

Destaques

Changes in Plantar Pressure Levels Generated Using Military Backpack During Standing Position: An Experimental Study

Mudanças nos níveis de pressão plantar gerados usando mochila militar durante a posição em pé: um estudo experimental

Suplementação antioxidante aguda e prevenção de dano lipídico e muscular de ciclistas em prova de longa duração: estudo experimental

Acute Antioxidant Supplementation and Prevention of Lipid and Muscle Damage In Long-Term Cycling Competition: An Experimental Study

Physical Exercise and CoVID-19: A Brief Narrative Review on Immunology, Prevention and Recovery

Exercício físico e CoVID-19: imunologia, prevenção e recuperação: uma breve revisão narrativa



CORPO EDITORIAL

Editor-Chefe Honorário

General de Brigada Luiz Alberto Cureau Junior, Chefe do Centro de Capacitação Física do Exército (CCFEx)

Coordenador Geral

Coronel Renato Souza Pinto Soeiro (MS), Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx)

Editor-Chefe

Profa. Dra. Lilian C. X. Martins, Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx) e Centro de Capacitação Física do Exército (CCFEx)

Editor-Chefe-Adjunto

Profa. Dra. Danielli Braga de Mello, Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx)

Conselho Editorial

Profa. Dra. Adriane Mara de Souza Muniz

Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx) – RJ, Brasil

Prof. Dr. Aldair José de Oliveira

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) – RJ, Brasil

Coronel R/1 Alfredo Bottino (MSc)

Niterói / RJ

Profa. Dra. Cíntia Mussi Alvim Stocchero

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) – RS, Brasil

Profa. Dra. Eliziane Cossetin Vasconcelos

Universidade Federal de Sergipe (UFS) – SE, Brasil

Coronel R/1 Luciano Vieira (MSc)

Windermere / FL, Estados Unidos da América

Profa. Dra. Maria Cláudia Pereira

Colégio Militar de Brasília (CMB) – DF, Brasil

Coronel R/1 Mauro Guaraldo Secco (MSc)

Centro de Capacitação Física do Exército (CCFEx) – RJ, Brasil

Corpo Consultivo

Prof. Dr. Maurício Gattás Bara Filho, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora / MG, Brasil

Prof. Dr. Marcelo Callegari Zanetti, Universidade São Judas Tadeu e Universidade paulista - São José do Rio Pardo / SP, Brasil

Profa. MS Cíntia Ehlers Botton, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Rio Grande do Sul / RS, Brasil

Profa. Dra. Christy

Profa. Dra. Izabela Mocaiber Freire, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói / RJ, Brasil

Prof. Dr. Aldair José de Oliveira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Instituto de Educação, Departamento de Educação Física e Desportos (DEFD), Seropédica / RJ, Brasil

Prof. Dr. Guilherme Rosa, Grupo de Pesquisas em Exercício Físico e Promoção da Saúde – Universidade Castelo Branco (UCB), Rio de Janeiro / RJ, Brasil

Ten Cel (Prof Dr) Samir Ezequiel da Rosa, Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), Rio de Janeiro, Brasil

Prof. MS Guilherme Bagni, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP), Rio Claro / SP, Brasil

Prof. Dra. Ana Elizabeth Gondim Gomes, Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Fortaleza / CE, Brasil

Profa. Dra. Patrícia dos Santos Vigário, Centro Universitário Augusto Motta, Brasil

Prof. MS. Michel Moraes Gonçalves, Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), Brasil

Profa. Dra. Lucilene Ferreira, Universidade Sagrado Coração (USC), Brasil

Sra. MS Michela de Souza Cotian, Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), Brasil

Prof. MS Marco Antonio Muniz Lippert, Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), Brasil

Prof. Dr. Antonio Alias, Universidad de Almeria (UAL), Espanha

Prof. Dr. Marcos de Sá Rego Fortes, Colégio Militar do Rio de Janeiro (CMRJ), Brasil

Profa. Dra. Miriam Raquel Meira Mainenti, Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx), Brasil

Prof. Dr. Runer Augusto Marson, Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), Brasil

Profa. Dra. Ângela Nogueira Neves, Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx), Brasil

Prof. MS Leandro de Lima e Silva, Centro de Capacitação Física do Exército (CCFEx) e Instituto de Educação Física e Desportos (IEFD) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), RJ, Brasil

Coronel R/1 Luciano Vieira (MS), Windermere / FL, Estados Unidos da América

APOIO ADMINISTRATIVO

Ten Cel Eduardo de Motta Maia Sampaio
Major Raney Martins de Almeida
2º.Sargento Gabriele Gomes Augusto

EXPEDIENTE

A *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education* é uma publicação para divulgação científica do Exército Brasileiro, por meio do Centro de Capacitação Física do Exército (CCFEx), do Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx) e da Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx).

Sua publicação é trimestral e de livre acesso sob licença [Creative Commons](#), que permite a utilização dos textos desde que devidamente referenciados.

Os artigos assinados são de inteira responsabilidade dos autores.

Revista de Educação Física / Journal of Physical Education

Centro de Capacitação Física do Exército
Av. João Luís Alves, S/Nº - Fortaleza de São João – Urca
CEP 22291-090 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil.

FICHA CATALOGRÁFICA

Revista de Educação Física / Journal of Physical Education. Ano 1 nº 1 (1932)

Rio de Janeiro: CCFEx 2021

v.:II.

Trimestral.

Órgão oficial do: Exército Brasileiro

ISSN 2447-8946 (eletrônico)

ISSN 0102-8464 (impresso)

1. Educação Física – Periódicos.
2. Desportos.
3. Psicologia.
4. Cinesiologia/Biomecânica.
4. Epidemiologia da Atividade Física.
5. Saúde.
6. Metodologia em Treinamento Físico.
7. Medicina do Esporte e do Exercício.
8. Neurociência.
9. Nutrição.

INDEXAÇÕES

- LATINDEX
- Portal LivRe!
- Portal Periódicos CAPES
- Sumários.org
- DIADORIM
- IRESIE
- CiteFactor.org
- Google Acadêmico
- DOAJ

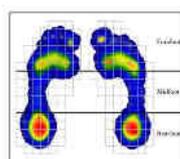
Fotos da Capa:



Marcha militar. Exército Brasileiro.
http://www.eb.mil.br/web/haiti/noticias-braengcoy/-/asset_publisher/u1eNJ9eDHugv/content/marcha-a-pe-de-16-km/8032597



Estudo biomecânico da marcha.
<https://sanicorsalud.es/servicios/sanicator-servicios-estudio-biomecanico-de-la-marcha/>



Análise da distribuição plantar da carga de peso. Artigo: "Changes in Plantar Pressure Levels Generated Using Military Backpack During Standing Position: An Experimental Study"

EDITORIAL

Caro leitor,

Como Diretor do Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx) sinto-me honrado pela oportunidade de escrever mais um editorial da nossa **Revista de Educação Física/Journal of Physical Education**.

Nesta edição os temas foram relacionados a Aspectos Metodológicos do Treinamento Físico e Esportivo; Atividade Física e Saúde; Biomecânica; e Nutrição. Os artigos originais foram:

“Comparação da estratégia de corrida em atletas africanos e não africanos na prova de 5.000 metros do atletismo: estudo transversal”. Na pesquisa foram extraídos dados de 43 atletas das provas finais dos 5.000 m masculino dos três últimos campeonatos mundiais. Os atletas foram divididos em dois grupos: atletas africanos (n=30) e não africanos (n=13) e a velocidade atingida a cada quilômetro foi utilizada para determinar a estratégia de corrida.

“Influência do pé e suas características no risco de lesões associadas ao equilíbrio dinâmico em jogadores de futebol: um estudo observacional”, que verificou a influência de algumas características do pé no risco de lesões associadas ao equilíbrio dinâmico em jovens jogadores de futebol.

“Alterações nos níveis de pressão plantar geradas pelo uso de mochila militar durante a posição ortostática: um estudo experimental”, que teve por objetivo identificar as alterações na pressão plantar durante a postura estática usando mochila militar com 15 kg, 20 kg, 25 kg e sem carga (NL) comparando com um grupo controle; e verificar se coturno fornecido pelo Exército Brasileiro contribui para a redução da pressão plantar.

“Suplementação antioxidante aguda previne dano lipídico e muscular de ciclistas em prova de longa duração”, que analisou o efeito da suplementação de vitamina E (α -tocoferol), vitamina C (ácido ascórbico) e ácido graxo ômega 3 no dano oxidativo de 20 atletas masculinos em uma prova de ciclismo de longa duração.

Também foi publicado um artigo de revisão na língua inglesa intitulado “*Exercise and CoViD-19: A Brief Narrative Review on Immunology, Prevention and Recovery*”, em que foram examinados os seguintes temas: *CoViD-19 a disease of the endothelial system; Exercise and immunity; Physical activity, mental health and inflammation; e The relationship between physical activity and CoViD-19.*

Desejo a todos uma boa leitura deste volume, que ele possa contribuir para construção de um conhecimento científico sólido e na aproximação dos nossos articulistas, editores e leitores da nossa **Revista de Educação Física/Journal of Physical Education**.

Renato Souza Pinto Soeiro – Cel Art QEMA
Diretor do IPCFEx

SUMÁRIO
v 90 n 3 (2021)

Nutrição em Exercício e Saúde

Original

- Suplementação antioxidante aguda e prevenção de dano lipídico e muscular de ciclistas em prova de longa duração: estudo experimental** 211
Acute Antioxidant Supplementation and Prevention of Lipid and Muscle Damage in Long-Term Cycling Competition: An Experimental Study
Luiz Casemiro Krzyzaniak Grando , Augusto Poloniato Gelain, Marcela Cararo , Camila Gatto, Thaís Pasqualli, Luciano de Oliveira Siqueira

Cinesiologia / Biomecânica

Original

- Changes in Plantar Pressure Levels Generated Using Military Backpack During Standing Position: An Experimental Study** 224
Mudanças nos níveis de pressão plantar gerados usando mochila militar durante a posição em pé: um estudo experimental
Fabio Alves Machado Gomes, Klinger Alex Fernandes, Marco Túlio Baptista, Trent Ray Nessler, Eduardo Camilo Martinez, Runer Augusto Marson

Original

- Influência do pé e suas características no risco de lesões associadas ao equilíbrio dinâmico em jogadores de futebol: um estudo observacional** 235
Influence of the Foot and its Characteristics on the Risk of Injury Associated with Dynamic Balance in Soccer Players: An Observational Study
Miguel Angel Campo Ramírez

Aspectos Metodológicos do Treinamento Físico e Esportivo

Original

- Comparação da estratégia de corrida em atletas africanos e não africanos na prova de 5.000 metros do atletismo: estudo transversal** 246
Comparison of Running Strategy in African and Non-African Athletes in the 5,000-Meter Athletics Event: A Sectional Study
Diego Alcantara Borba, Felipe Martins Bernardes , João Paulo Santos Diniz

Atividade Física e Saúde

Original

- Exercise and CoViD-19: A Brief Narrative Review on Immunology, Prevention and Recovery** 253
Exercício físico e CoViD-19: uma breve revisão narrativa em imunologia, prevenção e recuperação
Lilian Martins, Renato Soeiro



Artigo Original

Original Article

Suplementação antioxidante aguda e prevenção de dano lipídico e muscular de ciclistas em prova de longa duração: estudo experimental

Acute Antioxidant Supplementation and Prevention of Lipid and Muscle Damage in Long-Term Cycling Competition: An Experimental Study

Luiz Casemiro Krzyzaniak Grando¹; Augusto Poloniato Gelain¹; Marcela Cararo¹ Camila Gatto¹; Thais Pasqualli¹; Luciano de Oliveira Siqueira^{§1}

Recebido em: 04 de junho de 2021. Aceito em: 23 de julho de 2021.

Publicado online em: 14 de outubro de 2021.

DOI: 10.37310/ref.v90i3.2763

Resumo

Introdução: A transição epidemiológica e demográfica, o sedentarismo e o estímulo ao desenvolvimento de atividades físicas regulares sem a devida orientação de profissionais podem estar relacionados a distúrbios osteoarticulares e musculares.

Objetivo: Analisar o efeito da suplementação de vitamina E (α -tocoferol), vitamina C (ácido ascórbico) e ácido graxo Ômega 3 no dano oxidativo de 20 atletas masculinos em uma prova de ciclismo de longa duração.

Métodos: Realizou-se um estudo clínico randomizado de 20 atletas participantes de uma prova de ciclismo de 200 km.

Resultados: O grupo suplementado apresentou uma menor dano lipídico (redução de TBARS $p < 0,005$) por consumo de glutathione (redução de grupamentos Sh não-proteicos, $p < 0,05$) e menor dano muscular (redução de Creatina quinase mm $p < 0,05$).

Conclusão: A suplementação antioxidante mostrou-se efetiva para redução do estresse oxidativo, lipoperoxidação permitindo menor grau de dano/fadiga muscular determinada pela atividade CK-mm.

Palavras-chave: antioxidantes, suplementos nutricionais, ciclismo, treino aeróbico.

Pontos Chave

- O grupo suplementado apresentou menor dano lipídico do que o grupo controle.
- O grupo suplementado apresentou menor dano muscular do que o grupo controle.
- A suplementação antioxidante aguda mostrou-se efetiva para redução do estresse oxidativo, lipoperoxidação em prova de ciclismo de longa duração.

Abstract

Introduction: The epidemiological and demographic transition, sedentary lifestyle, and encouragement to develop regular physical activities without proper guidance from professionals may be related to osteoarticular and muscle disorders.

Objective: The aim of the present study was to analyze the effect of vitamin E (α -tocopherol) supplementation, vitamin C (ascorbic acid) and omega 3 fatty acid in the oxidative damage of 20 male athletes in a long-term cycling event.

Methods: A randomized clinical study of 20 athletes participating in a 200 km cycling event was carried out.

[§]Autor correspondente: Luciano de Oliveira Siqueira – e-mail: luciano@upf.br

Afiliações: Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brasil.

Results: The supplemented group showed less lipid damage (reduction of TBARS $p<0.005$) by glutathione consumption (reduction of non-protein Sh groups, $p<0.05$) and less muscle damage (reduction of Creatine kinase mm $p<0.05$).

Conclusion: Antioxidant supplementation proved to be effective in reducing oxidative stress, lipoperoxidation allowing a lower degree of muscle damage/fatigue determined by CK-mm activity.

Keywords: antioxidants, dietary supplements, bicycling, endurance training.

Key Points

- The supplemented group had less lipid damage than the control group.
- The supplemented group had less muscle damage than the control group.
- Acute antioxidant supplementation proved to be effective in reducing oxidative stress, lipoperoxidation in long-term cycling competition.

Suplementação antioxidante aguda e prevenção de dano lipídico e muscular de ciclistas em prova de longa duração: um estudo experimental

Introdução

Durante o esforço físico de longa duração, é possível que haja depleção de nutrientes e de antioxidantes necessários para o metabolismo o que, devido ao estresse oxidativo, pode predispor a lesões e comprometer o desempenho atlético(1). Além disso, em longo prazo, o desequilíbrio entre os antioxidantes ingeridos e os radicais livres produzidos pelo metabolismo pode resultar em dano de membranas, lipídeos, proteínas e ácidos nucléicos(2,3,4). Consequentemente, pode haver aceleração do processo de envelhecimento, desgastes osteoarticulares, fadiga crônica, *overtraining* (excesso de treinamento) e lesões de fibras musculares(4,6). Do ponto de vista esportivo, acarreta redução da função muscular com a liberação de enzimas musculares, alterações histológicas, dor muscular e perda de rendimento atlético(16-17).

Após uma prova de longa duração, as reservas antioxidantes parecem ser mobilizadas na tentativa de reduzir o estresse oxidativo promovido pelas espécies reativas de oxigênios (EROs). Ou seja, o

treinamento físico induz a produção de enzimas antioxidantes como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutathione peroxidase (GPx) que auxiliam no processo de neutralização de radicais livres(2,16).

O equilíbrio entre antioxidantes e pró-oxidantes pode preservar a integridade de membrana, de receptores e na própria bomba de sódio e potássio, evitando assim um distúrbio eletrolítico mediante a suplementação com antioxidantes(17,18). Esta homeostase redox poderia diminuir o processo de fadiga, ainda evitaria lesões musculares causadas pelo estresse eletrolítico provocado pelo estresse oxidativo(11, 20).

Ademais, após um exercício físico intenso uma acelerada absorção de água e eletrólitos pode prevenir alterações na homeostase hidroeletrólítica gerando um melhor rendimento físico. A reposição de eletrólitos, nutrientes e líquidos mantém o volume de fluido extracelular e abastece energeticamente o músculo(16).

A resposta adaptativa ao exercício físico é determinada por uma combinação de fatores: duração, intensidade, o tipo do

exercício, a frequência em que é realizado, mas também a qualidade e a quantidade da nutrição pré e pós atividade física(7,8).

Considerando os efeitos antioxidantes promovidos pela vitamina E e ácido graxo Ômega 3 (em meio lipídico) e da vitamina C (no meio hídrico), o objetivo do presente estudo foi analisar se a suplementação antioxidante vitamina E (α -tocoferol), vitamina C (ácido ascórbico) e ácido graxo Ômega 3 pode prevenir o dano oxidativo e melhorar o desempenho metabólico/energético durante uma prova de ciclismo de longa duração.

Métodos

Desenho de estudo e amostra

Trata-se de um ensaio clínico randomizado de participantes de uma prova de ciclismo de resistência (AUDAX 200 km). Os atletas foram entrevistados, procedida anamnese e de coleta de dados antropométricos, seguida de coleta de amostras de sangue antes e após a realização de uma prova de ciclismo de 200 km.

E-fliers (panfletos digitalizados) do projeto foram enviados por mail e publicados nas redes sociais pelos organizadores convidando todos 121 inscritos em uma prova de ciclismo de resistência de 200 km (AUDAX) realizado em 2016. Foram selecionados praticantes regulares de ciclismo, que praticam o esporte há mais de dois anos e participaram de pelo menos duas provas (AUDAX) nos dois anos antecedentes à prova. Todos os indivíduos deveriam ser não-fumantes e não usuários de medicamentos e/ou bebidas alcoólicas de forma regular. Após a aplicação dos critérios de inclusão, foram incluídos no estudo vinte indivíduos do sexo masculino, média de idade de $38\pm 5,8$ (anos); peso $82,5\pm 8,4$ (kg); estatura $1,73\pm 0,068$ (cm), caucasianos, IMC $27,42$ $\text{kg}/\text{cm}^2\pm 2,1$.

Aspectos éticos

O trabalho foi desenvolvido segundo declarações e diretrizes sobre pesquisas que envolvem seres humanos: o Código de Nuremberg, Declaração de Helsinque e resolução nº 466 de 12 de dezembro de

2012. O protocolo do estudo foi previamente submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Passo Fundo sob número de registro 1.049.633 e CAAE: 44655815.8.0000.5342.

Variáveis de estudo

As variáveis desfecho foram dano oxidativo e desempenho metabólico-energético. A variável de exposição foi a suplementação antioxidante (vitamina E, Vitamina C e ácido graxo Ômega 3). Idade; medidas antropométricas – peso (kg), altura (m); Índice de Massa Corporal (IMC) foram as covariáveis utilizadas para caracterizar a amostra. As condições climáticas constituíram-se em uma covariável de caracterização do ambiente no qual foi realizado o estudo, fator importante a ser considerado em esportes de longa duração(12).

Dano oxidativo

Dano oxidativo (variável desfecho) foi examinado por meio da análise dos parâmetros sanguíneos: Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) que avalia o grau de dano lipídico induzido por radicais livres; Grupamentos tiólicos proteicos e não proteicos, como medida indireta da glutathione, o principal antioxidante endógeno corporal; Determinação de nitratos como medida indireta da produção de óxido nítrico; Polifenóis, compostos fenólicos com potencial antioxidantes; e albumina modificada pela isquemia.

TBARS: para a avaliação da peroxidação lipídica, foi medida a formação de espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) por meio de uma reação ácida aquecida(5). Trezentos microlitros de soro foram misturadas com 600uL de ácido tricloroacético (TCA) 15% e centrifugadas a 10.000rpm por 10 min. 500uL o sobrenadante foi adicionado a 500uL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,67%. As amostras foram aquecidas em um banho-maria a 100°C durante 20 minutos. As espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico foram quantificadas pela absorbância em 535nm no espectrofotômetro utilizando

uma curva padrão de 1,1,3,3, tetrametoxipropano e os resultados expressos em nmol.

Grupos sulfídricos totais e não protéicos: para a quantificação dos grupos sulfídricos totais (-SH totais) do plasma, a amostra foi diluída na proporção de 1:500 em tampão fosfato de potássio 1M, pH 7,0. Em 2 ml da diluição foi adicionado 20 μ L de ácido 5,5'-ditio-bis-2-nitrobenzóico (DTNB) 30 mM. A absorbância de uma amostra referência, sem a adição de DTNB, foi descontada do valor obtido, a fim de subtrair a absorbância causada por substâncias interferentes, tais como o grupo heme no plasma. O desenvolvimento de cor se dá pela reação dos grupos tióis com DTNB e, conseqüentemente, liberação de DTNB, a qual pode ser medida espectrofotometricamente em 412 nm ($\epsilon=13.600/M.cm$).

A produção de NO foi avaliada indiretamente pela leitura colorimétrica do nitrito nas diferentes amostras pelo reagente de Griess. Preparou-se uma solução de estoque de nitrito de sódio a 1M para elaboração de curva padrão e iniciado a curva com 5nmol. Para dosagem de óxido nítrico pelo método de Griess foi, inicialmente, preparada solução Griess (*Griess reagent modified* - Sigma) e armazenada separadamente a 4°C em frascos de vidro e protegidos da luz. 400uL de soro foi adicionado a 400uL de TCA 50%, agitado em vortex e centrifugado a 10.000 rpm por 10 min. 500uL de sobrenadante foram adicionados a 500uL do reativo de Griess e incubado a 37°C por 30 min. Em seguida, procedeu-se a leitura espectrofotométrica da reação a 540nm utilizando padrão de nitrito de sódio como curva padrão.

A determinação de polifenóis foi realizada utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu. A solução de Folin 1N foi preparada utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (Merck). Em tubo de ensaio foram adicionados 100 μ L de plasma e 300 μ L de ácido tricloroacético, centrifugado a 10.000RPMs. 100 μ L do sobrenadante foi misturado a 100 μ L da solução de Folin, 200 μ L de solução saturada de carbonato de sódio e o volume foi completado com água

deionizada até 1900 μ L. A solução reagiu no escuro á temperatura ambiente por 30 minutos e posteriormente foi realizada a leitura em espectrofotômetro semi-automatizado (Biosystems BTS 350) a 750nm utilizando uma curva padrão de ácido tânico 0,5mg/ml. Os resultados foram expressos em nmol de polifenóis/g de proteína.

As dosagens séricas de Albumina modificada pela isquemia (IMA), que é um indicador de dano oxidativo, foram realizadas pelo teste de ligação do cobalto com albumina. 200 μ L de soro foram incubados com 50 μ L de solução de cloreto de cobalto a 16,8nM e 1,0 ml de tampão fosfato salino pH 8,6. A mistura amostra/cobalto/tampão foi incubada por 10min para permitir a ligação do cobalto á albumina e procedida a leitura espectrofotométrica em 500nm. Após a leitura, adicionou-se 50 μ L de Ditiotreitól (DDT) 9,7mM. O DDT reage com o cobalto livre (não sequestrado pelo N-terminal da proteína) formando um produto corado. A mistura foi incubada a 37°C por mais 2 minutos e lida em espectrofotômetro em 500nm. Os resultados da IMA se deu pela subtração das duas leituras e expressos em unidades de absorbância (ABSU).

Desempenho metabólico/energético

O desempenho metabólico/energético foi examinado por meio da análise dos parâmetros sanguíneos:

Perfil lipídico (triglicerídeos, colesterol total e frações) foram determinadas espectrofotometricamente utilizando kits de análise bioquímica comercial (Labtest®), seguindo as normas do fabricante com leitura em espectrofotômetro semi-automatizado Biosystems BTS350.

Perfil proteico (albumina, proteínas totais, ureia) foram determinadas espectrofotometricamente utilizando kits de análise bioquímica comercial (Labtest®), seguindo as normas do fabricante com leitura em espectrofotômetro semi-automatizado Biosystems BTS350.

A glicose foi determinada espectrofotometricamente utilizando kits de análise bioquímica comercial (Labtest®) seguindo

as normas do fabricante com leitura em espectrofotômetro semiautomatizado Biosystems BTS350.

Cálcio, cloro, fósforo e magnésio: a determinação se deu utilizando kits de análise bioquímica comercial (Labtest®) seguindo as normas do fabricante com leitura em espectrofotômetro semiautomatizado Biosystems BTS350.

Sódio e potássio: amostras de soro foram previamente diluídas 1:200, seguida de análise bioquímica pelo princípio da fotometria de chama (Micronal B-462).

Além desses, foram examinados parâmetros indicativos de dano muscular relacionado ao desempenho metabólico/energético: creatina quinase (CK); lactato desidrogenase (LDH); Aspartato aminotransferase (TGO/AST). A creatinina foi determinada espectrofotometricamente utilizando kits de análise bioquímica comercial (Biotecnica®) seguindo as normas do fabricante com leitura em espectrofotômetro semiautomatizado Biosystems BTS350. E os demais parâmetros foram determinados utilizando-se kits de análise bioquímica comercial (Labtest®) seguindo as normas do fabricante com leitura em espectrofotômetro semiautomatizado Biosystems BTS350.

Intervenção

A intervenção experimental consistiu em administração de uma cápsula de vitamina C 1000mg (Sundown Naturals/Brasil), uma cápsula de vitamina E 400UI (Aché/Brasil) e uma cápsula de óleo Ômega 3 1000mg (Laboratório Catarinense/Brasil) 30 minutos antes da competição e outra no meio da prova, ao se completar 100 km.

Covariáveis

Para fins de aplicação dos critérios de inclusão e comprovação de indivíduos não fumantes ou consumidores regulares de álcool, aplicou-se questionários que avaliam o consumo de álcool mediante aplicação do Teste de Identificação de Distúrbio de Uso do Álcool (AUDIT) conforme descrito por Piccinelli et al.(15), a análise da dependência a nicotina aplicou-se o Questionário de Tolerância de

Fagerström, em pacientes adultos fumantes. Na entrevista, coletou-se dados pessoais e antropométricos, recordatório alimentar das últimas 12h, (peso e altura) e calculou-se o IMC pela fórmula: peso(kg)/altura(m²) e consumo de água no decorrer da prova.

Procedimento experimental

Os voluntários para participar do estudo, assinaram o TCLE e foram listados e alocados aleatoriamente em dois grupos por meio de sorteio (moeda): Grupo suplementado (GS) (10 indivíduos); e Grupo Controle (GC) (10 indivíduos), totalizando uma amostra de 20 indivíduos.

