changes. $\text{VO}_{2\text{max}}$ was evaluated in 31 protocols, showing significant

improvement in 15 (48.39%) protocols but did not change in the other 16 (51.61%). The anaerobic threshold point was analysed in 21 protocols, increasing in 16 (71.43%) and not

changing in eight (28.57%). Finally, the speed at $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($v\text{VO}_{2\text{max}}$) was determined in 15 protocols, not changing in four (26.67%) protocols and increasing in 11 (73.33%)

Among all protocols that improved the 5,000 m time trial or any of the predicted variables studied in this review, 33.33% used both interval and continuous training, 33.33%

used uphill HIIT, 13.33 used HIIT, 6.66% applied cross training, and 6.66% applied increased running training. It was possible to observe that both continuous and HIIT training (including uphill training) are the most effective strategies to improve 5kmTT or physiological markers recognised as predictors of performance in this distance.

Table 2. Results of the running protocols category.

Reference	Sample	Intervention	Measured variables/ effect
Berg et al., 1995	n= 7 gender: female Age: 19,4± 1,2 years $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$): 53.4± 4.1 5km TT: 22.1± 1.3 min	Method: continuous and interval (no control group) $\text{VO}_{2\text{max}}$ training: sets of 3 to 5 minutes runs at a heart rate within 10 beats of peak rate RE training: 30sec to 1min runs at a speed slightly faster than 5km race speed LT training: 10 to 25min at the speed associated with LT Velocity training: 100m to 400m sprints at speeds faster than 5km race pace Taper: 2 week before competition, volume reduction of 50% Weekly frequency: 3x interval and 3x recovery or light. Total duration of intervention: 1 year	↑5km TT; ↔RE; ↑ $v\text{VO}_{2\text{max}}$; ↔ $\text{VO}_{2\text{max}}$
Pizza et al., 1995	n= 11 gender: male Age: 34.8± 7.6 years $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$): 65± 4.9	Method: continuous (crosstraining) G1: Normal training + 8 running sessions (69,9± 4,9% $\text{VO}_{2\text{max}}$) G2: Normal training + 8 ciclismo sessions (crosstraining; 68,5±4,6% $\text{VO}_{2\text{max}}$) Total duration of intervention: 10 days	G1: ↔5km TT; ↔RE G2: ↔5km TT ; ↓RE
Bushman et al., 1997	n= 10 gender: male n= 1 gender: female Idade: 32.5± 5.4 years	Method: deep water running Intervention: 5 minutes warm-up and cool down in all sessions; 22,5 to 45 minutes of continuous or interval training. Weekly frequency: 5 to 6x; 2 long interval sessions, 2 short interval sessions and 1 to 2 days of long duration sessions. Total duration of intervention: 4 weeks	↔5kmTT; ↔RE; ↔vLT; ↔ $\text{VO}_{2\text{max}}$
Flynn et al., 1998	n= 20 gender: male G1 Age: 33.6± 6.5 years $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$): 63.3± 7.2 G2 Age: 32.6± 10.1 years $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$): 65.2± 6.2	Method: Interval (crosstraining) G1: Normal training (6x/week) + 3 running sessions G2: Normal training (6x/week) + 3 ciclismo sessions Session 01: 5x 5min 95% $v\text{VO}_{2\text{max}}$, 5 min rest Session 02: 50-60min at 70% $v\text{VO}_{2\text{max}}$ Session 03: 2x 2,5min at 105% $v\text{VO}_{2\text{max}}$ (resy 1:1) + 6x 1,5min at 115% $v\text{VO}_{2\text{max}}$ (rest 1:1) Weekly frequency: 2x interval and 1x recovery Total duration of intervention: 6 weeks	G1: ↑5km TT; ↔RE G2: ↑5km TT; ↔RE
Smith et al., 1999	n= 5 gender: male Age: 22.8± 4.5 years $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$): 61.5± 2.9	Method: Interval (active recovery) Session: 6x 60-75% T_{max} at 100% $v\text{VO}_{2\text{max}}$ Recovery: 30min at 60% $v\text{VO}_{2\text{max}}$ Weekly frequency: 2x interval and 1x recovery Total duration of intervention: 4 weeks	↑ $v\text{VO}_{2\text{max}}$; ↑ $\text{VO}_{2\text{max}}$

Continue...

Table 2. Continuation.

Reference	Sample	Intervention	Measured variables/ effect
Smith et al., 2003	n= 27 gender: male Age: 25.2± 1.3 years VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): 61.4± 1.0	Method: Interval (passive recovery) G1: 6 sets; intensity of 100%vVO ₂ max, duration of 60% Tmax (Rest 1:2). G2: 6 sets; intensity of 100%vVO ₂ max, duration 70% Tmax, (Rest 1:2). G3: control instructed to maintain the routine, which consisted of low-intensity, long-duration running. Additional continuous training (G1 and G2) Volume: free warm up and cool down, 30min main part Intensity: 60%vVO ₂ max Weekly frequency: 2x Total duration of intervention: 4 weeks	G1: ↔5kmTT; ↔RE; ↔VO ₂ max; ↔vVO ₂ max G2: ↔5kmTT; ↔RE; ↔VO ₂ max; ↔vVO ₂ max G3: ↔5kmTT; ↔RE; ↔VO ₂ max; ↔vVO ₂ max
Denadai et al., 2006	n= 17 gender: male Age: 27.4± 4.4 years G1: VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): 59.05± 6.0 5kmTT: 1001.0± 61.8 sec G2: VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): 59.98± 6.0 5kmTT: 994.7± 39.6 sec	Method: Interval (active recovery) G1: Stimulus: 4 sets; intensity of 95% vVO ₂ max, duration of 60% Tlim; Active recovery: intensity of 50%vVO ₂ max, duration of 30% Tlim. (Rest 2:1) G2: Stimulus: 5 sets; intensity of 100% vVO ₂ max, duration of 60% Tlim; Active recovery: intensity of 50%vVO ₂ max, duration of 60% Tlim. (Rest 1:1) Weekly frequency: 2x G1 e G2: 1 Additional vOBLA session (both groups) and 3 continuous running 60-70% vVO ₂ max (both groups). vOBLA session: 2x 20min; intensity of 60% vVO ₂ max; 5 min interval Continuous running: 45-60min Total duration of intervention: 4 weeks	G1: ↑5km TT; ↔RE; ↔vVO ₂ max; ↔VO ₂ max G2: ↑5km TT; ↑RE; ↑vVO ₂ max; ↔VO ₂ max
Helgerud et al., 2007	n= 40 gender: male Age: 24.6± 3.8 years VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): G1: 55.8± 6.6 G2: 59.6± 7.6 G3: 64.4± 4.4 G4: 55.5± 7.4	Method: continuous and interval G1: continuous running at the intensity of 70% HRmax (137± 7 beats) lasting 45 min. G2: continuous running at lactate threshold intensity (85% HRmax, 171 ±10 beats) lasting 25 min. Warm up: 10min; Cool down: 3 min (intensity of 70% HRmax) G3: 47 reps of 15sec; intensity of 90–95% HRmax (180 to 190± 6 beats) with 15sec of active recovery at the intensity of 70% HRmax (140± 6 bpm). G4: 4 intervals of 4min; intensity of 90–95% HRmax (180 a 190± 5 beats) with 3min of active recovery at the intensity of 70% HRmax (140± 6 bpm). Warm up: 10min; Cool down: 3 min (intensity of 70% HRmax) Training bouts carried out on a treadmill, with 5.3% grade. Total duration of intervention: 8 weeks	G1: ↔VO ₂ max; ↑RE; ↑vLT G2: ↔VO ₂ max; ↑RE; ↑vLT G3: ↑VO ₂ max; ↑RE; ↑vLT G4: ↑VO ₂ max; ↑RE; ↑vLT
Philp et al., 2008	n= 14 male: n= 12 female: n= 2 Age: 25± 6 years G1: VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): 52,5± 9,4 G2 VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): 49,6 ±4,1	Method: continuous and interval G1: interval Stimulus: 7-11x 3min; intensity of ±0,5km/h vMLSS; G2: continuous Stimulus: 21 min; intensity of vMLSS Weekly frequency: 2x Total duration of intervention: 8	G1: ↑VO ₂ max; ↑LT; ↑vVO ₂ max G2: ↑VO ₂ max; ↑LT; ↑vVO ₂ max

Continue...

Table 2. Continuation.

Reference	Sample	Intervention	Measured variables/ effect
Enoksen et al., 2011	n= 19 gender: male Age: 19± 6.1 years VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): 70.4± 3.8	Method: continuous G1: Weekly volume (high): 70km Intensity (low): 65-82% HRmax G2: Weekly volume (low): 50km Intensity (high): 82-92% HRmax Weekly frequency: 6x Total duration of intervention: 10 weeks	G1: ↑RE; ↔vVO ₂ max; ↔VO ₂ max ↔vLT G2: ↑RE; ↑vVO ₂ max; ↔VO ₂ max ↑vLT
Barnes et al., 2013a	n= 22 gender: male Age: 21± 4 years 5kmTT: 16.5± 1.2 min	Method: hills intervals (passive recovery) G1: Stimulus: 12-24 sets of 8-12sec; 18% grade; intensity of 120%vVO ₂ max (100% HRmax); Rest 1:6. G2: Stimulus: 8-16 sets of 30-45sec; 15% grade; intensity of 110%vVO ₂ max (100% HRmax); Rest 1:3. G3: Stimulus: 5-9 sets of 2-2,5min; 10% grade; intensity of 100%vVO ₂ max (98-100% HRmax); Rest 1:2. G4: Stimulus: 4-7 sets of 4-5min; 7% grade; intensity of 90%vVO ₂ max (93-97% HRmax); Rest 1:1,5. G5: Stimulus: 2-3 sets of 10-25min; 4% grade; intensity of 80%vVO ₂ max (88-92% HRmax); Rest 1:1. Weekly frequency: 2x Total duration of intervention: 6 weeks	G1: ↑5km TT; ↑RE; ↑vVO ₂ max; ↑VO ₂ max; ↑vLT G2: ↑5km TT; ↑RE; ↑vVO ₂ max; ↑VO ₂ max; ↑vLT G3: ↑5km TT; ↔RE; ↑vVO ₂ max; ↑VO ₂ max; ↑vLT G4: ↑5km TT; ↔RE; ↑vVO ₂ max ↑VO ₂ max; ↑vLT G5: ↑5km TT; ↔RE; ↑vVO ₂ max; ↑VO ₂ max; ↑vLT
Silva et al., 2014	n= 6 gender: male Age: 28,7± 9,5 years VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): 69,1± 3,9 5kmTT: between 14min20sec e 16min30sec	Method: continuous e interval Continuous training: intensity of 65-70% vVo2max Weekly frequency (continuous): 4x to 5x/ week Interval training 01: 10-15x; 200 to 400m; intensity of 108-112%vVO ₂ max; 30 to 60sec rest; Interval training 02: 5-8x; 800m; intensity of 104-108%; 1min30sec rest; and Interval training 03: 3-5x; 1km to 2km; intensity of 98-102% vVO ₂ max. Weekly frequency (interval): 1x ou 2x/ week Complementary training: neuromuscular training 2x/week and pilates 1x/week Total duration of intervention: 7 weeks	↔5km TT("uncertain") ↑vVO ₂ max ("probable") ↔VO ₂ max ("uncertain")

Continue...

Table 2. Continuation.

Reference	Sample	Intervention	Measured variables/ effect
Ferley et al., 2013	n= 14 gender: male Age: 27.4± 3.8 years 5kmTT: below 21min	Method: interval (active recovery) and continuous G1: hills interval Stimulus: 10-14 reps of 30sec; 10% grade; intensity of 100%vVO ₂ max Active recovery: until reach 65% HRmax (Rest 1:4) Weekly frequency: 2x	G1: ↔VO ₂ max; ↔vLT
	n= 18 gender: female Age: 27.4± 3.8 years 5kmTT: below 24min	G2: interval Stimulus: 4-6 reps; duration of 60%Tmax, 1% grade, intensity of 100%vVO ₂ max Active recovery: until reach 65% HRmax (rest 1:1) Weekly frequency: 2x	G2: ↔VO ₂ max; ↔vLT
	VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): G1: 63,3± 8,0 G2: 59,4± 8,9 GCon: 59,9± 8,6	Continuous training (G1 e G2): Volume: 45-60min Intensity: 75%vVO ₂ max Grade: 1% Weekly frequency: 2x Control: maintain normal routine (4,9±0,07 days/week; 270,4±81,6 min/week) Total duration of intervention: 6 weeks	GCon: ↔VO ₂ max; ↔vLT
Ferley et al., 2016	n= 8 gender: male VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): 56.6± 6.8	Method: uphill interval (passive recovery) G1: Stimulus: 10-14 reps of 30sec; 10% grade; intensity of 100%vVO ₂ max G2: Stimulus: 4-6 reps; duration of 3min (60%Tmax); 10% grade; intensity of 68 %vVO ₂ max	G1: ↑RE; ↑vVO ₂ max; ↑VO ₂ max
	n= 16, female VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): 47± 4.2	Continuous training (G1 e G2) Volume: 30min Intensity: 65%vVO ₂ max Grade: 1%	G2: ↑RE; ↑vVO ₂ max; ↑VO ₂ max
	Age: G1: 26.9± 5.2 years G2: 28.1± 6.7 years	Weekly frequency: 2x interval + 1x continuous Total duration of intervention: 6 weeks	
Skovgaard et al., 2018	n= 8 gender: male Age: 27.9± 4.6 years VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): 59.3± 3.2	Method: interval (active recovery) G1: 10x SET and 10x moderate intensity aerobics SET training: 10x 30sec of all-out sprint; 3min30sec rest (200m walking) Weekly frequency: 2x Moderate intensity aerobics: 30-60min; intensity of 60-80% HRmax Weekly frequency: 2x Total duration of intervention: 40 days	↑RE; ↑VO ₂ max
Silva et al., 2017	n= 16 gender: male	Method: interval	G1: ↔5kmTT; ↑RE; ↔VO ₂ max
	G1 Age: 35± 6 years VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): 54,5± 8,1	G1: HIIT in addition to normal training. Stimulus: 5x 50%TLim; intensity of 100% vVO ₂ max; rest at the intensity of 60%vVO ₂ max (Rest 1:1)	
	GCon Age: 32± 9 years VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): 56,6± 7,3	Control: Maintain normal routine Weekly frequency: 2x Total duration of intervention: 4 weeks	GCon: ↔5kmTT; ↔RE; ↔VO ₂ max

Continue...

Table 2. Continuation.

Reference	Sample	Intervention	Measured variables/ effect
Filipas et al., 2022	n= 60 gender: male Age: 38± 7 years VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹): 67± 4 5kmTT: 993± 57 sec	Method: continuous and interval Pyramidal: Training 01: 4x 40-70min Z1; Training 02: 1x 20min Z1 + 50-55min Z2; Training 03: 1x 20min Z1 + ~20-36min Z3; interval training; Z2 rest Polarized: Training 01: 4x 40-70min Z1; Training 02: 2x 20min Z1 + ~20-36min Z3; interval training; Z2 rest Pyramidal: Z1> Z2> Z3 Polarized: Z1> Z3> Z2 Weekly frequency: 6x Total duration of intervention: 2 interventions of 8 weeks each	Polarized: ↑5kmTT Pyramidal: ↑5kmTT

↑: significant difference that represents "improvement" (decrease in 5km time trial, for example, is flagged as ↑); ↓: significant difference that represents "worsening"; ↔: no significant difference; 5kmTT: 5km time trial; RE: running economy; HR: Heart Rate; HRmax: Maximal Heart Rate; LT: lactate threshold; NR: não related; SET: speed endurance training; Tmax: maximum time at the intensity of VO₂max; Vmax: maximum velocity at the intensity of VO₂max; vMLSS: velocity at maximal lactate steady state VO₂max; maximal oxygen uptake; vOBLA: velocity at onset of blood lactate accumulation; vVO₂max: velocity at the beginning of VO₂max; Z1: zone 1, below ventilatory threshold; Z2: zone 2, between first and second ventilatory threshold; Z3: zone 3, above ventilatory threshold.

Effects of neuromuscular protocols

Nine articles (Table 3) totalling 12 neuromuscular intervention protocols were observed in this review. Four protocols were based on strength resistance training, four protocols dealt with complex training, two with plyometric training, one with hypertrophy training and, finally, a protocol with explosive training.

Of the 12 neuromuscular intervention protocols, eleven analysed running economy, with eight (72.73%) showing improvement and three maintaining this variable. Four protocols quantified the 5,000 m trial time, all (100%) indicating reduction. Among the 10 protocols that investigated VO₂max, nine (90%) did not show significant changes, while only one protocol showed improvement. Finally, only three protocols studied the vVO₂max, with improvement found in only one protocol (33.33%).

Among all protocols that improved the 5,000 m time trial or any of the predicted variables studied in this review, 50% applied complex training, 25% used plyometric as an intervention and 25% used strength resistance training. It was possible to observe that complex training, strength resistance training and plyometric training are effective strategies to improve 5kmTT or physiological markers recognised as predictors of performance in this distance.

Effects of taper protocols

Fourteen protocols (seven articles) (Table 4) dealt with training taper. Taper can occur in the days or weeks before

the competition by decreasing the distance covered, training frequency and/or intensity. All articles selected in this review reduced the distance covered in a week, 21% decreased training frequency (days a week), and 14% decreased training intensity.

The taper interventions had a considerable diversity of results. Of the 14 protocols evaluated, four analysed the running economy, with three (75%) showing improvement (reduction) and one showing no significant changes. Eight (57.14%) protocols showed reductions in the time needed to complete the 5,000 m time trial, four showed no changes in this measure, and two showed an increase in the time needed to complete this test. VO₂max increased in eight of the 10 protocols that investigated this variable (80%), while two protocols with no significant changes. Finally, the anaerobic threshold increased in all eight protocols that evaluated this variable vVO₂max was not analysed in the taper protocols.

It was possible to observe that reducing the distance covered is an effective strategy to improve 5kmTT or physiological markers recognized as predictors of performance in this distance.

Effects of "others" protocols

It was possible to verify two types of protocols that in this study were classified as "others" in order to maintain the organisation of the study (Table 5). One of the protocols investigated the effect of immersion in high-temperature water after several exercise sessions (Zurawlew et al., 2016) and was observed as

Table 3. Results of the neuromuscular category.

Reference	Sample	Intervention	Measured variables/ effect
Paavolainen et al., 1999	n= 18 gender: male G1 n= 10 Age: 23± 3 years VO₂max: 63.7± 2.7 Control n= 8 Age: 24± 5 years VO₂max: 65.1± 4.1	G1: COMPLEX (EXPLOSIVE and PLYOMETRICS) Session duration: 15 to 90min; Exercises: 5-10x 20-100m, alternative jumps, bilateral countermovement jump, drop and hurdle jump, with ou without additional weight; leg press, knee extension and knee flexion, with low weight and high or maximal movement velocity (30-200 contractions per session and 5-20 rep per sets). Weight: 0-40% 1RM Continuous training: cross-country or road running; 30 to 120min; intensity below (84%) or above (16%) lactate threshold G1: 33% of training replaced by complex training; Control: same running training; 3% of training replaced by complex training Total duration of intervention: 9 weeks	G1: ↑5kmTT; ↑RE; ↔VO₂max Control: ↔5kmTT; ↔RE; ↑VO₂max
Saunders et al., 2006	n= 15 gender: male G1: Age: 23.4± 3.2 years VO₂max: 67.7± 6.2 Control: Age: 24.9± 3.2 years VO₂max: 70.4± 6.2	G1: PLYOMETRICS Gym exercises: leg press 60%1RM, hamstring curls, continuous straight-leg jumps, squat jumps fot maximal height and fast feet drills. Grass exercises: alternate-leg bounding (4-6x 10m), high skipping (4-5x 20-30m), single-leg hopping (4x20m), double-leg jumping over hurdles (5x5) and scissor jumps (5x8). Weekly frequency: 3 sessions of 30 min per week. A familiarization session followed 4 weeks of 2 gym sessions and 1 grass session and then 4 weeks of 1 gym session and 2 grass sessions. Control: Same running training. No neuromuscular training. Total duration of intervention: 9 weeks	G1: ↑RE; ↔VO₂max Control: ↔RE; ↔VO₂max
Støren et al., 2008	n= 9 gender: male n= 8 gender: female G1: Age: 28.6± 10.1 years 5kmTT: 1122.4± 58.4 sec VO₂max: 61.4± 5.1 Control Age: 29.7± 7.0 years 5kmTT: 1162.6± 99.6 sec VO₂max: 56.5± 8.2	G1: STRENGTH Stimulus: 4x 4RM, exercise half squat, 3min rest. Control: maintain normal routine Weekly frequency: 3x Total duration of intervention: 8 weeks	G1: ↑RE; ↔VO₂max G2: ↔RE; ↔VO₂max
Hamilton et al., 2006	n= 20, gender: male 5km TT: < 20min G1: Age: 28± 8 years, 5kmTT: 18.8± 1.3 min VO₂max: 66± 7 Control: Age: 31± 6 years, 5kmTT: 18.3± 1.2 min VO₂max 66± 3	G1: PLYOMETRICS Exercises: 3 sets of maximal-effort single -leg jumps alternating with 3 sets of maximal-intensity treadmill running efforts; 20 explosive 1-leg step-ups off a 40cm box for each leg over a total duration of 2min; 5 sets of 30sec maximal-intensity running efforts on a treadmill set at a gradient of 5% ans a speed of 65% of the runner's peak running speed, with 30sec rest period between repetitions. Transition of 2min separated each 2 consecutive running and jump sets. Replacement of part of usual running training by 10 sessions of 30min of plyometrics Control: maintain normal training Weekly frequency: 1-3x Total duration of intervention: 5-7 weeks	G1: ↑5kmTT Control: ↔5kmTT

Continue...

