



Artigo Original

Original Article



## Efeitos agudos de uma corrida de 5km sobre sensibilidade e pressão plantares e controle postural em atletas amadores de corrida: um estudo *quasi*-experimental

### *Acute Effects of a 5km Run on Plantar Sensitivity and Pressure, and Postural Control in Amateur Running Athletes: A Quasi-Experimental Study*

Mathias Sosa Machado<sup>1</sup>; Gislaïne Regina Santos dos Santos<sup>1</sup>; Felipe Pivetta Carpes<sup>§1</sup> PhD

Recebido em: 02 de maio de 2024. Aceito em: 13 de agosto de 2024.

Publicado online em: 27 de setembro de 2024.

DOI: 10.37310/ref.v93i2.2983

#### Resumo

**Introdução:** Conhecer como a sensibilidade cutânea, a pressão plantar e a estabilidade mudam em resposta ao exercício de corrida pode ajudar treinadores e fisioterapeutas e melhor planejar a recuperação pós-exercício. A aplicação prática desse conhecimento envolve não apenas esportistas em treinamento, mas também em processos de reabilitação.

**Objetivo:** Examinar os efeitos agudos de uma corrida de 5 km sobre a sensibilidade e a pressão plantares e sobre o controle postural em atletas amadores de corrida de fundo.

**Métodos:** Estudo *quasi*-experimental, do qual participaram 11 corredores (sexo masculino, com médias: de idade 35±15 anos; de estatura 1,75±0,05m e de massa corporal 77,70±8,70kg. Foram avaliados: sensibilidade tátil plantar (estesiômetro), pressão plantar (baropodômetro) e controle postural (centro de pressão durante a postura em pé) pré, imediatamente após, 15min e 30min uma sessão de corrida de 5 km em uma esteira.

**Resultados:** Houve aumento significativo na sensibilidade tátil do mediopé, na pressão plantar média e na área de contato na região do antepé, com efeitos que perduraram por até 15 min após o término do exercício. As medidas de controle postural indicaram maior oscilação corporal, especialmente na direção anteroposterior até 30min após o exercício.

**Conclusão:** A escolha de exercícios, após uma sessão de corrida, deve considerar o efeito negativo agudo sobre a capacidade de controle postural em corredores, decorrentes de um deslocamento do peso corporal à frente, aumentando a demanda de pressão no mediopé e no antepé e, possivelmente, requerendo maior recrutamento do tríceps sural para a manutenção do controle da estabilidade.

**Palavras-chave:** atividade física, centro de pressão, mecanorreceptores, exercício físico.

#### Pontos Chave

- A sensibilidade do mediopé aumenta após uma corrida de 5 km em esteira.
- A pressão média e área de contato na região do antepé aumentam após uma corrida de 5 km em esteira.
- Uma corrida de 5 km em esteira dificulta o controle postural por até 30 min após o exercício.

<sup>§</sup>Autor correspondente: Felipe Pivetta Carpes – ORCID: 0000-0001-8923-4855; e-mail: [carpes@unipampa.edu.br](mailto:carpes@unipampa.edu.br)

Afiliações: <sup>1</sup>Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada da Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, RS, Brasil.

### Abstract

**Introduction:** Knowing how skin sensitivity, plantar pressure, and stability change in response to running exercise can help trainers and physical therapists better plan post-exercise recovery. The practical application of this knowledge involves not only athletes in training, but also in rehabilitation processes.

**Objective:** To examine the acute effects of a 5 km run on plantar sensitivity, pressure and postural control in amateur cross-country runners.

**Methods:** This was a quasi-experimental study involving 11 runners (male, with averages: age  $35 \pm 15$  years; height  $1.75 \pm 0.05$ m and body mass  $77.70 \pm 8.70$ kg. The following were evaluated: plantar tactile sensitivity (esthesiometer), plantar pressure (baropodometer) and postural control (center of pressure during standing posture) before, immediately after, 15 min and 30 min a 5 km running session on a treadmill.

**Results:** There was a significant increase in the tactile sensitivity of the midfoot, in the mean plantar pressure and in the contact area in the forefoot region, with effects that lasted for up to 15 min after the end of the exercise. Postural control measures indicated greater body sway, especially in the anteroposterior direction up to 30 minutes after exercise.