Ao GS com antioxidante, foi fornecido uma cápsula de vitamina C 1000mg (Sundown Naturals/Brasil), uma cápsula de vitamina E 400UI (Aché/Brasil) e uma cápsula de óleo Ômega 3 1000mg (laboratório Catarinense/Brasil) 30 minutos antes da competição. Uma segunda dose de suplementação foi feita no meio da prova, ao completar 100 km. Os suplementos são aprovados para comercialização pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e *Food Drug and Administration* (FDA). Enquanto isso, o GC não recebeu nenhum tipo de suplementação especial.

Após a aplicação dos questionários e dos suplementos, procedeu-se a coleta de 10 ml de sangue na fossa ante cubital antes e imediatamente após o término da prova. As amostras de sangue foram transferidas para tubos contendo anticoagulantes específicos para cada análise bioquímica proposta, mantido em gelo e posteriormente processado e analisado.

As condições climáticas foram aferidas antes do início da competição.

Análise estatística

Os resultados foram avaliados em medidas de tendência central (média) e medidas de dispersão (desvio e erro padrão). A seguir, de forma pareada os resultados finais (pós-prova) foram subtraídos dos resultados iniciais (repouso) a fim de determinar a variação de concentração dos analitos avaliados. Procedeu-se análise da estatística descritiva dos resultados e compilados numa planilha.

Para as diferenças de concentrações dos analitos coletados em repouso e pós-esforço dos atletas GC e GS, determinou-se a distribuição normal mediante testes de Shapiro-Wilk. Para amostras de distribuição não gaussiana (não normal), foram aplicados testes não paramétricos de Wilcoxon-Mann-Whitney. Para comparação de grupos, considerou-se $p < 0,05$ como estatisticamente significativa.

Resultados

Participaram do estudo 20 indivíduos caucasianos, do sexo masculino apresentan-

do as seguintes médias: idade $38 \pm 5,8$ (anos), peso $82,5 \pm 8,4$ (kg); estatura $1,73 \pm 0,06$ (cm); IMC $27,42 \text{ kg/cm}^2 \pm 2,1$. Todos eram praticantes regulares de ciclismo, que praticavam o esporte há mais de dois anos e participaram de pelo menos duas provas (AUDAX) de 200 km nos últimos dois anos. Nenhum indivíduo era fumante ou faziam uso de medicamentos e/ou bebidas alcoólicas de forma regular.

A competição teve início às 06:00h, quando a temperatura estava em torno de $3,4^\circ\text{C}$ (Tabela 1).

Tabela 1 – Condições climáticas no dia da realização da prova

Hora	Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Umidade (%)	Pressão (hPa)	Vento (m/s)	Dir. ($^\circ$)	Chuva (mm)
06:00	3,4	58	943.9	2.1	18	0
12:00	8,6	50	945.6	3.1	5	0
18:00	17,8	33	943.5	4.1	18	0

A análise estatística dos resultados demonstrados na Tabela 2 mostra uma elevação estatisticamente significativa ($p=0,04$) na concentração de glicose após 200 km comparado com o repouso do GC. No GS houve uma diminuição da concentração de glicose após 200 km quando comparado com o repouso.

As concentrações de proteínas totais e albumina se mantiveram praticamente iguais no repouso e após 200 km em ambos os grupos, com diferença estatisticamente significativa ($p=0,04$) entre os grupos controle e suplementado.

Não houve diferença significativa dos níveis de ureia ($p < 0,35$) comparado com o repouso. No entanto, análise comparativa entre os grupos mostrou uma elevação de 74% no GC e de 50,5% no GS.

A análise estatística dos demais parâmetros metabólicos: colesterol, LDL, HDL, triglicerídeos e creatinina não mostraram diferença significativa ($p > 0,05$).

O GC teve acesso ao mesmo volume de água e eletrólitos que o GS. A análise do questionário pré e pós-prova constatou-se que o consumo médio de água de todos os participantes independentemente do grupo, foi de 2,78L ($\pm 1,17$) combinado ao uso de isotônico comercial no volume médio de

$0,85 \pm 0,39$ considerado adequado para as condições climáticas do dia (inverno).

A análise da atividade da lactato desidrogenase (LDH) pré e pós prova apontou uma elevação de da sua atividade em ambos os grupos: GC (53%) e GS (61%). Como a elevação foi proporcional em ambos os grupos, não houve diferença significativa entre os grupos GC e GS.

A análise dos resultados de aminotransferases TGO/AST mostra que houve uma elevação de 35% no GC e de 51% no GS, no entanto, esta elevação não mostrou diferença significativa entre os grupos.

O dano oxidativo lipídico determinado pela dosagem de TBARS mostra uma redução estatisticamente significativa no GS (41% de redução; $p=0,003$). O menor dano lipídico de membrana no GS pode ter contribuído para uma menor atividade da creatina quinase neste grupo (elevação de 788% no GC contra 145% no GS).

O GS apresentou uma redução estatisticamente significativa na concentração de grupamentos SH não proteicos ($p=0,045$). Este biomarcador é uma medida indireta da glutathione, um dos principais antioxidantes plasmáticos, o que justificaria o menor dano lipídico e da atividade da CK-mm.

Tabela 2 – Efeito da suplementação de vitaminas E e C e de ácido graxo Ômega 3 sobre dano oxidativo e desempenho metabólico/energético de atletas de ciclismo em percurso de longa duração (200 km)

Parâmetros sanguíneos	Repouso (A)		Após 200 km (B)		Variação percentual Geral de A para B		P
	GC (média±DP)	GS (média±DP)	GC (média±DP)	GS (média±DP)	GC (%)	GS (%)	
	<i>Desempenho metabólico/energético</i>						
Glicose (mg/dl)	87,0 ± 7,0	88,6 ± 8,7	98,0 ± 9,0	69,5 ± 6,5	+13%	-21%	0,004*
Colesterol (mg/dl)	205,0 ± 40,9	225,0 ± 39,4	200,0 ± 35,0	204,3 ± 29,1	-2,5%	-9,4%	0,050*
LDL (mg/dl)	96,0 ± 34,0	128,8 ± 30,9	99,3 ± 28,3	122,0 ± 31,5	+3,4%	-5,1%	0,508
HDL (mg/dl)	49,4 ± 16,9	63,6 ± 12,4	49,6 ± 16,1	64,0 ± 15,4	+0,4%	+0,6%	0,841
Triglicérides (mg/dl)	282,6 ± 184,9	162,0 ± 87,0	213,2 ± 156,5	128,5 ± 70,2	-24,4%	-20,5%	0,606
Proteínas totais (g/dl)	8,3 ± 0,4	7,7 ± 0,3	8,3 ± 0,3	7,7 ± 0,4	0	0	0,704
Albumina (g/dl)	4,2 ± 0,1	3,9 ± 0,1	4,3 ± 0,1	4,0 ± 0,1	+2,4%	+2,4%	0,403
Ureia (mg/dl)	36,0 ± 5,6	49,2 ± 8,1	62,8 ± 16,4	74,0 ± 3,7	+74,0%	+50,5%	0,350
Creatinina (mg/dl)	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,3 ± 0,3	1,3 ± 0,0	9,0%	0	0,255
Sódio (mmol/L)	146,6 ± 2,4	144,2 ± 1,1	144,2 ± 2,5	144,0 ± 2,2	-1,2%	-0,1%	0,149
Potássio (mmol/L)	4,4 ± 0,4	4,4 ± 0,3	4,8 ± 0,5	4,5 ± 0,2	+10%	+2,5%	0,559
Cloro (mmol/L)	106,6 ± 7,9	100,0 ± 5,6	101,8 ± 2,8	100,8 ± 3,1	-4,5%	0%	0,279
Magnésio (mg/dl)	2,3 ± 0,4	3,8 ± 3,5	2,2 ± 0,3	4,4 ± 4,6	-3,0%	+17%	0,361
Cálcio (mg/dl)	10,2 ± 0,8	9,3 ± 1,5	10,3 ± 0,9	9,5 ± 1,7	+1,6%	+2,6%	0,457
Fósforo (mg/dl)	6,2 ± 1,0	6,4 ± 0,4	7,2 ± 0,9	6,7 ± 0,5	+17%	+4,7%	0,241

(continua)

Parâmetros sanguíneos	Repouso (A)		Após 200 km (B)		Variação percentual Geral de A para B		P
	GC (média±DP)	GS (média±DP)	GC (média±DP)	GS (média±DP)	GC (%)	GS (%)	
<i>Dano oxidativo</i>							
TBARS	0,16 ± 0,11	0,17 ± 0,09	0,16 ± 0,07	0,10 ± 0,07	0%	-41,1%	0,003*
Creatina quinase – CK (UI/L)	115,6 ± 3,3	143,4 ± 8,2	789,8 ± 29,1	350,5 ± 11,4	+788%	+145%	0,001*
Lactato desidrogenase – LDH (UI/L)	261,0 ± 7,5	183,2 ± 9,6	400,4 ± 10,7	295,3 ± 7,1	+53,0%	+61,0%	0,174
Aspartato aminotransferase (TGO/AST) (UI/L)	29,2 ± 0,9	25,6 ± 2,9	39,0 ± 3,3	38,8 ± 6,8	+35,0%	+51,0%	0,393
Grupamentos SH totais (ηM)	8,8 ± 0,1	8,2 ± 0,1	8,8 ± 0,2	8,1 ± 0,1	0%	-1,1%	0,787
Grupamentos SH não proteicos (ηM)	2,2 ± 0,04	2,3 ± 0,15	2,3 ± 0,34	1,9 ± 0,14	+5,0%	-17,0%	0,045*
Albumina modificada pela isquemia (abs)	0,02 ± 0,006	0,01 ± 0,001	0,06 ± 0,035	0,07 ± 0,001	+200,0%	+600,0%	0,653
Polifenóis (ηM)	0,95 ± 0,6	0,96 ± 0,1	1,4 ± 0,2	1,3 ± 0,1	+48,0%	+38,0%	0,499
Óxido Nítrico – NOS (μM)	0,7 ± 0,01	0,7 ± 0,04	0,7 ± 0,1	0,6 ± 0,04	0%	-14,0%	0,242

Suplementação antioxidante: uma cápsula de vitamina C 1000mg (Sundown Naturals/Brasil), uma cápsula de vitamina E 400UI (Aché/Brasil) e uma cápsula de ácido graxo Ômega 3 1000mg (laboratório Catarinense/Brasil) 30 minutos antes da competição.

GS: grupo suplementado; P: p-valor resultado do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney.

Discussão

Sobre desempenho metabólico/energético, comparando-se a dosagem de concentração de glicose em repouso com a dosagem após o percurso de 200 km de ciclismo, no GC houve uma elevação significativa ($p < 0,04$), enquanto no GS, houve uma redução significativa. O exercício prolongado que atinge o ponto de fadiga pode esgotar quase que completamente os estoques de glicogênio hepático e muscular; ocasionando conseqüentemente uma queda da glicose sanguínea. Tal complicação poderia ser prevenida pelo uso da reposição de glicose durante um evento competitivo em concentrações adequadas e condizentes com a duração e intensidade do esforço(11-13). Os atletas pós-competição relataram que ingeriram pouca quantidade de carboidratos para não perderem tempo durante a prova, conseqüentemente gerando uma diminuição dos níveis de glicose. Desta forma, a diferença de concentração de glicose entre os grupos se deu mais em razão da estratégia do grupo de atletas que necessariamente a relação com a suplementação antioxidante.

Ademais, a análise dos resultados das concentrações de proteínas totais e albumina não mostraram diferença significativa após 200 km, em ambos os grupos (GC e GS). Estes achados demonstram que o protocolo de esforço analisado e o condicionamento físico dos participantes não apresentaram um quadro de proteólise ou hiperatividade neoglicogênica nas condições propostas, ao mesmo tempo em que a suplementação antioxidante não apresentou nenhuma influência sobre esse comportamento bioquímico.

A determinação da função renal pode ser analisada mediante quantificação de ureia e creatinina sérica(16). A alteração da concentração de creatinina pode estar relacionada ao exercício extenuante por motivos de degradação da creatina muscular, redução do fluxo sanguíneo direcionado aos rins, lesão renal discreta e até mesmo pela possível hipovolemia encontrada em atletas de alta

performance(14). Por outro lado, a dosagem de ureia plasmática além de avaliar a função renal serve também como medida indireta da proteólise e ser considerada um marcador de *overtraining* quando analisada em conjunto com a concentração de proteínas e albumina, visto que a ureia é a principal via de excreção do nitrogênio corporal(11, 16). A análise dos resultados da ureia mostrou uma elevação de 74% no GC (74%) e de 50,5% no GS (50,5%), no entanto, sem diferença estatística significativa ($p > 0,05$). Sendo assim, considerando que a análise de proteínas totais e albumina não apresentaram diferença significativa, a elevação da concentração de ureia parece estar mais relacionada a função renal que a uma condição de proteólise ou atividade neoglicogênica. Este achado é reforçado pelo fato de que a concentração de creatinina (produto da degradação da fosfocreatina do músculo esquelético e biomarcador de função renal) apresentou uma elevação de 9% no GC e 0% no GS, indicando a associação de ureia e creatinina com as alterações hemodinâmicas e volêmicas dos rins durante a prova.

Quanto ao perfil lipídico, a análise estatística dos resultados mostrou que a suplementação não o afetou de maneira efetiva em curto espaço de tempo, uma vez que não houve diferença estatística significativa nas medidas de colesterol total e triglicerídeos tanto no GC como no GS. A diminuição dos níveis de triglicerídeos se dá pelo consumo dos triglicerídeos plasmáticos e musculares durante o primeiro estágio do exercício de *endurance*(11), que se manteve estável tanto no GC quanto GS. Contreras-Duarte et al.(4). mostraram que a administração de vitamina C e E produz efeitos modeladores do metabolismo lipídico (aumento do HDL e decréscimo dos níveis de apolipoproteína B) e cardioprotetor na doença arterial coronariana em ratos. Além disso, a partir de um estudo prospectivo de base populacional, Lee et al.(10), em estudo de coorte prospectivo, de amostra populacional (n=875), com seguimento de 22 anos, demonstraram correlação inversa

entre a ingesta dietética de vitamina antioxidantes (A,C e E) e a incidência de doenças cardiovasculares fatais e não fatais; naqueles que tiveram eventos cardíacos adversos durante o estudo, a incidência de dislipidemia era 18% maior no início. Por outro lado, ensaios clínicos randomizados não comprovaram redução de desfechos cardiovasculares primordiais com a suplementação de vitaminas antioxidantes(13). No presente estudo, não houve variação de parâmetros metabólicos, o que corrobora com efeito antioxidante cardioprotetor da suplementação de vitamina C, vitamina E e/ou Ômega 3.

A análise dos resultados do perfil eletrolítico dos atletas não mostrou diferença significativa entre os grupos, nem no repouso ou pós-prova, conforme demonstrado na Tabela 1. No entanto, a variação do percentual dos eletrólitos foi mais evidente no GC enquanto no GS, o perfil eletrolítico pareceu se manter mais estável pós-prova.

O exercício de longa duração pode gerar um quadro de desidratação, que assim como uma elevada produção de suor de forma recorrente ou aguda podem desencadear um desequilíbrio nos eletrólitos, causando um prejuízo na qualidade do treinamento ou do rendimento em competição(15). A temperatura (mínima 3,4°C e máxima de 17,8°C) e a umidade relativa (50%) no dia da prova não eram favoráveis à indução de distúrbio hidroeletrólítico por fator ambiental.

A análise do questionário pré e pós prova constatou-se que a média de consumo de água de todos os participantes, independentemente do grupo, foi de 2,78 L ($\pm 1,17$) combinado ao uso de isotônico comercial no volume médio de 0,85 L ($\pm 0,39$). Considerando as condições climáticas, o consumo de líquidos durante o exercício foi considerado adequado para prevenir uma excessiva desidratação e/ou desequilíbrio de eletrólitos.

Os resultados indicaram aumento de 7,7% na medida plasmática do potássio no GC versus 1,2% de aumento no GS. Essa diferença sugere manutenção da homeostase da bomba Na/K mediante

suplementação de vitamina C, vitamina E e Ômega 3. Acredita-se que o maior aporte de antioxidantes atenua o dano oxidativo de radicais livres ao receptor da bomba Na/K, preservando as trocas bidirecionais entre as células e o interstício. Consequentemente, mediante condições climáticas adversas, supõe-se que a suplementação possa prevenir o déficit de potássio intracelular e a ocorrência de câimbras.

O magnésio, durante o exercício, é redistribuído aos locais com maior taxa metabólica para síntese de energia e prevenção de estresse oxidativo. Logo, após o exercício, ocorre restauração do magnésio para as concentrações plasmáticas prévias ao exercício. É micronutriente importante para a contração muscular, tendo seu equilíbrio homeostático prejudicado pela peroxidação lipídica e ação de radicais livres(19). Considerando a carência de magnésio como fator determinante de lesões musculares mais graves e processo de regeneração mais difícil, ressalta-se a diferença de variação encontrada no estudo: redução de 5,2% no GC e aumento de 17,2% no GS.

A elevação da concentração de fósforo plasmática pode provocar a redução da concentração intracelular, comprometendo a oferta de fosfato para produção de ATP, predispondo a fadiga e o desgaste precoce(3,5-6). Os resultados indicam maior estabilidade do fósforo intracelular no grupo suplementando quando comparado com o controle, o que sugere uma menor predisposição a fadiga.

A glutathiona, medida indiretamente pela dosagem de grupamentos SH não proteicos, é um peptídeo promotor da homeostase tiólica, balanço redox e do combate a agentes eletrofilicos(7). Seus valores mostram uma redução estatisticamente significativa no GC combinada a uma elevação no GS. A vitamina C parece induzir o afluxo hepático de glutathiona durante o exercício, proporcionando aumento do poder antioxidante para aqueles que forem suplementados(20).

Os atletas em condições de sobrecarga de treinamento apresentavam maiores índices de lipoperoxidação, avaliada pelo nível de

substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Estudos, como Górnicka et al.(6), demonstram efeito protetor da suplementação de vitamina E contra o dano lipídico. Já a suplementação com vitamina C, não demonstrou alcance nas concentrações de TBARS. Conclui-se que, após exercício exaustivo, a suplementação com Vitamina E pode ser eficiente para reduzir o estresse oxidativo e a quantidade de lesões às células, comprovada no presente estudo com a redução de 41% da Lipoperoxidação contra 0% do GC.

A creatinina quinase (CK) é um marcador de dano muscular diretamente proporcional à intensidade e duração do exercício(9). Em indivíduos saudáveis, o pico da atividade sérica da CK ocorre em 6 horas após o exercício e retorna ao normal em 24 horas(9). A análise dos resultados mostra uma elevação pós-prova em ambos os grupos. No entanto, a análise estatística dos resultados aponta uma elevação estatisticamente superior no GC quando analisado com o GS. A menor elevação nos índices de CK do GS sugere que a suplementação de vitamina C, E e/ou Ômega 3, que são capazes de reagir com os radicais livres e assim impedir os seus efeitos deletérios a membranas dos miócitos, corroborados pela redução do dano lipídico medido pelo TBARS.

A análise dos resultados no perfil eletrolítico mostra certa estabilidade dos atletas suplementados, que em condições desfavoráveis de clima poderão se beneficiar da suplementação proposta. A realização de novas análises em condições de elevada temperatura e de tempo úmido poderão confirmar estes achados. Assim, a menor flutuação sérica dos eletrólitos evidenciada no GS mostra-se promissor e com necessidade de estudos mais aprofundados para resultados mais consistentes.

Somando-se a isso, a análise dos resultados mostra que a suplementação proposta diminuiu a Lipoperoxidação e as medidas de dano muscular (CK), podendo ser um adjuvante para melhorar o rendimento, evitar fadiga e aprimorar a recuperação pós-treino.

Pontos fortes e limitações do estudo

Dentre os pontos que ressaltam a relevância do presente estudo está que há escassez de estudos que tenham comparado a suplementação entre competidores de ciclismo de longa distância, sobretudo em alta quilometragem, como foi aqui investigada (200 km). Outro ponto forte do estudo foi o método aleatório de alocação dos participantes nos grupos GC e GS, o que assegura minimizar possíveis vieses.

Dentre as limitações estão: o tamanho amostral estrito em razão da rigidez dos critérios de inclusão propostos, a disponibilidade de participação dos atletas e a metodologia de coleta endovenosa. Estudos futuros com maior número amostral podem contribuir para corroborar os achados do presente estudo.

Conclusão

O objetivo do presente estudo foi analisar se a suplementação antioxidante vitamina E (α -tocoferol), vitamina C (ácido ascórbico) e ácido graxo ômega 3 pode prevenir o dano oxidativo e melhorar o desempenho metabólico/energético durante uma prova de ciclismo de longa duração de 200 km.

A suplementação antioxidante (GS) não mostrou diferença estatística significativa quando comparado com o GC, mas foi capaz de manter os níveis de eletrólitos com variações menos evidentes. Além disso, a suplementação pode proporcionar uma maior integridade muscular melhorando o rendimento e a recuperação pós-treino do atleta; ademais, eleva as defesas antioxidantes minimizando o dano muscular do ponto de vista bioquímico demonstrado pela redução da atividade de enzimas marcadoras de dano muscular. Do ponto de vista ergogênico, a suplementação proposta torna-se um importante adjuvante no treinamento podendo impedir lesões, dores, fadiga e perda de rendimento atlético.

Declaração de conflito de interesses

Não há nenhum conflito de interesses em relação ao presente estudo.

Declaração de financiamento

O presente trabalho teve apenas financiamento próprio.

Referências

1. Antunes HKM, Santos RF, Cassilhas R, Santos RVT, Bueno OFA, Mello MT de. Exercício físico e função cognitiva: uma revisão. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. [Online] 2006;12(2): 108–114. Available from: doi:10.1590/S1517-86922006000200011
2. Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. [Online] 2010;48(6). Available from: doi:10.1515/CCLM.2010.179 [Accessed: 23rd September 2021]
3. Brewer CP, Dawson B, Wallman KE, Guelfi KJ. Effect of sodium phosphate supplementation on repeated high-intensity cycling efforts. *Journal of Sports Sciences*. [Online] 2015;33(11): 1109–1116. Available from: doi:10.1080/02640414.2014.989536
4. Contreras-Duarte S, Chen P, Andía M, Uribe S, Irrázaval P, Kopp S, et al. Attenuation of atherogenic apo B-48-dependent hyperlipidemia and high density lipoprotein remodeling induced by vitamin C and E combination and their beneficial effect on lethal ischemic heart disease in mice. *Biological Research*. [Online] 2018;51(1): 34. Available from: doi:10.1186/s40659-018-0183-6
5. Esterbauer H, Cheeseman KH. [42] Determination of aldehydic lipid peroxidation products: Malonaldehyde and 4-hydroxynonenal. *Methods in Enzymology*. [Online] Elsevier; 1990. p. 407–421. Available from: doi:10.1016/0076-6879(90)86134-H [Accessed: 23rd September 2021]
6. Górnicka M, Drywień M, Frackiewicz J, Dębski B, Wawrzyniak A. Alpha-Tocopherol May Protect Hepatocytes Against Oxidative Damage Induced by Endurance Training in Growing Organisms. *Advances in Clinical and Experimental Medicine: Official Organ Wroclaw Medical University*. [Online] 2016;25(4): 673–679. Available from: doi:10.17219/acem/62922
7. Huber PC, Almeida WP, Fátima Â de. Glutathione e enzimas relacionadas: papel biológico e importância em processos patológicos. *Química Nova*. [Online] Sociedade Brasileira de Química; 2008;31: 1170–1179. Available from: doi:10.1590/S0100-40422008000500046
8. Jeukendrup AE. Periodized Nutrition for Athletes. *Sports Medicine*. [Online] 2017;47(S1): 51–63. Available from: doi:10.1007/s40279-017-0694-2
9. Laufs U, Scharnagl H, Halle M, Windler E, Endres M, März W. Treatment Options for Statin-Associated Muscle Symptoms. *Deutsches Aerzteblatt Online*. [Online] 2015; Available from: doi:10.3238/arztebl.2015.0748 [Accessed: 23rd September 2021]
10. Lee C-H, Chan R, Wan H, Woo Y-C, Cheung C, Fong C, et al. Dietary Intake of Anti-Oxidant Vitamins A, C, and E Is Inversely Associated with Adverse Cardiovascular Outcomes in Chinese—A 22-Years Population-Based Prospective Study. *Nutrients*. [Online] 2018;10(11): 1664. Available from: doi:10.3390/nu10111664
11. Lopes RF. *Comportamento de alguns marcadores fisiológicos e bioquímicos de uma prova de triathlon olímpico*. [Online] 2006. Available from: https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/6296 [Accessed: 23rd September 2021]
12. McDermott BP, Anderson SA, Armstrong LE, Casa DJ, Chevront SN, Cooper L, et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for the Physically Active. *Journal of Athletic Training*. [Online] 2017;52(9): 877–895. Available from: doi:10.4085/1062-6050-52.9.02
13. Myung S-K, Ju W, Cho B, Oh S-W, Park SM, Koo B-K, et al. Efficacy of vitamin and antioxidant supplements in prevention of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ*. [Online] 2013;346(jan18 1): f10–f10. Available from: doi:10.1136/bmj.f10
14. Passaglia DG, Emed LGM, Barberato SH, Guerios ST, Moser AI, Silva MMF, et al. Efeitos agudos do exercício físico prolongado: avaliação após ultramaratona de 24 horas. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. [Online] Sociedade Brasileira de Cardiologia - SBC; 2013;100: 21–28. Available from: doi:10.1590/S0066-782X2012005000118

15. Piccinelli M, Tessari E, Bortolomasi M, Piasere O, Semenzin M, Garzotto N, et al. Efficacy of the alcohol use disorders identification test as a screening tool for hazardous alcohol intake and related disorders in primary care: a validity study. *BMJ*. [Online] 1997;314(7078): 420–420. Available from: doi:10.1136/bmj.314.7078.420
16. Siqueira L de O, Bortoluzzi J, Zanin F, Savi S, Deliberal AP, Canal PC, et al. Análise da suplementação de carboidratos e solução isotônica sobre parâmetros hematológicos e bioquímicos de jogadores profissionais de futebol em condições reais de treinamento. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*. [Online] 2012;34(4): 999–1016. Available from: doi:10.1590/S0101-32892012000400014
17. Souza J de, Gottfried C. Muscle injury: Review of experimental models. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. [Online] 2013;23(6): 1253–1260. Available from: doi:10.1016/j.jelekin.2013.07.009
18. Ye Y, Li J, Yuan Z. Effect of Antioxidant Vitamin Supplementation on Cardiovascular Outcomes: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Hernandez AV (ed.) *PLoS ONE*. [Online] 2013;8(2): e56803. Available from: doi:10.1371/journal.pone.0056803
19. Zhang Y, Xun P, Wang R, Mao L, He K. Can Magnesium Enhance Exercise Performance? *Nutrients*. [Online] 2017;9(9): 946. Available from: doi:10.3390/nu9090946
20. Zoppi CC, Antunes-Neto J, Catanho FO, Goulart LF, Moura NM e, Macedo DV de. Blood oxidative stress, antioxidant enzymes and muscle damage biomarkers changes during a competitive season in soccer players. *Revista Paulista de Educação Física*. [Online] 2003;17(2): 119–130. Available from: doi:10.11606/issn.2594-5904.rpef.2003.137562



Original Article

Artigo Original

Changes in Plantar Pressure Levels Generated Using Military Backpack During Standing Position: An Experimental Study

Alterações nos níveis de pressão plantar gerados pelo uso de mochila militar durante a posição em pé: um estudo experimental

Fabio Alves Machado^{5,2} MSc; Klinger Alex Fernandes¹ Esp; Marco Túlio Baptista¹ MSc; Trent Ray Nessler⁴ PhD; Eduardo Camilo Martinez^{1,2} PhD; Runer Augusto Marson¹ PhD

Received: July 27, 2021. Accepted: September 15, 2021.