Table 3. Continuation.

Reference	Sample	Intervention	Measured variables/ effect
Guglielmo et al., 2009	n= 17 gender: male G1 n= 9 Age: 27.9± 8.2 years; VO₂peak: 64.1± 10.48 G2 n= 8 Age: 31.0± 11.4 years; VO₂peak: 59.6± 7.2	G1: EXPLOSIVE. Stimulus: 3-5 sets of 12 reps to failure; 3min rest period between sets. Concentric phase as fast as possible. G2: STRENGTH. Stimulus: 3-5 sets 6 reps to failure; 3min rest period between sets Exercises (G1 and G2): leg press 45°, parallel squat, leg extension, leg flexion and two calf raises exercises Weekly frequency: 2x Total duration of intervention: 4 weeks	G1: ↔RE; ↔vVO₂max; ↔VO₂max G2: ↑RE; ↔vVO₂max; ↔VO₂max
Barnes et al., 2013b	n= 42 G1: Strength n= 10 gender: male Age: 20.7± 1.2 years 5km TT: 16.8± 0.9 min n= 10 gender: female Age: 20.5± 1.2 years; 5km TT: 20.1± 0.9 min G2: with complex training n= 13 gender: male Age: 19.6± 1.1 years 5km TT: 16.7± 0.7 min n= 9 gender: female Age: 19.7± 1.1 years 5km TT: 20.2± 1.3 min	G1: STRENGTH Stimulus: 2 to 4 sets of 6 to 20 reps Exercises: squat, calf raises, overhead press, glutes; lateral pull down; step-up, deadlift, incline bench press, side pass, chin-up, bulgarian squat. G2: COMPLEX (PLYOMETRICS and STRENGTH) Stimulus: 1 to 4 sets of 6 to 15 reps Exercises: box jump, front jumps; countermovement jump, alternate-leg jumps, single-leg box jump, scissor jump, side pass. Weekly frequency: 2x Both groups maintained normal running training Total duration of intervention: 7 a 10 weeks	G1: ↔vVO₂max; ↔VO₂max G2: ↔vVO₂max; ↔VO₂max RE: G2 with significant higher improvements than G1.
Beattie et al., 2016	n= 20 gender: male VO₂max: 61.3± 3.2 G1 n= 11 Age: 29.5± 10 years, GCon n= 9 Age: 27.4± 7.2 years	G1: COMPLEX (STRENGTH, EXPLOSIVE and PLYOMETRICS) Exercises Maximal strength - squat Explosive strength - jump squat Reactive strength - pogo jump; 35cm depth jump; countermovement jump Assistent exercises: romanian deadlift, split squat, single-leg squat; lunges; skater squat, single-leg romanian deadlift Control: only running training Weekley frequency: 2x (week 0 to week 20); 1x (week 20 to week 40) Total duration of intervention: 40 weeks	G1: ↑RE; ↑vVO₂max; ↔VO₂max GCon: ↔RE; ↔vVO₂max; ↔VO₂max

Continue...

Table 3. Continuation.

Reference	Sample	Intervention	Measured variables/ effect
Li et al., 2019	n= 28, gender: male VO₂max: média de 65± 5 5km TT:média de 953± 10 sec G1: complex training n= 10 Age: 20.2± 1.03 years VO₂max: 65.65± 5.06 ml/kg/min; 5KmTT: 953.70± 12.30 sec G2: Strength n= 9 Age: 21.22± 1.48 years VO₂max: 65.54± 0.06; 5KmTT: 952.56± 10.10 sec Control n= 9 Age: 20.78± 1.20 sec VO₂max: 66.14± 5.25; 5KmTT: 954.11± 6.75 sec	G1: COMPLEX (STRENGTH and PLYOMETRICS) Stimulus: 3 sets of 3 complex-pair exercises; 5 to 6 reps Exercises: Squat + 40cm depth jump; bulgarian squat + single leg jump, romanian deadlift + double leg 50cm barrier jump; 80-85% of 1RM; 4min intra-complex rest. G2: STRENGTH Stimulus: 5 sets of 3 exercises, 5 to 6 reps. Exercícios: Squat, bulgarian squat, romanian deadlift; 80-85% of 1RM; 3min intra-complex rest. G3: CONTROLE Estímulo: 5 sets of 3 exercises, 15 to 20 reps. Exercícios: Squat, bulgarian squat, romanian deadlift; 40% 1RM. 1min rest . Weekly frequency: 3x Total duration of intervention: 8 weeks	G1: ↑5kmTT; ↑RE; ↔VO₂max G2: ↑5kmTT; ↑RE; ↔VO₂max G3: ↔5kmTT; ↔RE; ↔VO₂max
Yamanaka et al., 2021	n= 8 gender: male Age: 20.3± 1.5 years VO₂max: 70.4± 5.7 5kmTT: 15min10sec± 20.5 sec	HYPERTROPHY Training session: 3-4x 10 reps, with 1min rest. Exercises: V-abs with medicine ball; hip flexion e suspended leg raise. Training sessions: Interval training: 1000 to 2000m Rhythm training: 8000 to 12000m Continuous training: 60 to 90min low intensity Weekly frequency: 3x neuromuscular + 6x running Total duration of intervention: 12 weeks	↔RE; ↔VO₂max

↑: significative difference that represents "improvement" (decrease in 5km time trial, for example, is flagged as ↑); ↔: no significative difference; 5kmTT = 5km time trial; HR: Heart Rate; HRmax: Maximal Heart Rate; LT: lactate threshold; RE: running economy; RM: repetition maximal; VO₂max: maximal oxygen consumption.

a result of an improvement in 5,000 m TT when exercising in high-temperature environments. The other protocol consisted of a training protocol in a hypoxic environment (Pedlar et al., 2008), which had no modification for 5,000 m TT.

DISCUSSION

The main objective of this study was to systematically review in the literature the physical training protocols applied to athletes and well-trained runners who have investigated the impacts on performance in 5,000 m races and/or on physiological markers in effort that are recognised as predictors of performance in this distance. Performance in the 5,000 m

time trial showed the best improvement by the use of continuous running and interval training or uphill HIIT. Running economy, a recognised predictor of performance in 5,000 m races, showed significant changes through a neuromuscular intervention that involved complex training protocols.

Running

After analysing our results, it was possible to affirm that a training plan must include continuous and interval training. The continuous training protocols involved running at the intensity of 65-92%HRmax and 100%vMLSS (maximal lactate steady state) (Helgerud et al., 2007; Philp et al., 2008; Enoksen et al., 2011).

Table 4. Results of the taper category.

Reference	Sample	Intervention	Measured variables/ effect
Houmard et al., 1990	n= 10 gender: male Age: 32.0± 2.6 years VO ₂ max: 61.81± 1.08	Method: volume and frequency reduction Volume reduction: 70% Frequency reduction: 17% Training #1: 2-3km warm up at the intensity of 75%VO ₂ max; 1-2x 200 to 800m at the intensity of 95%VO ₂ max; 200-400m rest or recovery; maintain training frequency Training #2: 5km race in week 2 and 3 Weekly frequency: 5x Total duration of intervention: 3 weeks	G1: ↔5kmTT; ↑RE; ↔VO ₂ max
Wittig et al., 1992	n= 10 gender: male 5KmTT: 16.60±0.82 min	Method: volume, intensity and frequency reduction Volume reduction: 66% Intensity reduction: running bellow the intensity of 70%VO ₂ max Frequency reduction: 50% Total duration of intervention: 4 weeks	G1: ↓5kmTT
McConnell et al., 1993	n= 10 gender: male Age: 31.6± 1.4 years VO ₂ max: 63.4± 1.3	Method: volume, intensity and frequency reduction G1: Volume reduction: 65.5% Intensity reduction: to 68.2± 1.6% VO ₂ max Frequency reduction: 50% Total duration of intervention: 4 weeks	G1: ↓5kmTT; ↑RE; ↔VO ₂ max
Houmard et al., 1994	n= 18 gender: male n= 6 gender: female G1: running Age: 26.3± 11.4 years VO ₂ peak: 55.4± 7.2 5kmTT: 17.5± 1.5 min G2: ciclismo Age: 25.9± 8.8 years VO ₂ peak: 57.6± 7.6 5km TT: 17.6± 2.6 min. GCon: Age: 30.3± 7.4 years VO ₂ peak: 59.0± 7.9 5kmTT: 17.0± 2.3 min.	Method: volume reduction G1: Reduction of 15% volume; intensity of 100% VO ₂ max G2: Reduction of 15% volume; done in cicloergometer, intensity of 100% VO ₂ max Total duration of intervention: 7 days	G1: ↑EC; ↔VO ₂ max; ↑5kmTT G2: ↔RE; ↔VO ₂ max; ↔5kmTT GCon: ↔RE; ↔VO ₂ max; ↔5kmTT
Zarkadas et al., 1995	n= 11 gender: male	Taper I (10 days reduction) Group 1 (n= 6) volume reduction of 50%; exponential decay Group 2 (n= 3) volume reduction of 30% race in the middle of season and training was resumed Taper II (13 days reduction) Group 1 (n= 7) with high volume Group 2 (n= 4) low volume Total duration of intervention: 98 days divided in two periods of intervention (approximately 40 days each)	Taper 1 G1: ↑5kmTT G2: ↔5kmTT Taper 2 G1: ↑5kmTT G2: ↑5kmTT

Continue...

Table 4. Continuation.

Reference	Sample	Intervention	Measured variables/ effect
Banister et al., 1999	n= 11 Age: 26± 4 years	<i>Taper 1</i> Group 1 (n= 5) → volume gradual reduction of 22% during 2 weeks Group 2 (n= 6) → volume reduction of 31% (t = 5 days) during 2 weeks Recovery training after a triathlon race. <i>Taper 2</i> Grupo 1 (n= 5), slow exponential decay (t= 8 days) → volume reduction of 50% Grupo 2 (n= 6), constant reduction of fast exponential decay (t= 4 days) during 2 weeks → volume reduction of 65% Total duration of intervention: 94 days	<i>Taper 1</i> Gp1: ↔5kmTT Gp2: ↑5kmTT <i>Taper 2</i> G1: ↑5kmTT G2: ↑5kmTT
Bellenger et al., 2019	n= 10 gender: male Age: 35,8± 10,0 years 5kmTT: 1165± 144 sec	Method: volume and intensity reduction Light Training: 30min; intensity of 65-75% HRmax; Total duration of light training: 6 days Heavy training: 5min warm up (at the intensity of < 69% HRmax) + 4x (4min at the intensity of 69-81% HRmax + 4min at the intensity of 82-87% HRmax + 4min at the intensity of 88-94% HRmax + 4min at the intensity of > 94% HRmax) + 5min cool down at the intensity of < 69%); 14 days Total duration of heavy training: 14 days <i>Taper:</i> Continuous training: 25-30min running, at the intensity of 65-85% HRmax; Interval training: 01 day; 4x (3min at the intensity of 69-81% + 2min HRmax 88-94%); Total duration of taper: 10 days Total duration of intervention: 5 weeks	↑5kmTT

↑: significative difference that represents "improvement" (decrease in 5km time trial, for example, is flagged as ↑); ↔: no significative difference;
↓: significative difference that represents "worsening"; 5kmTT: 5km time trial; BT: base training; RE: running economy; HR: Heart Rate; HRmax: Maximal Heart Rate; LT: lactate threshold; RT: reduced training; VO₂max: maximal oxygen consumption.

Table 5. Results of the "others" category.

Reference	Sample	Intervention	Measured variables/ effect
Pedlar et al., 2008	n= 12 gender: male 5kmTT: 1275± 125sec G1: Age: 30.3± 6.8 years Control: Age: 28,5± 3,6 years	Method: hypoxia training G1: Situation: Normobaric hypoxia Stimulus: 75min running; intensity below 2mmol Control: Situation: normality Stimulus: 75min running; intensity below 2mmol Total duration of intervention: 8 days	G1: ↔5kmTT Control: ↔5kmTT
Zurawlew et al., 2016	G1 n= 10 gender: male Age: 23± 3 years VO₂max: 60.5± 6.8 Control n= 7 gender: male Age: 23± 3 years VO₂max: 60.1± 8.9	Method: acclimation G1: Protocol: 40min running; intensity of 65% VO₂max + 40 min in water bath at 40°C Control: Protocol: 40min running; intensity of 65% VO₂max + 40 min in water bath at 34°C Weekly frequency: 6x Total duration of intervention: 6 days	G1: ↑5kmTT33°C; ↔5kmTT18°C Control: ↔5kmTT33°C; ↔5kmTT18°C

↑: significative difference that represents "improvement"; ↔: no significative difference; 5kmTT: 5km time trial; VO₂max: maximal oxygen consumption; HWI: Hot Water Immersion.

The improvements observed in running protocols based on HIIT were possibly linked to the fact that the anaerobic training presented in these HIIT sessions can influence aerobic capacity. That occurs due to the improvement of the body's capacity to remove hydrogen ions from the muscle, postponing fatigue. Additionally, HIIT improves the uptake, transport and use of oxygen in the body since high intensities, despite predominantly using anaerobic metabolism, also use aerobic metabolism and, thus, improve the individual's $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Wen et al., 2019). Thus, it enables the individual to better perform aerobic activities due to the fact that the body generates physiological adaptations such as an improvement in the quality of mitochondria (MacInnis & Gibala, 2017). The importance of HIIT in $\text{VO}_{2\text{max}}$ gains is already well established in the literature, with more significant increases when compared to continuous training in moderate intensity (Neves et al., 2022). Among HIIT protocols, those that involved running at the intensity of 95-100% $\text{vVO}_{2\text{max}}$ and the duration of 60% Tlim presented improvements in 5,000 m TT (Denadai et al., 2006). Other protocols were able to improve the physiologic variables, using the intensity of 95-100% $\text{vVO}_{2\text{max}}$ or 90-95% $\text{da HR}_{\text{max}}$, using a duration of 50-75% Tlim (time to exhaustion at $\text{vVO}_{2\text{max}}$) (Helgerud et al., 2007; Silva et al., 2017; Smith et al., 1999).

Bearing in mind the aspects presented about HIIT, the variation of this method on hills had interesting results in some of the studied protocols and can be of great value considering that running on hills can improve 5,000 m TT and $\text{vVO}_{2\text{max}}$ (Barnes et al., 2013a); and $\text{VO}_{2\text{max}}$, LT and RE (Barnes et al., 2013a; Ferley et al., 2016).

Neuromuscular

The influence of neuromuscular protocols on performance predictors in the 5,000 m time trial was evident, mainly on running economy. This fact is probably due to the better synchronization of the recruited musculature, thus resulting in greater muscular strength (Cormie et al., 2011) and, therefore, the effort required to maintain the running activity would be less costly to the body. With this improvement, there is an improvement in the time of the 5,000 m time trial, considering that it will allow the athlete to perform the same level of effort, but at a higher speed.

Strength training was able to improve 5,000 m TT (Li et al., 2019) and RE (Guglielmo et al., 2009; Li et al., 2019; Støren, 2008). These protocols were performed in 4-6RM for leg exercises, through 4 to 8 weeks. Barnes et al. (2013b) used 6RM to 20RM and did not find significant improvement. Possibly this choice led to the use of a comparatively smaller amount of weight, which may have impaired strength

development and contributed to the lack of results. This comparison allows us to infer that coaches should prioritize strength training, performing up to 6 maximum repetitions to improve running performance.

Plyometric training provided significant performance improvement in the 5,000 m TT (Hamilton et al., 2006) and RE (Saunders et al., 2006). Its benefits are probably not related to the improvement of cardiopulmonary variables, but to the development of muscle power and better use of stored elastic energy, as stated by Saunders et al. (2006).

The protocols that combine the amount of repetitions or weight that can be classified into more than one type of neuromuscular training are suitable for the complex training category. These protocols involved a combination of strength, plyometric and explosive exercises. Complex training provided improved performance in the 5,000 m TT (Li et al., 2019; Paavolainen et al., 1999), and an increase in $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Paavolainen et al., 1999), in $\text{vVO}_{2\text{max}}$ (Beattie et al., 2016) and in RE (Paavolainen et al., 1999; Beattie et al., 2016). The complex training protocols studied in our review were different, but all of them used strength training in the session. Based on the results of these studies, we can infer that the use of strength training as an integral part of complex training is crucial.

Explosive training did not generate significant results in the evaluated variables (Guglielmo et al., 2009), such as hypertrophy training (Yamanaka et al., 2021).

Taper

The taper showed a wide variety of results due to the great diversity of applied protocols. In general, the taper that lasted from 1 to 2 weeks had a positive effect on the 5,000 m time trial, with a reduction of 15 to 65% during that time reduction period. This is related to adequate rest, providing the athlete with the best possible conditions to perform the test (Bompa & Haff, 2012). Longer training reductions may show a worsening of time in the 5,000 m test, possibly due to the athlete starting to reach levels of deconditioning.

Decreasing only the distance improved the 5,000 m performance (Banister et al., 1999; Houmard et al., 1994; Zarkadas et al., 1995). The decrease in intensity presented inconsistent results: worse performance for some protocols (McConnell et al., 1993; Wittig et al., 1992) but better performance for the Bellenger et al. (2019) study.

It is not possible to conclude on the influence of frequency, given that, as a rule, this decrease was accompanied by a decrease in intensity as well. Analysis of the duration of the taper allows us to infer that this phase should last a maximum of 14 days. The articles that exceeded this period caused

worsening (McConnell et al., 1993; Wittig et al., 1992) or its maintenance (Houmard et al., 1999), which goes against the objective of this phase of training. We can also infer that the taper should be characterized by the reduction of the distance covered and that the intensity should not be changed.

Others

The intervention protocols in submersion in hot water after the running intervention demonstrated that for high temperatures, there was an adaptation of the organism to higher temperatures resulting in improvements in the time trial at 33°C, this may be related to the adaptation of the organism to higher temperatures allowing the individual to perform better in such situations, but when performing the test at milder temperatures (18°C) there were no significant changes. The intervention seeking to change the atmospheric pressure was ineffective for the performance in the 5,000 m time trial, this can be explained by the individual maintaining daily life at normal atmospheric pressures, making the adaptations that living in hypoxia would generate impossible.

Limitations and future prospects

The choice to use only English-language articles may have left some relevant articles out of the research. However, it is worth highlighting that the number of articles found that are not in English was not significant and would probably not alter the final results.

As for the 5,000 m race, future research should analyse the training protocols to be used by amateur and recreational runners, which were excluded from the scope of this work. Furthermore, this type of review should be done for other Olympic events, such as the 10,000m and the marathon.

CONCLUSION

The best approach to be adopted by coaches for 5,000 m events should be a combination of the various protocols presented. The running protocols with a combination of continuous and interval training or uphill HIIT showed the best changes in time trial performance in the 5,000 m. Continuous training should involve running at the intensity of 65-92%HRmax and 100%vMLSS and HIIT protocols should involve running at the intensity of 95-100%vVO2max or 90-95% da HRmax, using a duration of 50-75%Tlim.

The neuromuscular intervention, which involved complex training protocols, showed significant changes, mainly in the running economy. It should be performed in 4-6RM for leg exercises over 4 to 8 weeks.

Taper performed within up to two weeks with a reduction of 15 to 65% during that time reduction period is effective in presenting a better performance on the target test of this study.

Therefore, by combining the interventions presented, the coach can benefit his well-trained athletes and runners in different physiological aspects, enabling better performance in the 5,000 m races.