**Conclusion:** The choice of exercises after a running session should consider the acute negative effect on the ability of postural control in runners, resulting from a shift of body weight forward, increasing the pressure demand on the midfoot and forefoot and requiring greater recruitment of the triceps surae to maintain stability control.

**Keywords:** physical activity, center of pressure, mechanoreceptors, physical exercise.

#### Key Points

- Midfoot sensitivity increases after a 5K treadmill run.
- Average pressure and contact patch in the forefoot area increase after a 5K treadmill run.
- A 5 km run on a treadmill makes postural control difficult for up to 30 min after exercise.

## Efeitos agudos de uma corrida de 5km sobre sensibilidade e pressão plantares e controle postural em atletas amadores de corrida: um estudo *quasi*-experimental

### Introdução

Corredores que realizam corridas de duração mais prolongada, frequentemente reportam desconforto e ocorrência de lesões cutâneas como bolhas ou dores em regiões específicas do pé. Os desconfortos estão associados a descargas de peso impostas durante movimentos repetitivos(1). Os principais acometimentos musculoesqueléticos são as síndromes de estresse do medial tibial, tendinites, fasciítes plantares e fraturas do quinto metatarso(2–4). Após a corrida, também ocorrem mudanças agudas na conformação dos arcos plantares, provavelmente devido a alterações transientes na rigidez articular do pé, assim como mudanças no recrutamento muscular(5). Essas adaptações estruturais, em conjunto com as estratégias adotadas

para a adequada funcionalidade dos pés, podem levar a mudanças na distribuição da pressão plantar e características de propriocepção do dos pés. Como o pé é a barreira entre o ambiente e o corpo, ele auxilia a perceber o ambiente e absorver as forças recebidas e permite respostas motoras. Esse trabalho em conjunto de segmentos apendiculares e vias nervosas envolvem o sistema proprioceptivo(5,6). Uma vez que os receptores estão intimamente ligados à modulação da contração muscular e assim contribuem para o controle dos movimentos, é possível que exercícios afetem o *input* sensorial da planta dos pés e gerem respostas sobre a estabilidade do corpo. Desse modo, após a corrida podem ocorrer mudanças na forma como o sistema nervoso recebe informações e as usa para controlar os movimentos(6). O

aumento da sensibilidade tátil plantar ainda não está consistentemente estabelecido como um fator que favorece maior ou menor descarga de peso na região mais sensível, o que foi observado em avaliação comparativa da pressão plantar entre jovens e idosos, sendo que idosos apresentaram maior pressão plantar deslocada para regiões onde a sensibilidade plantar ainda é preservada(7). Os autores consideraram que esse pode ser um mecanismo de busca por informações táteis para a adequada resposta motora(8). A sensibilidade tátil plantar desempenha um papel crucial na postura e na corrida fornecendo informações essenciais ao sistema nervoso central sobre a posição e variações do corpo(7). Essas informações de sensores da pele, músculos, tendões e ligamentos são integrados para formar uma representação precisa da geometria estática e dinâmica do corpo. Esse processo contínuo de *feedback* ajuda a manter a estabilidade postural(9,10). A relação entre sensibilidade tátil plantar e controle postural reforça a relevância de estudos que possam compreender essas interações e os potenciais efeitos dessas condições, e que possam auxiliar a conhecer essas respostas em um contexto de praticantes de exercícios físico recreacionais com largo espectro de aplicações.

O objetivo deste estudo foi examinar os efeitos agudos de uma corrida de 5 km sobre a sensibilidade e a pressão plantares e sobre o controle postural em atletas amadores de corrida de fundo. A hipótese é a de que a corrida acarreta melhora aguda na sensibilidade plantar e promova mudanças na distribuição da pressão plantar que podem afetar o controle postural a partir das mensurações do centro de pressão (CoP) plantar durante a postura em pé.