Published online: October 14, 2021.

DOI: 10.37310/ref.v90i3.2782

Abstract

Introduction: The feet are one the main anatomical site affected by injuries arising from load carriage tasks and can negatively affect the soldier mobility reducing the operational capability of an entire military troops.

Objective: Identify the changes in the plantar pressure distribution during standing position carrying a military backpack with 15 kg, 20 kg, 25 kg, and no-load (NL) always comparing with control group; and examining if the combat boots contribute to decreasing the plantar pressure.

Methods: Twenty-four active-duty male military (26.4±5.6 years; 171.5±3.6 cm; 75.2±6.0 kg) were evaluated in standing posture using an insole baropodometry system wearing a military backpack. The Kruskal-Wallis test was used to check for differences and the Dunnett post hoc test to determine which groups were different from the control (p≤0.05).

Results: Data showed a significant decrease in plantar pressure in the forefoot no loaded when we compare barefoot (control = 54.02±19.56 kPa) versus wearing combat boots (35.30±13.00 kPa). With loads there was a significative increase in the plantar pressure only in the rearfoot (control = 74.18±3.80 kPa vs 15 Kg = 89.19±15.49 kPa, 20 Kg = 102.81±15.01 kPa, 25 Kg = 94.20±26.60 kPa).

Conclusion: Rearfoot is most affected by the load and boot promoted a significant decrease of plantar pressure in the forefoot in the NL group. Midfoot does not change the plantar pressure. This information can help to minimize the soldier's discomfort.

Key Points

- Backpack loads over 20kg probably stimulate changes in foot posture leading to repositioning the center of gravity and thus redistributing pressure on the soles of the feet.

- Plantar pressure in the rearfoot is load-dependent and in the forefoot and midfoot, it is shoe-dependent.

- The boot distributed by the Brazilian Army help to minimize the soldier's discomfort during military activities.

Keywords: biomechanical phenomena, plantar print, weight-bearing, military personnel, standing position.

⁵Corresponding Author: Fabio Alves Machado - e-mail: machado.fa@gmail.com

Affiliations: ¹ Brazilian Army Research Institute of Physical Fitness - Rio de Janeiro – Brazil; ² University of Trás-os-Montes and Alto Douro – Vila Real – Portugal; ³ Brazilian Army Center of Physical Fitness - Rio de Janeiro – Brazil; ⁴ Rebound Vitality – Milwaukee - EUA.

Resumo

Introdução: Os pés são um dos principais sítios anatômicos acometidos por lesões decorrentes de tarefas com transporte de carga, podendo afetar negativamente a mobilidade do soldado e reduzir a capacidade operacional de uma tropa militar.

Objetivos: Identificar as alterações na pressão plantar durante a postura estática usando mochila militar com 15 kg, 20 kg, 25 kg e sem carga (NL) comparando com um grupo controle; e verificar se coturno fornecido pelo Exército Brasileiro contribui para a redução da pressão plantar.

Métodos: Vinte e quatro militares do sexo masculino (26.4±5.6 anos; 171.5±3.6 cm; 75.2±6.0 kg) foram avaliados em posição ortostática usando um sistema de baropodometria de palmilhas. O teste de Kruskal-Wallis verificou as diferenças entre os grupos e o teste post hoc de Dunnett determinou quais grupos são diferentes do controle ($p \leq 0.05$).

Resultados: Os dados mostraram uma diminuição significativa da pressão plantar no antepé ao comparar a condição controle (54.02±19.56 kPa) com a condição sem carga (35.30±13.00 kPa). Com as cargas houve aumento significativo da pressão plantar apenas no retropé (controle = 74.18±3.80 kPa vs 15 kg = 89.19±15.49 kPa, 20 kg = 102.81±15.01 kPa, 25 kg = 94.20±26.60 kPa). Retropé é a região mais afetada pela carga.

Conclusão: O coturno promove uma diminuição significativa da pressão plantar no antepé em NL. O mediopé não altera a distribuição da pressão plantar. Essas informações podem auxiliar a minimizar o desconforto do soldado.

Palavras-chave: fenômenos biomecânicos, impressão plantar, sustentação de peso, militares, posição em pé.

Pontos Chave

- Cargas da mochila acima de 20kg, provavelmente, estimulam mudanças na postura do pé, levando ao reposicionamento do centro de gravidade redistribuindo a pressão na planta dos pés.
- A pressão plantar no retropé é dependente da carga e no antepé e mediopé, é dependente do calçado.
- Os coturnos distribuídas pelo Exército Brasileiro ajudam a minimizar o desconforto do soldado durante as atividades militares.

Changes in Plantar Pressure Levels Generated Using Military Backpack During Standing Position: An Experimental Study

Introduction

Humans spend a substantial proportion of their lifetimes in the standing position(1). In the human body the foot is a functional unit with a fundamental role for locomotion(2–4), attenuation of impact forces(5) and stability(6) as well providing sensorial information regarding the contact with the ground, which is important for balance and gait(3,6,7). Active and passive anatomy structures of the foot such as plantar arches, muscles, joint capsules and peripheral nervous system provide to the central nervous system information needed to control postural balance during standing position(8).

Workers of distinct professions need to hold the standing position for long time periods(9) and those situations have been

associated with lower limbs discomfort and fatigue(10,11). Plantar pressure causes compression of soft and hard foot tissues and there is evidence suggesting that high plantar pressure plays a critical role for discomfort and foot pain development during prolonged standing position(12).

During their routine, for military personnel who are required to remain in standing position for long time periods, and often carrying heavy loads(13). Load carriage is a typical military activity and may become critical in situations during military operations(14). Therefore, to keep postural stability on support basis provided by the feet is one of the most important tasks for a soldier(15). Feet are the main anatomical site affected by injuries arising from load carriage tasks (16) and can

negatively affect the soldier mobility and thus reduce the operational capability of an entire military team(17).

Plantar pressure measurements during both static and dynamic activities can provide detailed information for the evaluation of the human foot mechanical behavior, as well as, in its pathomechanics with the objective to track disease progression(18). Thus, to examine soldiers' footwear to improve the comfort in the standing position is important to better understand the mechanisms that cause discomfort.

Proper biomechanics of the foot exerts a significant role for the maintenance of body posture and symmetrical distribution of plantar pressure(19) as well as on postural control in the standing position and gait(20). High pressures in the plantar region caused by load carriage can lead to deformities and injuries that affect the feet such as stress fractures, callosities, pain, and neuropathic ulcerations(14,16,21,22). Therefore, the analysis of these pressures is important to provide information for the elaboration of a proposal with the objective of preventing diseases, pain, and postural disorders, especially in the feet(23). No study was identified analyzing the plantar pressure distribution during standing position with load carriage dressing military backpack, or the combat boots provided by the supply chain in the Brazilian Army.

Our hypothesis is that wearing combat boots will decrease plantar pressure levels in the forefoot (FF), rearfoot (RF) and midfoot (MF) and that the addition of load in the military backpack will increase those pressures.

The aim of this study was to identify the changes in the plantar pressure distribution during standing position carrying a military backpack with 15 kg, 20 kg, 25 kg comparing with control group with no load (NL) examining if the use of combat boots provided by Brazilian Army to troops contribute to decrease plantar pressure.

Methods

Study design and sample

This was a cross-sectional experimental study, with a convenience sample, in which 24 healthy active-duty military male volunteers participated (age: 26.4 ± 5.6 years, height: 171.5 ± 3.6 cm, body mass: 75.2 ± 6.0 kg). Inclusion criteria for this study was to be in the active duty in parachute troops readiness unit. Exclusion criteria were the presence of recent back problems, lower extremity muscular, joint or bone disorders(13) or receiving any medication that could interfere with their neuromuscular responses on walking pattern.

Ethical aspects

All the principles of scientific research involving human beings were observed. Participants signed an Informed Consent, and this study was approved by the Brazilian National Research Ethics Committee (Nr 471.614) of Health Ministry.

Study variables

Outcome variables were plantar pressure at FF, RF and MF. The exposure variables were the loads: NL, 15 kg, 20 kg, and 25 kg. Anthropometric measures were covariables used to describe the sample.

Data Collection

Each trial took 60 seconds and during this time the plantar pressure was recorded in three anatomical regions of the foot (FF, RF and MF). Next, each insole was divided in those three areas corresponding anatomical regions of the foot: FF with 36 sensors, MF with 34 sensors and RF with 28 sensors. For each foot region of the foot, the mean plantar pressure was obtained by summing the values of each sensor divided by the total number of sensors in the region and reported in kilopascals (kPa). The mean plantar pressure analysis in each region of the foot was carried out comparing control group with NL, 15 kg, 20 kg, and 25 kg.

Instrumentation

Plantar pressures were measured using baropodometry insoles electronic system

(EMG System of Brazil Ltda, Biomec model 4000P), signal acquisition module (EMG System of Brazil Ltda, Brazil) with sampling frequency of 20 Hz, pressure range of 0.035 kg/mm², linearity (Error) of $\pm 3\%$, response time $< 5 \mu\text{sec}$, maximum force of 10 Kgf. The insoles with 98 resistive sensors (1cm²) were connected to a computer with the analysis software Measure X 2.0 (EMG System do Brasil, Version 3.4.0).

The combat boots and operational military backpack used in all trials were the standard models provided by the Brazilian Army and are the same equipment worn by all troops in military training and operations.

Experimental protocol

Initially, subjects were submitted to anthropometric analysis and have received verbal guidance about study objectives and procedures. The assessment was carried out early in the morning at the laboratory in a controlled environment. Plantar pressure measurements were obtained during standing position on a flat surface with relaxed arms along the body, jaw relaxed, eyes focused on a fixed reference point 3 meters away and 1.80 meters tall. The lower limbs were fixed in 30° external rotation. Each subject acted as their own control and took part in five different trial conditions (Control, NL, 15 kg, 20 kg, and 25 kg) with each repeated three times. Each trial took 60 seconds with 60 seconds rest intervals between each evaluation. In all trials the participants were dressed in their combat clothes.

The insoles were placed under barefeet and inside the combat boots, to carry out the quantification of the levels of average plantar pressure (kPa). The protocol was divided into two different days.

Day One: Were obtained anthropometric data of the sample and then the plantar pressure value in two conditions, control, and no load.

- Reference trial (Control): Plantar pressure was measured in bare feet and dressed in combat uniform. This trial was

considered the reference condition (Control).

- No load trial (NL): plantar pressure was measured with wearing combat boots and no additional load.

Day Two: Were carried out trial with load as 15 kg, 20 kg, and 25 kg. Plantar pressure was measured wearing combat boots and carrying each additional load of 15 kg, 20 kg and 25 kg always distributed in the same way inside the backpack. The loads on the backpacks were prepared with the necessary material to carry out a combat mission such as warm clothes, woolen blanket, rainwear, hygiene material, and others. The assessment sequence of the backpack load was set randomly to reduce neuromuscular adaptation to increasing loads.

Statistical analysis

Elements of descriptive statistics were used to characterize the sample and the distribution of plantar pressure in percentage terms. Shapiro-Wilk test was used to verify if the data had Gaussian distribution. To compare all conditions with a control, the Kruskal-Wallis test was used to check for differences between groups and the Dunnett post hoc test was used to determine which groups are different to the control. All tests were performed using the Data Analysis Software System, Statistica 12 (StatSoft Inc. 2014). The statistical significance level of $p \leq 0.05$ was considered to reject the hypothesis of equality.

Results

In the present study, we evaluated the average plantar pressure in 3 distinct regions of the human foot (Figure 1).

The normality test was conducted, and it was found that the data obtained has no Gaussian distribution. The following tables highlight the pressure variation in each foot region expressed in kPa and the percentage of pressure distribution in each foot region with regards to the whole foot. Table 1 shows the average plantar pressure in kPa for each foot region for 60 seconds period under the five trial conditions and Table 2

shows the percentage distribution of pressure in each region of the foot.

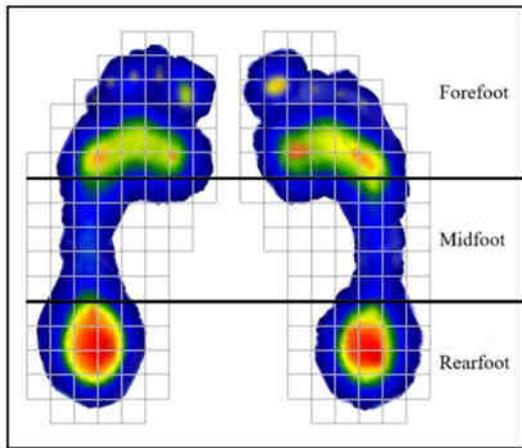


Figure 1 – Insole sensor matrix used to record the plantar pressure on the rearfoot, midfoot and forefoot.

Discussion

This was the first study to evaluate the relationship between load carriage in the backpack and levels of plantar foot pressure that commonly occur during standing in the Brazilian Army military personnel.

Average and peak pressures are important parameters that can identify the pressure distribution as well as injury potential. Average pressure is a more stable measure

and gives a better overall picture of interface pressure than using peak pressure. Further, the average and peak pressure has a high average correlation coefficient(24). Plantar pressure distribution of both feet was recorded simultaneously, and each foot was divided into the anatomical regions, FF, MF, and RF. In line with the findings of Syed et al.(7), we observed that the average pressures of left and right feet are found to be similar in all regions of the feet. Due to this finding, during data analysis, the values of both feet were considered as one.

There are factors that affect the plantar pressure value such as postural changes(25) gender(26–28), age(26,28,29), the anatomical structure of the foot(7,28,30–32) and external loads(33). Therefore, there are many ways to analyze the result obtained. Although the subjects were instructed to stand still as much as possible, the plantar pressure load on the human foot resting on the surface of the ground or on the sole of the shoe is not constant. This statement becomes explicit in the high standard deviation values obtained in all regions of the feet and in all experiments. The exception was in barefoot and unloaded RF where the standard deviation was low (Table 1). We believe that this can be

Table 1 – Plantar pressure values and variation in each foot region according weight load

	Forefoot Average±SD P/CV (%)	Midfoot Average±SD P/CV (%)	Rearfoot Average±SD P/CV (%)
Control	54.02 ± 19.56 -- / 36.0	32.19 ± 4.15 -- / 13.0	74.18 ± 3.80 -- / 5.0
NL	*35.30 ± 13.00 0.00 / 37.0	30.73 ± 7.74 0.98 / 25.0	76.07 ± 10.14 0.98 / 13.0
15kg	47.62 ± 16.53 0.46 / 35.0	33.58 ± 13.83 0.98 / 41.0	*89.19 ± 15.49 0.01 / 17.0
20kg	54.24 ± 19.45 1.00 / 36.0	39.42 ± 16.94 0.09 / 43.0	*102.81 ± 15.01 0.00 / 15.0
25kg	51.07 ± 11.95 0.93 / 23.0	37.92 ± 8.77 0.24 / 23.0	*94.20 ± 26.60 0.00 / 28.0

SD: standard deviation; **Control**: barefoot and no additional load, **NL**: wearing military combat boots and no additional load; **15kg**: 15kg additional load, **20kg**: 20kg additional load, **25kg**: 25kg additional load.

*Statistical significance $\alpha \leq 0.05$. **P**: p-value. **CV**: Coefficient of variation.

Table 2 – Plantar pressure (%) distribution by foot region

	Whole foot (kPa)	Forefoot (%)	Midfoot (%)	Rearfoot (%)
Control	160.39	33.7	20.1	46.2
NL	142.10	24.8	21.6	53.5
15kg	170.39	27.9	19.7	52.3
20kg	196.47	27.6	20.1	55.3
25kg	183.19	27.9	20.7	51.4

Control: barefoot and no load, **NL:** wearing military combat boots with no load; **15kg:** 15kg additional load, **20kg:** 20kg additional load, **25kg:** 25kg additional load.

explained by the anatomical relationship of the ankle with RF. Talus, one of the tarsal bones in the RF is a component of the ankle joint. At this anatomical site, the talus supports the body weight axially deposited over the RF without the stress caused by the posterior torque that is generated by the external loads wrapped in the backpack during the loading trials. Whereas MF and FF regions receive the load transfer from RF as a shear force and due to this are subject to greater variation in plantar pressure values.

Based on previous studies(13,29), a significant increase in plantar pressure levels was expected in the three regions evaluated as the load on the backpack also increased, however, this only occurred in RF. According to our data, the static plantar pressure in the RF was overloaded and is associated with load in the backpack. The possible bias caused by the manner of distribution of the loads inside the backpack that could have interfered in the results was minimized by backpack load standardized arrangement which was like that used in operations. Regardless of what condition the soldiers were submitted to, i.e., Control, NL, 15 kg, 20 kg or 25 kg. After applying loads occurred a significant increase in the plantar pressure in the RF, suggesting that the RF is quite sensitive to the three loads studied. The data also suggest that loads from 20 kg may be the threshold to trigger adjustments to a new foot posture during quiet posture, as well as trigger the use of postural control strategies that were in latent condition so that vertical forces redistributed to the base of support. All these adjustments of the foot are carried out through motor responses guided by the

sensory system and is influenced by extrinsic factors as: load carried; body's capacity to absorb and mitigate forces through the lower extremity; and influence of the heel fat pad that acts to protect the heel bone from excessive pressure and ground reaction force and intrinsic factors as absorptive properties of the sole in combat boots. Therefore, this sensory information provided by the plantar surface interacting with the ground through the combat boot sole is important components of motor control during military activities with load carriage. Additional studies with varying load carriage and the larger sample size are needed to assess additional structural foot disorders.

Wiggermann and Keyserling(12) showed that in the standing position, harder surfaces are associated with increased peak pressure and softer surfaces probably reduce discomfort contributing to redistribution plantar pressure over a larger contact area. Our data pointed to the same direction, demonstrating that when soldiers wear combat boots without a backpack occur a significant decrease in plantar pressure in the FF suggesting that FF is more sensitive to changing the foot support surface. On the other hand, RF seems not to be responsive to surface changes but the inclusion of load in the backpack. According to the authors(12) the redistribution of pressure that occurs in softer surfaces increases the load deposited in the MF with peak pressures ranged from 17 to 41 kPa. However, our data indicated that the plantar pressure in MF has discrete clinical alterations with no statistical significance ranged from 32 to 39 kPa in all trials

studied, i.e., with and without load and on hard and soft surface.

In the FF discrete and no significant increase in pressure was noted from 20 kg while in the MF it started to increase from 15 kg. The data suggest that loads of 15 kg, 20 kg, and 25 kg have no significant impact on the distribution of the plantar pressure in the FF and MF in soldiers wearing the combat boots. We believe these results are beneficial to Brazilian soldiers. Reinforcing our affirmative, Wiggermann and Keyserling(12) found that reducing peak plantar pressures and limiting the pressure on the MF can delay the onset of pain and reduce discomfort during prolonged standing position. Considering the reduction in plantar pressures shown in our study the combat footwear provided by the Brazilian Army could act as an effective strategy in the reduction of plantar pressure during standing position, potentially reducing the risk of soldiers sustaining such lower limb musculoskeletal injuries as plantar fasciitis. Additionally, Torres et al.(34), showed a significant decrease in impact forces during gait utilizing the same combat boot and this further supports their use.

Periyasamy et al.(35) found significant differences in the maximum and average plantar pressure in the MF comparing men and women in the standing position. This fact emphasizes the importance of considering the MF as an isolated region. Our results suggest that MF is a key area of plantar pressure with an average of 20% of the pressure. However, MF seems to have as its main function the load transfer between RF and FF and not the load support proper. Our speculation about MF function is supported by our results showing that MF does not undergo significant changes in plantar pressure even after progressive loads are added to the backpack. Our results indicated that from the moment the load is added to the backpack the MP responds with adaptive adjustment in the plantar arches. Syed et al.(7) also affirm that minor changes in plantar pressure values are associated with postural changes of the plantar arches. Such adjustments may result

in better distribution of vertical forces through the base of support and lead to compensatory adjustments evoked through external perturbation like a backpack. Additionally, applying the 25 kg load result in pressure decreasing in RF. This is the result of the mechanical stress generated by the increase in load, which would trigger new anatomical foot adjustments to better support, improving load transfer between RF and FF. Our data showed plantar pressure in FF represents 72% of RF pressure in soldiers.

Taking into consideration that the neuromechanical capacity to distribute the pressure on the plantar surface is a response of the interaction of the foot with the sole of the combat boots, we believe it is important to provide the combat boots suitable for the soldier. In this sense, the structural architecture and mechanical properties of the Brazilian combat boot must be considered as a potential influential factor in the magnitude of average and peak plantar pressures. For example, boots may have greater shock absorbing properties in the heel area or higher arch supports. Further, the loads that soldiers must carry during operational tasks should be kept as low as possible. This will allow the soldier to enjoy maximal comfort through an optimal distribution of the vertical forces on the plantar surface of the feet without compromising functionality and operational ability. This strategy can reduce the risk of musculoskeletal disorders and maximize a soldier's operational efficiency. Supporting our affirmatives Wiggermann & Keyserling(12), showed that during standing position the pain onset and peak pressure has the same place (metatarsal heads and heel) in 58% of cases. In this sense, significant decreases occurred only in the FF (Control = 54.02 kPa; NL = 35.30 kPa) suggesting that the combat boots provided by the Brazilian Army contribute to a decreased stress to the FF. This idea is supported also by the fact that loads of 20 kg (54.24 kPa) and 25 kg (51.07 kPa) the FF plantar pressure was similar to Control (54.02 kPa). These results confirm our hypothesis that wearing combat boots

results in a decrease in plantar pressure levels in the foot.

According to Schulze et al.(36), increasing load affects trunk muscles. In accordance with the findings reported by Schulze et al.(36), visually one can observe anterior body inclination (not quantified) in the sagittal plane that probably occurred due to posterior torque progressive generated by backpack. We believe that this posterior torque was kinetically represented by the increased RF plantar pressure during load addition in our trials. This was an expected result for us, but we also expect that plantar pressure in RF increases with the load until the feet perform a new postural readjustment. This torque was offset by compensatory motor responses through the ventral muscle to allow maintaining the body in a stable position. However, the body anterior inclination in the sagittal plane was maintained. Lindner et al.(37) support that hypothesis, who demonstrated that the backpack with 15 kg, caused a mean 75% increase in knee extensor muscle activity in comparison with the reference trial. In our study, it was not possible to quantify the slope of the trunk forward.

Strong points and limitations of the study

The strong point of the study was appropriate and well-defined methodology, stringent data collection procedure, and a heterogeneous study population with respect to anthropometry and age, and insole suitable calibration. The precision of the equipment is associated with the technology employed to manufacture the sensor, the spatial resolution of the array, the range of pressure variation, the sampling rate, calibration procedures and post-processing of raw data(38). According Rosário(39), to improve the technique quality of the and display evidence of its clinical and scientific value the baropodometry, it is required system standardization and suitable calibration. In this sense, we performed the insoles calibration, and the accuracy of the system was assessed by a simple test during which a static measurement was made with a subject standing on the insole on one leg. Additionally, to confirm system accuracy,

there was established a pattern to the force obtained: the individual's body weight could not vary more than 5%(40). Finally, the objective of the study was to obtain relative values and not absolute values. Thus, many of those limitations and biases were minimized and, in some cases, were even disregarded.

In literature, scientific work is scarce regarding static plantar pressure in healthy individuals and even less about load carriage in military backpacks. Miscellaneous studies, however, characterize dysfunctions and injuries in the feet and associate them with abnormal conditions of load distribution in the feet in static or dynamic situations. Our study reveals that healthy military personnel show significant load-dependent differences in RF and shoes-dependent in FF in standing position. These preliminary findings may help guide future work to evaluate plantar static pressure distribution sharing of healthy military personnel during load carriage with the backpack. On the other hand, are needed studies with Brazilian soldiers during dynamic conditions. Limitations of this study that need to be considered, relates to the reduced sample size and the precision of the baropodometry equipment.

Conclusion

The aim of this study was to identify the changes in the plantar pressure distribution during standing position carrying a military backpack with 15 kg, 20 kg, 25 kg, no load (NL) comparing with control group examining if the use of combat boots provided by Brazilian Army to troops contribute to decrease plantar pressure. The RF was the region most affected by the load carried in military backpacks. The boot promoted significant decrease of plantar pressure in the FF in the absence of load in the backpack. The MF region does not change the distribution of plantar pressure under the conditions in which the subject is wearing the boot without backpack and carrying the three loads studied. In the sample studied data suggest that in loads above 20kg the feet adopt a new posture and

the body's center of gravity is repositioned in order to redistribute and reduce plantar pressure levels. This information may help to inform military on important matters such as maximize the comfort of the soldier while carrying load in military backpacks.

Conflict of interests

There is no conflict of interest in relation to this study.

Funding statement

No funding to declare.