REFERENCES

- Banister, E. W., Carter, J. B., & Zarkadas, P. C. (1999). Training theory and taper: validation in triathlon athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 79(2), 182-191. <https://doi.org/10.1007/s004210050493>
- Barbanti, V., Tricoli, V., & Ugrinowitsch, C. (2004). Relevância do conhecimento científico na prática do treinamento físico. *Revista Paulista de Educação Física*, 18, 101-109.
- Barnes, K. R., Hopkins, W. G., McGuigan, M. R., & Kilding, A. E. (2013a). Effects of different uphill interval-training programs on running economy and performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 639-647. <https://doi.org/10.1123/ijspp.8.6.639>
- Barnes, K. R., Hopkins, W. G., McGuigan, M. R., Northuis, M. E., & Kilding, A. E. (2013b). Effects of resistance training on running economy and cross-country performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(12), 2322-2331. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31829af603>
- Batista, G. L. (2019). *Correlação de variáveis do teste de esforço cardiopulmonar com o desempenho na corrida através campo de atletas de elite do sexo masculino de pentatlo militar do Brasil*. Escola de Educação Física do Exército.
- Beattie, K., Carson, B. P., Lyons, M., Rossiter, A., & Kenny, I. C. (2016). The effect of strength training on performance indicators in distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(1), 9-23. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001464>
- Bellenger, C. R., Arnold, J. B., Buckley, J. D., Thewlis, D., & Fuller, J. T. (2019). Detrended fluctuation analysis detects altered coordination of running gait in athletes following a heavy period of training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(3), 294-299. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.002>
- Berg, K., Latin, R. W., & Hendricks, T. (1995). Physiological and physical performance changes in female runners during one year of training. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 5(4), 311-319. <https://doi.org/10.1080/15438629509512027>
- Bompa, T. (2001). *Periodização no Treinamento Esportivo* (4ª ed.). Phorte.
- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2012). *Periodização: teoria e metodologia do treinamento* (4ª ed.). Phorte.
- Bushman, B. A., Flynn, M. G., Andres, F. F., Lambert, C. P., Taylor, M. S., & Braun, W. A. (1997). Effect of 4 wk of deep water run training on running performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(5), 694-699. <https://doi.org/10.1097/00005768-199705000-00017>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power part 1-biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17-38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
- Dantas, E. (2014). *A prática da preparação física* (6ª ed.). Roca.
- Denadai, B. S., Ortiz, M. J., & de Mello, M. T. (2004). Índices fisiológicos associados com a "performance" aeróbia em corredores de "endurance": efeitos da duração da prova. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 10(5), 401-404. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922004000500007>

- Denadai, B. S., Ortiz, M. J., Greco, C. C., & de Mello, M. T. (2006). Interval training at 95% and 100% of the velocity at VO₂ max: Effects on aerobic physiological indexes and running performance. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 31(6), 737-743. <https://doi.org/10.1139/h06-080>
- Denham, J., Feros, S. A., & O'Brien, B. J. (2015). Four weeks of sprint interval training improves. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2137-2141. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000862>
- Enoksen, E., Shalfawi, S. A. I., & Tønnessen, E. (2011). The effect of high-vs. Low-intensity training on aerobic capacity in well-trained male middle-distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(3), 812-818. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181cc2291>
- Etzebarria, N., Anson, J. M., Pyne, D. B., & Ferguson, R. A. (2014). High-intensity cycle interval training improves cycling and running performance in triathletes. *European Journal of Sport Science*, 14(6), 521-529. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.853841>
- Ferley, D. D., Hopper, D. T., & Vukovich, M. D. (2016). Incline treadmill interval training: short vs. long bouts and the effects on distance running performance. *International Journal of Sports Medicine*, 37(12), 958-965. <https://doi.org/10.1055/s-0042-109539>
- Ferley, D. D., Osborn, R. W., & Vukovich, M. D. (2013). The effects of uphill vs. Level-grade high-intensity interval training on VO₂ max, Vmax, Vlt, and Tmax in well-trained distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1549-1559. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3182736923>
- Filipas, L., Bonato, M., Gallo, G., & Codella, R. (2022). Effects of 16 weeks of pyramidal and polarized training intensity distributions in well-trained endurance runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(3), 498-511. <https://doi.org/10.1111/sms.14101>
- Flynn, M. G., Carroll, K. K., Hall, H. L., Bushman, B. A., Brolinson, P. G., & Weideman, C. A. (1998). Cross training: indices of training stress and performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(2), 294-300. <https://doi.org/10.1097/00005768-199802000-00019>
- Fonseca, T. Z. (2012). Corrida de rua: o aumento do número de praticantes migrando para maratonas. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 16(164).
- Guglielmo, L. G. A., Babel Junior, R. J., Arins, F. B., & Ditrich, N. (2012). Índices fisiológicos associados com a performance aeróbiade corredores nas distâncias de 1,5 km, 3 km e 5 km. *Motriz*, 18(4), 690-698. <https://doi.org/10.1590/S1980-65742012000400007>
- Guglielmo, L. G. A., Greco, C. C., & Denadai, B. S. (2009). Effects of strength training on running economy. *International Journal of Sports Medicine*, 30(1), 27-32. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038792>
- Hamilton, R. J., Paton, C. D., & Hopkins, W. G. (2006). Effect of high-intensity resistance training on performance of competitive distance runners. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(1), 40-49. <https://doi.org/10.1123/ijspp.1.1.40>
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(4), 665-671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
- Herdy, A. H., & Caixeta, A. (2016). Brazilian cardiorespiratory fitness classification based on maximum oxygen consumption. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 106(5), 389-395. <https://doi.org/10.5235/abc.20160070>
- Higgins, J. P., & Green, S. (2008). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. John Wiley & Sons.
- Houmard, J. A., Costill, D. L., Mitchell, J. B., Park, S. H., Hickner, R. C., & Roemmich, J. N. (1990). Reduced training maintains performance in distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 11(1), 46-52. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024761>
- Houmard, J. A., Scott, B. K., Justice, C. L., & Chenier, T. C. (1994). The effects of taper on performance in distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26(5), 624-631.
- Li, F., Wang, R., Newton, R. U., Sutton, D., Shi, Y., & Ding, H. (2019). Effects of complex training versus heavy resistance training on neuromuscular adaptation, running economy and 5-km performance in well-trained distance runners. *Peer Journal*, 7, e6787. <https://doi.org/10.7717/peerj.6787>
- MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *Journal of Physiology*, 595(9), 2915-2930. <https://doi.org/10.1113/jp273196>
- McConnell, G. K., Costill, D. L., Widrick, J. J., Hickey, M. S., Tanaka, H., & Gastin, P. B. (1993). Reduced training volume and intensity maintain aerobic capacity but not performance in distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 14(1), 33-37. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021142>
- Neves, A., Muniz, A., Meirelles, C., Mello, D., Rodrigues, L., & Mainenti, M. (2022). *Ciência aplicada ao exercício físico e ao esporte*. Appris.
- Nummela, A. T., Paavolainen, L. M., Sharwood, K. A., Lambert, M. I., Noakes, T. D., & Rusko, H. K. (2006). Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 97(1), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0147-3>
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämmäläinen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 86(5), 1527-1533. <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.5.1527>
- Pedlar, C. R., Whyte, G. P., & Godfrey, R. J. (2008). Pre-acclimation to exercise in normobaric hypoxia. *European Journal of Sport Science*, 8(1), 15-21. <https://doi.org/10.1080/17461390701871932>
- Philp, A., Macdonald, A. L., Carter, H., Watt, P. W., & Pringle, J. S. (2008). Maximal lactate steady state as a training stimulus. *International Journal of Sports Medicine*, 29(6), 475-479. <https://doi.org/10.1055/s-2007-965320>
- Pizza, F. X., Flynn, M. C., Starling, R. D., Brolinson, P. G., Sigg, J., Kubitz, E. R., Davenport, R. L. (1995). Run training vs cross training: influence of increased training on running economy, foot impact shock and run performance. *International Journal of Sports Medicine*, 16(3), 180-184. <https://doi.org/10.1055/s-2007-972988>
- Saunders, P. U., Telford, R. D., Pyne, D. B., Peltola, E. M., Cunningham, R. B., Gore, C. J., Hawley, J. A. (2006). Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 947-954. <https://doi.org/10.1519/r-18235.1>
- Silva, D. F., Verri, S. M., Nakamura, F. Y., & Machado, F. A. (2014). Longitudinal changes in cardiac autonomic function and aerobic fitness indices in endurance runners: A case study with a high-level team. *European Journal of Applied Physiology*, 14(5), 443-451. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.832802>
- Silva, R., Damasceno, M., Cruz, R., Silva-Cavalcante, M. D., Lima-Silva, A. E., Bishop, D. J., Bertuzzi, R. (2017). Effects of a 4-week high-intensity interval training on pacing during 5-km running trial. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 50(12), e6335. <https://doi.org/10.1590/1414-431X20176335>
- Skovgaard, C., Almquist, N. W., & Bangsbo, J. (2018). The effect of repeated periods of speed endurance training on performance, running economy, and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(2), 381-390. <https://doi.org/10.1111/sms.12916>
- Smith, T. P., Coombes, J. S., & Geraghty, D. P. (2003). Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O₂ uptake and the time for which this can be maintained. *European Journal of Applied Physiology*, 89(3-4), 337-343. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0806-6>
- Smith, T. P., McNaughton, L. R., & Marshall, K. J. (1999). Effects of 4-wk training using Vmax/Tmax on VO₂max and performance in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(6), 892-896. <https://doi.org/10.1097/00005768-199906000-00019>

- Souza, K. M., Grossi, T., & Babel Junior, R. J. (2014). Variáveis fisiológicas associadas ao consumo de oxigênio: relações com a performance aeróbia de corredores de endurance. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 14(141).
- Støren, Ø., Helgerud, J., Støa, E. M., & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(6), 1089-1094. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318168da2f>
- Wen, D., Utesch, T., Wu, J., Robertson, S., Liu, J., Hu, G., & Chen, H. (2019). Effects of different protocols of high intensity interval training for VO2max improvements in adults: A meta-analysis of randomised controlled trials. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(8), 941-947. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.01.013>
- Wittig, A. F., Mcconell, G. K., Costill, D. L., & Schurr, K. T. (1992). Psychological effects during reduced training volume and intensity in distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 13(6), 497-499. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021305>
- World Athletics (2022). Hannes Kolehmainen. World Athletics. Retrieved from <https://worldathletics.org/athletes/-/14563199>
- Yamanaka, R., Wakasawa, S., Yamashiro, K., Kodama, N., & Sato, D. (2021). Effect of resistance training of psoas major in combination with regular running training on performance in long-distance runners. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(6), 906-909. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0206>
- Zarkadas, P. C., Carter, B., & Banister, E. W. (1995). Modelling the effect of taper on performance, maximal oxygen uptake, and the anaerobic threshold in endurance triathletes. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 393, 179-186. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1933-1_35
- Zurawlew, M. J., Walsh, N. P., Fortes, M. B., & Potter, C. (2016). Post-exercise hot water immersion induces heat acclimation and improves endurance exercise performance in the heat. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(7), 745-754. <https://doi.org/10.1111/sms.12638>

O papel dos afetos em modelos de processamento duplo e sua importância para a adesão ao exercício físico: uma revisão da literatura

Vasco Bastos^{1,2} , Filipe Rodrigues^{3,4*} , Diogo Teixeira^{1,2} 

RESUMO

O crescimento de teorias comportamentais assentes em mecanismos de processamento duplo reflete uma mudança do paradigma cognitivista-social predominante, procurando um maior reconhecimento dos fatores automáticos/implícitos no estudo do comportamento. A presente revisão narrativa visa providenciar uma maior clareza quanto à definição de afeto, emoção e humor, apresentando de seguida modelos teóricos de processamento duplo que consideram os afetos básicos como aspeto essencial nos processos implícitos e, direta ou indiretamente, nos processos explícitos. Algumas dessas teorias que serão abordadas neste trabalho são: a Teoria Afetiva-Reflexiva da Inatividade Física e do Exercício (ART), a Teoria da Minimização do Esforço na Atividade Física (TEMPA), o Modelo de Adoção e Manutenção da Atividade Física (PAAM), e a Estrutura dos Afetos e do Comportamento Saudável (AHBF). Neste artigo será descrito com detalhe as associações entre os determinantes implícitos (e.g., afeto, hábito) e explícitos (e.g., intenção, traços autorregulatórios) e a prática regular de exercício físico. Sugerimos que a falta de consideração que os fatores associados ao processamento implícito têm sofrido, limitam a compreensão e criação de intervenções que possam promover a adoção e manutenção de um comportamento (e.g., exercício físico) a longo prazo. Por fim, concluímos com uma breve reflexão sobre as ligações entre modelos e possíveis sobreposições, bem como direções futuras de investigação e aplicações práticas.

PALAVRAS-CHAVE: hedonismo; afeto; processamento duplo; atividade física; adesão.

ABSTRACT

The rise of dual process-based behaviour theories reflects a shift from the predominant social-cognitivist paradigm towards a more considerable recognition of automatic/implicit factors in behaviour research. The present narrative review aims to provide a clearer definition of affect, emotion, and mood, followed by a presentation of dual process theory models that consider core affect an essential aspect of implicit processes and, direct or indirectly, of explicit processes. Some of the theories reviewed in this article are the Affective-Reflective Theory of Physical Inactivity and Exercise (ART), the Theory of Effort Minimization in Physical Activity (TEMPA), the Physical Activity Adoption and Maintenance Model (PAAM), and the Affect and Health and Behavior Framework (AHBF). This article thoroughly describes the associations between implicit (e.g., affect, habit) and explicit (e.g., intention, autoregulatory trace) determinants and the regular practice of physical activity and exercise. We suggest that the lack of acknowledgment that the implicit processes have suffered has limited the development and comprehension of interventions aiming to promote long-term behaviour adoption (e.g., exercise). Lastly, we briefly reflect on possible connections and overlaps in these models and with future directions and practical applications.

KEYWORDS: hedonism; affect; dual process; physical activity; adherence.

¹Universidade Lusófona, Faculdade de Educação Física e Desporto – Lisboa, Portugal.

²Centro de Investigação em Desporto, Educação Física e Exercício e Saúde – Lisboa, Portugal.

³Politécnico de Leiria, Escola Superior de Educação e Ciências Sociais – Leiria, Portugal.

⁴Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano – Vila Real, Portugal.

***Autor correspondente:** Politécnico de Leiria, Escola Superior de Educação e Ciências Sociais, Campus 1, Rua Dr. João Soares, Apt. 4.045 – CEP: 2411-901 – Leiria, Portugal. E-mail: filipe.rodrigues@ipleiria.pt

Conflito de interesses: nada a declarar. **Financiamento:** Fundação para a Ciência e a Tecnologia, com a identificação UIDB/CED/04748/2020.

Recebido: 02/11/2023. **Aceite:** 18/03/2024.

INTRODUÇÃO

É vasta a literatura que tem vindo a demonstrar que as estratégias de adesão à prática de atividade física implementadas até à data não têm surtido um efeito significativo. Além dos relatórios internacionais (e.g., European Commission, 2022; World Health Organization, 2022), existem diversos estudos que alertam para o aumento de comportamentos sedentários e a diminuição da prática de atividade física (Guthold et al., 2018; Isakson, 2021; Santos et al., 2022). Contudo, para além dos baixos níveis de participação em atividade física regular, existem dois outros problemas, um já de longa data — a elevada taxa de abandono de quem inicia programas de exercício —, e outro, detetado mais recentemente — a criação de uma resposta automática aversiva à prática de exercício —, que devem ser elementos de particular reflexão junto dos profissionais e respetivas entidades públicas e privadas (Brand & Ekkekakis, 2018; Cheval & Boisgontier, 2021; Teixeira et al., 2020).

Um dos principais locais para a prática de exercício dos Portugueses onde existe supervisão profissional são os ginásios e *health clubs* (European Commission, 2022). No entanto, sensivelmente 75% dos novos membros destes espaços abandonam a prática nos primeiros 18 meses (Rodrigues et al., 2021) em que 50 a 60% cancela a sua inscrição em menos de um ano (Pedragosa et al., 2022). A percentagem de abandono tende a diminuir gradualmente ao longo do tempo, sendo que o maior risco ocorre nos primeiros 6 meses e em pessoas que apresentam uma prática inferior a duas sessões semanais (Buckworth et al., 2013; Rodrigues et al., 2020a). Os dados apresentados por estes estudos têm vindo a defender que a prática de exercício físico se deva iniciar e manter através de uma abordagem racional. Ou seja, a pessoa inicia a sua prática de forma consciente e deliberada tendo por base motivos que lhe sejam intrínsecos (e.g., melhoria dos níveis de saúde física e mental) ou extrínsecos (e.g., afiliação a um grupo de pessoas; imagem corporal), assumindo que estes sejam condutores da intencionalidade para a prática de exercício físico (Ekkekakis & Zenko, 2016; Jones & Zenko, 2023), e independentemente da idade ou sexo (Rodrigues et al., 2022). Abordagens mais recentes têm vindo a contrariar parte destes pressupostos, argumentando que nem sempre processos racionais são promotores de ação comportamental. Isto tem criado espaço para o entendimento de processos não-conscientes que influenciam uma pessoa a agir, ou não, perante um determinado comportamento (e.g., Brand & Ekkekakis, 2018; Cheval & Boisgontier, 2021), dando aso a abordagens integradoras agora recomendadas para inverter esse paradigma.

Limitações dos modelos dominantes: o caso do cognitivismo

A perspetiva cognitivista desempenhou um papel fundamental na compreensão do comportamento humano ao destacar o papel das motivações racionais (e.g., intenções) no processo de tomada de decisão e na realização de comportamentos (Ajzen, 1991). Segundo essa abordagem, as pessoas são vistas como agentes racionais que avaliam as consequências de suas ações, ponderam os prós e contras e, com base nessa análise, formam intenções. Essas intenções, por sua vez, são consideradas como preditoras fiáveis do comportamento futuro (Ajzen, 1991). Diversos modelos sociocognitivos e humanistas, tais como a teoria da autoeficácia (Bandura, 1994), teoria do comportamento planeado (Ajzen, 1991) e a teoria da autodeterminação (Ryan & Deci, 2017), têm sido valiosos no estudo das intenções e, consequentemente, na regulação do comportamento. Nesse sentido, estes modelos baseados na reflexão têm sido usados em intervenções na compreensão de como pessoas tomam decisões racionais para, por exemplo, a prática de exercício, ou em substituição, a realização de comportamentos sedentários. No entanto, tal como evidenciado por Vasiljevic et al. (2016), por muito “boas” que sejam as intenções, estas podem falhar na concretização do comportamento. Este fenómeno é descrito como a lacuna entre a intenção e a adoção de um comportamento (Sheeran & Webb, 2016) e esclarece que, apesar da intenção apresentar um poder explicativo relevante para com a prática de exercício físico, esta é extremamente variável de acordo com vários fatores como os sociais, comportamentais, contextuais, pessoais, motivacionais ou afetivos. Relativamente ao comportamento em estudo, apenas 20-30% é explicado por processos racionais e deliberados (Hagger & Chatzisarantis, 2014). Apesar desta lacuna entre a intenção e a operacionalização do comportamento ser clara e ter sido estudada em larga escala, os investigadores têm mantido a crença de que a prática de exercício físico é resposta única do contexto e de pensamentos deliberados e racionais (Rodrigues et al., 2019, 2021; Rodrigues et al., 2020a; Rodrigues et al., 2020b). Ou seja, as abordagens motivacionais têm considerado a prática de exercício físico como um comportamento a ser realizado em grande parte, de forma racional e intencional, descurando os processos não-intencionais inerentes ao comportamento (Ekkekakis & Zenko, 2016; Rebar et al., 2016). É por isso que as limitações da perspetiva cognitivista têm sido objeto de investigação e têm levado ao reconhecimento da necessidade de abordagens mais abrangentes e integradoras para entender e promover o comportamento humano. Urge então procurar alternativas que possam complementar e integrar o estudo da motivação baseada em modelos sociocognitivos, e

que possam ajudar investigadores e profissionais a promover a prática de exercício físico como um comportamento regular e sustentado no tempo (Teixeira et al., 2021, 2022).

Assim, apesar da perspetiva cognitivista explicar comportamentos racionais e intencionais, em parte e/ou dentro do controlo do próprio indivíduo, esta apresenta diversas limitações destacadas pelos investigadores nas diversas áreas sociais e comportamentais. Em primeiro lugar, muitos comportamentos não podem ser simplesmente realizados por vontade própria; estes requerem capacidades, oportunidades, recursos ou cooperação para a sua execução (Fishbein, 2008). Em segundo lugar, as pessoas que tendem a ter uma fraca perceção de eficácia ou capacidade em relação ao comportamento (e.g., “não sou capaz de correr”), tendem a apresentar também baixos níveis de intenção (Rodrigues & Monteiro, 2021). Por último, a maioria destes modelos teóricos motivacionais assumem que as pessoas apenas tomam decisões sistemáticas e racionais baseadas em avaliações normativas sobre o comportamento, ignorando respostas afetivas (e.g., prazer/desprazer) e suas influências tal como descrito, por exemplo, por Brand e Ekkekakis (2018).

Abordagens mais recentes enfatizam o papel dos afetos, sentimentos e emoções, e oferecem conhecimentos cruciais que tratam a ação humana como parcialmente intuitiva e impulsiva, apesar de terem sido amplamente negligenciadas nas últimas décadas (Ekkekakis, 2017; Ekkekakis et al., 2011). Num posicionamento recente, vários investigadores colocam o *afetivismo* (i.e., estudo dos afetos) como linha de pensamento a ser considerada em diversos domínios sociais nos estudos contemporâneos, indicando que o conceito e os avanços científicos realizados demonstraram que os processos afetivos são inquestionavelmente esclarecedores e muitas vezes complementares a modelos teóricos existentes, quando se trata de entender fatores cognitivos bem como o comportamento em si (Dukes et al., 2021). Ao olharmos para a prática de exercício físico, faz sentido considerarmos a componente afetiva (e.g., prazer ou desprazer, tensão ou relaxamento, energia ou cansaço), como tendo um potencial significado motivacional que os praticantes experienciam. Estudos mostram que a realização (ou não) da prática de exercício físico pode ser influenciada por variáveis afetivas (Ekkekakis et al., 2011; Teixeira et al., 2023; Williams, 2008). Ou seja, as experiências anteriores ao exercício físico ou até mesmo no momento, prazerosas ou desprazerosas, poderão ajudar os investigadores a entenderem melhor os fatores determinantes da adesão sustentada.