## **Métodos**

### *Desenho de estudo e amostra*

Este estudo foi do tipo *quasi*-experimental, com análise de associação segundo interferência(11), com amostra por conveniência. Foram convidados para participar atletas amadores de corrida de rua da comunidade local, na cidade de

Uruguaiana, RS. O recrutamento se deu por meio de distribuição de panfletos em locais de prática esportiva (clubes, academias, associações esportivas) e por meio de redes sociais. Os critérios de inclusão foram ser fisicamente ativo – realizar acima de 150 minutos semanais de atividade física, conforme recomendado pelo questionário IPAQ(12); ter capacidade de deambular sem auxílio; compreender as instruções para a realização da pesquisa; e comparecer ao laboratório no dia e horário previsto. Os critérios de exclusão foram: apresentar tecidos moles em cicatrização; reportar dor ou desconforto nas articulações do quadril, joelho e do tornozelo; apresentar limitações de amplitude de movimento, bem como instabilidades articulares, no joelho e/ou tornozelo; relatar alterações neurológicas centrais ou periféricas, que pudessem interferir na sensibilidade plantar ou na marcha; ter tido os membros inferiores imobilizados no último ano ou parcialmente amputados. Dentre os elegíveis para participar do estudo, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, a amostra foi composta por 11 atletas, todos do sexo masculino.

### *Aspectos éticos*

Todos os participantes foram informados sobre os procedimentos e assinaram um termo de consentimento informado antes de participar do estudo. Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com seres humanos da Universidade Federal do Pampa (protocolo CAAE número 76274117.4.0000.5323) e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

### *Variáveis de estudo*

As variáveis desfecho foram sensibilidade, pressão e CoP plantares (variáveis biomecânicas). A variável exposição foi o exercício de corrida de 5km. As covariáveis avaliadas para descrição da amostra foram: idade (anos), massa corporal (kg), estatura (m), IMC (massa corporal kg/estatura x m<sup>2</sup>); ritmo de passada (PACE em min/km), velocidade durante o exercício (Km/h), tempo de treinamento da

modalidade (anos), frequência de treino (sessões por semana) e percepção de esforço.