References

1. Ang CK, Solihin MI, Chan W, Ong Y. *Study of plantar pressure distribution*. In: MATEC Web of Conferences. [Internet] 2018. p. 01016. Available from: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823701016>
2. Bosch K, Rosenbaum D. Gait symmetry improves in childhood - A 4-year follow-up of foot loading data. *Gait and Posture*. [Internet] 2010;32(4):464–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.07.002>
3. Zhang S, Li L. The differential effects of foot sole sensory on plantar pressure distribution between balance and gait. *Gait and Posture*. [Internet] 2013;37(4):532–5. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.09.012>
4. Arnold JB, Mackintosh S, Jones S, Thewlis D. Differences in foot kinematics between young and older adults during walking. *Gait and Posture*. [Internet] 2014;39(2):689–94. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.09.021>
5. Whittle MW. Generation and attenuation of transient impulsive forces beneath the foot: a review. *Gait and Posture*. [Internet] 1999;10(3):264–75. Available from: [https://doi.org/10.1016/s0966-6362\(99\)00041-7](https://doi.org/10.1016/s0966-6362(99)00041-7)
6. Humphrey LR, Hemami H. A computational human model for exploring the role of the feet in balance. *Journal of Biomechanics*. [Internet] 2010;43(16):3199–206. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2010.07.021>
7. Syed N, Karvannan H, Maiya AG, Binukumar B, Prem V, Chakravarty RD. Plantar pressure distribution among asymptomatic individuals: a cross-sectional study. *Foot and Ankle Specialists*. [Internet] 2012;5(2):102–6. Available from: <https://doi.org/10.1177/1938640011434503>
8. Wright WG, Ivanenko YP, Gurfinkel VS. Foot anatomy specialization for postural sensation and control. *Journal of Neurophysiology*. [Internet] 2012;107(5):1513–21. Available from: <https://doi.org/10.1152/jn.00256.2011>
9. Tissot F, Messing K, Stock S. Standing, sitting and associated working conditions in the Quebec population in 1998. *Ergonomics*. [Internet] 2005;48(3):249–69. Available from: <https://doi.org/10.1080/00140130512331326799>
10. Cham R, Redfern M. Effect of flooring on standing comfort and fatigue. *Human Factors*. [Internet] 2001;43:381–91. Available from: <https://doi.org/10.1518/001872001775898205>
11. Madeleine P, Voigt M, Arendt-Nielsen L. Subjective, physiological and biomechanical responses to prolonged manual work performed standing on hard and soft surfaces. *European Journal of Applied Physiology*. [Internet] 1998;77(1–2):1–9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s004210050292>
12. Wiggermann N, Keyserling WM. Time to onset of pain: effects of magnitude and location for static pressures applied to the plantar foot. *Applied Ergonomics*. [Internet] 2015;46 Pt A:84–90. Available from:

- <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.07.008>
13. Goffar SL, Reber RJ, Christiansen BC, Miller RB, Naylor JA, Rodriguez BM, et al. Changes in dynamic plantar pressure during loaded gait. *Physical Therapy*. [Internet] 2013;93(9):1175–84. Available from: <https://doi.org/10.2522/ptj.20120103>
 14. Knapik JJ, Reynolds KL, Harman E. Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. *Military Medicine*. [Internet] 2004;169(1):45–56. Available from: <https://doi.org/10.7205/milmed.169.1.45>
 15. Loth EA, Albuquerque CE, Ciena AP, Rossi ÂG. Evaluation of the postural control in young adults by use of foam-laser dynamic posturography and power platform. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. [Internet] 2011;17(3):171–4. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922011000300004>
 16. Knapik JJ, Reynolds K, Staab J, Vogel JA, Jones B. Injuries associated with strenuous road marching. *Military Medicine*. [Internet] 1992;157(2):64–7. Available from: <https://doi.org/10.1093/milmed/157.2.64>
 17. Reynolds KL, White JS, Knapik JJ, Witt CE, Amoroso PJ. Injuries and risk factors in a 100-mile (161-km) infantry road march. *Preventive Medicine*. [Internet] 1999;28(2):167–73. Available from: <https://doi.org/10.1006/pmed.1998.0396>
 18. Ramirez-Bautista JA, Hernández-Zavala A, Chaparro-Cárdenas SL, Huerta-Ruelas JA. Review on plantar data analysis for disease diagnosis. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*. [Internet] 2018;38(2):342–61. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2018.02.004>
 19. Vianna DL, Greve JMD. Relação entre a mobilidade do tornozelo e pé e a magnitude da força vertical de reação do solo. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. [Internet] 2006;10:339–45. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1413-35552006000300014>
 20. Lafond D, Corriveau H, Prince F. Postural control mechanisms during quiet standing in patients with diabetic sensory neuropathy. *Diabetes Care*. [Internet] 2004;27(1):173–8. Available from: <https://doi.org/10.2337/diacare.27.1.173>
 21. Orr RM, Pope R, Johnston V, Coyle J. Soldier occupational load carriage: a narrative review of associated injuries. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*. [Internet] 2014;21(4):388–96. Available from: <https://doi.org/10.1080/17457300.2013.833944>
 22. Orr R, Pope R, Lopes TJA, Leyk D, Blacker S, Bustillo-Aguirre BS, et al. Soldier load carriage, injuries, rehabilitation and physical conditioning: an international approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. [Internet] 2021;18(8):4010. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph18084010>
 23. Zammit GV, Menz HB, Munteanu SE. Reliability of the TekScan MatScan® system for the measurement of plantar forces and pressures during barefoot level walking in healthy adults. *Journal of Foot and Ankle Research*. [Internet] 2010;3:11. Available from: <https://doi.org/10.1186/1757-1146-3-11>
 24. Naemi R, Healy A, Dunning D, Ashford RL, Chatzistergos P, Chockalingam N. Peak and average pressure correlations and their ratio at different plantar regions of the foot. *Footwear Science*. [Internet] 2013;5(sup1):S96–8. Available from: <https://doi.org/10.1080/19424280.2013.799579>
 25. Catan L, Cerbu S, Amaricai E, Suciú O, Horhat DI, Popoiu CM, et al.

- Assessment of static plantar pressure, stabilometry, vitamin D and bone mineral density in female adolescents with moderate idiopathic scoliosis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. [Internet] 2020;17(6):E2167. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph17062167>
26. Demirbüken İ, Özgül B, Timurtaş E, Yurdalan SU, Çekin MD, Polat MG. Gender and age impact on plantar pressure distribution in early adolescence. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. [Internet] 2019;53(3):215–20. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aott.2019.01.006>
 27. Gimunová M, Zvonař M, Mikeska O. The effect of aging and gender on plantar pressure distribution during the gait in elderly. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2018;20(4):139–44.
 28. Song J, Choe K, Neary M, Zifchock RA, Cameron KL, Trepa M, et al. Comprehensive biomechanical characterization of feet in USMA cadets: comparison across race, gender, arch flexibility, and foot types. *Gait and Posture*. [Internet] 2018;60:175–80. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.12.001>
 29. Pomarino D, Pomarino A. Plantar static pressure distribution in healthy individuals: percentiles for the evaluation of forefoot loading. *Foot and Ankle Specialists*. [Internet] 2014;7(4):293–7. Available from: <https://doi.org/10.1177/1938640014528973>
 30. Gravante G, Pomara F, Russo G, Amato G, Cappello F, Ridola C. Plantar pressure distribution analysis in normal weight young women and men with normal and claw feet: a cross-sectional study. *Clinical Anatomy*. [Internet] 2005;18(4):245–50. Available from: <https://doi.org/10.1002/ca.20081>
 31. Martínez-Nova A, Sánchez-Rodríguez R, Pérez-Soriano P, Llana-Belloch S, Leal-Muro A, Pedrera-Zamorano JD. Plantar pressures determinants in mild hallux valgus. *Gait and Posture*. [Internet] 2010;32(3):425–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.06.015>
 32. Buldt AK, Forghany S, Landorf KB, Lvinger P, Murley GS, Menz HB. Foot posture is associated with plantar pressure during gait: a comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait and Posture*. [Internet] 2018;62:235–40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.03.005>
 33. Ahmad HN, Barbosa TM. The effects of backpack carriage on gait kinematics and kinetics of schoolchildren. *Scientific Reports*. [Internet] 2019;9(1):3364. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40076-w>
 34. Torres AS, Ferrari DM, Cirolini VX, Valente AM dos S, Muniz AM de S. Análise do impacto do tênis e coturno fornecidos pelo Exército Brasileiro durante a marcha. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*. [Internet] 2014;28(3):377–85. Available from: <https://doi.org/10.1590/1807-55092014000300377>
 35. Periyasamy R, Mishra A, Anand S, Ammini AC. Preliminary investigation of foot pressure distribution variation in men and women adults while standing. *Foot* (Edinburgh, Scotland). [Internet] 2011;21(3):142–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foot.2011.03.001>
 36. Schulze C, Lindner T, Woitge S, Finze S, Mittelmeier W, Bader R. Effects of wearing different personal equipment on force distribution at the plantar surface of the foot. *Scientific World Journal*. [Internet] 2013;2013. Available from: <https://doi.org/10.1155/2013/827671>
 37. Lindner T, Schulze C, Woitge S, Finze S, Mittelmeier W, Bader R. The effect of the weight of equipment on muscle

- activity of the lower extremity in soldiers. *Scientific World Journal*. [Internet] 2012;2012:976513. Available from:
<https://doi.org/10.1100/2012/976513>
38. Giacomozzi C. Hardware performance assessment recommendations and tools for baropodometric sensor systems. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità*. [Internet] 2010;46:158–67. Available from:
https://doi.org/10.4415/ANN_10_02_09
39. Rosário JLP. A review of the utilization of baropodometry in postural assessment. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2014 Apr 1;18(2):215–9.
40. Putti AB, Arnold GP, Cochrane LA, Abboud RJ. Normal pressure values and repeatability of the Emed ST4 system. *Gait and Posture*. [Internet] 2008;27(3):501–5. Available from:
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.06.009>



Original Article

Artigo Original

Influence of the Foot and its Characteristics on the Risk of Injury Associated with Dynamic Balance in Soccer Players: An Observational Study

Influência do pé e suas características no risco de lesões associadas ao equilíbrio dinâmico em jogadores de futebol: um estudo observacional

Miguel Angel Campo Ramírez¹Esp; Gabriel Hernandez Oñate¹ MSc; David Eliecer Lopez Salamanca¹ MSc; Olga Lucia Hincapie¹ MSc; Camilo Medina Escarria¹ Esp; Jaime Andrés Perdomo² Esp

Received: May 10, 2021. Accepted: October 4, 2021.

Published online: Oct 19, 2021.

DOI: 10.37310/ref.v90i3.2758

Abstract

Introduction: Dynamic balance (DB) is the basis for all sports motor activities. Variables such as the type of foot and the windlass mechanism (WM) could influence this balance and therefore the risk of injury to the lower limb. Currently no studies are reported that relate these elements to each other in soccer players.

Objective: To determine the influence of some characteristics of the foot on the risk of injury associated with DB in young soccer players.

Methods: Observational, cross-sectional, and correlational study. Forty players were included in the male sub 20 category. DB was evaluated by means of the Y balance test (YBT). To determine the type of the foot, the Herzco method and Jack's test were used to evaluate the WM.

Results: Statistically significant differences were found between the type of the foot and the Jack test with some scopes of the YBT. There was a significant relationship between the left WM vs left DB.

Conclusion: Foot's type and the WM influence the DB. The WM could be related to the DB, however, there seems to be no relationship between Hallux's evaluation and foot type with the DB. Variables such as the quality of execution of the sporting gesture, exposure to load, among others, should be considered when studying the issue.

Key Points

- Foot's type and windlass mechanism (WM) influence the dynamic balance (DB).
- There seems to be no relationship between Hallux's evaluation and foot type with the DB.
- Quality of execution of the sporting gesture, exposure to load, among others, should be considered when studying the issue.

Keywords: football, foot, rehabilitation, postural balance, athletic injuries.

Resumo

Introdução: O equilíbrio dinâmico (ED) é a base para todas as atividades motoras esportivas. Variáveis como o tipo de pé e o mecanismo do molinete (MM) podem influenciar nesse equilíbrio e, portanto, no risco

⁵Corresponding Author: Miguel Angel Campo Ramírez – e-mail: miguel.campo@endeporte.edu.co

*Translator: Lorena Mejía Salazar – lorena.lmtranslation@gmail.com

Affiliations: ¹Facultad de Salud y Rehabilitación, Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte. Cali, Colombia; ²Club Deportivo América de Cali S.A.

de lesão do membro inferior. Atualmente não são relatados estudos que relacionem esses elementos entre si em jogadores de futebol.

Objetivo: Verificar a influência de algumas características do pé no risco de lesões associadas ao ED em jovens jogadores de futebol.

Métodos: Estudo observacional, transversal e correlacional. Quarenta jogadores foram incluídos na categoria sub 20 masculina. O ED foi avaliado por meio do teste de equilíbrio em no teste de equilíbrio em Y (TEY). Para determinar o tipo de pé, o método de Herzco e o teste de Jack foram usados para avaliar MM.

Resultados: Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre o tipo de pé e o teste de Jack com alguns osciloscópios do YBT. Houve uma relação significativa entre o MM esquerdo vs ED esquerdo.

Conclusão: O tipo do pé e o MM influenciam o ED. O MM pode estar relacionado ao ED, no entanto, parece não haver relação entre a avaliação de Hallux e o tipo de pé com o ED. Variáveis como qualidade de execução do gesto esportivo, exposição à carga, entre outras, devem ser consideradas no estudo do assunto.

Pontos Chave

- O tipo de pé e o mecanismo de molinete (WM) influenciam o equilíbrio dinâmico (DB).
- Parece não haver relação entre a avaliação de Hallux e o tipo de pé com o DB.
- Qualidade de execução do gesto esportivo, exposição à carga, entre outros, devem ser considerados ao estudar o assunto.

Palavras-chave: futebol, pé, reabilitação, equilíbrio postural, lesões atléticas.

Influência do pé e suas características no risco de lesões associadas ao equilíbrio dinâmico em jogadores de futebol

Introduction

Dynamic balance is understood as the moment in which inertial forces intervene in order not to fall or lose balance (1). Some authors mention that the ability to balance is the basis for all sports motor activities and is recognized as a predictor of lower limb injury (2,3). It is estimated that approximately three to five million sports injuries to the lower limb occur in elite training men's soccer each year, especially ankle sprains (4,5). Those injuries usually occur without contact, where dynamic balance plays a fundamental role in the control and regulation of these situations during sports practice (4,5). Dynamic balance requires vestibular, proprioceptive, and visual information to provide neuromuscular adjustments and maintain the center of mass within the base of support (6). It is also influenced by physical characteristics such as anthropometric differences, previous injuries, range of motion, strength, neuromuscular control, proprioception and sex. (6).

Balance also is affected by the foot because that structure links the human body (bipedal position) with the external environment generating adequate weight distribution during many static and dynamic body movements through its structures that absorb impacts, such as the transverse, longitudinal, medial and lateral arches (7).

According to different studies, flat feet can cause dysfunctions in the posterior tibial tendon sheath, evidenced by dynamic imbalance, pain, joint involvement (8) and even stress fractures (9). The flat foot also generates a tendency towards pronation and an eversion of the heel causing a greater load on the medial compartment of the foot. This structural deformation limits the ability to absorb impacts, reducing the sensation of balance and dynamic stability when walking or running (10). Some characteristics of the foot can favor the development of flat feet, such as the

windlass mechanism (WM)¹, which assesses the behavior of the medial longitudinal arch when performing a passive extension of the Hallux(11). If this mechanism is not activated (positive test), an increase in the probability of suffering foot injuries is reported, especially if the player presents a high sports performance (11). The causes of these sports injuries could have an origin in the dynamic imbalance.

Some studies have compared the relationship of foot type with dynamic balance in healthy individuals: athletes and non-athletes with musculoskeletal injuries (7,11,12). Nevertheless, literature does not exhibit evidence of the influence of foot's characteristics in relation to the risk of injury associated with dynamic balance in soccer players, in despite the existence of a theoretical, anatomical, and functional relationship among those variables.

The objective of the research was to establish the relationship between some characteristics of the foot and the risk of injury through dynamic balance in young soccer players

Methods

Study design and sample

Cross-sectional observational study with a convenience sample composed by 40 soccer players of sub 20 A and B categories of the América club in Cali, Colombia. Active players over 18 years of age who voluntarily consent to participation are included in the study; Players who presented any pathology at the time of assessment, considerable postural alteration or who had presented an injury to the lower limb in a period equal to or less than three months were excluded.

Ethical aspects

All ethical principles of research involving human beings were fully observed in the present study contained in Resolution 8430 of 1993 issued by the Ministry of Health of Colombia. The study was approved by the Ethics Committee of a University Institution with code 4.1.01.03.06.

Study variables

Injury risk was the outcome variable. Arch of mobility (AMA) of hallux, foot type, dynamic balance, and windlass mechanism were the exposure variables. Sociodemographic, anthropometric, sports data (performance in games), age, social stratum, weight, height, body mass index (BMI), playing position, training frequency in days, and dominance were the covariables used to describe the sample.

Injury risk

To determine the risk of injury (outcome), the reach distances of the Y-balance test (3) were normalized with the lower limb length measurement according to the Plisky protocol (16,17) through the following formula: Composite Normalized Reach Distance (DANC)% = (Anterior Distance + Posteromedial Distance + Posterolateral Distance) / (3 x actual measurement of lower limb)*100. According to the methodology, for each limb, a% DANC lower than 90%, it was related to a deficit in neuromuscular control and a greater probability of injuries in said limb.

Foot characteristics

Arch of mobility (AMA) of hallux

The hallux AMA (exposure variable) was assessed using simple goniometry (13).

Windlass mechanism (WM)

The WM (exposure variable) was evaluated using the Jack or Hubscher test

¹*Editorial note:* About Windlass Mechanism (WM) Bolgla & Malonea^[1] explained that WM “describes the manner by which the plantar fascia supports the foot during weight-bearing activities and provides information regarding the biomechanical stresses placed on the plantar fascia.”

^[1]Bolgla LA, Malone TR. Plantar Fasciitis and the Windlass Mechanism: A Biomechanical Link to Clinical Practice. *Journal of Athletic Training*. 2004;39(1): 77–82.

through a protocol consisting of three attempts(11).

Foot type

Foot type (exposure variable) was evaluated using the Herzco method (15), where it is classified according to perpendicularity criteria into the following foot type categories: flat, normal flat, normal, normal cavus, cavus, strong cavus and extreme cavus. For this, it was necessary to print the footprint.

Dynamic balance

The dynamic balance (exposure variable) was evaluated using the Y balance test (3). Before starting the information collection process, the researchers were trained in the application of the Y balance test to avoid possible biases and to standardize the procedure.

Experimental procedures

For data collection, three phases were used: the first phase began with the recording of sociodemographic, anthropometric and sports data through an interview, in which variables such as age, stratum, weight, height, body mass index (BMI), playing position, training frequency in days and dominance. We continued with the assessment of the AMA of hallux by means of simple goniometry (13), WM that was evaluated by means of the Jack or Hubscher test through a protocol consisting of three attempts. Result is the evaluation that is presented twice, classifying as negative, if there is an increase in the medial longitudinal arch, or positive if this condition does not appear.

For the second phase, the impression of the footprint (14) was taken, it was made on thermal paper, moistening the sole of each player's foot with alcohol, leaving the details and the silhouette of the footprint well defined, by means of which. The lower limbs were measured of the of each athlete from the navel to the tibial malleolus was also evaluated (16).

In the last phase, the dynamic balance assessment was carried out through the application of the Y balance test (3). Before starting the information collection process, the researchers were trained in the

application of the Y balance test to avoid possible biases and to standardize the procedure. Each participant was explained the correct way to develop the movement, they were allowed to perform a test attempt for each direction, then three minutes of rest were allocated before starting the test, then three correct attempts were made for each direction, posterolateral (PL), posteromedial (PM), and anterior (A); each attempt was separated by 30 seconds of recovery; the maximum total number of attempts was three per address.

Statistical analysis

The data were analyzed using the statistical package SPSS version 20.0 (Inc. Chicago, Illinois). The statistical methods used for the univariate analysis of the results were broken down considering that the categorical variables were presented in the form of frequency and percentage. For the numerical variables, the Kolmogorov Smirnov normality test was performed considering the sample size. Data with normal distribution were presented as mean \pm standard deviation and data with non-normal distribution were presented as median and interquartile range (IQR).

To explore the relationships, Wilcoxon non-parametric hypothesis tests were used to compare a dichotomous categorical variable with a numerical non-normal distribution, setting a 95% confidence interval. The Kruskal Wallis test was used to compare polytomous categorical variables with numerical variables of non-normal distribution. For the comparison of categorical variables, Fisher's exact test was used. Statistical significance was expressed by the value $P < 0.05$.

Results

More than a third of the sample were from low socioeconomic level, three-quarters of the population have right-hand dominance and more than the right. half of the population occupy the midfielder position. Mean of age was of $19 \pm 0,94$ years old, the weight 71 ± 5.1 Kg and height 177.3 ± 4.8 , In the BMI variable, more than 75% of the participants exceeded the coefficient of 21.6 (Table 1).

Fifty-eight percent of the participants had the WM absent (positive test) for the lower right limb, likewise in the lower left limb 65% had it absent. Furthermore, 75% of soccer players present a hallux extension greater than 48 and 50 degrees for the right and left feet respectively. Regarding the evaluation of dynamic balance when supporting the left limb, the population presents larger displacements in the three axes (Table 2 and Table 3).

There was a statistically significant relationship of the left WM with the risk of injury to the left limb. No significant relationship was found between Hallux AMA and foot type with the risk of lower limb injury. (Table 4).

Of the participants who were at risk of injury to the left limb, 55% had a left cavus foot, followed by a normal left foot with 36.3%. In the right limb, of the patients who presented risk of injury, 47% presented cavus foot and 41% normal foot. (Table 5).

Table 1 – Demographic and sports characteristics of the male sub-20 team of América de Cali club, 2020

Variables	n	%
<i>Socioeconomic stratum</i>		
Low (1 and 2)	15	38
Medium (3 and 4)	9	23
High (5 and 6)	16	39
<i>Laterality</i>		
Right	30	75
Left	9	23
Ambidextrous	1	2
<i>Position game</i>		
Goalkeeper	1	2
Defense	13	32
Midfielder	21	52
Forward	5	12

Table 2 – Characteristics of the foot

Variable	MMII Right		MMII Left	
	n	%	n	%
<i>Windlass Mechanism (WM) (Jack Test)</i>				
Positive	23	57.5	26	65
Negative	17	42.5	14	35
<i>Foot type</i>				
Flay	4	10.0	3	7
Normal	19	48.0	19	48
Cavus	17	42.0	18	45

Table 3 – Characteristics dynamic balance and arch of mobility (AMA) of hallux

Variable	MMII Right	MMII Left
AMA Hallux extension (°)*	47.3±5	48.8±8.3
Y Balance Test		
Anterior Reach (cm)*	69.6 ±5.3	72.9 ±7.3
Posteromedial Reach (cm)*	98.7 ±4.1	104.8 ± 10.3
Posterolateral Reach (cm)*	100.0 ± 13	103.4±12

*Variable expressed with mean ± standard deviation

Table 4. Bivariate analysis between AMA Hallux extension with the risk of injury for MMII

Variable	No risk of injury	At risk of injury	Est	P
AMA Hallux extension Left (°)*	48(40-55)	50(43-62)	Wx: -1.125	0.26
AMA Hallux Right (°)*	48(42-52)	48(43-52)	Wx: -0.330	0.74

*Variable expressed with Median (Interquartile range = Quartile1-Quartile3). Wx = Wilcoxon-Mann-Whitney test. MMII = lower limb

Table 5 – Bivariate analysis between anthropometric characteristics of the foot with the risk of injury for MMII

Variable	No risk of injury		At risk of injury		Est	p
	n	%	n	%		
<i>Foot type (left foot)</i>						
Plane	2	7.0	1	9.0	Fisher:	0.662
Normal	15	51.7	4	36.3	0.7546	
Cavus	12	41.3	6	54.6		
<i>Foot type (right foot)</i>						
Plane	2	9.0	2	12.0	Fisher:	0.901
Normal	12	52.1	7	41.1	0.4855	
Cavus	9	39.1	8	47.0		
<i>Windlass mechanism (Test Jack, left foot)</i>						
Positive	22	75.8	4	36.3	Fisher:	0.030
Negative	7	24.0	7	63.6	5.4690	
<i>Windlass mechanism (Test Jack, right foot)</i>						
Positive	16	70.0	7	41.0	Fisher:	0.110
Negative	7	30.0	10	58.8	3.2237	

Statistically significant relationships ($p < 0.05$) were observed between the type of the foot and the WM with the PL range of the Y balance test in the lower right limb, as well as between the WM and the A and PL ranges of the lower left limb. (See table 6 and 7 in the appendix)

Discussion

The main finding was that statistically significant differences were found between the type of foot and the right Jack test with the PL reaches of the Y balance test in the right lower limb. Also, between the left Jack test and the A and PL ranges of the lower left limb. There was a statistically significant relationship between the risk of injury and the windlass mechanism in the left limb. Finally, there was no statistically

significant relationship between variables such as: type of foot and range of motion of the Hallux vs the risk of injury associated with dynamic balance.

Regarding the type of foot, the results of the present investigation are similar to those found in Spain by Gonzales et al, in 2017 where, with a sample of 1,002 participants, 68.2% had normal feet. However, it differs with 19% flat feet. (18) Because in our sample there was not a high prevalence of 9% flat feet, which could be related to the results of the relationship between the type of foot and the risk of injury through dynamic balance. Therefore, another possible line of work would be to identify the relationship between these variables with a sample whose foot type characteristics have greater variability

among themselves (normal foot, flat foot, cavus, etc.).

In this regard, in 2013 Jasper and Kong in a systematic review established that both flat foot and cavus foot are significantly associated with the risk of injury, however they describe the relationship as low (19). Toullec in 2019 related flat feet with the appearance of knee pain and low back pain (20); other studies have associated flat feet with long-term femorotibial cartilage damage in athletes (21). In turn, the cavus foot is recognized as one of the biomechanical factors that influences the appearance of stress fractures (22).

Some studies, such as Rivera et al., Have reported a statistically significant relationship between the type of foot and the prevalence of lower limb injuries in athletes (23). However it should be clarified that in these studies the type or classification described as pronated foot, normal or supinate (24).

Although the previous studies present population and methodological differences in the identification of risk, they all relate the morphological types of foot with the appearance of musculoskeletal injuries. Possibly in this study no such relationship was found because the risk of injury is determined solely by the dynamic balance as a function of the DANC%, which takes into account the differences in the ranges with respect to the length of the limb without considering other potentially influential variables such as age, type of sport, exposure to load, among others.

The results compared to the laterality of the participants in the present investigation agree with the study carried out by Ponce et al. in Chile, year 2019, where 90% of evaluated soccer players presented dominance of the right leg (25). Like the study by Quintero et al. of 2020 in Colombia, where 74.2% of the participating footballers in the under 16 and under 17 categories were predominantly rights (26). In relation, some studies have reported that in soccer players, muscle injuries of the hamstrings and adductors occur more frequently in the dominant leg (27,28).

Faced with the characteristics of the foot and the dynamic balance of the population, the results of Jack's test obtain values that differ from those found by some authors such as Gómez in 2020, where with a sample of 100 soccer players, 79% of the population presented a negative Jack test, that is, the presence of the windlass mechanism (29). Furthermore, this variable was not related to the risk of injury to both lower extremities. In 2000, Fuller presented a model based on the Jack's test that allows to propose the mechanical cause and a possible treatment approach for plantar fasciitis, hallux stiffness, and hallux valgus, however this model has limitations to predict the risk of suffering from the pathologies (30); Alfaro et al, evidenced that although Jack's test shows a trend in relation to sever heel pain, it does not show a statistically significant relationship for its incidence in soccer players (31). However, De la Cruz et al. In 2017, they report a statistically significant relationship between the windlass mechanism and the risk of injury in the lower extremities, this relationship becomes stronger when athletes are high-performance athletes (11).

On the other hand, Aranda et al mention that the participants with plantar fasciitis presented less extension of the hallux, however it cannot be established that the limitation of this range of motion is a cause or effect of plantar fasciitis, in addition to the relationship of the alignment of the plantar fasciitis. foot, in this case pronated or supinated (32). In this regard, Frimenko et al developed a relationship curve between the mobility of the hallux and the risk of injury to the phalangeal metatarsal joint, pointing out that at 78° of extension there is a 50% probability of injuring the joint; however, related aspects of AMA are not described based on the prediction of the risk of injury (33).

The literature relating the Jack test and the Hallux AMA to injury risk is considered to be limited. No conclusive aspects are found that relate these variables to each other. It is also possible that athletes functional asymmetries between both

Hallux, however still a clear association between the presence of these asymmetries and prediction or susceptibility to injury of the lower member (34).