O afeto, a emoção e o humor na atividade física

De forma que se possa entender as abordagens baseadas no conceito de *afeto* e a sua aplicação em contexto de prática, torna-se importante conceptualizar as suas diferentes manifestações. Apesar de haver algumas diferenças conceptuais relativas à terminologia relacionada com o conceito de afeto, existe algum consenso que determina que este termo é uma referência geral para os afetos básicos (também chamados de *core affect*) e estados afetivos distintos. Assim, os afetos básicos (daqui em diante chamados de *core affect*) representam a valência (i.e., positiva vs. negativa; prazer vs. desprazer) de uma resposta baseada na experiência momentânea. Já os estados afetivos distintos refletem esta componente básica dos afetos (i.e., *core affect*) e uma vertente com avaliação cognitiva, caracterizando-se como emoções ou humor (Ekkekakis & Petruzzello, 2002; Williams, 2008). De certa forma, pode-se afirmar que o *core affect* representa um estado neurofisiológico conscientemente acessível como um sentimento primitivo, simples e não-reflexivo, que é mais evidente em forma de emoção e humor (Russell, 1980). Ou seja, o *core affect* é parte de, mas não o todo, das emoções e humor (Ekkekakis, 2013; Russell & Barrett, 1999).

Numa das linhas de pensamento mais consensuais, a emoção é apresentada através de múltiplas componentes (*core affect*, avaliação cognitiva, alterações corporais), de intensidade elevada, mas de curta duração (segundos ou minutos), e que emerge como resposta a estímulos específicos que são claramente identificáveis. Ou seja, nas emoções, a avaliação cognitiva é uma característica elementar e revela um fenómeno mais complexo em comparação ao *core affect* (Ekkekakis, 2013; Ekkekakis & Petruzzello, 2002). Por exemplo, o *core affect* pode ocorrer de forma individualizada ou como parte da emoção. Se considerarmos o orgulho — que é definido como uma manifestação da forma como alguém se sente bem consigo mesmo — pode ser decomposto de forma que a perceção de “sentir-se bem” representará o *core affect*, e “consigo mesmo” a componente com um elemento cognitivo (i.e., resultando na emoção) tal como descrito por Russell (2003).

O humor é considerado como um conjunto de sentimentos persistentes associados a avaliações cognitivas (Ekkekakis, 2013). Caracteriza-se por ser experienciado na maioria do tempo (horas, dias), com intensidade inferior às emoções, com múltiplas componentes (apesar de não tão pronunciadas como nas emoções) e que podem resultar da avaliação cognitiva de algo difuso — “[mood is] *the appropriate designation for affective states that are about nothing specific or about*

everything — about the world in general” (Frijda, 2009, p. 258). A distinção destas três componentes que globalmente se enquadram dentro do termo afeto é de particular importância para a compreensão de diversos fenómenos (e.g., o que avaliar/medir? Com que instrumentos?). Não sendo o objetivo deste artigo, para se obter uma revisão mais aprofundada sobre o tema recomenda-se a leitura de outros trabalhos (e.g., Ekkekakis, 2013; Ekkekakis & Petruzzello, 2002).

Relativamente ao afeto, este torna-se então uma peça central nas abordagens que utilizam sistemas intuitivos para explicar o comportamento, particularmente no que diz respeito ao *core affect*. Como exposto antes, esta manifestação subjetiva conscientemente disponível pode ser experienciada como prazer, desprazer, tensão, relaxamento, energia, ou fadiga, e sendo do ponto de vista evolucionário o sistema mais antigo (por comparação às emoções e humor), tem como função fornecer ao organismo informações resultantes da experiência que permitam realizar uma aferição de estados mais ou menos desejados. Essencialmente, a alteração de um estado menos desejado para um mais desejado está acompanhado de afetos positivos, enquanto os afetos negativos promovem a transição contrária. Assim, este sistema filogeneticamente mais antigo permite priorizar vários estímulos sensoriais, apoiando na formação de memórias com valência (positiva ou negativa) e de preferências, sendo que a intensidade desse estímulo irá determinar a magnitude do afastamento ou aproximação. Esta diáde expressa no ser humano de procurar aproximar-se do que promove prazer e afastar-se do que promove desprazer ou dor representa um aspeto crucial da formação da motivação, pois determina a inclinação para nos movermos (ou afastarmos) de algo (Batson et al., 1992; Ekkekakis, 2013).

Em suma, o *core affect* é composto então por dois construtos de grande relevo para a melhor compreensão do comportamento humano: (1) valência afetiva (i.e., prazer/desprazer) e ativação (i.e., energia/letargia) (Russell, 1980). Vários estudos sugerem que estados afetivos durante o exercício físico têm um impacto nesse comportamento futuro (e.g., Kwan & Bryan, 2010; Rhodes & Kates, 2015; Schneider et al., 2009; Williams, 2008). Por exemplo, Schneider et al. (2009) relataram que os participantes com uma resposta afetiva mais positiva durante o exercício reportaram maior frequência semanal de atividade física no futuro. Por sua vez, Williams (2008) demonstraram que a resposta afetiva *durante* a atividade física foi significativamente associada à sua adoção contínua no futuro. Por outro lado, a resposta afetiva *após* a sessão não demonstrou qualquer valor preditivo. Ou seja, é a resposta afetiva durante a prática de exercício físico que é uma variável determinante para a repetição deste comportamento no

futuro, enquanto o *core affect* percebido após uma sessão não apresenta esta relevância (Ekkekakis et al., 2011; Stevens et al., 2020). Por fim, referir que apesar da sua importância, os mecanismos de como os estados afetivos promovem a manutenção do exercício físico ainda não são consideravelmente compreendidos (Jekauc & Brand, 2017).

Teorias de processamento duplo: a integração da razão e da emoção

As teorias de processamento duplo representam uma classe de teorias que exploram características conscientes e não-conscientes de um comportamento. A realização (ou não) desse comportamento é o resultado da interação de dois sistemas ou processos. O sistema I é definido como sendo rápido, automático e implícito, com utilização mínima de recursos cognitivos, e o sistema II é caracterizado como sendo mais lento, reflexivo e explícito (Kahneman et al., 2003).

É nesta interação que o comportamento tende a emergir e vários modelos derivados desta abordagem têm sido utilizados no contexto da atividade física. Por exemplo, comportamentos como a prática de exercício físico existem como resultado não de um, mas dos dois processos ou sistemas básicos, cuja interação nos permite gerar imagens mentais orientadas para a ação comportamental (American College of Sports Medicine, 2021; Brand & Ekkekakis, 2018). Nesta abordagem, havendo um alinhamento dos dois sistemas, a previsibilidade da realização de um comportamento é teoricamente mais elevada, pois tanto os aspetos mais reflexivos (e.g., atitudes, intenções) como os automáticos (e.g., resposta afetiva, hábito) concorrem na mesma direção. No entanto, nem sempre isto se verifica. Particularmente no exercício físico, as informações processadas no sistema II (e.g., deliberação racional sobre o comportamento: “*é importante realizar exercício para a minha saúde*”) nem sempre se alinham com as do sistema I (e.g., resposta afetiva negativa recordada: “*hoje é aquele treino difícil/cansativo/que me deixa exausto*”). Nestes casos, a realização do comportamento estará dependente da interação entre um conjunto de recursos afetivos disponíveis e da capacidade de autorregulação de cada indivíduo.

Com particular ênfase neste processo encontra-se a resposta afetiva. Tanto o *core affect* (e.g., resposta afetiva durante o treino) como outras variáveis afetivas de relevo (e.g., recordação das sensações durante o treino) podem contribuir de forma automática ou reflexiva para o desenvolvimento do comportamento, através da criação de sensações de aproximação ou afastamento da prática (Brand & Ekkekakis, 2018; Ekkekakis et al., 2011; Murphy & Eaves, 2016). No entanto, tem sido sugerido que o *core affect*, experienciado *durante* o exercício físico, pode afetar os dois sistemas de

formas distintas. As quatro teorias/abordagens a desenvolver no presente artigo exploram a ideia de que a forma como se experiencia a resposta afetiva durante o exercício físico, irá condicionar vários processos e influenciar o comportamento orientado para a prática regular. A reflexão destes modelos e a sua integração em intervenções de promoção de exercício físico não só irá ajudar a compreender a dificuldade de adesão continuada, mas também o entendimento da possível aversão ou sensação de afastamento que muitas pessoas manifestam em relação ao exercício.

OBJETIVO DA REVISÃO DA LITERATURA

Com base no exposto, o objetivo desta revisão da literatura consiste em explorar quatro recentes e proeminentes teorias de processamento duplo (ART: Brand & Ekkekakis, 2018; TEMPA: Cheval & Boisgontier, 2021; PAAM: Strobach et al., 2020; AHBf: Stevens et al., 2020; Williams & Evans, 2014) que expressam a utilidade dos afetos como variáveis de relevo para o entendimento do comportamento na atividade física. As teorias/modelos selecionados representam as tentativas mais recentes de vários autores com investigação extensa no tema, em apresentar racionais teóricos que permitam uma exploração afetiva assente em terminologia e pressupostos aceites atualmente, e onde se perspetivam abordagens de relevo para investigação futura.

Modelos de processamento duplo explorados no contexto da atividade física

Teoria afetiva-reflexiva da inatividade física e do exercício

A teoria afetiva-reflexiva (*Affective-Reflective Theory* — ART) da inatividade física e do exercício (Brand & Ekkekakis, 2018) tem como objetivo prever e explicar o comportamento humano em situações em que um indivíduo tem a opção de se manter inativo ou iniciar a prática de exercício físico. Esta teoria apresenta um modelo de processamento duplo que procura explicar o porquê de a inatividade física continuar a prevalecer em detrimento da prática regular de exercício físico.

A ART tem como inspiração primordial a teoria de campo (*field theory*) de Lewin (1943), que postula que o comportamento humano deve ser interpretado numa perspetiva de “forças” e “tensões” que atuam sobre nós. Nesta teoria, o comportamento é então compreendido através destas forças constituídas por fatores interrelacionados que constituem o

nosso “campo dinâmico”, que nos irá aproximar de um dado comportamento ou manter-nos no atual. Esta dinâmica é definida por “sistemas de tensão”, forças que nos aproximam ou afastam de uma ação. A ART sugere que a resposta afetiva momentânea pode desempenhar um papel importante neste sistema, atuando como estas forças atrativas (valência afetiva positiva) ou repulsivas (valência afetiva negativa) que podem dar origem a um novo comportamento ou à manutenção do atual. No âmbito da inatividade física e exercício, isto significa que o *core affect* pode atuar como um promotor ou como uma barreira à adoção de uma prática regular de exercício, consoante a sua valência (prazer vs. desprazer). A resposta afetiva tem então um papel central na ART, com os autores desta teoria de processamento duplo a pretendem acrescentar uma perspetiva hedónica (processamento de tipo 1) a abordagens motivacionais (processamento de tipo 2) para a prática de exercício físico. Adicionalmente, a ART distingue-se de outras teorias de cariz cognitivo (e.g., teoria da autodeterminação; Deci & Ryan, 1985) por contemplar as forças restritivas para a prática de exercício, em vez de considerar apenas a força promotora e a magnitude desta mesma (i.e., qualidade motivacional mais controlada ou mais autónoma). Desta forma, podemos ter uma melhor compreensão da totalidade da situação em que uma decisão é tomada (e.g., praticar ou não exercício), através das forças concorrentes que a influenciam no momento (e.g., ir treinar vs. descansar no sofá depois de um dia de trabalho árduo) e dos processos psicológicos que levam a esse comportamento (que podem ser observados na Figura 1 e serão brevemente explorados de seguida).

Como uma teoria de processamento duplo, a ART da inatividade física e exercício procura explicar a tomada de decisão para a ação através de dois tipos de processo, tipo 1 (rápido, automático e sem esforço) e tipo 2 (lento, cognitivo e esforçado). A ART tem como base processamentos de tipo 1 que podem, dependendo da situação, depois “informar” processamentos de tipo 2. Tudo isto acontece no momento em que perceções relacionadas com exercício são apresentadas através de estímulos externos (e.g., ser aconselhado a praticar exercício por um familiar) e internos (e.g., lembrar-se do conselho). Estes estímulos vão ativar associações automáticas de experiências passadas, codificadas na nossa memória, para com o objeto do estímulo (e.g., exercício físico) e outros relacionados (e.g., estado atual de inatividade física). Por sua vez, estas associações vão criar uma valorização afetiva automática para com a fonte do estímulo (e.g., exercício), cuja valência afetiva resultante é crucial para um impulso para a ação (para praticar exercício ou manter-se no estado atual de inatividade física). Aqui, uma valência afetiva positiva

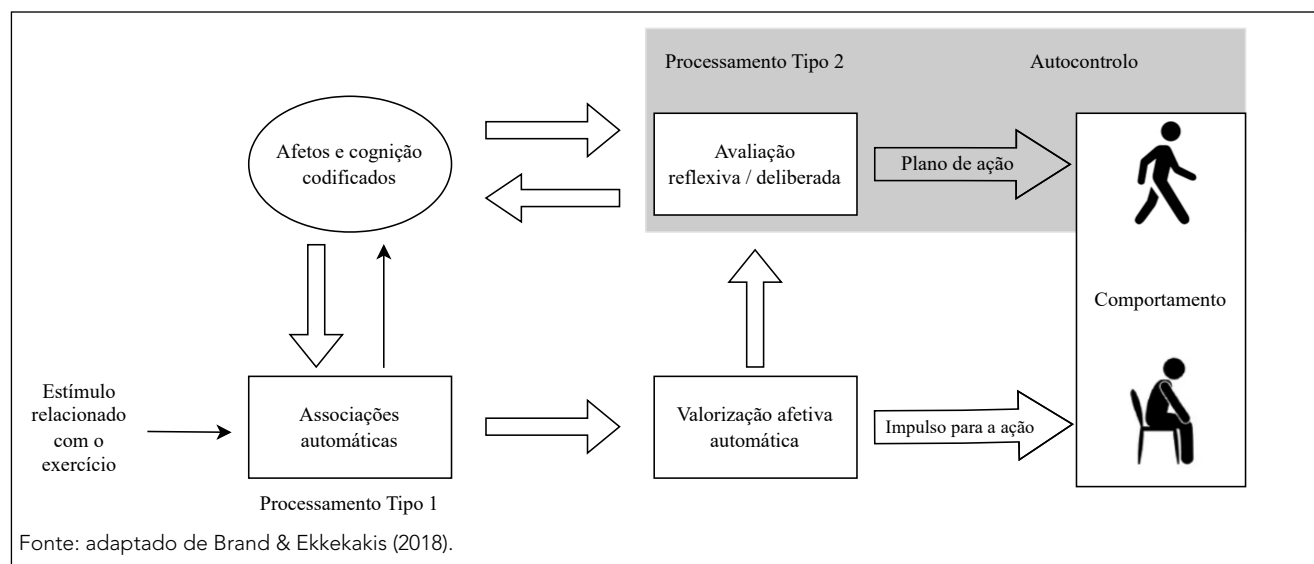


Figura 1. Teoria Afetivo-Refletiva.

vai potencializar um impulso para praticar exercício, enquanto uma valência afetiva negativa vai criar um impulso de aversão a esta prática (Chen & Bargh, 1999). Adicionalmente, uma valorização afetiva automática que retrate uma determinada (in)atividade de lazer (e.g., ver televisão sentado no sofá) como mais prazerosa do que treinar, irá exercer uma grande influência no impulso de ação resultante. Toda esta valorização afetiva automática pode ou não ser consciente (Strack & Deutsch, 2004).

Dependendo dos recursos de autocontrole disponíveis (Hofmann et al., 2008), a valorização afetiva automática irá atingir processos de tipo 2. O processamento desta informação afetiva converge com a memória de experiências passadas para criar uma resposta afetiva antecipada, uma simulação mental de como uma pessoa acredita que se irá sentir ao praticar exercício físico. Residem também nestes processos operações cognitivas de elevado nível, como as necessidades e valores individuais (Deci & Ryan, 1985), os prós e contras da mudança comportamental (Bandura, 1986) ou as crenças subjetivas (Ajzen, 1985), realizando aqui uma conexão da ART com teorias cognitivas relevantes. Estas avaliações reflexivas podem originar planos de ação (e.g., intenções e objetivos para a mudança comportamental) que, tal como os impulsos para a ação, podem constituir forças promotoras ou restritivas para a adoção da prática de exercício.

Os processos de tipo 1 e 2 interagem entre si de três formas diferentes: (1) as associações automáticas são criadas através de experiências afetivas passadas aprendidas; (2) cada ativação de uma associação automática deixa vestígios na nossa rede de associações (como uma “atualização” de associações prévias para com o exercício) (Strack & Deutsch, 2004); e

(3) através da chegada da valorização afetiva automática a processos de tipo 2, quando existem recursos de autocontrole disponíveis (Hofmann et al., 2008). As primeiras duas formas de interação criam um ciclo de feedback fulcral para a aprendizagem do ser humano, formando e atualizando validações afetivas e avaliações reflexivas relacionadas com exercício físico. A terceira qualifica a ART como um modelo intervencionista-padrão, com a validação afetiva automática a representar a resposta padrão sobre a qual uma avaliação reflexiva é baseada. Nesta interação entre sistemas, se ambos estiverem alinhados para a prática de exercício físico (e.g., preparar já todo o equipamento necessário para treinar, convergindo com o conselho de um familiar para exercitar mais regularmente), não são expectáveis barreiras psicológicas para a adoção do comportamento em questão, visto ambos os planos e o impulso para a ação convergirem. No entanto, na existência de conflito entre sistemas (e.g., intenção de seguir o conselho do familiar, mas o impulso para a ação é manter-se em inatividade física), com a ausência dos recursos de autocontrole necessários, é esperado que o impulso para a ação prevaleça sobre os planos delineados (Baumeister & Heatherton, 1996; Englert, 2016; Hofmann et al., 2008). A validação afetiva automática só poderá ser rejeitada na presença de recursos de autocontrole, que poderão ser “gastos” para este fim, rejeitando assim o impulso para uma ação que queremos contrariar (e.g., manutenção da inatividade física) em primazia dos planos de ação que queremos implementar.

O *core affect* tem então um papel chave na ART da inatividade física e exercício. A valência afetiva experienciada durante o exercício irá criar associações automáticas que ficam codificadas na nossa memória, associações estas que serão

ativadas quando a oportunidade de voltar a praticar exercício se apresentar novamente. Se a valência afetiva durante o exercício for de cariz negativo, esta associação (i.e., exercício que causa desprazer) vai sendo automatizada, com cada sessão de treino desprazerosa a reforçá-la. Simultaneamente, se existir uma validação afetiva automática mais positiva para com a inatividade física, o impulso para a ação vai ser para nos mantermos inativos. Apesar de este impulso poder ser contrariado através de processos de tipo 2, esta rejeição requer sempre recursos de autocontrolo, recursos estes que são limitados.

Teoria da minimização do esforço na atividade física

A teoria da minimização do esforço em atividade física (*Theory of Effort Minimization in Physical Activity*—TEMPA; Cheval et al., 2017; Cheval & Boisgontier, 2021) tem como pilares os mesmos pressupostos da ART da inatividade física e exercício e de outros modelos semelhantes de processamento duplo, onde a adoção de uma prática regular de exercício físico está dependente das interações entre processos automáticos e reflexivos e as ações que estes originam (e.g., impulsos e/ou planos). A TEMPA pretende melhorar a precisão destes modelos suplementando a sua abordagem com uma avaliação¹ afetiva automática considerada esquecida por Cheval e Boisgontier (2021): uma atração evolutiva do ser humano pela minimização do esforço físico.

Para compreendermos esta atração inata para com a minimização do esforço, precisamos primeiro de considerar a evolução da relação do ser humano com a atividade física ao longo da sua história. Ao longo de milhões de anos, a anatomia e fisiologia dos nossos antepassados foi-se adaptando às necessidades das suas estratégias de caça, estratégias estas indispensáveis para a sua sobrevivência. Estas adaptações tornaram os Humanos em seres fisicamente ativos e energeticamente eficientes. Toda este processo evolutivo resultou numa otimização do nosso organismo para a atividade física, ao ponto de esta se ter tornado essencial para a nossa saúde (Guthold et al., 2018). Esta evolução parece ter tido um efeito não só físico, mas também psicológico, com o nosso cérebro a poder ter sido condicionado neurofisiologicamente para originar uma resposta afetiva positiva à prática de atividade física (Crombie et al., 2018; Raichlen et al., 2012). Não obstante, nem toda a resposta afetiva à atividade física é positiva. De facto, com intensidades baixas a moderadas, a

resposta afetiva é tendencialmente positiva (Ekkekakis et al., 2011; Ladwig et al., 2017). No entanto, a partir do limiar ventilatório pode-se verificar uma heterogeneidade no *core affect* sentido (e.g., devido a diferenças individuais na intensidade preferida e tolerada; Ekkekakis et al., 2005), com o desprazer a ser dominante para intensidades superiores ao ponto de compensação respiratório (Ekkekakis et al., 2011; Ladwig et al., 2017). Esta resposta afetiva a intensidades vigorosas pode ser um resultado da alteração do sistema energético predominante (i.e., aeróbio para anaeróbio após o limiar ventilatório), resultando em sensações interoceptivas de desprazer com o objetivo de manter a homeostase do organismo (e.g., evitar lesão). Apesar da crescente evidência da relevância do *core affect* para a adesão ao exercício (e.g., Baldwin et al., 2016; Rhodes & Kates, 2015; Williams, 2008), os autores da TEMPA defendem que o desprazer associado a atividades de natureza anaeróbia não explica completamente os altos níveis de inatividade física mundiais. Outra hipótese complementar é a existência de validações afetivas automáticas relativas a outros comportamentos que podem representar uma alternativa mais atrativa que o exercício físico. Comportamentos estes de cariz sedentário, vistos como mais prazerosos devido a uma atração pela minimização do esforço.