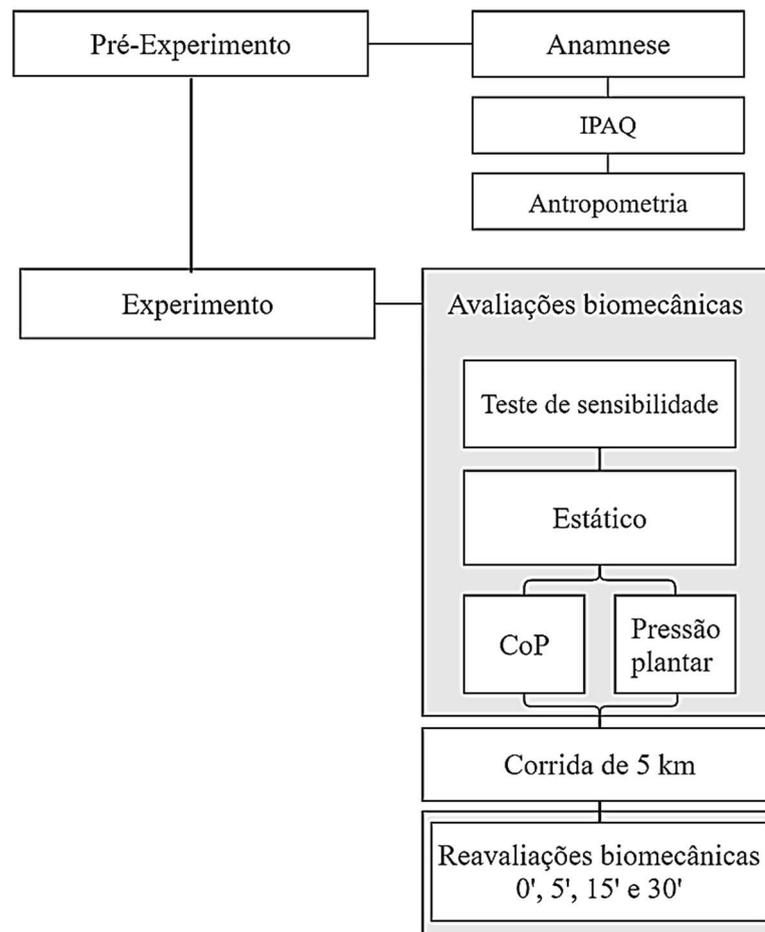
### Procedimento experimental

O experimento se deu em uma única visita ao laboratório, no qual foram realizadas as medidas de sensibilidade plantar, pressão plantar e controle postural antes e depois de um protocolo de corrida em esteira motorizada (Figura 1). Todos os participantes seguiram os mesmos procedimentos de reconhecimento dos ambientes de coleta e dos protocolos experimentais. Primeiro, todos foram informados dos procedimentos experimentais, assinaram o TCLE e foram apresentados ao ambiente do laboratório e passaram pelas avaliações antropométricas (massa corporal, estatura) e anamnese. Os corredores foram avaliados em sensibilidade tátil dos pés, pressão plantar, e controle postural (variáveis biomecânicas), antes e após o exercício de corrida

de 5km (Figura 1). Para examinar os efeitos agudos da corrida sobre as variáveis biomecânicas em tela, foram realizadas três medidas no período pós-exercício: CoP nos instantes pré-exercício, zero minutos (imediatamente após), 15 minutos após e 30 minutos após um teste de corrida de 5 km em uma esteira. A variável de exposição foi a corrida em esteira, tendo como desfechos a sensibilidade tátil, pressão plantar e controle postural.

### Sensibilidade tátil

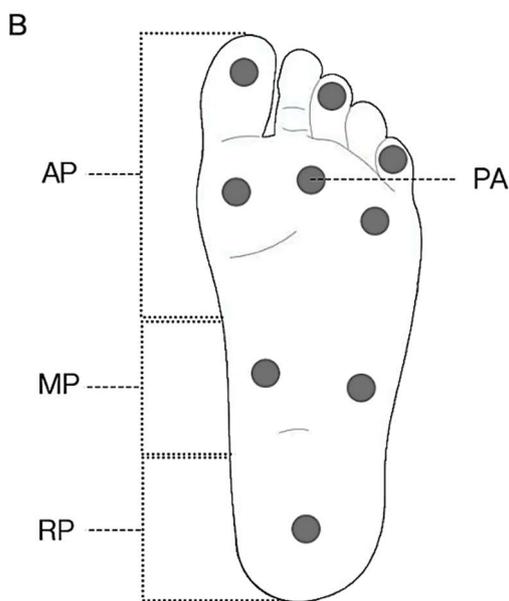
A avaliação de sensibilidade tátil plantar foi realizada por meio de estesiometria. Foram utilizados monofilamentos de nylon (*Semmes-Weinstein Monofilaments, San Jose, USA*) de igual comprimento e com diferentes diâmetros (13). Os participantes foram previamente instruídos e posicionados sobre uma maca em decúbito dorsal com os olhos vendados. Foram avaliados nove pontos na planta do pé e divididos em regiões do antepé, mediopé e retropé, em



**Figura 1** – Desenho experimental.

IPAQ: questionário internacional de atividade física.. CoP: centro de pressão.

ambos os pés (Figura 2). Cada monofilamento foi aplicado perpendicularmente à superfície da pele duas vezes, usando uma pressão leve e constante até que o monofilamento começasse a dobrar, o que foi o final do teste. Quaisquer medidas que apresentassem deslizamento do filamento foram desconsideradas e excluídas da análise. Os participantes deveriam vocalizar quando sentissem qualquer estímulo tátil nos pés e representar na própria mão o local do estímulo percebido no pé. Para cada ponto foi utilizado a sequência de monofilamentos de menor para maior diâmetro(7). O diâmetro de cada monofilamento correspondendo a diferentes níveis de sensibilidade era classificado por cores. O estesiômetro era composto por seis filamentos de náilon de igual comprimento, com diâmetros variados produzindo uma pressão padronizada sobre a pele de acordo com a calibração do fabricante e sua recomendação de uso que foram convertidos da respectiva cor para 1, 2, 3, 4, 5, e 6(24). O escore 7 foi definido se o participante não relatasse nenhum estímulo percebido.



**Figura 2** – Pontos da planta do pé examinados e regiões.

*Legenda:* PA: pontos avaliados; AP: antepé (quinto, terceiro e primeiro dedo, quinta, terceira e primeira cabeças do metatarso); MP: mediopé (arco plantar lateral e medial) e RP: retropé (centro do calcanhar).