In the comparison of the Y Balance Test scopes according to the laterality of the lower limbs, no statistically significant differences were found. Likewise, there is no conclusive literature that relates these variables in the sports population. The studies found relate laterality with the risk of injury (35).

Regarding dynamic balance, in the present investigation statistically significant differences were found between the posterolateral reaches of the Y Balance Test in the right lower limb and the type of foot. In relation to Hertel et al, in 2002 they reported that participants with cavus feet present significantly higher pressure centers compared to flat feet (36). This could translate into changes in dynamic balance. However, other studies are required to confirm this hypothesis.

Additionally, statistically significant differences were found between the posterolateral reaches in the left and right lower limb in relation to Jack's test. Also, in the anterior reach of the lower left limb. These findings could indicate that the dynamic balance is affected by the WM in some reaches, that is, that the structures of the calcaneus, the midtarsal joint and the head of the first metatarsal can influence the mechanics of the joints enough to alter stability limits during dynamic activities. However, the literature that relates the Jack test and the Y Balance Test are limited, and no conclusive aspects were found that relate these two variables.

Finally, in relation to the limitations of the study, the low prevalence of flat feet in the sample is recognized, which could affect the relationships found in the results. Difficulties of the type of cross-sectional study to find causal associations prior to measurements were also reported.

Strong points and limitations of the study

One of the strengths of this study was the approach examining the relationship of anatomical and functional characteristics

with elements such as dynamic balance in soccer athletes. The results contributed to knowledge on dynamic balance and how it can vary according to the type of foot. Future research should investigate correlation of those aspects with sports' injury prevention.

As a limitation of the study, one can consider that the risk of injury is determined by dynamic balance without contemplating other potentially influential variables such as dynamic knee valgus, muscular imbalances, age, among others, analysis that should be examined in future studies.

Conclusion

The objective of the research was to establish the relationship between foot characteristics and the risk of injury through dynamic balance in young soccer players. Results showed that lower right limb PL reaches of the Y test differ according to the type of foot. For the left lower limb there were significant differences in the PL and A ranges. In both lower limbs the ranges significantly varied according to the presence or absence of the windlass mechanism. It is plausible that such characteristics influence the dynamic balance in soccer players. This could explain the statistically significant relationship found between the risk of injury to the left limb and the left windlass mechanism. However, no relationship was found between the other characteristics of the foot (Hallux AMA and foot typology) with the risk of lower limb injuries, possibly because said risk is determined solely by dynamic balance as a function of the DANC%, in which the differences in the reaches with respect to the length of the limb are taken into account without considering other potentially influential variables such as age, type of sport, exposure to load, among others. The implications of this influence on functional performance and the risk of injury during sport are not yet clear and require further studies. Finally, factors such as the type of the foot and the WM should be considered in the review of the intrinsic aspects that can influence functional performance,

generating biomechanical alterations that increase the risk of injury in dynamic actions.

Acknowledgements

To the América de Cali SA Sports Club for participating in the project.

Conflict of interests

The researchers declare that they have no conflict of interest of any kind.

Funding statement

The National School of Sports University Institution of Cali, Colombia provided financial support in each phase of the project.

References

1. Cos F, Cos MÀ, Buenaventura L, Grivé RP. Modelos de análisis para la prevención de lesiones en el deporte. Estudio epidemiológico de lesiones: el modelo Union of European Football Associations en el fútbol. Apunts: *Medicina de l'esport*. [Online] 2010; 95–102. Available from: <https://www.raco.cat/index.php/Apunts/article/view/196613> [Accessed: 2nd July 2020]
2. Mateos NC. *Evaluación del equilibrio dinámico en Educación Infantil*. : 26. Available from: https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/40783/C%F3zar_Mateos_Natalia.pdf;jsessionid=AD5E60CC4538C24F0D234A69C9858DAB?sequence=1
3. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball Players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. [Online] 2006;36(12): 911–919. Available from: doi:10.2519/jospt.2006.2244 [Accessed: 2nd July 2020]
4. Powden CJ, Dodds TK, Gabriel EH. The reliability of the star excursion balance test and lower quarter Y-Balance Test in healthy adults: a systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy*. [Online] 2019;14(5): 683–694. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6769278/> [Accessed: 2nd July 2020]
5. Roos KG, Wasserman EB, Dalton SL, Gray A, Djoko A, Dompier TP, et al. Epidemiology of 3825 injuries sustained in six seasons of National Collegiate Athletic Association men's and women's soccer (2009/2010–2014/2015). *British Journal of Sports Medicine*. [Online] 2017;51(13): 1029–1034. Available from: doi:10.1136/bjsports-2015-095718 [Accessed: 2nd July 2020]
6. Fusco A, Giancotti GF, Fuchs PX, Wagner H, da Silva RA, Cortis C. Y balance test: Are we doing it right? *Journal of Science and Medicine in Sport*. [Online] 2020;23(2): 194–199. Available from: doi:10.1016/j.jsams.2019.09.016 [Accessed: 22nd June 2020]
7. Hyong IH, Kang JH. Comparison of dynamic balance ability in healthy university students according to foot shape. *Journal of Physical Therapy Science*. [Online] 2016;28(2): 661–664. Available from: doi:10.1589/jpts.28.661 [Accessed: 2nd July 2020]
8. Kim J, Lim O, Yi C. Difference in static and dynamic stability between flexible flatfeet and neutral feet. *Gait & Posture*. [Online] 2015;41(2): 546–550. Available from: doi:10.1016/j.gaitpost.2014.12.012 [Accessed: 2nd July 2020]
9. Yoon K-S, Park S-D. The effects of ankle mobilization and active stretching on the difference of weight-bearing distribution, low back pain and flexibility in pronated-feet subjects. *Journal of Exercise*

- Rehabilitation. [Online] 2013;9(2): 292–297. Available from: doi:10.12965/jer.130013
10. Kirby KA. Sistema de reparto de cargas del arco longitudinal del pie. *Revista Española de Podología*. [Online] 2017;28(1): 37–45. Available from: doi:10.1016/j.repod.2017.03.002 [Accessed: 2nd July 2020]
 11. De La Cruz GY. *Relación entre pie plano y equilibrio dinámico en los estudiantes de la I.E Nuestra Señora del Carmen, Lima - 2017*. [Online] [Tesis] [Chimbote - Perú]: Universidad San Pedro; 2018. Available from: http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/12018/Tesis_60465.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 12. Tran K, Spry C. *Custom-Made Orthoses versus Prefabricated foot Orthoses: A Review of Clinical Effectiveness and Cost-Effectiveness*. [Online] Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2019. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549527/> [Accessed: 2nd July 2020]
 13. Deborah A. Nawoczenki, Judith F. Baumhauer, Brian R. Umberger. Relationship Between Clinical Measurements and Motion of the First Metatarsophalangeal *Joint During Gait*. 1999; 370–376. Available from: doi:10.2106/00004623-199903000-00009
 14. Diéguez SL, Sánchez AJL, Sánchez MLZ, Martínez-López EJ. *Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar*. 2011; 6. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/3457/345732285010.pdf>
 15. Neal BS, Griffiths IB, Dowling GJ, Murley GS, Munteanu SE, Franettovich Smith MM, et al. Foot posture as a risk factor for lower limb overuse injury: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Foot and Ankle Research*. [Online] 2014;7(1): 55. Available from: doi:10.1186/s13047-014-0055-4 [Accessed: 2nd July 2020]
 16. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *Journal of Athletic Training*. [Online] 2012;47(3): 339–357. Available from: doi:10.4085/1062-6050-47.3.08 [Accessed: 2nd July 2020]
 17. Gribble PA, Hertel J. Considerations for Normalizing Measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*. [Online] 2003;7(2): 89–100. Available from: doi:10.1207/S15327841MPEE0702_3 [Accessed: 2nd July 2020]
 18. Gonzalez-Martin C, Pita-Fernandez S, Seoane-Pillado T, Lopez-Calviño B, Pertega-Diaz S, Gil-Guillen V. Variability between Clarke’s angle and Chippaux-Smirak index for the diagnosis of flat feet. *Colombia Médica : CM*. [Online] 48(1): 25–31. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5438225/> [Accessed: 2nd July 2020]
 19. Tong JWK, Kong PW. Association Between Foot Type and Lower Extremity Injuries: Systematic Literature Review With Meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. [Online] 2013;43(10): 700–714. Available from: doi:10.2519/jospt.2013.4225 [Accessed: 22nd June 2020]
 20. Toullec E. Pie plano valgo estático del adulto (incluidas las sinostosis

- congénitas). EMC - *Aparato Locomotor*. [Online] 2019;52(3): 1–12. Available from: doi:10.1016/S1286-935X(19)42726-3 [Accessed: 2nd July 2020]
21. Gross KD, Felson DT, Niu J, Hunter DJ, Guermazi A, Roemer FW, et al. Association of flat feet with knee pain and cartilage damage in older adults. *Arthritis Care & Research*. [Online] 2011;63(7): 937–944. Available from: doi:10.1002/acr.20431 [Accessed: 22nd June 2020]
 22. Grande del Arco J. Fracturas de estrés en atletas. *Revista Internacional de Ciencias Podológicas*. [Online] 1970;12(2): 63–71. Available from: doi:10.5209/RICP.59825 [Accessed: 2nd July 2020]
 23. Miguel-Andrés I, Rivera-Cisneros AE, Mayagoitia-Vázquez JJ, Orozco-Villaseñor SL, Rosas-Flores A. Índice de pie plano y zonas de mayor prevalencia de alteraciones músculo-esqueléticas en jóvenes deportistas. *Fisioterapia*. [Online] 2020;42(1): 17–23. Available from: doi:10.1016/j.ft.2019.08.002 [Accessed: 2nd July 2020]
 24. Jorge Camilo Cedeño Vargas. *Estudio podológico y biomecánico que descubre el uso de calzado inadecuado que afecta la práctica deportiva*. [Online] [Guayaquil]: Universidad de Guayaquil; 2019. Available from: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39559>
 25. Álvarez-Ponce D, Guzmán-Muñoz E. *Efectos de un programa de ejercicios excéntricos sobre la musculatura isquiotibial en futbolistas jóvenes*. : 6. Available from: http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or03_alvarez_ponce.pdf
 26. Laura Andrea Quintero Palma, Wilfredo Agredo Rodriguez, Jessica Quiceno Henao, Alexander Quiñones, José fernando Tovar. Efectos de fatiga en variables cinemáticas y cinéticas de miembros inferiores en jugadores de fútbol. *REIA*. 2020;17(33): 1–13. Available from: doi:<https://doi.org/10.24050/reia.v17i33.1360>
 27. Svensson K, Eckerman M, Alricsson M, Magounakis T, Werner S. Muscle injuries of the dominant or non-dominant leg in male football players at elite level. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. [Online] 2018;26(3): 933–937. Available from: doi:10.1007/s00167-016-4200-4 [Accessed: 22nd June 2020]
 28. Pangrazio O, Forriol F. Epidemiología de las lesiones sufridas por los jugadores durante el XVI Campeonato Sudamericano Sub-17 de Fútbol. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*. [Online] 2016;60(3): 192–199. Available from: doi:10.1016/j.recot.2015.12.002 [Accessed: 2nd July 2020]
 29. Herrera G, Fabrizio K. *Incidencia de Fascitis Plantar y su relación con el Hallux Limitus Funcional en los jugadores del Centro de Formación Técnica de Fútbol*: 71. Available from: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14325>
 30. Fuller E. The windlass mechanism of the foot. A mechanical model to explain pathology. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. [Online] 2000;90(1): 35–46. Available from: doi:10.7547/87507315-90-1-35 [Accessed: 22nd June 2020]
 31. Alfaro Santafé J, Gómez Bernal A, Alfaro Santafé J-V, Lanuza Cerzócimo C, Escamilla Galindo V-L, Almenar Arasanz A-J. Relación de

- Lunge y Jack Test en la apófisis calcánea (Talalgia de Sever) en futbolistas jóvenes. *Revista Internacional de Ciencias Podológicas*. [Online] 2017;11(2): 117–123. Available from: doi:10.5209/RICP.56028 [Accessed: 22nd June 2020]
- Foot Types. *Journal of Athletic Training*. [Online] 2002;37(2): 129–132. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164334/> [Accessed: 2nd July 2020]
32. Aranda Y, Munuera PV. Plantar Fasciitis and Its Relationship with Hallux Limitus. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. [Online] 2014;104(3): 263–268. Available from: doi:10.7547/0003-0538-104.3.263 [Accessed: 22nd June 2020]
 33. Frimenko RE, Lievers WB, Riley PO, Park JS, Hogan MV, Crandall JR, et al. Development of an Injury Risk Function for First Metatarsophalangeal Joint Sprains: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. [Online] 2013;45(11): 2144–2150. Available from: doi:10.1249/MSS.0b013e3182994a10 [Accessed: 22nd June 2020]
 34. Gkrilias P, Zavvos A, Fousekis K, Billis E, Matzaroglou C, Tsepis E. Dynamic balance asymmetries in pre-season injury-prevention screening in healthy young soccer players using the Modified Star Excursion Balance Test—a pilot study. *Journal of Physical Therapy Science*. [Online] 2018;30(9): 1141–1144. Available from: doi:10.1589/jpts.30.1141 [Accessed: 22nd June 2020]
 35. Murphy D, Connolly D, Beynnon B. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*. [Online] 2003;37(1): 13–29. Available from: doi:10.1136/bjism.37.1.13 [Accessed: 2nd July 2020]
 36. Hertel J, Gay MR, Denegar CR. Differences in Postural Control During Single-Leg Stance Among Healthy Individuals With Different



Artigo Original

Original Article

Comparação da estratégia de corrida em atletas africanos e não africanos na prova de 5.000 metros do atletismo: estudo transversal

Comparison of Running Strategy in African and Non-African Athletes in the 5,000-Meter Athletics Event: A Sectional Study

Diego de Alcantara Borba^{§1,2} PhD; Felipe Martins Bernardes¹; João Paulo Santos Diniz¹

Recebido em: 23 de junho de 2021. Aceito em: 1º outubro de 2021.

Publicado online em: 19 de outubro de 2021.

DOI: 10.37310/ref.v90i3.2768

Resumo

Introdução: Atletas africanos dominam as provas de longa distância no atletismo há algumas décadas. Vários fatores têm sido investigados para explicar esse fenômeno, porém, variáveis relacionadas a estratégia de corrida permanecem em aberto.

Objetivo: Comparar a estratégia de corrida em atletas africanos e não africanos na prova dos 5.000 m.

Métodos: Foram extraídos dados de 43 atletas das provas finais dos 5.000 m masculino dos três últimos campeonatos mundiais. Estes atletas foram divididos em dois grupos: atletas africanos (n=30) e não africanos (n=13). A velocidade atingida a cada quilômetro foi utilizada para determinar a estratégia de corrida.

Resultados: Não houve diferença na velocidade de corrida ao longo das parciais (km) entre os grupos. As parciais um e dois foram menores que as demais parciais e as parciais três e quatro foram menores que a parcial cinco ($p < 0,05$).

Conclusão: Não houve diferença na estratégia de corrida entre atletas africanos e não africanos na prova dos 5.000 m e velocidade da corrida tende a aumentar ao longo da prova.

Palavras-chave: corrida, alto rendimento, competição esportiva.

Pontos Chave

- Não houve diferença em velocidade de corrida nas parciais entre grupos.
- As parciais um e dois foram menores que as demais parciais.
- As parciais três e quatro foram menores que a parcial cinco.

Abstract

Introduction: African athletes predominated long distance running in athletics for some decades. Nevertheless, running strategy phenomenon still need further investigation.

Objective: To compare the running strategy in African and non-African 5.000 m runners during competition event.

Methods: Data were extracted from 43 athletes from the men's 5.000m finals of the last three world championships. These athletes were divided into two groups: African (n=30) and non-African (n=13) athletes. The velocity reached at each kilometer was used to determine the running strategy.

Results: There was no difference in running velocity throughout the splits (km) between the groups. The splits one and two were smaller than the other splits and the splits three and four 4 were smaller than the

[§]Autor correspondente: Diego de Alcantara Borba – e-mail: diegoalcantara1@gmail.com

Afiliações: ¹Faculdade de Educação Física, Universidade de Itaúna, MG, Brasil; ²Departamento de Ciências do Movimento Humano, Curso de Educação Física, Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidades de Ibirité e Divinópolis, MG, Brasil.

split five ($p < 0.05$).

Conclusion: There was no difference in the running strategy between African and non-African athletes and the running velocity tends to increase throughout the race.

Keywords: running, high-performance, sports competition.

Key Points

- There was no difference in running speed in the partials between groups.
- The partials one and two were smaller than the other partials.
- Parts three and four were smaller than partial five.

Comparação da estratégia de corrida em atletas africanos e não africanos na prova de 5.000 metros do atletismo: estudo transversal

Introdução

Há algumas décadas, atletas africanos, vindos principalmente dos países do Leste, como: Quênia, Eritreia e Etiópia, dominam as corridas de média e longa distância do atletismo. Diferentes estudos têm sido realizados na tentativa de explicar tal domínio em relação a atletas do resto do mundo(1-5).

Efeitos favoráveis ao melhor desempenho em atletas africanos parecem estar ligados as diferenças culturais(1) e antropométricas(2-5), enquanto a capacidade aeróbia e do metabolismo muscular parecem inconsistentes para explicar a superioridade dos atletas africanos (6,7). Todavia, parece não haver na literatura estudos que compararam aspectos cognitivos, como a estratégia de corrida, entre africanos e não africanos. Estratégia de corrida pode ser definida como a maneira pela qual o atleta distribui a velocidade ou ritmo da corrida durante a prova(8). A estratégia de corrida é normalmente registrada com base na velocidade, tempo ou ritmo nos diferentes trechos ou parciais da prova (400 m, 1000 m, 5000 m)(10-12), sendo classificadas em quatro tipos: a) estratégia constante - o atleta mantém (ou altera pouco) a velocidade ao longo da prova; b) estratégia negativa ou decrescente - o atleta inicia em alta velocidade e diminui a mesma ao longo

da prova; c) estratégia positiva ou crescente - o atleta inicia em velocidade baixa e aumenta gradualmente até o final; e d) estratégias variáveis - a distribuição da velocidade não segue um padrão bem definido e é alterada durante a prova. Contudo, as estratégias variáveis podem apresentar os padrões em U, em J e em J-invertido(8).

A estratégia de corrida parece ser influenciada pelas alterações do estado fisiológico (fadiga) e psicológico (motivação) ao longo da prova(13,14). Além disso, o conhecimento prévio da distância a ser percorrida, assim como seus efeitos sobre o corpo também modula o controle da velocidade(15). Portanto, pode ser especulado, que corredores africanos e não africanos também possam se diferenciar quanto a estratégia de corrida. Assim, o objetivo deste estudo foi comparar a estratégia de corrida em corredores nascidos na África ou não na prova dos 5.000 m.

Métodos

Desenho de estudo e amostra

Foram extraídos dados de 43 atletas das provas finais de 5.000 m masculino do campeonato mundial de atletismo de 2015, 2017 e 2019. As provas ocorreram em Pequim (2015) na data de 29 de agosto, com início às 19h30min, Londres (2017) na data de 12 de agosto, com início às 20h20min e

em Doha (2019) na data de 30 de setembro, com início às 21h20min.

Aspectos éticos

O estudo foi realizado com dados secundários e todos os aspectos éticos da pesquisa científica envolvendo seres humanos foram observados.

Variáveis de estudo

A estratégia de corrida foi a variável dependente e o grupo – corredores africanos e não africanos a variável independente. A idade e o tempo final da prova (marca) foram as covariáveis descritas para caracterização da amostra.

Estratégia de corrida

A velocidade de corrida a cada quilômetro compôs a covariável para determinação da estratégia de corrida (variável dependente), classificada da seguinte maneira.: a) Estratégia constante - o atleta mantém a velocidade ao longo da prova; b) Estratégia negativa ou decrescente - o atleta inicia em alta velocidade e diminui a mesma ao longo da prova; c) Estratégia positiva ou crescente - o atleta inicia em velocidade baixa e aumenta gradualmente até o final; e d) Estratégia em “U” - a velocidade é alta no primeiro terço, reduz no terço central e volta a aumentar no terço final da prova; e) Estratégia em “J” a velocidade é alta no primeiro terço e se mantém constante e mais baixa nos terços finais da prova; f) Estratégia em “J invertido” é o contrário da “J”, os dois primeiros terços apresentam velocidade baixa e constante e no terço final há aumento progressivo da velocidade(8).

Procedimentos de coleta de dados

Os tempos por parciais de cada um dos atletas que disputaram as provas finais dos 5.000 m dos campeonatos mundiais de 2015, 2017 e 2019 foram extraídos no site da Federação Internacional de Atletismo (World Athletics) na data de 23 de novembro de 2020. Em seguida, os valores de tempo foram convertidos para velocidade (km/h). Para avaliar o efeito da nacionalidade na estratégia de corrida, esses dados foram agrupados por grupo de atletas africanos (n=30) e de não africanos (n=13). A

velocidade de cada parcial foi utilizada para determinar a estratégia de corrida.

Análise Estatística

Para o cálculo amostral realizado a posteriori e para a análise de sensibilidade utilizou-se o software GPower 3.1.2. Foram estabelecidos os seguintes parâmetros: família do teste= ANOVA com medidas repetidas; amostra total= 43; erro alfa= 0,05; tamanho do efeito (f)= 0,68. O poder da amostra encontrado foi $1-\beta= 1,0$. A análise de sensibilidade da amostra do estudo foi de efeito $f= 0,31$. Foram apresentadas as estatísticas descritivas média e desvio padrão. A normalidade e esfericidade dos dados foram analisadas pelo teste de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. A ANOVA de modelos mistos foi utilizada para avaliar as parciais entre os grupos (2x5). Caso a distribuição dos dados não fosse normal, foi utilizado o teste não-paramétrico de Friedman. Para identificar as diferenças, foi utilizado o teste *post hoc* de Bonferroni. O índice de significância adotado foi menor que 5% ($p<0,05$). Os dados foram analisados com o uso do pacote estatístico gratuito JAMOVI.

Resultados

A Tabela 1 mostra os dados descritivos quanto à idade e tempo final obtido na prova. Não houve diferença significativa para estas variáveis entre os grupos.

Tabela 1 – Idade e média de velocidade durante a prova segundo grupo comparativo de atletas: africanos e não africanos

Grupo	Idade Média±DP	Velocidade Média±DP
Africanos	23,7±4,26	13,6±0,36
Não africanos	24,9±3,1	13,5±0,64

DP: desvio padrão

A velocidade da corrida apresentou esfericidade, mas não normalidade. Logo, foi utilizado também o tratamento não-paramétrico na análise dos resultados. A ANOVA de modelos mistos não indicou diferença estatística nas parciais entre os grupos ($F= 1,1$; $p= 0,3$) nem interação grupo x parcial ($F=0,47$; $p=0,75$). Porém, inde-

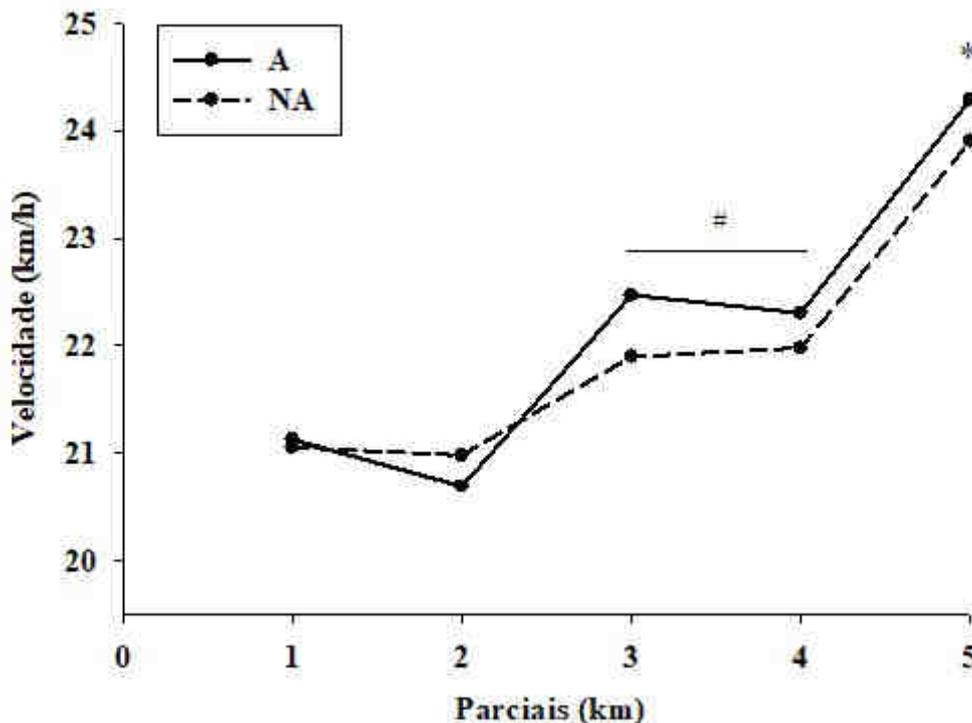


Figura 1 – Distribuição da velocidade ao longo da prova dos 5.000 m. A= africanos; NA= não africanos. (*) maior que as demais parciais. (#) maior que parciais um e dois.

pendente do grupo, houve diferenças entre as parciais. As parciais um e dois foram menores que as demais e as parciais três e quatro foram menores que a parcial cinco ($F=25,7$; $p<0,001$; $\eta^2p=0,38$). O teste não-paramétrico de Friedman também foi aplicado aos dados e apresentou os mesmos resultados da ANOVA ($\chi^2=68,9$; $p<0,001$).

Discussão

Este estudo procurou identificar uma possível diferença na estratégia de corrida entre corredores africanos e não africanos na prova de 5.000 metros do atletismo. Observou-se que, mesmo face ao domínio de africanos no desempenho em competições de alto rendimento, os resultados não indicaram diferença na estratégia de corrida entre os grupos. Tanto os corredores africanos quanto os não africanos se aproximaram da estratégia positiva.

Este parece ser o primeiro estudo que investigou diferenças na estratégia de corrida de longa distância entre diferentes nacionalidades. Os principais achados do presente estudo foram que, apesar do grande número de vitórias de atletas africanos em competições de alto nível, como é o caso do Campeonato Mundial de Atletismo e os Jogos Olímpicos, as análises do presente não indicaram diferença na estratégia de corrida entre os grupos examinados. Outro achado importante foi que tanto os corredores africanos quanto os não africanos se aproximaram da estratégia positiva. Porém, efeitos de outras variáveis sobre a estratégia de corrida é tema relevante na área. Tucker et al.(9) quiseram descrever como seria a estratégia de corrida dos recordistas mundiais da prova dos 5.000 m. A estratégia em “U” foi a mais utilizada entre os 32 atletas investigados, resultado que diverge dos resultados do presente estudo que também analisou corredores de 5.000 m.