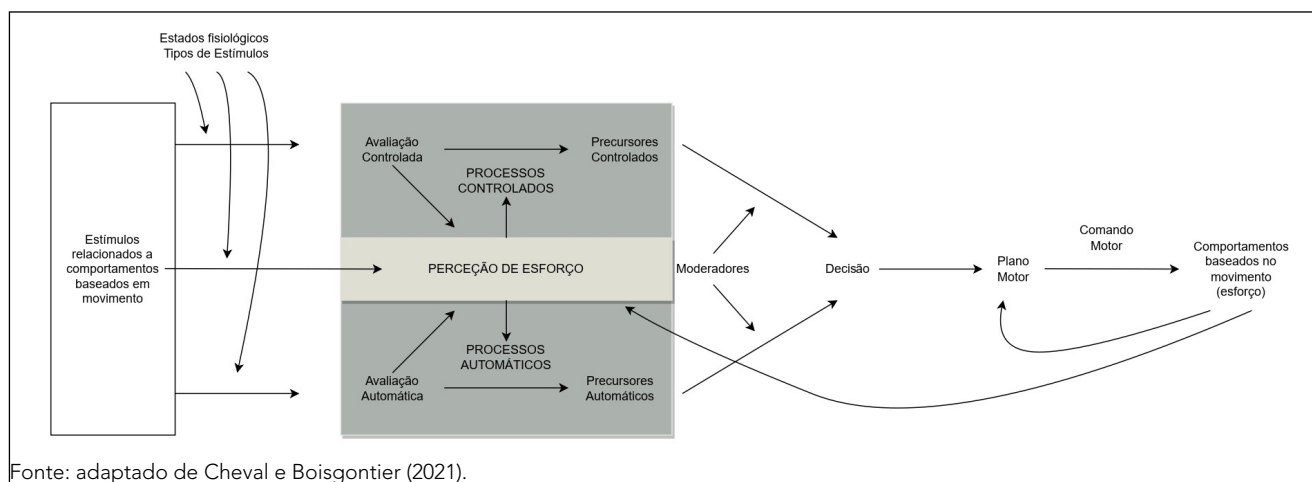
Este aparente paradoxo (otimização do ser humano para ser fisicamente ativo e simultaneamente possuir uma atração para a minimização do esforço) pode também ser explicado pela forma como o ser humano tende a gerir a sua atividade física. Esta tendência inata para minimizar o esforço parece ter sido desenvolvida através de uma lógica de seleção natural nos nossos antepassados, em que as suas reservas de energia eram fulcrais para as suas necessidades somáticas e reprodutivas (Gibson & Mace, 2006; Pontzer et al., 2016). É então provável que o ser humano tenha evoluído para poupar energia através de dois mecanismos: (1) uma melhor economia (e.g., redução do dispêndio energético) e (2) uma maior eficiência (e.g., menor desperdício) da sua atividade física. Aplicando a um contexto prático, uma melhor economia energética refere-se a como uma atividade poderá ser realizada com o menor gasto energético possível (e.g., se é necessário correr, qual a velocidade mínima a que o poderei fazer para cumprir esta necessidade; se tenho de subir escadas, quão devagar o posso fazer sem me atrasar para o meu compromisso). Por sua vez, uma maior eficiência energética significa selecionar a opção que desperdice menos recursos para cumprir um determinado objetivo (e.g., possibilidade de utilizar uma bicicleta ou um carro em vez de correr para chegar ao destino; apanhar

¹ Na TEMPA, o conceito das avaliações automáticas afetivas equivale ao das validações automáticas afetivas apresentado na ART. Apesar de considerarmos o termo “validação” mais apropriado para este tipo de processamentos automáticos (o termo “avaliação” pressupõe cognição), iremos manter a designação apresentada pela TEMPA para mantermos uma maior proximidade à terminologia deste modelo.

um elevador em vez de subir as escadas). Apesar de ambos estes mecanismos continuarem em ação no comportamento humano, a eficiência energética tem vindo a ganhar um papel mais preponderante na minimização do esforço graças às várias ferramentas e tecnologias que têm vindo a ser desenvolvidas para este fim. Por exemplo, a deslocação a um restaurante para consumirmos uma refeição energeticamente densa já não é necessária, esta refeição pode facilmente vir até nós através de uma aplicação de telemóvel. Parece então que o ser humano evoluiu para ser fisicamente ativo, mas de uma forma eficiente, com a literatura científica a demonstrar vários exemplos da otimização desta eficiência energética (Abram et al., 2019; Alexander, 1996; Prévost et al., 2010). Não obstante, esta tendência pode ser descartada por comportamentos de maior esforço se estes estiverem de acordo com os objetivos do indivíduo (e.g., subir as escadas para ser fisicamente mais ativo; ir ao ginásio treinar para perder peso). Adicionalmente, um comportamento que contrarie a minimização do esforço, que tenha sido realizado frequentemente ao longo do tempo, pode-se tornar num hábito, promovendo assim a sua automatização que resulta numa poupança de recursos cognitivos na sua realização (e.g., dirigir-se espontaneamente para as escadas/ginásio). No entanto, os processos de minimização do esforço não cessam após a tomada de uma decisão, exercendo a sua influência durante as múltiplas fases da regulação comportamental. Por exemplo, isto significa que pode ainda influenciar um comportamento já iniciado, enviesando a sua realização para um menor gasto energético. Esta minimização do esforço pode mais uma vez ser contrariada através da motivação para manter o comportamento e de outras estratégias, como a manipulação da percepção do esforço (Iodice et al., 2019; Marcora, 2016).

Apesar da possibilidade de contrariar uma avaliação automática para a minimização do esforço, as condições necessárias

para tal rejeição podem não estar disponíveis. Aqui chegamos a outra componente basilar da TEMPA, a inclusão do estado fisiológico do indivíduo, no momento da sua exposição a um estímulo relacionado com exercício, como variáveis moderadoras dos processos de avaliações automáticas. Por exemplo, a fadiga pode causar uma percepção de esforço para com o exercício físico mais elevada do que quando os seus níveis estão mais baixos (Iodice et al., 2017). Consequentemente, um indivíduo fatigado pode ter avaliações automáticas distintas que, naquele momento, não abonam a favor da prática de exercício. Adicionalmente, é expectável que a aptidão física de um indivíduo (e.g., aptidão cardiorrespiratória; força muscular) possa influenciar uma avaliação afetiva automática momentânea para com o exercício, com indivíduos destreinados possivelmente a apresentarem percepções de esforço mais elevadas do que indivíduos treinados. Para além do estado fisiológico, há ainda que contemplar as diferenças individuais na atração e tolerância do esforço físico. Evidência demonstra que alguns indivíduos evitam o esforço cognitivo, enquanto outros procuram-no ativamente face às suas maiores necessidades cognitivas (Cacioppo et al., 1996). Outros, têm preferências e tolerâncias pela intensidade do exercício distintas e, consequentemente, na resposta afetiva, manifestando-se também nestas relações fisiológicas (Marques et al., 2023; Teixeira et al., 2021, 2022). Por fim, a TEMPA contempla ainda o meio envolvente ao indivíduo, visto este poder constituir um estímulo externo que desencadeia os processos automáticos e controlados que podem estar na base do comportamento. Por exemplo, a existência de passeios, parques, ciclovias e de infraestruturas para a realização de exercício físico que criem um meio envolvente mais orientado para a sua prática podem ser facilitadores desta mesma (Benton et al., 2016). Como tal, estes fatores referentes ao envolvimento do indivíduo podem facilitar, ou inibir, a prática de atividade física (e.g., exercício físico). No entanto,



Fonte: adaptado de Cheval e Boisgontier (2021).

Figura 2. Teoria da minimização do esforço em atividade física.

como postula a TEMPA, este efeito está sempre dependente dos afetos e motivação para a sua prática.

Em suma, a TEMPA (Figura 2) é um modelo de processamento duplo que se distingue pela inovação da integração da percepção de esforço e sua influência nos processos automáticos e controlados. Os movimentos baseados no movimento são considerados num continuum energético, pendendo tendencialmente para uma minimização do esforço com o objetivo de criar uma maior eficiência energética. Isto está dependente de estímulos externos relacionados com o movimento, que vão ser avaliados positiva ou negativamente pelos processos automáticos e controlados. Esta avaliação está dependente do estado fisiológico atual do indivíduo (i.e., níveis de fadiga; aptidão física) e se estes estímulos para o movimento são considerados necessários ou dispensáveis. A percepção de esforço associada ao estímulo é influenciada pelo resultado desta avaliação que, por sua vez, vai impactar os processos automáticos e controlados que vão levar aos respetivos precursores comportamentais (e.g., resposta afetiva antecipada no caso das automáticas; intenções para a prática no caso das controladas). Estes precursores podem ser considerados como o resultado dos respetivos processos automáticos e controlados que irão de seguida influenciar uma tomada de decisão. Para estes precursores suportarem comportamentos baseados em movimento com um maior dispêndio energético, os processos automáticos e controlados em prol deste comportamento têm posteriormente de superar os processos a favor de uma minimização da percepção esforço. O peso que estes precursores vão por sua vez apresentar na tomada de decisão está dependente de múltiplos fatores que funcionam como moderadores, tal como a fadiga, carga cognitiva necessária e a habitualidade do comportamento. Em indivíduos que tencionem ser fisicamente ativos, uma avaliação automática negativa pode ser descartada através da utilização de recursos de autocontrolo. No entanto, no caso de estas reservas estarem esgotadas, é provável que os processos automáticos sejam soberanos na tomada de decisão, incluindo uma atração automática para a minimização do esforço. A decisão comportamental é operacionalizada através de um plano motor que vai originar o comportamento pretendido através de um comando motor. O esforço associado ao movimento vai, por fim, atualizar a sua respetiva percepção para o futuro e ainda criar um ciclo de *feedback* com o plano motor para o tornar mais eficiente.

Analisando todo este processo da TEMPA que leva a uma tomada de decisão e posterior operacionalização de um comportamento, conseguimos identificar onde os afetos desempenham um papel fundamental. Como parte integral dos processos automáticos, uma avaliação automática

afetiva desfavorável para com o exercício físico vai despoletar uma resposta afetiva antecipada negativa e uma reação de aversão para com a sua prática. Estes precursores vão então favorecer uma tendência para a minimização do esforço que provavelmente irá prevalecer como resultado destes processos automáticos. Esta tendência pode então ser rejeitada na presença de recursos de autocontrolo, resultando assim na operacionalização da sessão de exercício. No entanto, aqui jaz o problema previamente reportado na ART: as limitações dos recursos de autocontrolo. Na ausência de recursos suficientes para rejeitar uma avaliação afetiva automática que favorece uma minimização do esforço, esta última provavelmente vai prevalecer. Adicionalmente, quanto mais forte for esta tendência (fruto de, por exemplo, uma maior aversão ao exercício) mais recursos de autocontrolo poderão ser necessários para a rejeitar, tornando ainda mais improvável uma adoção e posterior manutenção de uma prática regular de exercício.

Modelo de adoção e manutenção da atividade física

Outra abordagem assente na teoria de processamento duplo é o modelo de adoção e manutenção de atividade física (*Physical Activity Adoption and Maintenance model* — PAAM; Strobach et al., 2020). Enquanto a ART da inatividade física e a TEMPA focam-se no porquê de a maior parte da população mundial continuar a ser fisicamente inativa, o PAAM visa identificar preditores de adoção do comportamento e manutenção a longo prazo. De acordo com os seus autores, uma abordagem aos processos implícitos (i.e., automáticos) e explícitos (i.e., controlados) segundo a teoria de processamento duplo desempenham um papel importante no processo de adoção e manutenção da prática de atividade física regular (Figura 3).

Tal como os outros modelos de processamento duplo já abordados neste artigo, o PAAM pressupõe que o comportamento humano é o resultado da interação entre os processos implícitos e explícitos. Aqui verifica-se uma das principais diferenças entre o PAAM e outras abordagens à adoção e manutenção comportamental (e.g. *Physical Activity Maintenance Theory*; Nigg et al., 2008), com o PAAM a evitar simultaneamente colocar demasiado ênfase nos processos reflexivos e negligenciar os processos automáticos. De forma semelhante à ART da inatividade física e exercício (Brand & Ekkekakis, 2018), os autores do PAAM assumem que os processos implícitos (i.e., hábito, afetos) são a resposta padrão onde os processos explícitos se baseiam e desenvolvem (i.e., intenção, característica de autorregulação, funções executivas). Dependendo da intensidade do hábito

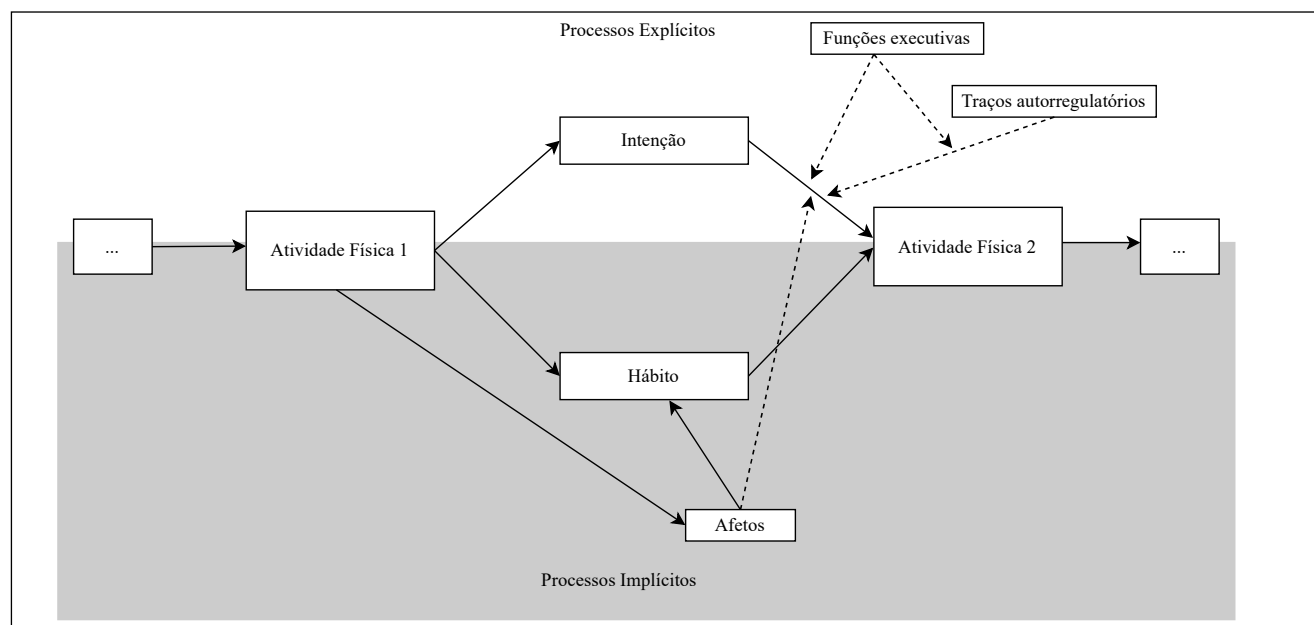


Figura 3. Modelo de adoção e manutenção de atividade física (PAAM; adaptado de Strobach et al., 2020). “Atividade Física 1” representa o estado antes da adoção e manutenção do comportamento de interesse, enquanto “Atividade Física 2” representa este comportamento já sustentado no tempo. As caixas que incluem “...” ilustram o facto de a atividade física apresentar fatores que precedem e procedem o foco atual do PAAM. As linhas a tracejado representam efeitos de moderação.

e dos afetos, os processos implícitos podem afetar o sistema explícito (Strack & Deutsch, 2004). Se as habilidades de autorregulação² estiverem disponíveis, então os processos implícitos podem influenciar, mas não sobrepor, os processos explícitos na determinação do comportamento. Neste caso, os dois tipos de processos podem ser concordantes (e.g., o impulso de desfrutar de uma caminhada ao sol e a intenção de aumentar os níveis de atividade física) ou conflitantes (e.g., o impulso de descansar no sofá após um dia de trabalho enquanto a intenção é ser mais fisicamente ativo). Ainda em alinhamento com a ART (Brand & Ekkekakis, 2018), assume-se que a interação entre os processos implícitos e explícitos pode ser caracterizada como uma competição para o controlo sobre a resposta comportamental (Lewin, 1951). Se as capacidades de autorregulação estiverem à disposição, os impulsos conflitantes, tais como o efeito negativo no comportamento da atividade física (e.g., atividade desprazerosa, mas importante) ou um hábito forte para comportamentos sedentários, podem ser inibidos e o comportamento pode ser regulado de acordo com objetivos explícitos e intenções (i.e., a probabilidade de realização do comportamento é elevada). Ou seja, no caso de a pessoa estar motivada e ter capacidades de autorregulação suficientes, o comportamento será guiado por processos explícitos, como intenções e decisões

deliberadas (e.g., o plano de ir ao ginásio treinar sobrepõe o impulso de ficar no sofá a descansar). Não obstante, como já foi mencionado previamente, é importante reforçar que o sistema explícito depende da disponibilidade de capacidades de autorregulação. Se estes recursos não estiverem disponíveis, o processo implícito dominará o comportamento. Nesse caso, a validação³ afetiva automática positiva mais forte será a que vai prevalecer e originar o respetivo impulso para a ação. Ou seja, se nesse momento existir alguma alternativa ao exercício físico que aparente ser mais prazerosa (e.g., ficar a descansar no sofá), provavelmente é esse comportamento alternativo que será operacionalizado (Strack & Deutsch, 2004).

No principal foco do PAAM que é a adoção e manutenção da prática de atividade física, os processos explícitos e implícitos têm papéis diferenciados, com preponderâncias distintas nas diferentes fases de adoção deste comportamento. Na fase de adoção comportamental, processos explícitos aparentam ser de maior importância. Por exemplo, uma decisão baseada na percepção de que um estilo de vida fisicamente inativo tem implicações negativas para a saúde, pode originar uma intenção de mudança comportamental para um estilo de vida mais ativo (e.g., inscrever-se num ginásio e começar a treinar). A literatura sociocognitiva aponta a intenção como uma variável importante para a adoção de um novo comportamento,

2 Apesar de apresentarem algumas distinções na sua conceptualização, a autorregulação no PAAM apresenta um papel semelhante aos recursos de autocontrolo no ART e TEMPA.

3 O PAAM segue a terminologia da ART no que toca às validações automáticas afetivas (vs. avaliações automáticas afetivas na TEMPA).

incluindo a prática de atividade física (Ajzen, 1991; Hagger et al., 2002). No entanto, a evidência tem demonstrado que, isoladamente, a intenção é incapaz de dar resposta a toda a variância do comportamento humano (Rhodes & De Bruijn, 2013; Sheeran & Webb, 2016). Esta variância representa uma lacuna entre as intenções e o comportamento pretendido (Sheeran & Webb, 2016).

Enquanto a intenção de adotar um novo comportamento parece ser necessária, esta não é suficiente para a sua manutenção, com as habilidades de autorregulação a serem aqui relevantes para ultrapassar as dificuldades e barreiras para uma prática regular de exercício físico. No entanto, estas habilidades de autorregulação são uma característica individual (i.e., traço), com alguns indivíduos a apresentarem uma autorregulação superior a outros (Englert, 2016). Este traço parece ser particularmente relevante para a prática de atividade física, com maiores níveis de autorregulação a serem associados a níveis mais elevados de atividade física (Allom et al., 2016) e com indivíduos com uma menor autorregulação a demonstrarem ter pouca persistência em atividades de resistência física (Englert & Wolff, 2015). O PAAM assume então que indivíduos com um traço de autorregulação baixo terão uma maior dificuldade em criar uma ponte entre as suas intenções de praticar atividade física e o comportamento em si (Rodrigues et al., 2022).