Já Lima-Silva et al.(15) investigaram se o tipo de estratégia de corrida estaria relacionado ao nível competitivo em atletas brasileiros (regional vs. nacional) em uma corrida de 10 km. Apesar dos diferentes valores na velocidade de corrida em cada quilômetro, a distribuição mostrou-se semelhante entre os grupos ao longo da corrida. Ambos os grupos completaram o primeiro quilômetro em velocidade alta, reduziram a mesma nos quilômetros seguintes, mantendo-a relativamente constante até o último quilômetro, onde voltaram a aumentá-la até o final. Este comportamento sugere o padrão de estratégia em “U” ou “J” se for desprezado o sprint no último quilômetro. Com objetivo semelhante, Borba et al.(11) analisaram a estratégia de corrida por meio da velocidade a cada quilômetro em três grupos com diferentes colocações na prova dos 10.000 m (primeiros, intermediários e últimos colocados). O grupo dos primeiros utilizaram a estratégia em “J”, já o grupo dos atletas intermediários optaram pela estratégia constante enquanto o grupo dos últimos colocados utilizaram a estratégia negativa, indicando mais uma vez que atletas com diferentes níveis de preparação podem apresentar formas diferentes de distribuir a velocidade ao longo da prova. Também em relação à estratégia de corrida em atletas de diferentes desempenhos, Manoel et al.(10) mostraram que corredores amadores que completam os 10.000 metros abaixo e acima de 11,81 km/h de média apresentaram estratégia constante. Estes resultados indicam que o nível competitivo do atleta pode influenciar na estratégia de corrida de fundo em diferentes distâncias.

Apesar de não haver diferença na estratégia de corrida entre os grupos examinados no presente estudo, houve diferença na velocidade de corrida entre as parciais (km1=21,18±1,20 km/h; km2=20,93±1,76 km/h; km3=22,39±1,98 km/h; km4=22,23±0,56 km/h; km5=24,20±1,23 km/h). De modo geral, a velocidade aumentou ao longo da corrida, caracterizando a estratégia positiva ou crescente. Em relação ao controle da velocidade, é fundamental que os atletas

saibam manter uma intensidade adequada ao longo da prova, com isso, se protegerão de uma possível “catástrofe fisiológica” (morte celular ou tecidual) e, também, pouparão energia para o final da corrida(16,17). Sobre a estratégia de aumento da velocidade ao longo da prova, Abbis e Lauresen(8) acreditam que esse estímulo melhora o desempenho em exercícios de longa duração, reduzindo a perda de carboidratos e diminuindo o consumo excessivo de oxigênio.

Em relação à regulação da estratégia de corrida durante a prova, existem alguns modelos que buscam explicá-la. O modelo clássico de fadiga é um deles. Nele, ocorre uma redução da intensidade do esforço a partir da instalação de um quadro de fadiga, principalmente quando se trata de fadiga periférica(18). Além disso, Ulmer(12) propôs o modelo da “tele antecipação”, onde tanto mecanismos periféricos quanto mecanismos centrais entram em ação, visando manter sempre os níveis fisiológicos adequados e uma boa segurança ao atleta. Por fim, com o intuito de complementar o modelo anteriormente citado e levá-lo também para as provas de resistência, foi proposto o “modelo do governador central” e em seguida o “modelo do governador central integrativo”. No primeiro, considera que tanto as variáveis fisiológicas quanto as psicológicas possuem grande influência no controle do ritmo de corrida. Neste sentido, o corpo visa evitar uma “catástrofe fisiológica” e promover um melhor desempenho do atleta. O ajuste do ritmo é controlado rigidamente durante cada momento da prova, considerando feedbacks fisiológicos periféricos (ex.: estresse cardiovascular, variabilidade da frequência cardíaca e a frequência respiratória) e alterações a nível central (concentração de serotonina, adenosina)(17). No segundo, é acrescentado ao modelo anterior o conhecimento ou experiência prévia do atleta como fator modulador da estratégia(14). Estes dois grupos de mecanismos podem ser expressos pela alteração da motivação e da própria

percepção subjetiva do esforço ao longo da prova(12,14,16).

Pontos fortes e limitações do estudo

Do ponto de vista prático, os resultados do presente estudo são de grande valia metodológica para pesquisadores, tendo em vista esclarecer que a observação empírica quanto ao melhor desempenho dos atletas africanos não se mostrou associada à estratégia de corrida, pois, examinando-se à luz do método científico, não foram encontradas diferenças entre as estratégias de corrida utilizadas por atletas africanos e não africanos. Tais achados podem contribuir na orientação e direcionamento das pesquisas que buscam explicar este fenômeno de superioridade dos atletas deste continente.

A utilização de uma amostra específica representa tanto um porto forte do estudo, quanto uma limitação. A composição da amostra de atletas homens de 5.000 m da classe mundial configura-se em uma análise importante para o conhecimento científico quanto às estratégias de corrida empregadas no mais alto nível de desempenho nas provas de fundo, contribuindo para o desenvolvimento/aprimoramento de métodos de treinamento da modalidade para atletas de todos os níveis. Por outro lado, a utilização de uma amostra tão específica, como seria de se esperar, reduz a extrapolação dos resultados para outras populações, como por exemplo, corredores amadores. Por conseguinte, sugere-se que outros estudos sejam conduzidos em outras populações, sexo, faixa etária, assim como em provas com outras distâncias. Por essas razões, a extrapolação dos resultados do presente estudo para outras provas, nível competitivo e sexo deve ser realizado com cautela.

Conclusão

O presente estudo buscou responder se atletas africanos e não africanos apresentavam diferenças na estratégia de corrida. Os resultados mostraram que não há diferença na estratégia de corrida entre atletas de nacionalidade africana e os demais, sendo que em ambos os grupos,

houve aumento na velocidade ao longo da prova. Diante da literatura escassa ligada a este tema, outros estudos devem ser conduzidos, considerando-se variáveis biológicas e/ou genéticas que possam contribuir para esclarecer o fenômeno em provas de média e longa distância.

Declaração de conflito de interesses

Não há nenhum conflito de interesses em relação ao presente estudo.

Declaração de financiamento

Pesquisa realizada sem financiamento.

Referências

1. Saltin B, Kim CK, Terrados N, Larsen H, Esvedenhag J, Rolf CJ. Morphology, enzymen activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 1995;5(4):222-30 doi: 10.1111/j.1600-0838.1995.tb00038.x
2. Larsen HB. Kenyan dominance in distance running. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2003;136(1):161-170. doi: 10.1016/s1095-6433(03)00227-7
3. Joyner MJ, Ruiz JR, Lucia A. The two-hour marathon: who and when? *Journal of Applied Physiology*. 2011;110:275–277 doi: 10.1152/jappphysiol.00563.2010
4. Foster C, Hoyos J, Earnest C, Lucia A. Regulation of Energy Expenditure during Prolonged Athletic Competition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005;37(4):670-675. Doi: 10.1249/01.mss.0000158183.64465.bf
5. Mooses M, Hackney AC. Anthropometrics and Body Composition in East African Runners: potential impact on performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2017;12(4):422-430. doi: 10.1123/ijsp.2016-0408
6. Bosch AN, Goslin BR, Noakes TD, Dennis SC. Physiological differences between black and white runners during a treadmill marathon. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1990;61(1-2):68–72.
7. Weston AR, Karamizrak O, Smith A, Noakes TD, Myburgh KH. African runners

- exhibit greater fatigue resistance, lower lactate accumulation, and higher oxidative enzyme activity. *Journal of Applied Physiology*. 1999;86:915-923. doi: 10.1152/jappl.1999.86.3.915
8. Abbiss CR, Laursen PB. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Medicine*. 2008;38(3):239-252. doi: 10.2165/00007256-200838030-00004
 9. Tucker R, Lambert MI, Noakes TD. An analysis of pacing strategies during men's world-record performances in track athletics. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2006 (3):233-45. doi: 10.1123/ijsp.1.3.233.
 10. Manoel FA, Kravchychyn ACP, Alves JCC, Machado FA. Influência do nível de performance na estratégia de ritmo de corrida em prova de 10 km de corredores recreacionais. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*. 2015;29(3):355-360. Doi: 10.1590/1807-55092015000300355
 11. Borba DA, Silva ALF, Caldeira RR, Ferreira-Júnior JB. Influência de diferentes níveis de desempenho na estratégia de corrida durante os 10 mil metros do Campeonato Mundial de Atletismo: um estudo retrospectivo (2015 e 2017). *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education*. 2020;88(4):989-998. doi: 10.37310/ref.v88i4.848
 12. Ulmer HV. Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. *Experientia*. 1996;52(5):416-420. doi:10.1007/BF01919309
 13. Tucker R, Noakes TD. The physiological regulation of pacing strategy during exercise: a critical review. *British Journal of Sports Medicine*. 2009;43(6):e1–e1. doi:10.1136/bjism.2009.057562
 14. St Clair Gibson A, Swart J, Tucker R. The interaction of psychological and physiological homeostatic drives and role of general control principles in the regulation of physiological systems, exercise and the fatigue process – The Integrative Governor theory. *European Journal of Sport Science*. 2018. 18(1):25-36. doi: 10.1080/17461391.2017.1321688
 15. Lima-Silva, AE, Bertuzzi RCM, Pires FO, Barros RV, Gagliardi JF, Hammond J et al. Effect of performance level on pacing strategy during a 10-km running race. *European Journal of Applied Physiology*. 2010;108(5):1045-1053 doi: 10.1007/s00421-009-1300-6
 16. Noakes TD. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. *British Journal of Sports Medicine*. 2005;39(2):120-124. doi:10.1136/bjism.2003.010330
 17. Noakes TD. The Central Governor Model of Exercise Regulation Applied to the Marathon: *Sports Medicine*. 2007;37(4):374377. doi:10.2165/00007256-200737040-00026
 18. Amann M. Central and peripheral fatigue: interaction during cycling exercise in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2011;43(11): 2039-2045. doi: 0.1249/MSS.0b013e31821f59ab



Review

Revisão

English version of Rev Ed Física / J Phys Ed (2021) 90, 4, 240-250

<https://doi.org/10.37310/ref.v89i4.2724>

Physical Exercise and CoViD-19: A Brief Narrative Review on Immunology, Prevention and Recovery

Exercício físico e CoViD-19: imunologia, prevenção e recuperação: uma breve revisão narrativa

Lilian Martins^{1,2} PhD; Renato Soeiro¹ MSc

Received: December 8, 2020. Accepted: December 10, 2020.

Published first: December 29, 2020. English version: October 19, 2021.

DOI: 10.37310/ref.v90i3.2804

Abstract

Introduction: The new coronavirus, the etiological agent of CoViD-19, causes damage to several systems in the human body, particularly the lungs, heart, brain, kidneys, and vascular system. Spread to the world in early 2020, little was known about the disease. More recently, evidence has begun to emerge that physical exercise (PE) can help prevent it.

Objective: To present a brief review of the literature about the relationship between PE and health promotion of the immune system and its relationship with CoViD-19.

Methods: This study was a narrative review. The search was carried out using the PubMed and Google Scholar databases. The language used was English and the following terms were used: "exercise and CoViD-19".

Results and Discussion: PE improves endothelial function, improving the immune system, contributes to reducing obesity, as well as contributing to mental health, providing additional benefits, as both negative affective states and obesity increase inflammation and decrease function immunological. In addition, the literature shows that higher levels of physical activity were associated with lower prevalence of CoViD-19 symptoms and physical inactivity had a 32% higher relative risk for hospitalization for CoViD-19.

Conclusion: PE promotes mitochondrial health, contributing to the maintenance of the immune system. The intensity of PE is important to improve endothelial function, immunity and mental health and must be moderate, in addition to maintaining the regularity of the practice so the organic benefits can be achieved.

Keywords: physical activity, immunology, coronavirus, pandemic, preventive medicine.

Key Points

- The recommended exercise intensity to improve endothelial and immune systems functioning, as well as to better mental health is moderate intensity.
- Higher levels of physical activity were associated with lower prevalence of CoViD-19 symptoms.
- Physical inactivity Physical inactivity had a 32% higher relative risk for hospitalization for CoViD-19.

⁵Corresponding author: Lilian Martins – e-mail: lilitina@gmail.com

Affiliations: ¹Brazilian Army Research Institute for Physical Training (BARIPT), Rio de Janeiro-RJ, Brazil; ²Brain Mapping and Sensory-Motor Integration Laboratory (BMAMIL), School of Physical Education and Sports (SPES) of Rio de Janeiro Federal University (RJFU), Rio de Janeiro-RJ, Brazil.

Resumo

Introdução: O novo coronavírus, agente etiológico da CoViD-19, causa danos a diversos sistemas do corpo humano, particularmente, aos pulmões, coração, cérebro, rins e sistema vascular. Tendo sido espalhada para o mundo no início de 2020, pouco se sabia sobre a doença. Mais recentemente, começaram a surgir evidências de que o exercício físico (EF) pode ajudar na sua prevenção.

Objetivo: Apresentar uma breve revisão da literatura acerca da relação de EF com promoção da saúde do sistema imunológico e sua relação com a CoViD-19.

Métodos: Este estudo foi do tipo revisão narrativa. A busca foi realizada na base de dados do PubMed e o Google Scholar. A linguagem utilizada foi o inglês e foram utilizados os seguintes termos: “*exercise and CoViD-19*”.

Resultados e Discussão: O EF melhora a função endotelial, aprimorando o sistema imunológico, contribui para reduzir a obesidade, bem como contribui para melhorar a saúde mental, proporcionando benefícios adicionais, pois, tanto estados afetivos negativos quanto obesidade aumentam a inflamação e diminuem a função imunológica. Além disso, a literatura exibe dados que mostraram que maiores níveis de atividade física se associaram a menor prevalência de sintomas de CoViD-19 e inatividade física teve o risco relativo 32% maior para internação hospitalar por CoViD-19.

Conclusão: O EF promove a saúde mitocondrial, contribuindo para a manutenção do sistema imunológico. A intensidade do EF é importante para melhorar a função endotelial, a imunidade e a saúde mental. Assim o exercício deve ser de intensidade moderada, além de ser mantida a regularidade da prática para que os benefícios orgânicos sejam alcançados.

Palavras-chave: atividade física, imunologia, coronavírus, pandemia, medicina preventiva.

Pontos Chave

- A intensidade do exercício físico para promover o funcionamento dos sistemas endotelial e imunológico, bem como promover a saúde mental é a intensidade moderada.
- Maiores níveis de atividade física associaram-se a menos sintomas de COVID-19.
- Inatividade física inatividade física teve o risco relativo 32% maior para internação hospitalar por CoViD-19.

Physical Exercise and CoViD-19: A Brief Narrative Review on Immunology, Prevention and Recovery

Introduction

In the years of 2002-2003 there was a severe acute respiratory syndrome (SARS) pandemic caused by a coronavirus named SARS-CoV, originated from China(1). Almost two decades after that, at the beginning of 2020, a new pandemic emerged from a new coronavirus that also caused SARS having its origin in China as well. In that context, the new coronavirus was called SARS-CoV2, and the new disease was named CoViD-19 (disease cause by SARS-CoV2 in 2019). Besides SARS, CoViD-19 leads to deleterious inflammatory(2,3) and neurological(4–8) symptoms. On its severe phase, there is

triggered a cytokine storm(9) – a phenomenon phlogistic¹ characterized by an inflammatory and febrile condition, which is fed back by the production of cytokines, a process that overloads the counter-regulation mechanisms(9,11).

As physical activity is closely linked to health promotion and preventive medicine, this study aimed to present a brief literature review about the relationship of physical exercise with immunology, prevention and recovery aspects of CoViD-19.

Methods

This was narrative review, and the research was conducted in the database of

¹Phlogistic: of or relating to inflammations and fevers(10)

PubMed, that includes MedLine and other scientific bases, and in Scholar Google. The English language was used to track the publications, using the search terms "*exercise and CoViD-19*".

Results and Discussion

CoViD-19 a disease of the endothelial system

SARS-CoV2, etiological agent of CoViD-19, causes damage to several systems of the human body, particularly the lungs, heart, brain, kidneys and vascular system(11). This can be explained because SARS-CoV2 receptors are ACE2² protein(13), which is predominantly present in pulmonary alveoli, respiratory epithelial cells, ilium, esophagus, myocardium, and olfactory neuroepithelium(14). Nunn et al.(14) explained that the increased risk for aggravation of CoViD-19 in obese individuals is due to the fact that ACE2 receptors are found in adipose tissue: both in visceral and subcutaneous tissues. Likewise, other agents – CD26³ and CD147⁴, may also act as receptors for SARS-CoV2, which are altered with age and relates to comorbidities such as obesity and hypertension. ACE2 and CD147 are increased in case of lung disease, which activates the *renin-angiotensin aldosterone system* (RAAS) accelerating the damage to the body, which explains the cytokine storm(14). Therefore, the severity degree of CoViD-19 is linked to previous existence of other age-related diseases such as diabetes, hypertension and other cardiovascular diseases(17,18), all of which compromise endothelial function. Complications of the disease are more frequent in the elderly because with advancing age, there is a reduction in pulmonary function, which causes impairment of pulmonary epithelial integrity, greatly compromising the

elderly's ability to fight against respiratory infections, resulting in greater susceptibility to lung diseases(19). The respiratory function decline related to age is independent of physical exercise(20).

Libby and Lüscher(11) investigated the mechanisms of CoViD-19 examining the stages of later complications and concluded that it is an endothelial disease. The authors explain:

“The vascular endothelium provides the crucial interface between the blood compartment and tissues, and displays a series of remarkable properties that normally maintain homeostasis. This tightly regulated palette of functions includes control of haemostasis, fibrinolysis, vasomotion, inflammation, oxidative stress, vascular permeability, and structure.

While these functions participate in the moment-to-moment regulation of the circulation and coordinate many host defense mechanisms, they can also contribute to disease when their usually homeostatic and defensive functions over-reach and turn against the host.

SARS-CoV-2, the aetiological agent of COVID-19, causes the current pandemic. It produces protean manifestations ranging from head to toe, wreaking seemingly indiscriminate havoc on multiple organ systems including the lungs, heart, brain, kidney, and vasculature (...)

Cytokines, protein pro-inflammatory mediators, serve as key danger signals that shift endothelial functions from the homeostatic into the defensive mode. The endgame of COVID-19 usually involves a

²ACE2: The angiotensin converting enzyme-2 (ACE2) is an enzyme attached to the membrane of cells in the kidney, testis, heart, and the intestinal tract, gallbladder and lung(12).

³CD26: The dipeptidyl peptidase IV/DPP IV/adenosine deaminase binding protein/ADAbp (CD26) is a multifunctional membrane, type II cell

surface glycoprotein widely expressed on T cells, B cells and natural killer cells(15).

⁴CD147: Cluster of differentiation 147 (CD147) is a transmembrane glycoprotein belonging to the immunoglobulin superfamily. Its overexpression relates to immunologic disorders(16).

cytokine storm, a phlogistic phenomenon fed by well-understood positive feedback loops that govern cytokine production and overwhelm counter-regulatory mechanisms.

The concept of COVID-19 as an endothelial disease provides a unifying pathophysiological picture of this raging infection, and provides a framework for a rational treatment strategy at a time when we possess an indeed modest evidence base to guide our therapeutic attempts to confront this novel pandemic.”

Physical exercise and immunity

Physical exercise promotes health of several human organism systems: cardiovascular(21–23), endocrine(17,24), psychological(25,26), immunological(14,25,27), respiratory(28). Such comprehensive benefits may explain the association of physical exercise with prevention of several cancer types(29).

The effects of physical exercise that achieve all human body tissues are those that occur into the vascular endothelium – which is the crucial interface between the blood compartment and the tissues(11). Libby and Lüscher(11) explained that the endothelium is the only surface on which, under physiological conditions, blood does not clot. The practice of physical exercise, with increased oxygen consumption, causes the blood to circulate with an increase in the tangential force of the blood flowing on the endothelial surface of the blood vessel phenomenon named “*shear stress*”(30–33). The shear stress occurs during exercise promoting vascular adaptation, and even leads to a vessel remodeling(34,35), due to those hemodynamic stimuli. Such beneficial changes induce functional and structural changes in the arterial wall through endothelial cell signal transduction(36). Shear stress on endothelial cells is a potent stimulus for the nitric oxide (NO) production, and physical training involving repetitive physical

exercise sessions, for weeks or months, regulates NO increasing in the endothelial bioactivity(30). In the words of Green and Smith(37): “*exercise is vascular medicine*”.

Recently, scientists discovered that the mitochondrial system is a key component of an effective immune system(14,38). Mitochondria are highly mobile organelles due to fission⁵, fusion, transport and mitophagy – processes that together are called mitochondrial dynamics. That dynamic plays an important role in energy production, cell division, cell differentiation and cell death(38). Xie et al.(38), in a systematic review study, explained that by the last decade, many studies demonstrated the importance of mitochondrial metabolism for the immune system, with mitochondrial dynamics playing an essential role in immune responses, which are mediated by various types of cells, such as T, B, and other immune cells involved in the innate immune response. The control of the inflammation depends on the control of reactive oxygen species (ROS) in the mitochondria. The health of the mitochondrial system depends on hormesis, keeping the metabolism alert(14). The factors that promote mitochondrial hormesis are physical exercise (in adequate doses), vegetable components in the diet and caloric restriction(14,40,41). Physical exercise promotes the effect of hormesis, especially of the aerobic type, favoring the mitochondrial function, both in young and in the elderly(14). Nunn et al.(14) explained that, on the one hand, the active muscle usually presents in an inflamed state, which, on the other hand, promotes compensation to the body, inducing powerful anti-inflammatory and antioxidant mechanisms. The authors(14) point out that physical exercise, as long as it's not done excessively, especially allowing enough time for recovery, is highly beneficial increasing the anti-inflammatory and antioxidant responses. Furthermore, scientists have shown that muscle has important immunological functions,

⁵Fission: the splitting of an atomic nucleus resulting in the release of large amounts of energy(39).

harboring and supplying antiviral stem cells, preventing T cell depletion and protecting the proliferative potential during inflammation(14,42).

The literature indicates that moderate-intensity exercises stimulate cell immunity, while high-intensity exercises without adequate recovery time trigger a decrease in immunity(43).

Physical activity, mental health and inflammation

According to longitudinal epidemiological studies conducted population samples, people with increased inflammation are at higher risk for developing cardiovascular diseases(44), type 2 diabetes(45) in addition to psychiatric disorders(46). The literature shows that chronic mental stress and mood are psychosocial factors important predictors of longevity and well-being(47). Studies showed that depression is independently associated with cardiovascular diseases, mortality from all causes and as comorbidity to chronic diseases and may worsen their prognoses(47). Neuropsychiatric symptoms and mental illnesses are commonly present in patients with chronic systemic diseases(48). Anxiety and depression are present in up to 50% of those patients, resulting in impaired physical recovery and a more complex treatment regimen(48). Furthermore, stress associates with the physical and emotional aspects of systemic disease presenting harmful effects that can lead to comorbid mental disorders. According to Duric et al.(48), psychological distress resulting from negative affective states increases inflammation and decreases immune function. Clinical reports indicated that the relationship between systemic and psychiatric diseases is bidirectional(48) – both chronic diseases affect mental health and mental health may be associated with chronic diseases development.

The literature shows that regular physical exercise is associated with reduced psychological stress and better mood and, consequently, can potentially mediate associations of depression and stress with

health outcomes(47,49–51). In that context, physical exercise plays an important role in reducing inflammation. Nevertheless, intensity should be carefully observed. Paolucci et al.(52) in an experimental longitudinal study (six weeks) showed that the optimal physical exercise for the mental health promotion together with decreased inflammation was continuous and moderate intensity exercise.

The relationship between physical activity and CoViD-19

Science advances brings knowledge on CoViD-19 mechanisms while new evidence that physical activity can contribute to the prevention of CoViD-19 emerge. Silveira et al.(43) discussed in depth how physical exercise can be a tool to help the immune system to fight against CoViD-19. Zadow et al.(53) contributed to the analysis regarding coagulation interactions with the protective effect of physical exercise for CoViD-19. Nunn et al.(14) brought a deep and comprehensive analysis of the relationship of lifestyle – which deals with the level of physical activity and other habits in health, with CoViD-19. The immune function is dependent of mitochondrial function, which declines with aging process, but the decline rate can be modified by lifestyle(14).

Hamer et al.(54), conducted a longitudinal study of a prospective cohort in a population sample (n=387,109), in the United Kingdom. Lifestyle variables in relation to hospitalization by CoViD-19 were examined. The results exhibited showed that the relative risk (RR) of being hospitalized for the disease was higher among physically inactive (32%) and smokers (42%). Among obese individuals, the relative risk for hospitalization by CoViD-19 was higher than double compared to non-obese individuals (RR=2.05)(54).

In Brazil, the study by Vancini et al.(55) found association of level of physical activity with the prevalence of symptoms of CoViD-19 ($p= 0.0012$), as shown in Table 1.

Considering the levels of physical activity, categories used in the study were:

Tabela 1 – Prevalência de sintomas de CoViD-19 segundo nível de atividade física (n=1.726), estudo de Vancini et al. (51), conduzido no Brasil

Level of physical activity	<i>n</i>	Freq. (%)	Prevalence of symptoms of CoViD-19 (%)
Insufficient	620	35.9	30.6
Very low	391	22.7	36.1
Low	425	24.6	19.4
Intermediate	187	10.8	13.9
High	103	6.0	-
	<i>1.276</i>	<i>100.0</i>	-

Prevalence of CoViD-19 symptoms according to level of physical activity. **Freq.:** Relative frequency. Likelihood ratio test $p=0.0012$.

Very Low; Low; Intermediate; and High(55). In the sample studied (n=1,726), most had insufficient activity level (35.9%). As observed at Table 1, the lowest levels of physical activity were the ones with the highest prevalence of CoViD-19 symptoms. As the level of physical activity increased, the prevalence decreased, and the group with a high level of physical activity (n=103) did not present any case.

Yanuck et al.(56) presented a study outlining an evidence-based strategy to improve clinical outcomes in CoViD-19 using a phased immuno-physiological approach to the disease from prevention to recovery.

The four phases of CoViD-19(56) are:

1) Prevention – the focus lies on the efficiency of immunological surveillance and in the reduction of basal levels of inflammation, with the purpose of improving the prognosis if the individual is infected;

2) Infection – the focus is immune activity against infection;

3) In-creasing inflammation – the focus is on anti-inflammatory measures; and

4) Recovery – the focus is on resolving inflammation, inhibiting fibrosis and other forms of tissue damage, reducing losses in immune function by restoring and reoptimizing it. As it has been observed, to prevent patients to fall into the phase of increasing inflammation, it is essential that clinical surveillance continue in the recovery phase.

Physical exercise should be present in the prevention phase keeping the immune system alert, improving endothelial function, reducing oxidative stress and decreasing inflammation. The authors proposed that the exercise should follow the recommendations regarding moderate intensity to favor and improve the immune system(43,53).

In brief, the literature indicates that:

1. The mitochondrial system is a key component of an effective immune system(14,38).
2. The lifestyle to promote mitochondrial health, contributing to the maintenance of the immune system, includes Practice of physical exercise, diet that includes vegetables and caloric reduction(14).
3. Physical exercise promotes the effect of hormesis, especially of the aerobic type(14).
4. Physical exercise favors the mitochondrial function, both in young and in the elderly(14).
5. Regularity and intensity of physical exercise to improve endothelial function, immunity and mental health need to be observed(43,53).
6. Physical exercise promotes *shear stress*(34,35).