No entanto, ainda dentro dos processos explícitos, as funções executivas (i.e., inibição, atualização e deslocação; Miyake et al., 2000) podem também ter um efeito moderador entre a intenção e o comportamento (Hofmann et al., 2012). Mais especificamente, a função de inibição pode ser particularmente relevante para suprimir comportamentos prejudiciais para a saúde (e.g., comportamento sedentário), podendo assim dar lugar a um novo comportamento que possa ser mais benéfico (e.g., atividade física). Por sua vez, a função de atualização permite a criação de representações mentais do objetivo e dos meios para o atingir, assim como diminuir o impacto de afetos indesejados e incompatíveis para com o objetivo em questão. Por fim, a função de deslocação pode permitir alguma flexibilidade nos meios utilizados, permitindo ao indivíduo aproveitar oportunidades inesperadas, que se desviam do plano original, mas que podem ser mais eficazes. Adicionalmente, estas funções executivas interagem ainda com o traço de autorregulação (Hofmann et al., 2012; Pfeffer & Strobach, 2017). A função de deslocação parece beneficiar a autorregulação, disponibilizando alguma capacidade de adaptação ao comportamento a ser adotado perante circunstâncias inesperadas, da mesma forma que a autorregulação parece fornecer algum equilíbrio a níveis de deslocação elevados (e.g., evitando uma desvinculação precoce de um

objetivo traçado). Do mesmo modo, o traço de autorregulação pode compensar baixos níveis das funções executivas de inibição e atualização. Em suma, tanto o traço de autorregulação como as funções executivas podem ter um efeito moderador entre a intenção e a implementação do comportamento, sendo assim variáveis importantes numa fase inicial de adoção à prática de atividade física.

Em relação à manutenção da prática de atividade física a médio e longo prazo, a concomitância dos processos duplos mantém-se, mas com uma progressiva inversão de qual é o processo dominante. Parece que quanto mais o comportamento pretendido é repetido e sistematizado, mais forte serão os processos implícitos a guiar o comportamento para a sua automaticidade (Gardner et al., 2020; Rodrigues & Monteiro, 2021; Rodrigues & Teixeira, 2023a). É precisamente nesta transição que uma das variáveis dos processos implícitos do PAAM tem um papel central, a formação do hábito. O PAAM postula então que a formação de um hábito é caracterizada pela gradual transição de processos de controlo reflexivos e cognitivamente desgastantes (i.e., intenção) para processos automáticos (ativados por estímulos do envolvimento). O hábito é então formado através da repetição de um dado comportamento com um envolvimento estável, não necessitando de processos reflexivos (Ouellette & Wood, 1998) e a sua automaticidade faz como que seja resistente à mudança. De facto, a força do hábito é capaz de prever a prática de atividade física em dias que a intenção para tal é baixa (Rebar et al., 2014). De uma forma geral, tanto o hábito como a intenção predizem a prática de atividade física, sem interagirem entre si, mas apresentando um efeito cumulativo nesta predição (Rodrigues & Teixeira, 2023b). Ainda em relação ao hábito, importa referir que alguns tipos de comportamento poderão ser mais difíceis de automatizar. Por exemplo, atividades físicas de maior complexidade e intensidade podem não alcançar uma automatização em pleno (e.g., devido a um envolvimento mais dinâmico), ficando sempre dependentes de alguma regulação explícita (Gardner & Lally, 2018; Hagger, 2020; Pfeffer & Strobach, 2020). Por exemplo, uma modalidade desportiva que implique a realização de habilidades motoras e componentes táticas de maior complexidade e/ou exercício físico de intensidade vigorosa dificilmente alcançará uma automatização de uma atividade física mais simples como subir as escadas em vez de utilizar o elevador. Adicionalmente, uma modalidade desportiva poderá apresentar um envolvimento consideravelmente dinâmico (e.g., treinos em horários e/ou locais distintos; participações em competições que implicam deslocações consideráveis), enquanto algumas oportunidades de ser fisicamente ativo apresentam-se no quotidiano de uma

forma mais estável (e.g., utilizar todos os dias as escadas para chegar ao escritório e iniciar um dia de trabalho). Servindo de exemplo menos drástico, praticar exercício físico maioritariamente no mesmo momento do dia (e.g., após sair do emprego) e realizar atividades já conhecidas (e.g., uma aula de grupo e/ou um plano de treino em que o indivíduo já apresenta um bom grau de competência) poderão ser estratégias que facilitam a automatização deste comportamento.

Também dentro dos processos implícitos, as reações afetivas (i.e., *core affect*) à atividade física apresentam um papel igualmente importante. Os autores do PAAM avançam que as validações afetivas automáticas podem ser importantes para o hábito, podendo funcionar como potenciadores ou inibidores da sua criação, dependendo da sua valência (i.e., positiva vs. negativa). Considerando que estas validações afetivas representam associações aprendidas a um dado comportamento, reações afetivas prazerosas na sua realização, repetidas e sustentadas no tempo, poderão resultar num hábito de prática de atividade física mais fortalecido. Da mesma forma, reações afetivas de desprazer podem criar uma reação de afastamento da sua prática. O *core affect* parece ser ainda relevante como moderador da relação entre a intenção e o comportamento, com respostas afetivas positivas a

aumentarem a probabilidade de a intenção resultar na operacionalização do respetivo comportamento, com o oposto a acontecer para respostas afetivas negativas (Zhu & Thagard, 2002). Referente à prática de atividade física, a literatura tem de facto verificado este efeito moderador (Kwan & Bryan, 2010; Raedeke et al., 2007). Adicionalmente, este efeito parece exercer influência não só na adoção como também na manutenção do comportamento, com um *core affect* positivo a poder criar uma estabilidade temporal na operacionalização da intenção (Sheeran & Abraham, 2003).

Estrutura afetiva do comportamento saudável

Por último, aborda-se a estrutura afetiva no comportamento saudável (*Affect and Health Behavior Framework* — AHBF; Stevens et al., 2020; Williams & Evans, 2014). Esta abordagem conceptual estrutura-se em quatro dimensões que se associam e se consubstanciam no comportamento orientado para a saúde (como é o caso do exercício físico), nomeadamente: (1) a resposta afetiva (e.g., *core affect*) em resposta à prática de atividade física, (2) os afetos incidentais (e.g., como nos sentimos durante o dia, independentemente do comportamento pretendido), (3), o processamento afetivo

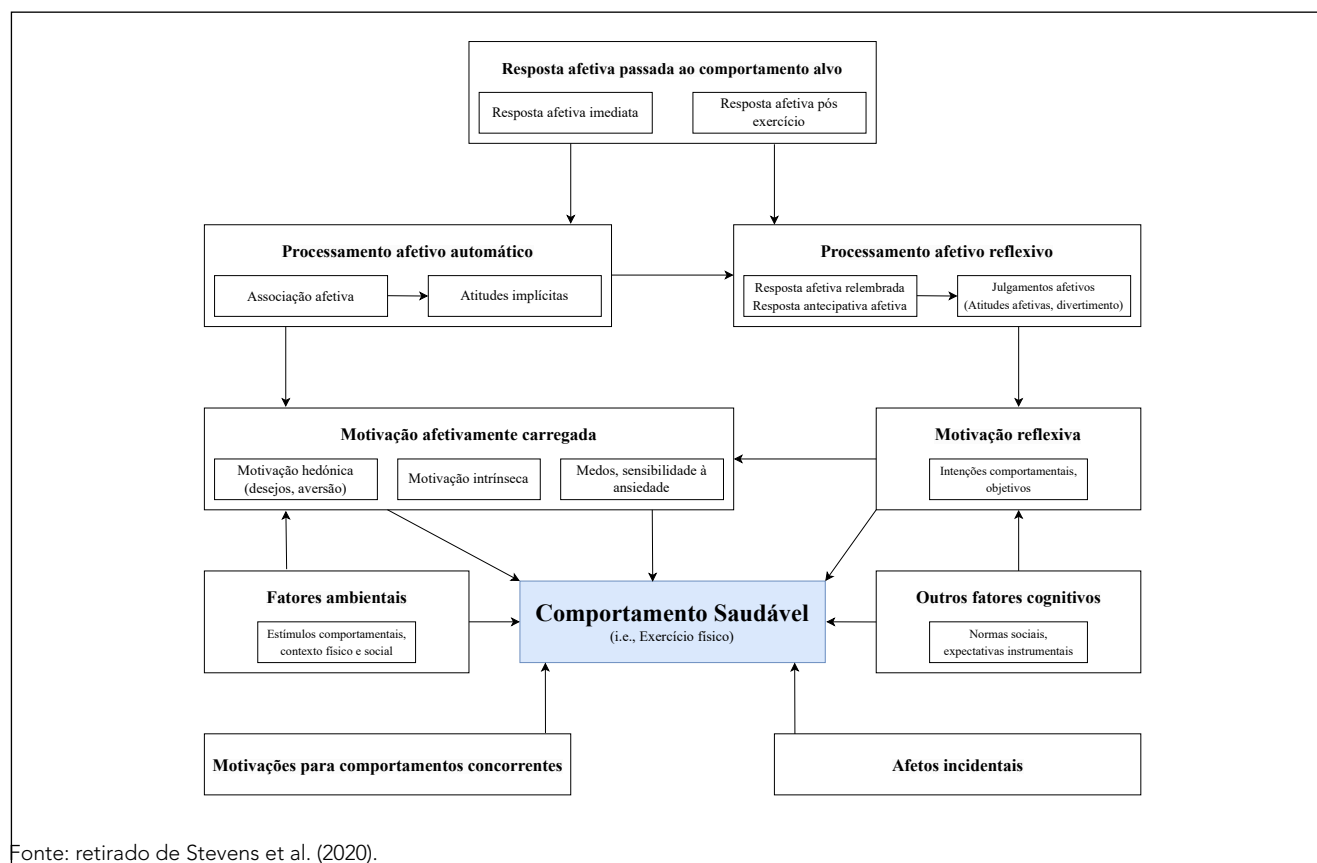


Figura 4. Estrutura afetiva do comportamento saudável.

(e.g., associações afetivas, atitudes implícitas, afeto recordado, resposta afetiva antecipada e julgamentos afetivos), e (4) estados motivacionais afetivamente carregados (e.g., motivação intrínseca, medo, desejo e motivação hedônica). Cada dimensão (de forma mais ou menos estruturada) tem recebido suporte científico isoladamente, apresentando valor preditivo no comportamento orientado para a atividade física, e que este modelo conceptual tenta agregar e relacionar (Figura 4).

Particularizando cada dimensão da AHBF, a primeira inclui a resposta afetiva ao exercício já detalhada previamente neste artigo. O *core affect* referente à prática de exercício físico caracteriza-se então pela forma como cada pessoa se sente *durante* ou *imediatamente após* a realização de exercício. Para esse efeito, a valência afetiva e a ativação têm sido os constructos de maior relevo nas avaliações realizadas nesta dimensão (Andrade et al., 2022; Bastos et al., 2022; Henriques et al., 2023).

A segunda dimensão da AHBF é o afeto incidental, e diz respeito à forma como alguém se sente ao longo do dia, independentemente (diretamente) da atividade física. Pode ser experienciado na sua forma mais elementar como *core affect*, ou numa dimensão mais abrangente como estados afetivos distintos (e.g., fadiga, emoções, e humor (Ekkekakis, 2013). Face ao comportamento, os afetos incidentais positivos têm demonstrado valor preditivo para com a prática de atividade física (Cameron et al., 2018; Emerson et al., 2018; Liao et al., 2015). Isto pode ocorrer devido a um alinhamento ou congruência do estado afetivo incidental com o que é experienciado durante a atividade física. Adicionalmente, a atividade física apresenta também uma associação a níveis de afeto incidental positivo mais elevados após a sua prática (Emerson et al., 2018). Não obstante, alguma evidência demonstra que indivíduos com desordens alimentares e/ou níveis elevados de insatisfação com a sua imagem corporal, tendem a praticar atividade física compulsivamente como um modo de regulação afetiva. Por outras palavras, praticam atividade física numa tentativa de atenuar ou suprimir um estado afetivo incidental negativo. No entanto, este fenómeno parece não se verificar fora de populações clínicas, com um afeto incidental negativo a demonstrar uma diminuição na prática de atividade física (Burg et al., 2017; Kerrigan et al., 2020). Estes resultados apontam então que uma promoção de um afeto incidental mais positivo aparenta ser uma estratégia viável de melhorar os níveis de participação em atividade física, podendo estas estratégias passar por promover uma valência afetiva mais positiva em períodos do dia em que o afeto incidental corre o risco de atingir níveis negativos.

O processamento afetivo corresponde à terceira dimensão da AHBF e diz respeito a constructos que refletem um

processamento de respostas afetivas prévias (Williams & Evans, 2014). Os seus fatores são distintos da resposta afetiva, pois podem ser solicitados a qualquer momento fora do contexto do comportamento-alvo, enquanto a resposta afetiva a um comportamento (e afeto incidental) só pode ser experimentada *in vivo*. Este processamento afetivo inclui tanto processos automáticos (i.e., associações afetivas e implícitas) como controlados (i.e., atitudes afetivas, resposta afetiva antecipada e afeto recordado). Teoricamente, nos processos controlados, um indivíduo recorda-se primeiro de qual foi a sua resposta afetiva a um dado comportamento, antecipando de seguida qual será a resposta afetiva se o voltar a repetir de futuro, formando por fim uma atitude afetiva. Nos processos automáticos, a memória e antecipação representam uma só fase denominada de associações afetivas que, por agregação, resultam em atitudes implícitas. As associações afetivas são definidas como associações que existem na memória entre a atividade física e respostas afetivas previamente experimentadas ao mesmo comportamento (Kiviniemi et al., 2007; Kiviniemi & Klasko-Foster, 2018). As atitudes implícitas também são definidas como associações automaticamente desencadeadas entre dois estímulos, sendo então conceitualmente semelhantes às associações afetivas. No entanto, as atitudes implícitas são mais amplas do que as associações afetivas, pois as primeiras podem ou não envolver o afeto. Além disso, ao contrário das associações afetivas, que normalmente são avaliadas por autorrelato, as atitudes implícitas são avaliadas por meio de tarefas de tempo de reação nas quais as pessoas respondam a palavras ou imagens relacionadas à atividade física pareadas com descritores afetivos (e.g., bom-mau) (Chevance et al., 2017; Conroy et al., 2010; Forrest et al., 2016; Padin et al., 2017).

A resposta afetiva antecipada é considerada a expectativa de como um indivíduo se irá sentir ao praticar, ou não praticar, uma dada atividade física. Esta resposta afetiva antecipada pode ser de curto prazo (e.g., imediatamente antes de iniciar uma sessão de treino) ou de longo prazo (e.g., uma hipotética sessão de treino no futuro). A de curto prazo tem sido associada à resposta afetiva à sessão de treino em si, mas com uma tendência para subestimar o quão prazeroso a prática de exercício será (i.e., viés de previsão afetivo; Loehr & Baldwin, 2014; Ruby et al., 2011). Por sua vez, a resposta afetiva antecipada de longo prazo tem demonstrado ser um forte preditor de prática de atividade física futura (Dunton & Vaughan, 2008), valor preditivo este que não se verifica na de curto prazo (Helfer et al., 2015; Kwan et al., 2017). Outro construto do processamento afetivo que também demonstra um valor preditivo para com a prática de atividade física é o afeto recordado (Hutchinson et al., 2023; Zenko et al., 2016).

Definido como uma recordação da resposta afetiva sentida ao praticar atividade física no passado, o afeto recordado distingue-se dos outros constructos do processamento afetivo por se referir a uma sessão de treino específica (vs. uma agregação da resposta afetiva de várias sessões). O afeto recordado distingue-se também da resposta afetiva por não representar o *core affect* da sessão em si (i.e., no momento, experienciado *in vivo*). Sendo uma recordação, o afeto recordado está propenso a vieses e frequentemente não corresponde à resposta afetiva que foi de facto experienciada (Broderick et al., 2008; Giske et al., 2010). A nossa memória pode ser influenciada por heurísticas cognitivas como é o caso da *peak and end rule* (Fredrickson, 2000; Kahneman et al., 1993) que postula que como recordamos um dado evento tende a ser enviesado para os momentos afetivos de maior magnitude (i.e., os picos afetivos) e a resposta afetiva do final da experiência (i.e., afeto final).

Os julgamentos afetivos são compostos por dois dos fatores de processamento afetivo mais estudados na literatura, as atitudes afetivas e o divertimento (Rhodes et al., 2019). Atitudes afetivas são definidas como avaliações do exercício físico com base em uma agregação da probabilidade e avaliação de resultados afetivos do comportamento em causa (e.g., a probabilidade de que será agradável e quão importante isso é para o indivíduo). Isso contrasta com as atitudes instrumentais que são baseadas na mesma estimativa de avaliação de probabilidade, mas para resultados instrumentais (e.g., a probabilidade de que o exercício físico reduza o risco de doença cardíaca e quão importante isso é para o indivíduo). Enquanto as atitudes afetivas são teorizadas como uma função de componentes separadas de avaliação e probabilidade, na avaliação das atitudes afetivas os indivíduos relatam até que ponto avaliam o comportamento usando diferentes descritores afetivos (e.g., divertido, chato e agradável). O divertimento é por vezes englobado com as atitudes afetivas no conceito mais abrangente dos julgamentos afetivos (Rhodes et al., 2019) devido à forma semelhante como ambas as variáveis são medidas, e por representarem dois dos fatores de processamento afetivo mais estudados na literatura.

Por último, a motivação afetivamente carregada inclui estados motivacionais que têm como base respostas afetivas passadas a atividade física, tais como a motivação intrínseca, desejos, almejos, temores e o medo (Williams & Evans, 2014). Os construtos de motivação afetivamente carregada diferem dos construtos de motivação reflexiva, como intenções e objetivos, que são uma função de consideração mais deliberada dos resultados potenciais de um comportamento. Dentro desta quarta categoria da AHBf, a motivação intrínseca é definida como a propensão pela busca do prazer, novidade, estética e interesse espontâneo, ou seja, é a motivação

para realizar um comportamento ou ação pelo prazer inerente que isso proporciona (Ryan & Deci, 2017). A motivação intrínseca representa o protótipo do comportamento autodeterminado, no qual a participação da pessoa no comportamento ocorre de forma voluntária, sem qualquer tipo de recompensa ou pressão externa. Este tipo de motivação encontra-se ainda intrinsecamente relacionado com sentimentos de prazer e divertimento (ambos perçecionados) inerentes à realização do comportamento em questão, diferenciando-se da motivação extrínseca que leva o comportamento a ser realizado segundo recompensas externas (Ryan & Deci, 2000). A prática de exercício em prol de um objetivo estético (e.g., aumento de massa muscular) e/ou para alcançar a aceitação de pares, são exemplos de motivações extrínsecas. Apesar de também poderem originar sensações positivas, o comportamento não é realizado pela experiência deste mesmo. De acordo com a teoria de autodeterminação, a motivação intrínseca desempenha um papel mais importante que a extrínseca na adoção e especialmente na manutenção da prática de atividade física (Ryan & Deci, 2017; Teixeira et al., 2018). Adicionalmente, uma frequência de treino mais regular, associada a níveis de motivação intrínseca mais elevados, levam a uma maior identificação com o comportamento realizado, promovendo assim a sua manutenção (Gillman et al., 2017). Temos ainda a motivação hedónica, conceptualizada como um mecanismo pelo qual as respostas afetivas passadas vão automaticamente influenciar o comportamento futuro (Williams, 2019; Williams et al., 2018). Através de um processo de aprendizagem associativa, comportamentos que provocam respostas afetivamente favoráveis imediatas (prazer) tendem a tornar-se alvos de desejos/almejos hedonicamente orientados, enquanto os comportamentos que provocam respostas afetivamente desfavoráveis (desprazer) tendem a se tornar alvos de temor hedónico. Nesse sentido, os desejos/almejos hedónicos e os temores hedónicos representam polos opostos do conceito da motivação hedónica. É importante salientar que, apesar de ser conscientemente experienciada, a motivação hedónica é produzida automaticamente sem processamento deliberado cognitivo ou afetivo (como é o caso de, por exemplo, a resposta afetiva antecipada e os afetos recordados). Adicionalmente, a resposta afetiva e a motivação hedónica são propagadas por caminhos neurobiológicos diferentes, apresentando então características psicológicas distintas (Williams, 2019; Williams et al., 2018). Por exemplo, enquanto o prazer representa uma valência positiva da resposta afetiva, os desejos/almejos hedónicos podem ser experienciados com uma valência negativa se o comportamento em questão não estiver disponível (e.g., comer um alimento energeticamente denso; a nova série da *Netflix* ainda

não estar disponível) ou não se alinhar com os objetivos e valores do indivíduo (e.g., perder peso; ser fisicamente ativo). Para o contexto da atividade física, os desejos/almejos hedônicos podem ser importantes para indivíduos que apresentem uma “dependência” para com a prática de exercício, enquanto os temores parecem ser mais relevantes para a problemática da inatividade física. O temor hedônico da atividade física é então um automatismo de aversão para com a prática de atividade física, causado por experiências passadas de desprazer (Williams & Bohlen, 2019), representando assim mais um fator explicativo para o porquê de os níveis de inatividade física continuarem elevados a nível mundial apesar de os seus malefícios para a saúde serem bem conhecidos.

Por último, o medo é uma emoção que motiva um afastamento ativo para com comportamentos que foram previamente associados a uma resposta afetiva de valência negativa (desprazer). Por exemplo, se as experiências passadas de atividade física foram desagradáveis ou aversivas, o medo de experimentar esses estados afetivos novamente motivaria a pessoa a evitar comportamentos que potenciam a prática de exercício físico. Apesar de a relação do medo para com a atividade física ter sido alvo de poucos estudos, a sensibilidade à ansiedade (por vezes denominada como um “medo de sentir medo”; Craske & Barlow, 2015) tem recebido maior atenção por parte da investigação. A sensibilidade à ansiedade é o medo de sensações somáticas relacionadas à excitação comumente experimentadas quando alguém está experimentando ansiedade ou pânico, por exemplo, através do aumento da frequência cardíaca, respiração difícil, tensão muscular e sudorese, devido a uma avaliação errônea dessas sensações somáticas como perigosas (Reiss & McNally, 1985). Esta sensibilidade à ansiedade é um fator que pode contribuir para a baixa tolerância durante a atividade física e, em última análise, evitar a contínua realização do comportamento. Como esperado, esta relação inversa entre a prática de atividade física e a sensibilidade à ansiedade tem sido de facto constatada na literatura (Hearon et al., 2014; Moshier et al., 2013, 2016). Esta relação poderá ser ainda mais exacerbada em indivíduos que apresentem simultaneamente um índice de massa corporal e níveis de sensibilidade à ansiedade elevados, estando mais suscetíveis a sensações de desprazer (Smits et al., 2010). Um possível mecanismo que explique esta influência da sensibilidade à ansiedade é uma percepção de esforço sobrestimada na prática de atividade física. Parece que indivíduos mais sensíveis à ansiedade tendem a reportar níveis de esforço mais elevados e estão menos predispostos a atingir níveis de intensidade vigorosos (Muotri et al., 2017).

Diferenças, pontos em comum e pontos complementares das teorias de processamento duplo aplicadas no contexto de exercício físico

Estes modelos de processamento duplo apresentam vários pontos em comum, apesar de definirem de forma distinta os mesmos conceitos fulcrais. Por exemplo, é possível verificar uma terminologia heterogênea para os processos de sistema 1 (e.g., automáticos, implícitos, irracionais) e de sistema 2 (e.g., controlados, explícitos, refletivos) entre modelos. Estas diferenças podem ser parcialmente explicadas pelas diferentes raízes conceptuais das teorias de processamento duplo, resultando em orientações para aspetos do comportamento humano distintos (e.g., um foco do modelo associativo-proposicional da avaliação em processos mentais que resulta na terminologia de implícito e explícito; Gawronski & Bodenhausen, 2011). Não obstante, poderá ser importante uma aproximação terminológica em estudos futuros de modo a facilitar a leitura de quem não está tão familiarizado com o tema e a sua robustez teórica (Williams, 2023).

Uma outra diferença entre modelos é simultaneamente um ponto em que estes se parecem complementar: o seu principal objetivo perante a problemática da inatividade física. Mais concretamente, podemos verificar que a ART e a TEMPA procuram explicar o porquê de a maior parte da população mundial continuar inativa, o PAAM foca-se em fatores fulcrais para a adoção e manutenção da prática de atividade física, enquanto a AHBF estrutura e organiza as diferentes variáveis afetivas estudadas na literatura e a sua relação com comportamentos saudáveis (mais especificamente, a atividade física nas suas múltiplas valências orientadas para a saúde). Investigação futura que tenha em consideração o foco de cada modelo teórico, poderá mais facilmente apurar qual o mais adequado para sustentar a sua intervenção. Por exemplo, estudos focados na exploração do impacto de variáveis afetivas na adesão à prática de atividade física poderão procurar uma sustentação teórica na AHBF (e.g., formulação de hipóteses de estudo segundo a relação esperada entre determinadas variáveis; quais os instrumentos mais adequados e como utilizá-los). Por outro lado, estudos que procurem perceber a influência do esforço físico nos níveis de atividade física, encontrarão na TEMPA uma base teórica apropriada (e.g., compreender o efeito da percepção do esforço em processos automáticos e/ou controlados; como uma tendência inata para uma minimização do esforço pode contribuir para a diminuição dos níveis de atividade física). Por fim, estudos de maiores dimensões e de maior duração poderão procurar sustento teórico não apenas em um, mas em vários modelos.

Apesar destas diferenças, existem vários pontos em comum entre os modelos teóricos apresentados nesta revisão, sendo

o mais marcante a importância dos processos automáticos (i.e., sistema 1; implícitos) na decisão final a ser adotada. Por exemplo, na ART as valorações automáticas são a resposta padrão a um estímulo relacionado com exercício, sobre a qual os processos refletivos se poderão basear (quando os recursos de autocontrole se encontram disponíveis). A mesma resposta padrão verifica-se na TEMPA (com um maior foco no automatismo para uma minimização do esforço) e no PAAM (i.e., processos implícitos que envolvem o hábito e os afetos), com os processos cognitivos a desempenharem um papel sempre importante nestes modelos, mas, em última análise, com um poder preditivo limitado. Outro ponto em comum é a preponderância dos afetos nos processos automáticos de cada modelo. Na ART e na TEMPA são as validações afetivas automáticas que vão ditar um efeito de aproximação (no caso de associações automáticas de prazer) ou de aversão (no caso de associações automáticas de desprazer) ao comportamento pretendido. No PAAM, os afetos desempenham um papel de igual preponderância, demonstrando um efeito direto e indireto em outras variáveis dos processos implícitos (i.e., respostas afetivas positivas poderão facilitar a criação do hábito de um determinado comportamento) e ainda um efeito moderador positivo na lacuna entre as intenções e o comportamento pretendido (i.e., implementação da intenção de realizar um comportamento que considero prazeroso).

A organização e estrutura apresentada pela AHBF poderá ainda explicar mais especificamente quais os constructos afetivos que criam as diversas interações nos outros modelos. Por exemplo, as associações afetivas, apresentadas na terceira dimensão da AHBF, poderão dar origem (possivelmente até com alguma sobreposição) às validações/avaliações automáticas afetivas apresentadas na ART e na TEMPA. Também a motivação hedónica poderá estar aqui associada, visto ter como base associações aprendidas que resultam em desejos/almejos (i.e., nos efeitos de aproximação a um comportamento) ou temores hedónicos (i.e., nos efeitos de aversão). O afeto recordado e a resposta afetiva antecipada podem por sua vez fazer parte de processos de avaliação refletiva/controlada, visto o primeiro constituir a recordação de uma resposta afetiva passada na prática de atividade física/exercício físico e o segundo ser uma antecipação da resposta afetiva se esse comportamento for repetido. Estes são importantes devido a uma tendência de tomada de decisão de acordo com a recordação de como um indivíduo se sentiu ao realizar um dado comportamento e consequentemente antecipa como se irá sentir se o repetir (Kahneman et al., 1993; Redelmeier et al., 2003). Por último, referir ainda a relevância dos afetos incidentais que não são diretamente contemplados nos outros três modelos. A TEMPA apresenta uma aproximação

a influências de fatores independentes ao comportamento pretendido ao contemplar o estado fisiológico do indivíduo no momento em que este é sujeito a um estímulo relacionado com movimento (e.g., como um indivíduo fatigado tende a ter uma perceção de esforço exagerada). No entanto, o estado afetivo no momento deste estímulo também é importante, com evidência a demonstrar que um afeto incidental positivo apresenta um valor preditivo relevante para com a prática de atividade física.

CONCLUSÃO

Descrevemos que as intervenções desenvolvidas baseadas exclusivamente na componente cognitiva e testadas ao longo dos últimos anos, que visam motivar as pessoas a serem mais ativas fisicamente, resultaram em efeitos geralmente modestos e tendencialmente de curta duração (Rhodes & Sui, 2021). Para a área da mudança comportamental em atividade física e exercício, orientada na prescrição de linhas orientadoras na mudança comportamental (sedentarismo para estilos de vida fisicamente ativos), um campo de pesquisa que existe há aproximadamente 50 anos e inclusivamente descrito em manuais de referência (e.g., American College of Sports Medicine, 2021), é um histórico dececionante nos níveis atuais de atividade física. Uma razão para a mudança de paradigma e falta de coerência entre a teoria e a prática pode estar relacionada com o facto de que a maioria dos estudos publicados até à data serem baseados em teorias cognitivistas. Isoladamente, estas teorias têm apresentado tendencialmente um poder explicativo reduzido. No entanto, muitas vezes são aplicadas em detrimento de novos modelos que abordam também processamentos automáticos sobre o comportamento atual e o comportamento que se pretende vir a adotar. O que essas teorias cognitivistas e motivacionais têm em comum é que todas se baseiam na suposição de uma racionalidade humana onnipotente e na capacidade das pessoas de processar informações como a chave para a mudança comportamental. Ou seja, basta a pessoa pensar e decidir de forma racional que deve praticar exercício físico para que esse comportamento aconteça num rácio 1:1. Acreditamos, como explorado neste artigo, que deve ser feita uma tentativa de reconsiderar os modelos socio-cognitivos como meios únicos de intervenção de promoção de exercício físico, e integrar pressupostos de natureza afetiva na expansão da compreensão do comportamento humano.

Os modelos de processamento duplo abordados neste artigo (i.e., ART, TEMPA, PAAM e AHBF) demonstram que a cognição tem os seus limites e que deve ser fortemente aliada por processos implícitos/automáticos de modo a aumentar o seu poder explicativo. Estes processos automáticos são o modo padrão em que operamos, onde os processos cognitivos se poderão basear

no caso de os recursos para tal estarem disponíveis. Este modo padrão é de extrema importância não só para a investigação, mas também na prescrição de exercício. Estes modelos teóricos vêm demonstrar que uma prescrição segundo um racional bipartido (i.e., seguro e eficaz) é insuficiente, devendo também considerar a resposta afetiva que desempenha um papel central nos processos automáticos. Uma abordagem “*no pain, no gain*”, ainda muito enraizada no pensamento associado ao exercício físico, é então completamente desadequado no contexto de saúde pública (Pereira et al., 2022), visto estar dependente de recursos cognitivos limitados como o autocontrole, e criar um automatismo de aversão ao exercício devido ao desprazer sentido com intensidades tendencialmente desajustadas.

Ao olharmos para o passado recente, verificamos que os níveis de atividade física não se alteraram significativamente nos últimos 20 anos (Isakson, 2021). Se não ocorrer uma mudança de paradigma tanto a nível de investigação como de

prescrição, estaremos a sustentar esta tendência no tempo, em vez de a prática de exercício regular que pretendemos. Neste seguimento, acreditamos que investigadores e académicos que buscam um avanço muito necessário na mudança comportamental se envolvam ativamente na aplicação empírica destes modelos em estudos futuros e que possam de certa forma, apresentar evidências claras na sua aplicabilidade em contexto real. Explorar prescrições de exercício orientadas para o prazer onde, por exemplo, o praticante tem autonomia para auto-selecionar a intensidade e o esforço que exerce, podem originar estratégias viáveis e eficazes de promoção do exercício físico. Simultaneamente, esperamos que os profissionais da área de exercício e saúde (i.e., fisiologistas e técnicos de exercício) se apoiem nestes modelos teóricos, e respetivas estratégias que destes resultem, de modo a conseguirem fazer uma prescrição de exercício físico que é simultaneamente eficaz, segura e sustentada no tempo.

REFERÊNCIAS

- Abram, S. J., Selinger, J. C., & Donelan, J. M. (2019). Energy optimization is a major objective in the real-time control of step width in human walking. *Journal of Biomechanics*, 91, 85-91. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.05.010>
- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: a theory of planned behavior. In: J. Kuhl and J. Beckmann (Eds.), *Action Control. SSSP Springer Series in Social Psychology*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-69746-3_2
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Alexander, R. M. (1996). *Optima for animals*. Princeton University Press.
- Allom, V., Mullan, B., & Hagger, M. (2016). Does inhibitory control training improve health behaviour? A meta-analysis. *Health Psychology Review*, 10(2), 168-186. <https://doi.org/10.1080/17437199.2015.1051078>
- American College of Sports Medicine (ACSM) (2021). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Andrade, A. J., Ekkekakis, P., Evmenenko, A., Monteiro, D., Rodrigues, F., Cid, L., & Teixeira, D. S. (2022). Affective responses to resistance exercise: Toward a consensus on the timing of assessments. *Psychology of Sport and Exercise*, 62, 102223. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102223>
- Baldwin, A. S., Kangas, J. L., Denman, D. C., Smits, J. A. J., Yamada, T., & Otto, M. W. (2016). Cardiorespiratory fitness moderates the effect of an affect-guided physical activity prescription: A pilot randomized controlled trial. *Cognitive Behaviour Therapy*, 45(6), 445-457. <https://doi.org/10.1080/16506073.2016.1194454>
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action*. Englewood Cliffs,.
- Bandura, A. (1994). Self-efficacy. In *Encyclopedia of human behavior* (v. 4, pp. 71-81). Academic Press.
- Bastos, V., Andrade, A. J., Rodrigues, F., Monteiro, D., Cid, L., & Teixeira, D. S. (2022). Set to fail: Affective dynamics in a resistance training program designed to reach muscle concentric failure. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(12), 1710-1723. <https://doi.org/10.1111/sms.14222>
- Batson, C. D., Shaw, L. L., & Oleson, K. C. (1992). *Differentiating affect, mood, and emotion: Toward functionally based conceptual distinctions*.
- Baumeister, R. F., & Heatherton, T. F. (1996). Self-regulation failure: An overview. *Psychological Inquiry*, 7(1), 1-15. https://psycnet.apa.org/doi/10.1207/s15327965pli0701_1
- Benton, J. S., Anderson, J., Hunter, R. F., & French, D. P. (2016). The effect of changing the built environment on physical activity: A quantitative review of the risk of bias in natural experiments. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 13, 107. <https://doi.org/10.1186/s12966-016-0433-3>
- Brand, R., & Ekkekakis, P. (2018). Affective-Reflective Theory of physical inactivity and exercise: Foundations and preliminary evidence. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 48(1), 48-58. <https://doi.org/10.1007/s12662-017-0477-9>
- Broderick, J. E., Schwartz, J. E., Vikingstad, G., Pribbernow, M., Grossman, S., & Stone, A. A. (2008). The accuracy of pain and fatigue items across different reporting periods. *Pain*, 139(1), 146-157. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2008.03.024>
- Buckworth, J., Dishman, R. K., O'Connor, P. J., & Tomporowski, P. D. (2013). *Exercise Psychology* (2nd ed.). Human Kinetics. <https://doi.org/10.5040/9781492595502>
- Burg, M. M., Schwartz, J. E., Kronish, I. M., Diaz, K. M., Alcantara, C., Duer-Hefe, J., & Davidson, K. W. (2017). Does stress result in you exercising less? Or does exercising result in you being less stressed? Or is it both? Testing the bi-directional stress-exercise association at the group and person (N of 1) level. *Annals of Behavioral Medicine*, 51(6), 799-809. <https://doi.org/10.1007/s12160-017-9902-4>
- Cacioppo, J. T., Petty, R. E., Feinstein, J. A., & Jarvis, W. B. G. (1996). Dispositional differences in cognitive motivation: The life and times of individuals varying in need for cognition. *Psychological Bulletin*, 119(2), 197-253. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0033-2909.119.2.197>

- Cameron, D. S., Bertenshaw, E. J., & Sheeran, P. (2018). Positive affect and physical activity: Testing effects on goal setting, activation, prioritisation, and attainment. *Psychology & Health*, 33(2), 258-274. <https://doi.org/10.1080/08870446.2017.1314477>
- Chen, M., & Bargh, J. A. (1999). Consequences of automatic evaluation: Immediate behavioral predispositions to approach or avoid the stimulus. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 25(2), 215-224. <https://doi.org/10.1177/0146167299025002007>
- Cheval, B., & Boisgontier, M. P. (2021). The theory of effort minimization in physical activity. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 49(3), 168-178. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000252>
- Cheval, B., Sarrazin, P., Boisgontier, M. P., & Radel, R. (2017). Temptations toward behaviors minimizing energetic costs (BMEC) automatically activate physical activity goals in successful exercisers. *Psychology of Sport and Exercise*, 30, 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.02.006>
- Chavance, G., Héraud, N., Guerrieri, A., Rebar, A., & Boiché, J. (2017). Measuring implicit attitudes toward physical activity and sedentary behaviors: Test-retest reliability of three scoring algorithms of the Implicit Association Test and Single Category-Implicit Association Test. *Psychology of Sport and Exercise*, 31, 70-78. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.04.007>
- Conroy, D. E., Hyde, A. L., Doerksen, S. E., & Ribeiro, N. F. (2010). Implicit attitudes and explicit motivation prospectively predict physical activity. *Annals of Behavioral Medicine*, 39(2), 112-118. <https://doi.org/10.1007/s12160-010-9161-0>
- Craske, M. G., & Barlow, D. H. (2015). Panic disorder and agoraphobia. In *A clinical handbook of psychological disorders: A step-by-step treatment manual* (pp. 1-61). Guilford Press.
- Crombie, K. M., Brellenthin, A. G., Hillard, C. J., & Koltyn, K. F. (2018). Endocannabinoid and opioid system interactions in exercise-induced hypoalgesia. *Pain Medicine*, 19(1), 118-123. <https://doi.org/10.1093/pm/pnx058>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Springer Science & Business Media.
- Dukes, D., Abrams, K., Adolphs, R., Ahmed, M. E., Beatty, A., Berridge, K. C., Broomhall, S., Brosch, T., Campos, J. J., Clay, Z., Clément, F., Cunningham, W. A., Damasio, A., Damasio, H., D'Arms, J., Davidson, J. W., De Gelder, B., ... Sander, D. (2021). The rise of affectivism. *Nature Human Behaviour*, 5(7), 816-820. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01130-8>
- Dunton, G. F., & Vaughan, E. (2008). Anticipated affective consequences of physical activity adoption and maintenance. *Health Psychology*, 27(6), 703-710. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.27.6.703>
- Ekkekakis, P. (2013). *The measurement of affect, mood, and emotion: A guide for health-behavioral research*. Cambridge University Press.
- Ekkekakis, P. (2017). People have feelings! Exercise psychology in paradigmatic transition. *Current Opinion in Psychology*, 16, 84-88. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2017.03.018>
- Ekkekakis, P., Hall, E. E., & Petruzzello, S. J. (2005). Some like it vigorous: Measuring individual differences in the preference for and tolerance of exercise intensity. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 27(3), 350-374. <https://doi.org/10.1123/jsep.27.3.350>
- Ekkekakis, P., Parfitt, G., & Petruzzello, S. J. (2011). The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities: decennial update and progress towards a tripartite rationale for exercise intensity prescription. *Sports Medicine*, 41(8), 641-671. <https://doi.org/10.2165/11590680-000000000-00000>
- Ekkekakis, P., & Petruzzello, S. J. (2002). Analysis of the affect measurement conundrum in exercise psychology: IV. A conceptual case for the affect circumplex. *Psychology of Sport and Exercise*, 3(1), 35-63. [https://doi.org/10.1016/S1469-0292\(01\)00028-0](https://doi.org/10.1016/S1469-0292(01)00028-0)
- Ekkekakis, P., & Zenko, Z. (2016). Measurement of affective responses to exercise. In *Emotion Measurement* (pp. 299-321). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100508-8.00012-6>
- Emerson, J. A., Dunsiger, S., & Williams, D. M. (2018). Reciprocal within-day associations between incidental affect and exercise: An EMA study. *Psychology & Health*, 33(1), 130-143. <https://doi.org/10.1080/08870446.2017.1341515>
- Englert, C. (2016). The strength model of self-control in sport and exercise psychology. *Frontiers in Psychology*, 7, 314. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00314>
- Englert, C., & Wolff, W. (2015). Ego depletion and persistent performance in a cycling task. *International Journal of Sport Psychology*, 46(2), 137-151. <https://doi.org/10.7352/IJSP2015.46.137>
- European Commission (2022). *Special Eurobarometer 525 report - Sport and physical activity*. Retrieved from <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2668>
- Fishbein, M. (2008). A reasoned action approach to health promotion. *Medical Decision Making*, 28(6), 834-844. <https://doi.org/10.1177/0272989X08326092>
- Forrest, L. N., Smith, A. R., Fussner, L. M., Dodd, D. R., & Clerkin, E. M. (2016). Using implicit attitudes of exercise importance to predict explicit exercise dependence symptoms and exercise behaviors. *Psychology of Sport and Exercise*, 22, 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2015.06.006>
- Fredrickson, B. L. (2000). Extracting meaning from past affective experiences: The importance of peaks, ends, and specific emotions. *Cognition & Emotion*, 14(4), 577-606. <https://doi.org/10.1080/026999300402808>
- Frijda, N. H. (2009). Emotion experience and its varieties. *Emotion Review*, 1(3), 264-271. <https://doi.org/10.1177/1754073909103595>
- Gardner, B., & Lally, P. (2018). Modelling habit formation and its determinants. *The Psychology of Habit: Theory, Mechanisms, Change, and Contexts* (pp. 207-229).
- Gardner, B., Lally, P., & Rebar, A. L. (2020). Does habit weaken the relationship between intention and behaviour? Revisiting the habit-intention interaction hypothesis. *Social and Personality Psychology Compass*, 14(8), e12553. <https://doi.org/10.1111/spc3.12553>
- Gawronski, B., & Bodenhausen, G. V. (2011). The associative-propositional evaluation model: Theory, evidence, and open questions. *Advances in Experimental Social Psychology*, 44, 59-127. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385522-0.00002-0>
- Gibson, M. A., & Mace, R. (2006). An energy-saving development initiative increases birth rate and childhood malnutrition in rural Ethiopia. *PLoS Medicine*, 3(4), e87. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0030087>
- Gillman, A., Stevens, C., & Bryan, A. (2017). Exercise identity and behavior maintenance after a supervised exercise intervention. *Annals of Behavioral Medicine Journal*, 51, S1608-S1609.
- Giske, L., Sandvik, L., & Røe, C. (2010). Comparison of daily and weekly retrospectively reported pain intensity in patients with localized and generalized musculoskeletal pain. *European Journal of Pain*, 14(9), 959-965. <https://doi.org/10.1016/j.ejpain.2010.02.011>
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2018). Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: A pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *The Lancet Global Health*, 6(10), e1077-e1086. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30357-7)
- Hagger, M. S. (2020). Redefining habits and linking habits with other implicit processes. *Psychology of Sport and Exercise*, 46, 101606. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.101606>
- Hagger, M. S., & Chatzisarantis, N. L. D. (2014). An integrated behavior change model for physical activity. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 42(2), 62-69. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000008>
- Hagger, M. S., Chatzisarantis, N. L. D., & Biddle, S. J. H. (2002). A meta-analytic review of the theories of reasoned action and planned behavior in physical activity: predictive validity and the