⁵Corresponding author: Lilian Martins – e-mail: lilitina@gmail.com

Affiliations: ¹Brazilian Army Research Institute for Physical Training (BARIPT), Rio de Janeiro-RJ, Brazil; ²Brain Mapping and Sensory-Motor Integration Laboratory (BMAMIL), School of Physical Education and Sports (SPES) of Rio de Janeiro Federal University (RJFU), Rio de Janeiro-RJ, Brazil.

7. Shear stress promotes vascular adaptation, and even leads to a vessel remodeling, and is a potent stimulus for the nitric oxide (NO) production (anti-oxidative effect) (34,35).
8. Muscle has important immunological functions: harboring and supplying antiviral stem cells, preventing T cell depletion and protecting the proliferative potential during inflammation(14,42).
9. Physical exercise intensity to improve immunity and mental health should be moderate(43,53).
10. “*Exercise is vascular medicine*” - Green and Smith(37).

Strengths and limitations of the study

The strong point was to gather knowledge about the relationship between physical exercise and a new disease that affects the world in a pandemic: CoViD-19.

One limitation of the study is that this is not a systematic review with the broad and well-defined scope and delimitations. However, most of the studies that were part of the present study were composed of review studies, in addition to clinical trials and epidemiological studies with population sample, which confers high reliability to the report.

Conclusion

This study was a brief review of the literature about the relationship of physical exercise with immunity, prevention and recovery of CoViD-19.

The main findings were that exercise promotes mitochondrial health, contributing to the maintenance of the immune system. In addition, the intensity of physical exercise is an important factor to improve endothelial function, immunity and mental health, and the recommendation is that and should be performed at moderate intensity. Another fundamental factor for the organic benefits to be achieved is that

the regularity of physical exercise is maintained.

In this sense, the literature has, to date, two studies showing an inverse association with CoViD-19:

1. The higher the level of physical activity there were fewer symptoms of the disease, and at the higher level there were no cases of CoViD-19 symptoms; and
2. Physically inactive people have a 32% higher risk of being hospitalized for CoViD-19.

Considering that obesity increases the risk of worsening of the disease and that higher levels of physical activity have shown a protective effect for symptoms and hospitalization by CoViD-19, it is recommended to practice regular exercises both for health promotion and for the prevention of CoViD-19.

Declaração de conflito de interesses

Não há conflito de interesses em relação ao presente estudo.

Declaração de financiamento

Estudo conduzido sem financiamento.

Referências

1. Stadler K, Massignani V, Eickmann M, Becker S, Abrignani S, Klenk H-D, et al. SARS — beginning to understand a new virus. *Nature Reviews Microbiology*. [Online] 2003;1(3): 209–218. Available from: doi:10.1038/nrmicro775
2. Shibabaw T. Inflammatory Cytokine: IL-17A Signaling Pathway in Patients Present with COVID-19 and Current Treatment Strategy. *Journal of Inflammation Research*. [Online] 2020;13: 673–680. Available from: doi:10.2147/JIR.S278335
3. Pamukçu B. Inflammation and thrombosis in patients with COVID-19: A prothrombotic and inflammatory disease caused by SARS coronavirus-2. *Anatolian Journal of Cardiology*. [Online] 2020;24(4): 224–234. Available from: doi:10.14744/AnatolJCardiol.2020.56727

4. Ellul M, Varatharaj A, Nicholson TR, Pollak TA, Thomas N, Easton A, et al. Defining causality in COVID-19 and neurological disorders. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. [Online] 2020;91(8): 811–812. Available from: doi:10.1136/jnnp-2020-323667
5. Carod-Artal FJ. Neurological complications of coronavirus and COVID-19. *Revista De Neurologia*. [Online] 2020;70(9): 311–322. Available from: doi:10.33588/rn.7009.2020179
6. Achar A, Ghosh C. COVID-19-Associated Neurological Disorders: The Potential Route of CNS Invasion and Blood-Brain Relevance. *Cells*. [Online] 2020;9(11). Available from: doi:10.3390/cells9112360
7. Ng Kee Kwong KC, Mehta PR, Shukla G, Mehta AR. COVID-19, SARS and MERS: A neurological perspective. *Journal of Clinical Neuroscience: Official Journal of the Neurosurgical Society of Australasia*. [Online] 2020;77: 13–16. Available from: doi:10.1016/j.jocn.2020.04.124
8. Leonardi M, Padovani A, McArthur JC. Neurological manifestations associated with COVID-19: a review and a call for action. *Journal of Neurology*. [Online] 2020;267(6): 1573–1576. Available from: doi:10.1007/s00415-020-09896-z
9. Mehta P, McAuley DF, Brown M, Sanchez E, Tattersall RS, Manson JJ, et al. COVID-19: consider cytokine storm syndromes and immunosuppression. *Lancet (London, England)*. [Online] 2020;395(10229): 1033–1034. Available from: doi:10.1016/S0140-6736(20)30628-0
10. Merriam-Webster. *Definition of PHLOGISTIC*. [Online] Available from: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/phlogistic> [Accessed: 19th October 2021]
11. Libby P, Lüscher T. COVID-19 is, in the end, an endothelial disease. *European Heart Journal*. [Online] 2020;41(32): 3038–3044. Available from: doi:10.1093/eurheartj/ehaa623
12. Hikmet F, Méar L, Edvinsson Å, Micke P, Uhlén M, Lindskog C. The protein expression profile of ACE2 in human tissues. *Molecular Systems Biology*. [Online] 2020;16(7): e9610. Available from: doi:10.15252/msb.20209610
13. Samavati L, Uhal BD. ACE2, Much More Than Just a Receptor for SARS-COV-2. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. [Online] 2020;10: 317. Available from: doi:10.3389/fcimb.2020.00317
14. Nunn AVW, Guy GW, Brysch W, Botchway SW, Frasch W, Calabrese EJ, et al. SARS-CoV-2 and mitochondrial health: implications of lifestyle and ageing. *Immunity & Ageing: I & A*. [Online] 2020;17(1): 33. Available from: doi:10.1186/s12979-020-00204-x
15. Gorrell MD, Gysbers V, McCaughan GW. CD26: A Multifunctional Integral Membrane and Secreted Protein of Activated Lymphocytes. *Scandinavian Journal of Immunology*. [Online] 2001;54(3): 249–264. Available from: doi:10.1046/j.1365-3083.2001.00984.x
16. Zhang T, Li H, Wang K, Xu B, Chen Z-N, Bian H. Deficiency of CD147 Attenuated Non-alcoholic Steatohepatitis Progression in an NLRP3-Dependent Manner. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. [Online] 2020;8: 784. Available from: doi:10.3389/fcell.2020.00784
17. Longo M, Bellastella G, Maiorino MI, Meier JJ, Esposito K, Giugliano D. Diabetes and Aging: From Treatment Goals to Pharmacologic Therapy. *Frontiers in Endocrinology*. [Online] Frontiers; 2019;10. Available from: doi:10.3389/fendo.2019.00045 [Accessed: 21st December 2020]
18. Cuschieri S, Grech S. COVID-19 and diabetes: The why, the what and the how. *Journal of Diabetes and Its Complications*. [Online] 2020;34(9): 107637. Available from: doi:10.1016/j.jdiacomp.2020.107637
19. Chen J, Kelley WJ, Goldstein DR. Role of Aging and the Immune Response to Respiratory Viral Infections: Potential Implications for COVID-19. *Journal of Immunology (Baltimore, Md.: 1950)*. [Online] 2020;205(2): 313–320. Available from: doi:10.4049/jimmunol.2000380

20. Roman MA, Rossiter HB, Casaburi R. Exercise, ageing and the lung. *European Respiratory Journal*. [Online] European Respiratory Society; 2016;48(5): 1471–1486. Available from: doi:10.1183/13993003.00347-2016
21. Nystoriak MA, Bhatnagar A. Cardiovascular Effects and Benefits of Exercise. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. [Online] 2018;5. Available from: doi:10.3389/fcvm.2018.00135 [Accessed: 21st December 2020]
22. Niebauer J, Cooke JP. Cardiovascular effects of exercise: role of endothelial shear stress. *Journal of the American College of Cardiology*. [Online] 1996;28(7): 1652–1660. Available from: doi:10.1016/S0735-1097(96)00393-2
23. Stepp DW, Merkus D, Nishikawa Y, Chilian WM. Nitric oxide limits coronary vasoconstriction by a shear stress-dependent mechanism. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*. [Online] 2001;281(2): H796–803. Available from: doi:10.1152/ajpheart.2001.281.2.H796
24. Swift DL, Johannsen NM, Lavie CJ, Earnest CP, Church TS. The Role of Exercise and Physical Activity in Weight Loss and Maintenance. *Progress in cardiovascular diseases*. [Online] 2014;56(4): 441–447. Available from: doi:10.1016/j.pcad.2013.09.012
25. Burtcher J, Burtcher M, Millet GP. (Indoor) isolation, stress, and physical inactivity: Vicious circles accelerated by COVID-19? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. [Online] 2020;30(8): 1544–1545. Available from: doi:10.1111/sms.13706
26. Jiménez-Pavón D, Carbonell-Baeza A, Lavie CJ. Physical exercise as therapy to fight against the mental and physical consequences of COVID-19 quarantine: Special focus in older people. *Progress in Cardiovascular Diseases*. [Online] 2020;63(3): 386–388. Available from: doi:10.1016/j.pcad.2020.03.009
27. Pedersen BK, Hoffman-Goetz L. Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. *Physiological Reviews*. [Online] 2000;80(3): 1055–1081. Available from: doi:10.1152/physrev.2000.80.3.1055
28. Mohamed AA, Alawna M. Role of increasing the aerobic capacity on improving the function of immune and respiratory systems in patients with coronavirus (COVID-19): A review. *Diabetes & Metabolic Syndrome*. [Online] 2020;14(4): 489–496. Available from: doi:10.1016/j.dsx.2020.04.038
29. Warburton DER, Nicol CW, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ: Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne*. [Online] 2006;174(6): 801–809. Available from: doi:10.1503/cmaj.051351
30. Maiorana A, O'Driscoll G, Taylor R, Green D. Exercise and the nitric oxide vasodilator system. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. [Online] 2003;33(14): 1013–1035. Available from: doi:10.2165/00007256-200333140-00001
31. Green WD, Beck MA. Obesity Impairs the Adaptive Immune Response to Influenza Virus. *Annals of the American Thoracic Society*. [Online] American Thoracic Society - AJRCCM; 2017;14(Supplement_5): S406–S409. Available from: doi:10.1513/AnnalsATS.201706-447AW
32. Ghisi GL de M, Durieux A, Pinho R, Benetti M. Physical exercise and endothelial dysfunction. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. [Online] Arquivos Brasileiros de Cardiologia; 2010;95(5): e130–e137. Available from: doi:10.1590/S0066-782X2010001500025
33. Paszkowiak JJ, Dardik A. Arterial wall shear stress: observations from the bench to the bedside. *Vascular and Endovascular Surgery*. [Online] 2003;37(1): 47–57. Available from: doi:10.1177/153857440303700107
34. Pries Axel R., Reglin Bettina, Secomb Timothy W. Remodeling of Blood Vessels. *Hypertension*. [Online] American Heart Association; 2005;46(4): 725–731. Available from: doi:10.1161/01.HYP.0000184428.16429.be
35. Souilhol C, Serbanovic-Canic J, Fragiadaki M, Chico TJ, Ridger V, Roddie H, et al. Endothelial responses to

- shear stress in atherosclerosis: a novel role for developmental genes. *Nature Reviews. Cardiology*. [Online] 2020;17(1): 52–63. Available from: doi:10.1038/s41569-019-0239-5
36. Green DJ, Hopman MTE, Padilla J, Laughlin MH, Thijssen DHJ. Vascular Adaptation to Exercise in Humans: Role of Hemodynamic Stimuli. *Physiological Reviews*. [Online] 2017;97(2): 495–528. Available from: doi:10.1152/physrev.00014.2016
 37. Green DJ, Smith KJ. Effects of Exercise on Vascular Function, Structure, and Health in Humans. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. [Online] 2018;8(4). Available from: doi:10.1101/cshperspect.a029819
 38. Xie J-H, Li Y-Y, Jin J. The essential functions of mitochondrial dynamics in immune cells. *Cellular & Molecular Immunology*. [Online] 2020;17(7): 712–721. Available from: doi:10.1038/s41423-020-0480-1
 39. Merriam-Webster. *Definition of FISSION*. [Online] Available from: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/fission> [Accessed: 19th October 2021]
 40. Tapia PC. Sublethal mitochondrial stress with an attendant stoichiometric augmentation of reactive oxygen species may precipitate many of the beneficial alterations in cellular physiology produced by caloric restriction, intermittent fasting, exercise and dietary phytonutrients: ‘Mitohormesis’ for health and vitality. *Medical Hypotheses*. [Online] 2006;66(4): 832–843. Available from: doi:10.1016/j.mehy.2005.09.009
 41. Ristow M, Zarse K. How increased oxidative stress promotes longevity and metabolic health: The concept of mitochondrial hormesis (mitohormesis). *Experimental Gerontology*. [Online] 2010;45(6): 410–418. Available from: doi:10.1016/j.exger.2010.03.014
 42. Wu J, Weisshaar N, Hotz-Wagenblatt A, Madi A, Ma S, Mieg A, et al. Skeletal muscle antagonizes antiviral CD8⁺ T cell exhaustion. *Science Advances*. [Online] American Association for the Advancement of Science; 2020;6(24): eaba3458. Available from: doi:10.1126/sciadv.aba3458
 43. da Silveira MP, da Silva Fagundes KK, Bizuti MR, Starck É, Rossi RC, de Resende e Silva DT. Physical exercise as a tool to help the immune system against COVID-19: an integrative review of the current literature. *Clinical and Experimental Medicine*. [Online] 2020; Available from: doi:10.1007/s10238-020-00650-3 [Accessed: 10th December 2020]
 44. Danesh J, Wheeler JG, Hirschfield GM, Eda S, Eiriksdottir G, Rumley A, et al. C-reactive protein and other circulating markers of inflammation in the prediction of coronary heart disease. *The New England Journal of Medicine*. [Online] 2004;350(14): 1387–1397. Available from: doi:10.1056/NEJMoa032804
 45. Pradhan AD, Manson JE, Rifai N, Buring JE, Ridker PM. C-reactive protein, interleukin 6, and risk of developing type 2 diabetes mellitus. *JAMA*. [Online] 2001;286(3): 327–334. Available from: doi:10.1001/jama.286.3.327
 46. Khandaker GM, Dantzer R, Jones PB. Immunopsychiatry: important facts. *Psychological Medicine*. [Online] 2017;47(13): 2229–2237. Available from: doi:10.1017/S0033291717000745
 47. Hamer M, Endrighi R, Poole L. Physical activity, stress reduction, and mood: insight into immunological mechanisms. *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)*. [Online] 2012;934: 89–102. Available from: doi:10.1007/978-1-62703-071-7_5
 48. Duric V, Clayton S, Leong ML, Yuan L-L. Comorbidity Factors and Brain Mechanisms Linking Chronic Stress and Systemic Illness. *Neural Plasticity*. [Online] 2016;2016: 5460732. Available from: doi:10.1155/2016/5460732
 49. Carek PJ, Laibstain SE, Carek SM. Exercise for the treatment of depression and anxiety. *International Journal of Psychiatry in Medicine*. [Online] 2011;41(1): 15–28. Available from: doi:10.2190/PM.41.1.c
 50. Paluska SA, Schwenk TL. Physical activity and mental health: current concepts. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. [Online] 2000;29(3): 167–180.

Available from: doi:10.2165/00007256-200029030-00003

51. Hosker DK, Elkins RM, Potter MP. Promoting Mental Health and Wellness in Youth Through Physical Activity, Nutrition, and Sleep. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*. [Online] 2019;28(2): 171–193. Available from: doi:10.1016/j.chc.2018.11.010
52. Paolucci EM, Loukov D, Bowdish DME, Heisz JJ. Exercise reduces depression and inflammation but intensity matters. *Biological Psychology*. [Online] 2018;133: 79–84. Available from: doi:10.1016/j.biopsycho.2018.01.015
53. Zadow EK, Wundersitz DWT, Hughes DL, Adams MJ, Kingsley MIC, Blacklock HA, et al. Coronavirus (COVID-19), Coagulation, and Exercise: Interactions That May Influence Health Outcomes. *Seminars in Thrombosis and Hemostasis*. [Online] 2020;46(7): 807–814. Available from: doi:10.1055/s-0040-1715094
54. Hamer M, Kivimäki M, Gale CR, Batty GD. Lifestyle Risk Factors for Cardiovascular Disease in Relation to COVID-19 Hospitalization: A Community-Based Cohort Study of 387,109 Adults in UK. *medRxiv*. [Online] 2020; Available from: doi:10.1101/2020.05.09.20096438 [Accessed: 21st December 2020]
55. Vancini RL, Camargo-Neto L, de Lira CAB, Andrade MS, Viana RB, Nikolaidis PT, et al. Physical Activity and Sociodemographic Profile of Brazilian People during COVID-19 Outbreak: An Online and Cross-Sectional Survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. [Online] 2020;17(21). Available from: doi:10.3390/ijerph17217964
56. Yanuck SF, Pizzorno J, Messier H, Fitzgerald KN. Evidence Supporting a Phased Immuno-physiological Approach to COVID-19 From Prevention Through Recovery. *Integrative Medicine (Encinitas, Calif.)*. 2020;19(Suppl 1): 8–35.

Normas para Publicação

A *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education* utiliza o portal de submissão em Sistema Eletrônico de Editoração de Revistas (SEER) para submissão e avaliação por pares dos artigos científicos. Por favor, leia cuidadosamente todas as *Instruções aos Autores* antes de apresentar seu artigo. Estas instruções também estão disponíveis online em: <https://www.revistadeeducacaofisica.com/instru-aut>

Instruções gerais

Os estudos publicados pela *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education* são artigos originais, de revisão, estudos de caso, breves relatos e comentários, este último a convite. Os estudos de interesse são aqueles que enfoquem a atividade física e sua relação com a saúde e aspectos metodológicos relacionados ao treinamento físico de alta intensidade, bem como estudos epidemiológicos que procurem identificar associações com a ocorrência de lesões e doenças no esporte e os que apliquem neurociência ao treinamento físico. Confira o Escopo.

Depois de ler cuidadosamente as Instruções aos Autores, insira seu manuscrito no respectivo Modelo/*Template*, bem como as informações sobre os autores, e demais informações obrigatórias, na Página Título e, então, submeta seu artigo acessando o sistema eletrônico.

A *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education* considera todos os manuscritos para avaliação desde que a condição originalidade de publicação seja atendida; isto é, que não se trate de duplicação de nenhum outro trabalho publicado anteriormente, ainda que do próprio autor.

Ao submeter o manuscrito para a *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education* o autor infere declaração tácita de que o trabalho não está sob consideração ou avaliação de pares, nem se encontra aceito para publicação ou no prelo e nem foi publicado em outro lugar.

O manuscrito a ser submetido não pode conter nada que seja abusivo, difamatório, obsceno, fraudulento, ou ilegal.

Por favor, observe que a *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education* utiliza a plataforma verificadora de plágio <http://plagiarisma.net/> para avaliar o

conteúdo dos manuscritos quanto à originalidade do material escrito. Ao enviar o seu manuscrito para a *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education*, você concorda que essa avaliação pode vir a ser aplicada em seu trabalho em qualquer momento do processo de revisão por pares e de produção.

Qualquer autor que não respeite as condições acima será responsabilizado pelos custos que forem impostos à *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education* por seu manuscrito, o qual será rejeitado ou retirado dos registros.

Preparação do Manuscrito

Os manuscritos são aceitos em português e, também, em inglês. No caso de submissão em língua inglesa, caso a língua materna do autor não seja o inglês, durante os procedimentos de submissão eletrônica, será necessário anexar, em documentos suplementares, o comprovante da revisão do trabalho quanto ao idioma, por um revisor nativo inglês. Este padrão de exigência, está em consonância à *praxis* realizada por periódicos de alta qualidade e visa assegurar a correção idiomática, para que os trabalhos publicados pela *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education* sejam amplamente reconhecidos no meio científico internacional.

Um artigo original típico não poderá exceder 4.000 palavras não incluindo referências, tabelas, figuras e legendas. Trabalhos que excederem esta quantidade de palavras deverão, antes da submissão, ser revisados criticamente em relação ao comprimento. A contagem de palavras do artigo deverá constar na Página Título. Artigos que excederem em muito a esta quantidade de palavras deverão ser acompanhados de carta-justificativa ao editor a fim de solicitar excepcionalidade para a publicação. Para citações literais curtas, utilize aspas, citações

literais longas (mais de duas linhas) estas devem ser em parágrafo destacado e recuado. Notas de rodapé não devem ser usadas.

Por favor, considere que a inclusão de um autor justifica-se quando este contribuiu sob o ponto de vista intelectual para sua realização. Assim, um autor deverá ter participado da concepção e planejamento do trabalho, bem como da interpretação das evidências e/ou da redação e/ou revisão das versões preliminares. Todos os autores deverão ter aprovado a versão final. Por conseguinte, participar de procedimentos de coleta e catalogação de dados não constituem critérios para autoria. Para estas e outras pessoas que tenham contribuído para a realização do trabalho, poderá ser feita menção especial na seção Agradecimentos (Ver e baixar o Modelo/*Template*).

Considera-se a quantidade de 6 (seis) um número aceitável de autores. No caso de um número maior de autores, deverá ser enviada uma carta explicativa ao Editor descrevendo a participação de cada um no trabalho.

Para todos os manuscritos linguagem não discriminatória, é obrigatória. Termos sexistas ou racistas não devem ser utilizados.

Tabelas, equações ou arquivos de imagem deverão ser incorporados ao texto, no local apropriado.

Durante o processo de submissão, o autor correspondente deverá declarar que o manuscrito em tela não foi previamente publicado (excetuando-se o formato Resumo/Abstract), e que o mesmo não se encontra sob apreciação de outro periódico, nem será submetido a outro jornal até que a decisão editorial final seja proferida.

Os manuscritos devem ser compilados na seguinte ordem:

1. Página Título (inserida em documentos suplementares)
2. Resumo
3. Palavras-chave
4. Corpo do texto
5. Agradecimentos
6. Declaração de conflito de interesses
7. Declaração de financiamento
8. Referências
9. Apêndices (conforme o caso)

Estatísticas

As análises estatísticas devem estar contidas na seção Métodos e devem explicar os métodos utilizados no estudo.

Diretrizes para relato de pesquisa científica

Os autores são incentivados a utilizar as diretrizes para relatórios de pesquisa relevantes para o tipo de estudo fornecidas pela Rede EQUATOR (mais detalhes abaixo). Isso garante que o autor fornecerá informações suficientes para que editores, revisores e leitores possam compreender como foi realizada a pesquisa; e para julgar se os resultados são susceptíveis de confiabilidade.

As principais listas de checagem a serem seguidas, correspondentes aos tipos de estudo, são as seguintes:

- Ensaios clínicos randomizados controlados (ECR): *Consolidated Standards of Reporting Trials* (CONSORT). Tais estudos deverão ter sido registrados em base de dados conforme as recomendações SCIELO e LILACS confira:

<http://espacio.bvsalud.org/boletim.php?articulo=05100440200730> . O número de registro deverá constar ao final do Resumo / Abstract.

- Revisões sistemáticas e meta-análises: diretrizes e orientações: PRISMA.

- Estudos observacionais em epidemiologia: *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE).

- Qualidade de pesquisas via Web: *Improving the Quality of Web Surveys: The Checklist for Reporting Results of Internet E-Surveys* (CHERRIES).

Ilustração de capa

Solicita-se aos autores que enviem uma ilustração de capa (colorida) que reflita a pesquisa científica em tela para compor a versão eletrônica do artigo e possivelmente a capa do volume em que for publicado. Não é item obrigatório e é sem custo adicional, assim, os autores são encorajados enviar esta imagem representativa de seu trabalho. Esta imagem deverá ter uma resolução de 1200 dpi.

Modelos

Recomenda-se fortemente a utilização do Modelo (*template*) formatado. Formate seu artigo inserindo-o no respectivo documento modelo de seu tipo de estudo.

Lista de checagem pré-submissão

A fim de reduzir a possibilidade de o seu manuscrito vir a ser devolvido, confira:

Informações sobre o(s) autor(es):

- Você forneceu detalhes de todos os seus coautores?
- As informações inseridas no Sistema Eletrônico de Editoração de Revistas (SEER) são as mesmas constantes na Página título manuscrito?

Manuscrito comprimento e formatação:

- Você verificou se o seu manuscrito não excede as quantidades limite para a contagem de palavras, número de tabelas e / ou figuras, e número de referências?
- Conferiu se o seu resumo está no formato correto?
- Todas as seções estão em espaço duplo?
- Você inseriu os números de linha contínuos na margem esquerda?
- Você inseriu números de página no rodapé à direita?
- A página título foi devidamente elaborada e anexada separadamente em Documentos Suplementares?

Tabelas:

- Você já incorporou todas as tabelas no texto principal?
- Todas as tabelas foram citadas no texto?
- Você forneceu títulos e legendas adequados?
- Tabelas longas foram enviadas como apêndices?

Figuras:

- As figuras foram preparadas (preferencialmente em cores) e com a resolução apropriada?
- Foram fornecidas em formato aceitável e são de qualidade suficiente?
- Você inseriu todas as figuras no texto (em locais apropriados)?
- Todas as figuras foram citadas no texto?
- Você forneceu legendas apropriadas para as figuras?

Referências:

- Todas as referências foram citadas no texto?
- Citações e referências foram inseridas de seguindo o estilo *Vancouver of Imperial College of London*?

Documentos Suplementares e apêndices:

- Os documentos suplementares foram fornecidos em formato aceitável?
- Foram citados no texto principal?

Declarações:

- Você incluiu as declarações necessárias em matéria de contribuição, interesses, compartilhamento de dados e aprovação ética?

Listas de checagem para a descrição de pesquisa científica:

- Você seguiu as diretrizes apropriadas para o relato de seu tipo de estudo?
- Você forneceu os três Pontos-Chave em destaque de seu trabalho (na Página Título)?

Permissões:

- Você já obteve do detentor dos direitos de voltar a usar qualquer material publicado anteriormente?
- A fonte foi devidamente citada?

Revisores:

- Você forneceu os nomes dos colaboradores preferenciais e não preferenciais?

Manuscritos revisados:

- Você já forneceu tanto uma cópia marcada quanto uma cópia limpa do seu manuscrito?
- Você forneceu uma carta ao Editor respondendo ponto por ponto as questões e comentários do revisor e do editor? (Baixe no site o *Formulário de Avaliação* utilizado pelos revisores).

Itens obrigatórios na submissão:

1. Página de título

Deverá conter:

- Título completo com, no máximo, 150 caracteres com espaços
- Título resumido com, no máximo, 75 caracteres com espaços
- Contagem de palavras do Resumo
- Contagem de palavras do Corpo do texto
- Citar 3 (três) pontos de destaque referentes aos resultados do estudo em contribuição ao conhecimento
- Nomes completos, titulação, e-mails dos autores e afiliações dos autores
- Palavras-chave (até cinco) para fins de indexação
- Indicação do autor correspondente
- Contatos: endereço postal, números de telefone do autor correspondente
- Financiamento e instituições patrocinadoras (se for o caso)
- Declaração de Conflito de Interesses

Por favor, note que o endereço de e-mail do autor correspondente será normalmente exibido no artigo impresso (PDF) e no artigo

online. Baixe o Modelo (*template*) da *Página Título*.

Para preservar o anonimato durante o processo de revisão por pares, a *Página Título* deverá ser submetida em Documentos Suplementares.

A importância do título do trabalho

O título e resumo que você fornece são muito importantes para os mecanismos de busca na internet; diversos dos quais indexam apenas estas duas partes do seu artigo. Seu título do artigo deve ser conciso, preciso e informativo. Leia mais em Otimizando a visibilidade do seu artigo na internet.

2. Resumo

Para todos os tipos de artigo, o resumo não deve exceder 250 palavras e deve sintetizar o trabalho, dando uma clara indicação das conclusões nele contidas. Deve ser estruturado, com as seções: Introdução, Métodos, Resultados e Conclusão. Artigos de Revisão apresentarão as seções: Introdução, Discussão e Conclusão. Os Modelos devem ser utilizados.

Artigos em língua portuguesa obrigatoriamente deverão apresentar o Resumo em ambas as línguas: português (Resumo) e inglês (Abstract). Em nenhum caso ultrapassando a contagem de palavras limite.

3. Palavras-chave

O manuscrito deve ter de 3 a 5 palavras-chave. É de fundamental importância que os autores, revisores e editores empreguem todos os esforços para garantir que os artigos sejam encontrados online, com rapidez e precisão e, de preferência, dentro das três principais palavras-chave indicadas. Nesse contexto, a utilização adequada das palavras-chave é de fundamental importância. Por favor, para escolha suas palavras-chave consultando os Descritores em Ciências da Saúde da Biblioteca Virtual de Saúde (BVS) e/ou o *Mesh Terms*. Deve-se ter todo o cuidado para escolher as palavras-chave porque o uso de palavras-chave adequadas ajuda a aumentar as possibilidades do artigo vir a ser localizado e, por conseguinte, citado; há forte correlação entre resultados exibidos online e subsequente citações em artigos de periódicos (leia mais sobre isso em Otimizando a visibilidade do seu artigo na internet). Os mecanismos de busca na Internet são os principais pontos de partida. Os alunos estão

cada vez mais propensos a iniciar sua pesquisa usando Google Acadêmico™, em vez começar por pontos de partida tradicionais como bibliotecas físicas e/ou periódicos impressos. Os termos das palavras-chave podem ser diferentes do texto real usado no título e no resumo, mas devem refletir com precisão do que se trata o artigo.

4. Corpo do texto

Os textos deverão ser produzidos em formato Word 2003 ou mais recente, utilizando fonte tipo Times New Roman, tamanho 12 pontos, com margem de 3 cm do lado esquerdo, em espaço duplo. O texto poderá conter títulos e subtítulos, margeados à esquerda. Os títulos deverão ser em negrito e apenas com a primeira letra maiúscula. Subtítulos deverão ser destacados apenas em itálico. Se necessário, o segundo nível de subtítulo, deverá ser apenas sublinhado. Devem ser evitados níveis excedentes a estes. Por favor, baixe o Modelo (*template*) referente ao seu tipo de artigo, e insira seu trabalho no formato específico.

As seções que estruturam obrigatoriamente os diferentes tipos de artigos devem ser consultadas na seção Tipos de Artigos.

Todos os demais detalhes devem ser consultados na seção Estilo e formatação.

5. Agradecimentos

Agradecimentos especiais. Os homenageados devem consentir em ser mencionados.

6. Declaração de conflito de interesses

Seção obrigatória no artigo. Declarar se existe algum tipo de conflito de interesses entre autores e/ou instituições quanto à publicação do artigo. Seção obrigatória a figurar após o corpo do texto (utilize os Modelos).

7. Declaração de financiamentos

Seção obrigatória do artigo. Declarar a instituição patrocinadora do estudo. Seção obrigatória a figurar antes das referências (utilize os Modelos).

8. Referências

Mantenha suas referências atualizadas verificando estudos mais recentes no tema e, também, faça uma busca em nossos arquivos, se faça a citação. Os autores são responsáveis pela exatidão das referências citadas e devem ser conferidas antes de se submeter o manuscrito. O número máximo de citações é

de 40 referências; excetuando-se artigos de revisão. Os autores deverão respeitar este limite. A *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education* utiliza o estilo de referências bibliográficas *Vancouver - Imperial College London* (veja os exemplos abaixo). O estilo está disponível no gerenciador de referências gratuito *Zotero*, que funciona diretamente no Mozilla Firefox. Primeiro deve-se instalar o aplicativo, instalar o plugin para seu editor de texto e depois baixar o respectivo estilo. Note que os títulos dos periódicos e livros são apresentados em itálico e o DOI (veja abaixo), se disponível, deve ser incluído.

Citações no texto

Ao fazer uma citação no texto, caso haja mais de um autor, use a expressão "et al." após o nome do primeiro autor. As referências devem ser numeradas sequencialmente conforme forem surgindo ao longo do texto. As referências citadas em figuras ou tabelas (ou em suas legendas e suas notas de rodapé) devem ser numeradas entre parênteses, de acordo com o local no texto onde essa tabela ou figura, na primeira vez em que for citada. Os números de referência no texto devem ser inseridos imediatamente após a palavra (sem espaçamento entre as palavras) antes da pontuação, por exemplo: "(...) outro(6)", e não "(...) outro (6)". Onde houver mais de uma citação, estas devem ser separadas por vírgula, por exemplo: (1,4,39). Para as sequências de números consecutivos, dar o primeiro e o último número da sequência separadas por um hífen, por exemplo, (22-25). Caso se trate de um livro, as páginas deverão ser referidas.

A lista de referências

As referências devem ser numeradas consecutivamente na ordem em que são mencionadas no texto. Somente os trabalhos publicados ou no prelo devem ser incluídos na lista de referências. Comunicações pessoais ou dados não publicados devem ser citados entre parênteses no texto com o nome(s) da(s) fonte(s) e o ano.

Na lista de referências, caso uma citação refira-se a mais de 3 autores, listar os 6 primeiros e adicionar "et al.". Utilize um espaço apenas entre palavras até ao ano e, em seguida, sem espaços. O título da revista deve estar em itálico e abreviado de acordo com o estilo do Medline. Se o jornal não está listado

no Medline, então ele deve ser escrito por extenso.

Por favor, note que, se as referências não estiverem de acordo com as normas, o manuscrito pode ser devolvido para as devidas correções, antes de ser remetido ao editor para entrar no processo de revisão.

Exemplos de citação na lista:

Artigos de periódicos

1. Dunn M. Understanding athlete wellbeing: The views of national sporting and player associations. *Journal of Science and Medicine in Sport*. [Online] 2014;18: e132–e133. Available from: doi:10.1016/j.jsams.2014.11.118

2. Bize R, Johnson JA, Plotnikoff RC. Physical activity level and health-related quality of life in the general adult population: a systematic review. *Preventive Medicine*. [Online] 2007;45(6): 401–415. Available from: doi:10.1016/j.ypmed.2007.07.017.

Livros

1. Åstrand P-O. *Textbook of work physiology*. 4th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2003.

2. Kenney WL, Wilmore J, Costill D. *Physiology of Sport and Exercise*. 5th ed. Champaign, IL - USA: Human Kinetics; 2012. 642 p.

Citações eletrônicas

Websites são referenciados por URL e data de acesso. Esta última, muito importante, pois os sites podem ser atualizados e as URLs podem mudar. A data de "acessado em" pode ser posterior à data de aceitação do artigo.

Artigos de periódicos eletrônicos

1. Bentley DJ, Cox GR, Green D, Laursen PB. Maximising performance in triathlon: applied physiological and nutritional aspects of elite and non-elite competitions. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*. [Online] 2008;11(4): 407–416. Available from: doi:10.1016/j.jsams.2007.07.010

Digital Object Identifier (DOI)

A DOI é uma rede que foi criada para identificar uma propriedade intelectual em ambiente on-line. É particularmente útil para os artigos que são publicados on-line antes de aparecer na mídia impressa e que, portanto, ainda não tenham recebido os números tradicionais volume, número e páginas referências. Assim, o DOI é um identificador permanente de todas as versões de um

manuscrito, seja ela crua ou prova editada, online ou na impressão. É requerida a inclusão do DOI na lista de referências sempre que houver.

9. Apêndices

Tabela muito extensas, figuras e outros arquivos podem ser anexados ao artigo como apêndices, em arquivos separados, conforme o caso.

Estilo e formatação

1. Estilo de redação

O texto deve ser elaborado em estilo científico, sucinto e de fácil leitura (leia mais em *Estilo científico de redação*). São desejáveis: um título informativo, um resumo conciso e uma introdução bem escrita. Os autores devem evitar o uso excessivo da voz passiva e empregar desnecessariamente abreviaturas produzidas dentro do próprio texto. Tal será aceito no caso de abreviatura que se refere à(s) variável (eis) objeto de estudo. As considerações quanto aos aspectos éticos da pesquisa envolvendo seres humanos devem constar ao final da seção Métodos (use os modelos/*templates*). As figuras e tabelas devem ser utilizadas para aumentar a clareza do artigo. Por favor, considere, em todos os momentos, que seus leitores não serão todos especialistas em sua disciplina.

2. Idioma

O manuscrito deve ser em português do Brasil ou em inglês. Este último pode ser britânico ou americano, todavia, o texto deverá ser padronizado não se admitindo mistura de idiomas. Todos os artigos deverão apresentar o Resumo em português e o Abstract em inglês.

Autores cuja língua nativa não seja o inglês deverão submeter seu trabalho à revisão/tradução prévia de um revisor nativo e enviar em documentos suplementares o certificado da respectiva tradução, assegurando a correção textual e a qualidade da produção, a fim de garantir credibilidade internacional aos conteúdos apresentados.

Alguns exemplos de sites que oferecem esse tipo de serviço são *Elsevier Language Services* e *Edanz Editing*. Existem, ainda, diversos outros sites que oferecem esses serviços; nenhum dos quais de responsabilidade desta revista, sendo que a responsabilidade de revisão textual idiomática é encargo dos respectivos autores. Recomenda-se aos autores que revisem seus trabalhos após a tradução/revisão idiomática,

pois, muitas vezes, podem ocorrer erros contextuais referentes às especificidades de cada área.

Destaca-se que artigos em língua inglesa ganham maior visibilidade no meio acadêmico científico internacional, portanto, a produção científica neste formato é fortemente encorajada.

3. Formatação textual

O texto deve ser processado no formato Word, com fonte do tipo Times New Roman, 12 pontos, em espaço duplo, com margem de três centímetros (3 cm) no lado esquerdo, com cabeçalhos e rodapés seguindo o formato contido nos modelos (*templates*). Note, por exemplo, que o único elemento no rodapé é o número de página que deve ser localizado ao final da página, à direita. Os números das linhas deverão ser inseridos no documento principal (configura-se no Word, no menu <Layout da Página>). Não utilize notas de rodapé, a menos que sejam absolutamente necessárias. O manuscrito deverá ter a seguinte estrutura: Introdução, Métodos, Resultados, Discussão e Conclusões, sendo aceitos subtítulos. Para elaboração de artigos consulte a seção Tipos de artigo e para formatar seu artigo de acordo com o respectivo modelo, baixe-o (download) em Modelos (*templates*).

Os autores devem fazer todos os esforços para assegurar que os manuscritos sejam apresentados da forma mais concisa possível. Idealmente, o corpo principal do texto não deve exceder 4.000 palavras, excluindo-se as referências. Manuscritos mais longos podem ser aceitos a critério do respectivo Editor de Seção, a quem os autores deverão enviar em Documentos Suplementares carta-justificativa que deverá acompanhar textos com volume excedente de palavras. Consulte no item Tipos de artigos a quantidade de palavras para cada tipo.

O estilo da redação científica caracteriza-se fundamentalmente por clareza, simplicidade e correção gramatical. A clareza na redação é obtida quando as ideias são apresentadas sem ambiguidade, o que garante a univocidade (característica do que só pode ser interpretado de uma única forma); a clareza está relacionada com o domínio de conhecimento que se tem de determinado assunto. Para mais detalhes sobre o Estilo científico de redação (clique aqui).

Tipos de artigos

Leia as instruções que se seguem e, em seguida, baixe o respectivo Modelo (*template*) para seu trabalho. A contagem de palavras não inclui o Abstract, nem Tabelas e Referências.

- Artigos Originais

Os artigos originais conterão no máximo 4.000 palavras, e terão a seguinte estrutura: Introdução, Métodos, Resultados, Discussão e Conclusão.

- Artigos de Revisão

Os artigos de revisão poderão ser do tipo revisão sistemática com metanálise, revisão sistemática sem metanálise ou revisão integrativa e revisão narrativa. Conterão no máximo 6.000 palavras e, conforme o caso, terão a seguinte estrutura: Introdução, Métodos, Resultados e Discussão, e Conclusão. A seção Resultados e Discussão compõe-se de uma integração dos resultados com a discussão dos achados. Consulte o artigo Revisão sistemática x revisão narrativa (1) para maior compreensão.

1. Rother ET. Systematic literature review X narrative review. Acta Paulista de Enfermagem. [Online] 2007;20(2): v – vi. Available from: doi:10.1590/S0103-21002007000200001 [Accessed: 31st March 2015]

- Estudo de Caso e Breve Relato

Os estudos de caso e breves relatos conterão no máximo 2.500 palavras, e terão a seguinte estrutura: Introdução, Métodos, Resultados, Discussão e Conclusão.

- Comentários

Comentários são publicados a convite do editor-chefe da **Revista de Educação Física / Journal of Physical Education**. Este tipo de artigo apresenta a análise de cientistas e outros especialistas sobre temas pertinentes ao escopo revista. Devem conter no máximo 1.200 palavras e o resumo. Comentários poderão ser submetidos à revisão por pares, a critério do Editor.

Outros tipos de artigos em Gestão Desportiva

- Notas de Pesquisa

Notas de pesquisa artigos relatam teste de desenvolvimento de projeto e análise de dados, não contêm mais que 4.000 palavras, e têm a seguinte estrutura: Introdução, Métodos, Resultados e Discussão, e Conclusão.

- Resenha de Livro

Revisões de livros referem-se àqueles fora de edição (Fora da Imprensa), contêm não mais que 6.000 palavras, e têm a seguinte estrutura: Introdução, Desenvolvimento e Conclusão.

Em Aspectos Históricos da Educação Física

- Historiografia, Pesquisa Histórica e Memória

Historiografia, pesquisa histórica e memória são tipos de artigos que não contêm mais de 6.000 palavras, e têm a seguinte estrutura: Introdução, Métodos, Resultados e Discussão.

Modelos (templates)

Junto às seções principais componentes do manuscrito, devem figurar as seções Pontos Fortes e Limitações do Estudo, Declaração de Conflito de Interesse e Declaração de Financiamento, sendo seções obrigatórias.

IMPORTANTE: Artigos fora da formatação, estipulada nestas instruções, poderão ser imediatamente excluídos da consideração para publicação.

Tabelas e figuras

As tabelas e as figuras (preferencialmente coloridas) devem ser incluídas no texto do manuscrito e numeradas com algarismos arábicos em ordem sequencial (ex.: Tabela 1, Tabela 2, e assim por diante). Os títulos das tabelas devem precedê-las, enquanto que as legendas das figuras devem ser inseridas abaixo delas. Os detalhes das especificações para as figuras estão explicadas em detalhes a seguir.

Tabelas

As tabelas devem ser autoexplicativas, com título informativo posicionado acima da tabela, claro e conciso. Maiores detalhes podem ser colocados em legendas. As unidades de linha e coluna devem ser sem linhas verticais ou horizontais, à exceção da linha com cabeçalhos dos dados (títulos de colunas), do corpo principal da tabela, e ao final do corpo da tabela. Confira os Modelos.

Figuras

Cada figura deverá ser enviada em duas versões. A versão colorida deverá ser inserida normalmente no texto com as respectivas legendas das figuras (abaixo da figura). Adicionalmente, em Documentos Suplementares, deverá ser enviada a versão

em preto e branco, cujo arquivo deverá ser nomeado com a sigla “pb” ao final (Exemplo: “Fig1 pb.jpg”), ambas versões (no texto - colorida e em documentos suplementares - em preto e branco) deverão ter resolução mínima de 300 dpi. Fotografias, desenhos e mais de um gráfico, em uma mesma figura, devem ser referidos como Figura 1, Figura 2 e assim por diante. Devem ser numerados na ordem em que aparecerem no texto. Diagramas e desenhos devem ter formato digital (.jpg ou .jpeg).

Para a versão impressa da revista, o padrão das figuras é preto e branco. Portanto, por favor, produza suas figuras e imagens em preto e branco da melhor forma possível (confira a resolução e o formato de seus arquivos) para que ilustre e informe adequadamente ao leitor do que se trata.

Por favor, assegure-se que a resolução de cada arquivo está dentro do estabelecido. O total de Figuras e/ou Tabelas de um manuscrito não excederá a quantidade de 4 (quatro). Para artigos estudo de caso, breve relato e comentário esta quantidade é de no máximo 2 (duas).

Adicionalmente, encorajamos os autores a enviarem imagens (fotografias) ilustrativas do trabalho de pesquisa a que se refere o artigo. Veja o item Ilustração da Capa.

Considerações sobre ética em pesquisa envolvendo seres humanos

A *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education* aceita apenas trabalhos que tenham sido conduzidos em conformidade com os mais altos padrões de ética e de proteção dos participantes. Os princípios norteadores constam da Resolução nº 466 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde, publicada em 12 de dezembro de 2012, a qual abrange princípios mundiais sobre o tema incluindo a Declaração de Helsinque, os quais oferecem maior proteção tanto aos voluntários quanto aos pesquisadores na condução de pesquisas científicas envolvendo seres humanos ou informações sobre estes. Todo o trabalho experimental envolvendo seres humanos deverá estar em conformidade com os requisitos estipulados e, conforme o caso, com as leis do país em que o trabalho foi realizado. O manuscrito deve conter uma declaração de que o estudo foi aprovado por um comitê de ética reconhecido ou por um conselho de revisão. Ainda que o objeto de

estudo seja informações de domínio público, como em dados estatísticos populacionais ou outra, a aprovação ética formal deverá ser obtida para confirmar que houve a devida consideração das questões relacionadas à ética. Da mesma forma, no caso de análises de dados retrospectivas, tais como aqueles produzidos por meio de dados de monitoramento de longo prazo de atletas ou de outras categorias profissionais em que sejam realizados testes de aptidão física, a aprovação quanto à ética envolvendo seres humanos deverá ser obtida.

A declaração sobre a aprovação ética deve ser feita ao final da seção Métodos e o número de registro da aprovação obtida, caso haja um, deverá ser incluído.

Avaliação por pares (duplo cego)

O processo de análise e apreciação dos artigos é realizado por especialistas (mestres e doutores) das diversas áreas do conhecimento integrantes do escopo da revista, com o anonimato dos autores e dos pareceristas ("avaliação duplo cega"). Assim, o manuscrito não deve incluir nenhuma informação que identifique claramente os autores ou suas afiliações, as quais constarão somente na página título que é enviada separadamente ao artigo. Por favor, certifique-se de remover das propriedades do seu documento Word itens que identifiquem os autores.

As informações sobre os autores e autor correspondente deverão ser enviadas em arquivo à parte intitulado Página Título. Consulte o Modelo (*Template*) disponível.

Termos e nomenclaturas

Termos e nomenclaturas devem respeitar o Sistema Internacional para símbolos, unidades e abreviaturas.

Os cientistas têm buscado aumentar a comparabilidade dos estudos e, também, a confiabilidade. Nesse contexto, os termos e constructos a serem utilizados pelos autores devem preferencialmente valer-se daqueles já existentes e bem estabelecidos na literatura. Os autores devem considerar os termos constantes no **Guia para Atividades Físicas do Centro de Controle de Doenças dos Estados Unidos (1)**, no qual os cientistas buscaram padronizar conceitos e terminologias. Alguns exemplos de conceitos e definições constantes no Guia mencionado são:

- Atividade física:

- Atividade física regular
- Exercício
- Esporte
- Exercício aeróbico

Além disso, para mensurar o nível de atividade física, a literatura sugere que sejam utilizados instrumentos já existentes, que utilizam com padronização do gasto calórico em METs (equivalente metabólico) pelo Compendio de Atividades Físicas de Ainsworth et al. (2). Os mais utilizados são o Questionário de Baecke (3) e o International Physical Activity Questionnaire – IPAQ (4).

Referências:

1. Department of Health and Human Services D. Physical activity guidelines for Americans. *Okla Nurse*. 2009;53(4): 25.

2. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000;32(9 Suppl): S498–S504.

3. Baecke JA, Burema J, Frijters JE. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1982;36: 936–942.

4. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine and science in sports and exercise*. [Online] 2003;35(8): 1381–1395. Available from: doi:10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB [Accessed: 5th July 2012]

Reprodução de material com direitos autorais protegidos (copyright)

Se seu artigo contém qualquer material, por exemplo, texto, figuras, tabelas, ilustração ou vídeos que já foram publicados em outros lugares, é necessário obter permissão do detentor do direito autoral (copyright) para reutilizá-los; pode ser o editor ao invés do autor. Nesse caso, devem ser incluídas as declarações de permissão nas legendas. Cabe ao autor para a obtenção de todas as permissões antes da publicação e é o único responsável por quaisquer taxas que o titular do direito de autor venha a cobrar para reutilização.

A reprodução de pequenos trechos de texto, em sua forma literal, exceto os de poesia

e letras de músicas, pode ser possível sem a permissão formal dos autores desde que devidamente citados os trabalhos e destacados entre aspas.

Submissão eletrônica de artigos

A submissão de artigos científicos para a **Revista de Educação Física / Journal of Physical Education** do Centro de Capacitação Física do Exército é feita exclusivamente pelo Sistema Eletrônico de Editoração de Revistas (SEER). Novos usuários devem primeiro cadastrar-se no sistema. Uma vez conectado (“logado”) no site, as submissões devem ser feitas por meio do centro para o Autor.

Na submissão, os autores devem selecionar a seção relevante em relação ao seu artigo.

Os autores devem manter uma cópia de todos os materiais enviados para consulta posterior. Os trabalhos submetidos à Revista serão arbitrados anonimamente por especialistas reconhecidos na matéria; pelo menos dois desses árbitros estarão envolvidos neste processo. Em caso de avaliações conflitantes, o Editor de Seção normalmente buscará uma avaliação mais independente. Como o Jornal opera uma política de revisão por pares anônima, por favor, assegure-se de que foram retiradas das propriedades de seu manuscrito as informações de identificação do autor. Se você estiver enviando um manuscrito revisado e tiver usado o controle de alterações, por favor, certifique-se de que todos os comentários são anônimos, a fim de garantir o seu anonimato. No decorrer do processo de avaliação, por favor, destaque suas alterações de texto utilizando a cor de fonte vermelha.

Durante a submissão, os autores são obrigados a indicar três possíveis revisores experientes para seu trabalho, os quais poderão ou não ser requisitados; não devem ter sido informados de que foram nomeados nem podem ser membros de instituições dos autores. A nomeação do revisor fica a critério do Editor de Seção e, pelo menos um dos árbitros envolvidos na revisão do artigo, será independente das indicações.

Os manuscritos podem ser apresentados em formato .doc ou .docx. Todas as versões do trabalho serão guardadas durante o processo de avaliação.

Em caso de submissão inadequada, ou seja, que não atenda as normas de publicação da Revista, os autores terão 30 dias para

reeditar sua submissão, após o que, o manuscrito será sumariamente arquivado.

Declaração de cessão de direitos autorais

Para garantir a integridade, difusão e proteção contra violação de direitos autorais dos artigos publicados, durante o processo de submissão do artigo, você será solicitado a atribuir-nos, através de um acordo de publicação, o direito autoral em seu artigo. Assim, todo material publicado torna-se propriedade da **Revista de Educação Física / Journal of Physical Education** que passa a reservar os direitos autorais. Desta forma, nenhum material publicado por esta revista poderá ser reproduzido sem a permissão desta por escrito.

Todas as declarações publicadas nos artigos são de inteira responsabilidade dos autores, o autor correspondente (responsável pela submissão do artigo) ao marcar o aceite da cessão dos direitos autorais, responsabiliza-se pelos demais autores.

Decisões editoriais

Aceito: Esta decisão implica que o artigo não sofrerá ajustes de conteúdo, apenas pequenas alterações editoriais.

Revisões requeridas: Esta definição implica que pequenos ajustes ainda são necessários para que o artigo avance até o aceite.

Submeter a nova rodada: Esta definição implica que o artigo necessita ser amplamente editado afim de que uma avaliação mais aprofundada seja realizada por parte dos revisores. Comumente esta decisão é tomada em casos nos quais o artigo possui mérito devido ao desenho experimental mas precisa avançar bastante na redação afim de efetivamente transmitir com qualidade os achados do estudo.

Rejeitar: Esta decisão é adotada para os estudos os quais os revisores não verificam inovações suficientes no desenho experimental ou na justificativa de sua realização. A tomada desta decisão não impede uma nova submissão do artigo uma vez que os autores consigam contemplar os questionamentos dos revisores por meio de uma carta respondendo a todos os questionamentos apontados pelos revisores e pelo editor de seção. No caso de uma nova

submissão, o artigo é considerado como uma nova submissão.

Durante o processo Editorial, caso se faça necessário, os editores poderão solicitar revisões textuais que tornem a produção clara e concisa, visando a mais elevada qualidade científica.

Política de acesso ao artigo

A **Revista de Educação Física / Journal of Physical Education** não cobra taxas para submissão nem para publicação de artigos, sendo que a política de acesso da Revista é livre e os textos podem ser utilizados em citações, desde que devidamente referenciados, de acordo com a licença *Creative Commons*.

<http://www.revistadeeducacaofisica.com/>

Indexações

- **LATINDEX – *Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal***
- **Portal LivRe!**
- **Portal Periódicos CAPES**
- **Sumários.org**
- **DIADORIM – Diretório de Políticas Editoriais das Revistas Científicas Brasileiras**
- **IRESIE**
- **CiteFactor**
- **DOAJ**



SBB
BRAZILIAN SOCIETY
OF BIOMECHANICS



CiteFactor
Academic Scientific Journals

DOAJ

♡ SUPPORT ▾

SEARCH ▾

DOCUMENTATION ▾

ABOUT ▾

Revista de Educação Física Journal of Physical Education

☎ 0102-8464 (PRINT) / 2447-8946 (ONLINE)

Apoio:



EXÉRCITO BRASILEIRO

Braço Forte – Mão Amiga



**Centro de Capacitação Física do Exército
(CCFEx)**



2015

<http://www.revistadeeducacaofisica.com/>