- contribution of additional variables. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 24(1), 3-32. <https://doi.org/10.1123/jsep.24.1.3>
- Hearon, B. A., Quatromoni, P. A., Mascoop, J. L., & Otto, M. W. (2014). The role of anxiety sensitivity in daily physical activity and eating behavior. *Eating Behaviors*, 15(2), 255-258. <https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2014.03.007>
- Helfer, S. G., Elhai, J. D., & Geers, A. L. (2015). Affect and exercise: positive affective expectations can increase post-exercise mood and exercise intentions. *Annals of Behavioral Medicine*, 49(2), 269-279. <https://doi.org/10.1007/s12160-014-9656-1>
- Henriques, L., Ekkekakis, P., Bastos, V., Rodrigues, F., Monteiro, D., & Teixeira, D. S. (2023). Affective responses to stretching exercises: Exploring the timing of assessments. *Psychology of Sport and Exercise*, 69, 102490. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2023.102490>
- Hofmann, W., Friese, M., & Wiers, R. W. (2008). Impulsive versus reflective influences on health behavior: A theoretical framework and empirical review. *Health Psychology Review*, 2(2), 111-137. <https://doi.org/10.1080/17437190802617668>
- Hofmann, W., Schmeichel, B. J., & Baddeley, A. D. (2012). Executive functions and self-regulation. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(3), 174-180. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.01.006>
- Hutchinson, J. C., Jones, L., Ekkekakis, P., Cheval, B., Brand, R., Salvatore, G. M., Adler, S., & Luo, Y. (2023). Affective responses to increasing- and decreasing-intensity resistance training protocols. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 45(3), 121-137. <https://doi.org/10.1123/jsep.2022-0243>
- Iodice, P., Calluso, C., Barca, L., Bertollo, M., Ripari, P., & Pezzulo, G. (2017). Fatigue increases the perception of future effort during decision making. *Psychology of Sport and Exercise*, 33, 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.08.013>
- Iodice, P., Porciello, G., Bufalari, I., Barca, L., & Pezzulo, G. (2019). An interoceptive illusion of effort induced by false heart-rate feedback. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(28), 13897-13902. <https://doi.org/10.1073/pnas.1821032116>
- Isakson, E. (2021). A sporting chance: Physical activity as part of everyday life. *The Lancet*, 398(10298), 365. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01652-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01652-4)
- Jekauc, D., & Brand, R. (2017). Editorial: how do emotions and feelings regulate physical activity? *Frontiers in Psychology*, 8, 1145. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01145>
- Jones, L., & Zenko, Z. (2023). A systematic narrative review of extrinsic strategies to improve affective responses to exercise. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1186986. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1186986>
- Kahneman, D., Diener, E., & Schwarz, N. (Eds.). (2003). *Well-being: The foundations of hedonic psychology*. Russell Sage Foundation.
- Kahneman, D., Fredrickson, B. L., Schreiber, C. A., & Redelmeier, D. A. (1993). When More Pain Is Preferred to Less: Adding a Better End. *Psychological Science*, 4(6), 401-405. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1993.tb00589.x>
- Kerrigan, S. G., Schumacher, L., Manasse, S. M., Loyka, C., Butryn, M. L., & Forman, E. M. (2020). The association between negative affect and physical activity among adults in a behavioral weight loss treatment. *Psychology of Sport and Exercise*, 47, 101507. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.03.010>
- Kiviniemi, M. T., & Klasko-Foster, L. B. (2018). The behavioral affective associations model. *Affective Determinants of Health Behavior*, 185-203. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190499037.003.0009>
- Kiviniemi, M. T., Voss-Humke, A. M., & Seifert, A. L. (2007). How do I feel about the behavior? The interplay of affective associations with behaviors and cognitive beliefs as influences on physical activity behavior. *Health Psychology*, 26(2), 152-158. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.26.2.152>
- Kwan, B. M., & Bryan, A. D. (2010). Affective response to exercise as a component of exercise motivation: Attitudes, norms, self-efficacy, and temporal stability of intentions. *Psychology of Sport and Exercise*, 11(1), 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2009.05.010>
- Kwan, B. M., Stevens, C. J., & Bryan, A. D. (2017). What to expect when you're exercising: An experimental test of the anticipated affect-exercise relationship. *Health Psychology*, 36(4), 309-319. <https://doi.org/10.1037/hea0000453>
- Ladwig, M. A., Hartman, M. E., & Ekkekakis, P. (2017). Affect-based exercise prescription: An idea whose time has come? *ACSM's Health & Fitness Journal*, 21(5), 10-15. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000332>
- Lewin, K. (1943). Defining the field at a given time. *Psychological Review*, 50(3), 292-310. <https://doi.org/10.1037/h0062738>
- Lewin, K. (1951). Field theory of social science: selected theoretical papers. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 276(1), 146-147. <https://doi.org/10.1177/000271625127600135>
- Liao, Y., Shonkoff, E. T., & Dunton, G. F. (2015). The acute relationships between affect, physical feeling states, and physical activity in daily life: a review of current evidence. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01975>
- Loehr, V. G., & Baldwin, A. S. (2014). Affective forecasting error in exercise: Differences between physically active and inactive individuals. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 3(3), 177-183. <https://doi.org/10.1037/spy0000006>
- Marcora, S. (2016). Can doping be a good thing? Using psychoactive drugs to facilitate physical activity behaviour. *Sports Medicine*, 46(1), 1-5. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0412-x>
- Marques, P., Andrade, A. J., Evmenenko, A., Monteiro, D., Faria, J., Rodrigues, F., Cid, L., & Teixeira, D. S. (2023). The preference for and tolerance of exercise intensity: An exploratory analysis of intensity discrepancy in health clubs settings. *Current Psychology*, 42(24), 20629-20637. <https://doi.org/10.1007/s12144-022-03149-0>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Moshier, S. J., Hearon, B. A., Calkins, A. W., Szuhany, K. L., Utschig, A. C., Smits, J. A. J., & Otto, M. W. (2013). Clarifying the link between distress intolerance and exercise: elevated anxiety sensitivity predicts less vigorous exercise. *Cognitive Therapy and Research*, 37(3), 476-482. <https://doi.org/10.1007/s10608-012-9489-9>
- Moshier, S. J., Szuhany, K. L., Hearon, B. A., Smits, J. A. J., & Otto, M. W. (2016). Anxiety Sensitivity Uniquely Predicts Exercise Behaviors in Young Adults Seeking to Increase Physical Activity. *Behavior Modification*, 40(1-2), 178-198. <https://doi.org/10.1177/0145445515603704>
- Muotri, R. W., Bernik, M. A., & Neto, F. L. (2017). Misinterpretation of the Borg's Rating of Perceived Exertion Scale by patients with panic disorder during ergospirometry challenge. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 3(1), e000164. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2016-000164>
- Murphy, S. L., & Eaves, D. L. (2016). Exercising for the pleasure and for the pain of it: the implications of different forms of hedonistic thinking in theories of physical activity behavior. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00843>
- Nigg, C. R., Borrelli, B., Maddock, J., & Dishman, R. K. (2008). A theory of physical activity maintenance. *Applied Psychology*, 57(4), 544-560. <https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.2008.00343.x>
- Ouellette, J. A., & Wood, W. (1998). Habit and intention in everyday life: The multiple processes by which past behavior predicts future behavior. *Psychological Bulletin*, 124(1), 54-74.

- Padin, A. C., Emery, C. F., Vasey, M., & Kiecolt-Glaser, J. K. (2017). Self-regulation and implicit attitudes toward physical activity influence exercise behavior. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 39(4), 237-248. <https://doi.org/10.1123/jsep.2017-0056>
- Pedragosa, V., Cardadeiro, E., & Santos, A. (2022). *Barômetro do Fitness: Relatório Anual* (Universidade Autónoma).
- Pereira, H. V., Teixeira, D. S., & Sousa, A. (2022). "No pain, no gain": Receita para o sucesso ou fracasso na promoção da atividade física? In CIDEFES, ULHT. *Mitos vs. Factos no Desporto, Educação Física, Exercício e Saúde* (CIDEFES, ULHT).
- Pfeffer, I., & Strobach, T. (2017). Executive functions, trait self-control, and the intention-behavior gap in physical activity behavior. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 39(4), 277-292. <https://doi.org/10.1123/jsep.2017-0112>
- Pfeffer, I., & Strobach, T. (2020). Influence of a planning intervention on physical activity behavior: The moderating role of intentions and executive functions in a randomized controlled trial. *International Journal of Behavioral Medicine*, 27(5), 506-519. <https://doi.org/10.1007/s12529-020-09864-x>
- Pontzer, H., Durazo-Arvizu, R., Dugas, L. R., Plange-Rhule, J., Bovet, P., Forrester, T. E., Lambert, E. V., Cooper, R. S., Schoeller, D. A., & Luke, A. (2016). Constrained total energy expenditure and metabolic adaptation to physical activity in adult humans. *Current Biology*, 26(3), 410-417. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.12.046>
- Prévost, C., Pessiglione, M., Météreau, E., Cléry-Melin, M.-L., & Dreher, J.-C. (2010). Separate valuation subsystems for delay and effort decision costs. *Journal of Neuroscience*, 30(42), 14080-14090. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2752-10.2010>
- Raedeke, T. D., Focht, B. C., & Scales, D. (2007). Social environmental factors and psychological responses to acute exercise for socially physique anxious females. *Psychology of Sport and Exercise*, 8(4), 463-476. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2006.10.005>
- Raichlen, D. A., Foster, A. D., Gerdeman, G. L., Seillier, A., & Giuffrida, A. (2012). Wired to run: Exercise-induced endocannabinoid signaling in humans and cursorial mammals with implications for the 'runner's high.' *Journal of Experimental Biology*, 215(Part 8), 1331-1336. <https://doi.org/10.1242/jeb.063677>
- Rebar, A. L., Dimmock, J. A., Jackson, B., Rhodes, R. E., Kates, A., Starling, J., & Vandelandotte, C. (2016). A systematic review of the effects of non-conscious regulatory processes in physical activity. *Health Psychology Review*, 10(4), 395-407. <https://doi.org/10.1080/17437199.2016.1183505>
- Rebar, A. L., Elavsky, S., Maher, J. P., Doerksen, S. E., & Conroy, D. E. (2014). Habits predict physical activity on days when intentions are weak. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 36(2), 157-165. <https://doi.org/10.1123/jsep.2013-0173>
- Redelmeier, D. A., Katz, J., & Kahneman, D. (2003). Memories of colonoscopy: A randomized trial. *Pain*, 104(1-2), 187-194. [https://doi.org/10.1016/s0304-3959\(03\)00003-4](https://doi.org/10.1016/s0304-3959(03)00003-4)
- Reiss, S., & McNally, R. J. (1985). The expectancy model of fear. *Theoretical Issue in Behavior Therapy*, 107-121.
- Rhodes, R. E., & De Bruijn, G.-J. (2013). How big is the physical activity intention-behaviour gap? A meta-analysis using the action control framework. *British Journal of Health Psychology*, 18(2), 296-309. <https://doi.org/10.1111/bjhp.12032>
- Rhodes, R. E., Gray, S. M., & Husband, C. (2019). Experimental manipulation of affective judgments about physical activity: A systematic review and meta-analysis of adults. *Health Psychology Review*, 13(1), 18-34. <https://doi.org/10.1080/17437199.2018.1530067>
- Rhodes, R. E., & Kates, A. (2015). Can the affective response to exercise predict future motives and physical activity behavior? A systematic review of published evidence. *Annals of Behavioral Medicine*, 49(5), 715-731. <https://doi.org/10.1007/s12160-015-9704-5>
- Rhodes, R. E., & Sui, W. (2021). Physical activity maintenance: a critical narrative review and directions for future research. *Frontiers in Psychology*, 12, 725671. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.725671>
- Rodrigues, F., & Monteiro, D. (2021). *Mudança Comportamental em Atividade Física e Saúde*. Centro de Investigação em Qualidade de Vida.
- Rodrigues, F., & Teixeira, D. (2023a). Testing assumptions of the physical activity adoption and maintenance model: a longitudinal perspective of the relationships between intentions and habits on exercise adherence. *Perceptual and Motor Skills*, 130(5), 2123-2138. <https://doi.org/10.1177/00315125231188240>
- Rodrigues, F., & Teixeira, D. (2023b). The relationships between passions, intentions, habit and exercise frequency. *Journal of Sports Sciences*, 41(8), 803-811. <https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2240622>
- Rodrigues, F., Figueiredo, N., Teixeira, D., Cid, L., & Monteiro, D. (2022). The relationship between past exercise behavior and future exercise adherence: A sequential mediation analysis. *Journal of Sports Sciences*, 40(18), 2095-2101. <https://doi.org/10.1080/02640414.2022.2135231>
- Rodrigues, F., Macedo, R., Teixeira, D., Cid, L., & Monteiro, D. (2021). Análise comportamental da prática de exercício físico em adultos em contexto de ginásio ao longo de dois anos. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 21(1), 282-292. <https://doi.org/10.6018/cpd.433261>
- Rodrigues, F., Monteiro, D., Teixeira, D., & Cid, L. (2020a). O papel dos instrutores de fitness na adesão à prática de exercício físico em Portugal: A importância dos comportamentos de suporte e dos climas motivacionais. *Motricidade*, 16(4), 420-431. <https://doi.org/10.6063/MOTRICIDADE.21120>
- Rodrigues, F., Teixeira, D. S., Cid, L., & Monteiro, D. (2019). Promoting physical exercise participation: the role of interpersonal behaviors for practical implications. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(2), 40. <https://doi.org/10.3390/jfmk4020040>
- Rodrigues, F., Teixeira, D. S., Neiva, H. P., Cid, L., & Monteiro, D. (2020b). The bright and dark sides of motivation as predictors of enjoyment, intention, and exercise persistence. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(4), 787-800. <https://doi.org/10.1111/sms.13617>
- Ruby, M. B., Dunn, E. W., Perrino, A., Gillis, R., & Viel, S. (2011). The invisible benefits of exercise. *Health Psychology*, 30(1), 67-74. <https://doi.org/10.1037/a0021859>
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161-1178. <https://doi.org/10.1037/h0077714>
- Russell, J. A. (2003). Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychological Review*, 110(1), 145-172. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.110.1.145>
- Russell, J. A., & Barrett, L. F. (1999). Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: Dissecting the elephant. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76(5), 805-819. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.76.5.805>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54-67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (Eds.). (2017). *Self-determination theory: basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Press. <https://doi.org/10.1521/978.14625/28806>
- Santos, J., Ihle, A., Peralta, M., Domingos, C., Gouveia, É. R., Ferrari, G., Werneck, A., Rodrigues, F., & Marques, A. (2022). Associations of Physical activity and television viewing with depressive symptoms of the European adults. *Frontiers in Public Health*, 9, 799870. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.799870>
- Schneider, M., Dunn, A., & Cooper, D. (2009). Affect, exercise, and physical activity among healthy adolescents. *Journal of Sport*

- and Exercise Psychology, 31(6), 706-723. <https://doi.org/10.1123/jsep.31.6.706>
- Sheeran, P., & Abraham, C. (2003). Mediator of moderators: Temporal stability of intention and the intention-behavior relation. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 29(2), 205-215. <https://doi.org/10.1177/0146167202239046>
- Sheeran, P., & Webb, T. L. (2016). The intention-behavior gap. *Social and Personality Psychology Compass*, 10(9), 503-518. <https://doi.org/10.1111/spc3.12265>
- Smits, J. A. J., Tart, C. D., Presnell, K., Rosenfield, D., & Otto, M. W. (2010). Identifying potential barriers to physical activity adherence: anxiety sensitivity and body mass as predictors of fear during exercise. *Cognitive Behaviour Therapy*, 39(1), 28-36. <https://doi.org/10.1080/16506070902915261>
- Stevens, C. J., Baldwin, A. S., Bryan, A. D., Conner, M., Rhodes, R. E., & Williams, D. M. (2020). Affective determinants of physical activity: a conceptual framework and narrative review. *Frontiers in Psychology*, 11, 568331. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.568331>
- Strack, F., & Deutsch, R. (2004). Reflective and impulsive determinants of social behavior. *Personality and Social Psychology Review*, 8(3), 220-247. https://doi.org/10.1207/s15327957pspr0803_1
- Strobach, T., Englert, C., Jekauc, D., & Pfeiffer, I. (2020). Predicting adoption and maintenance of physical activity in the context of dual-process theories. *Performance Enhancement & Health*, 8(1), 100162. <https://doi.org/10.1016/j.peh.2020.100162>
- Teixeira, D. S., Ekkekakis, P., Andrade, A. J., Bastos, V., & Palmeira, A. L. (2023). Exploring the impact of individualized pleasure-oriented exercise sessions in a health club setting: Protocol for a randomized controlled trial. *Psychology of Sport and Exercise*, 67, 102424. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2023.102424>
- Teixeira, D. S., Marques, M., & Palmeira, A. L. (2018). Associations between affect, basic psychological needs and motivation in physical activity contexts: Systematic review and meta-analysis. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 13(2), 225-233.
- Teixeira, D. S., Monteiro, D., Rodrigues, F., Sousa, A., Chaves, C., & Cid, L. (2020). Ginásios e Health Clubs em Portugal: Estaremos perante uma República das Bananas? *Motricidade*, 16(1), 3-17. <https://doi.org/10.6063/MOTRICIDADE.19688>
- Teixeira, D. S., Rodrigues, F., Cid, L., & Monteiro, D. (2022). Enjoyment as a predictor of exercise habit, intention to continue exercising, and exercise frequency: the intensity traits discrepancy moderation role. *Frontiers in Psychology*, 13, 780059. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.780059>
- Teixeira, D. S., Rodrigues, F., Machado, S., Cid, L., & Monteiro, D. (2021). Did you enjoy it? The role of intensity-trait preference/tolerance in basic psychological needs and exercise enjoyment. *Frontiers in Psychology*, 12, 682480. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.682480>
- Vasiljevic, M., Ng, Y., Griffin, S. J., Sutton, S., & Marteau, T. M. (2016). Is the intention-behaviour gap greater amongst the more deprived? A meta-analysis of five studies on physical activity, diet, and medication adherence in smoking cessation. *British Journal of Health Psychology*, 21(1), 11-30. <https://doi.org/10.1111/bjhp.12152>
- Williams, D. M. (2008). Exercise, affect, and adherence: an integrated model and a case for self-paced exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 30(5), 471-496. <https://doi.org/10.1123/jsep.30.5.471>
- Williams, D. M. (2019). *Darwinian hedonism and the epidemic of unhealthy behavior*. Cambridge University Press.
- Williams, D. M. (2023). A meta-theoretical framework for organizing and integrating theory and research on motivation for health-related behavior. *Frontiers in Psychology*, 14, 1130813. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1130813>
- Williams, D. M., & Bohlen, L. C. (2019). *Motivation for exercise: Reflective desire versus hedonic dread*.
- Williams, D. M., & Evans, D. R. (2014). Current emotion research in health behavior science. *Emotion Review*, 6(3), 277-287. <https://doi.org/10.1177/1754073914523052>
- Williams, D. M., Rhodes, R., & Conner, M. (2018). Psychological hedonism, hedonic motivation, and health behavior. *Affective Determinants of Health Behavior*, 204-234. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190499037.003.0010>
- World Health Organization (2022). *Global status report on physical activity*. World Health Organization.
- Zenko, Z., Ekkekakis, P., & Ariely, D. (2016). Can you have your vigorous exercise and enjoy it too? Ramping intensity down increases postexercise, remembered, and forecasted pleasure. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 38(2), 149-159. <https://doi.org/10.1123/jsep.2015-0286>
- Zhu, J., & Thagard, P. (2002). Emotion and action. *Philosophical Psychology*, 15(1), 19-36. <https://doi.org/10.1080/09515080120109397>