### *Pressão plantar e controle postural*

Para avaliar a distribuição da pressão plantar e o controle postural foi utilizado um baropodômetro computadorizado com formato de tapete (Matscan, Tekscan Inc., EUA). Os dados foram gravados com uma taxa de amostragem de 400 Hz e mensurados com resolução de 1,4 sensores por cm<sup>2</sup>. Os participantes foram instruídos a permanecer na posição ortostática em apoio bipodal com os pés padronizados em abdução de 15° e com 10 cm distância entre os calcanhares(14). Os participantes eram instruídos a permanecer com os braços relaxados ao longo do corpo e olhando para frente para a avaliação antes e depois do exercício, em repouso com olhos abertos e para a condição de olhos fechados. Para cada condição foram repetidas três avaliações, cada uma com 30 segundos de duração, e pelo menos 30 segundos de intervalo entre as repetições e os valores médios foram calculados. A sequência de condições de olhos abertos e fechados foi randomizada para cada participante.

Para avaliação do controle postural, foi estimado o deslocamento do CoP plantar durante a postura em pé. Foram consideradas as variáveis deslocamento antero-posterior (cm) e deslocamento mediolateral (cm). A pressão plantar média foi calculada considerando cada pé dividido em antepé, mediopé e retropé (15).

### *Exercício de corrida de 5km*

O exercício de corrida de 5km foi a variável exposição. Cada participante correu 5km em uma esteira ergométrica motorizada (Gait Trainer 950 instrutor 3. Biodex Medical System Inc., Nova York, USA). A corrida foi realizada em velocidade correspondente a uma intensidade moderada de 60% da sua frequência cardíaca máxima, estimada com base em sua idade (16). Nos primeiros minutos (de/ 5 a 10 minutos) a velocidade aumentou gradualmente até atingir a frequência cardíaca alvo, sendo monitorada continuamente durante o exercício com um frequencímetro cardíaco (Forerunner 235, Garmin, EUA). Durante o exercício os participantes usaram tênis e roupas habituais de corrida.

§Autor correspondente: Felipe Pivetta Carpes – ORCID: 0000-0001-8923-4855; e-mail: carpes@unipampa.edu.br

Afiliações: <sup>1</sup>Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada da Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, RS, Brasil.

### Percepção de esforço (Borg)

A percepção de esforço foi estimada pela escala de Borg modificada para 0-10 pontos foi usada para monitorar a intensidade, a cada quilômetro (17).

### Análise estatística

Os dados de sensibilidade plantar foram registrados e analisados a partir da classificação de cores correspondentes a resistência de cada filamento transformadas em valores contínuos com a aplicação de um logaritmo de base 10 (18). A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. As comparações dos dados de sensibilidade plantar, pressão plantar e centro de pressão entre os momentos para todas as regiões e condições visuais foram realizadas com ANOVA de duas vias, considerando fator tempo x regiões dos pés (antepé, mediopé e retropé), com correção de Bonferroni para comparações múltiplas. As assimetrias entre as pernas foram verificadas com *test-t* pareado. Todas as comparações foram realizadas considerando um nível de significância de 0,05 e utilizando o software GraphPad Prism 7.0 (California, USA).

## Resultados

Participaram deste estudo observacional 11 corredores homens, com média de idade de  $35 \pm 14,57$  anos e IMC de  $25,36 \pm 2,82$ . A média de tempo de treinamento foi de  $6,31 \pm 9,74$ . (Tabela 1). A corrida aumentou a sensibilidade tátil em porções anteriores dos pés, principalmente logo após o exercício. As medidas de controle postural indicaram maior oscilação corporal como um efeito tardio da corrida.

A sensibilidade plantar apresentou assimetrias em diferentes momentos e para diferentes regiões dos pés e sensibilidade não reduziu após a corrida. Houve aumento da sensibilidade apenas no mediopé, o que foi observado imediatamente (minuto zero) após e até 15 minutos após.

Comparando a sensibilidade intermembros, o retropé direito apresentou menor sensibilidade que o esquerdo no momento pré corrida ( $t(1)=2,77$ ;  $p=0,019$ ). No médio-

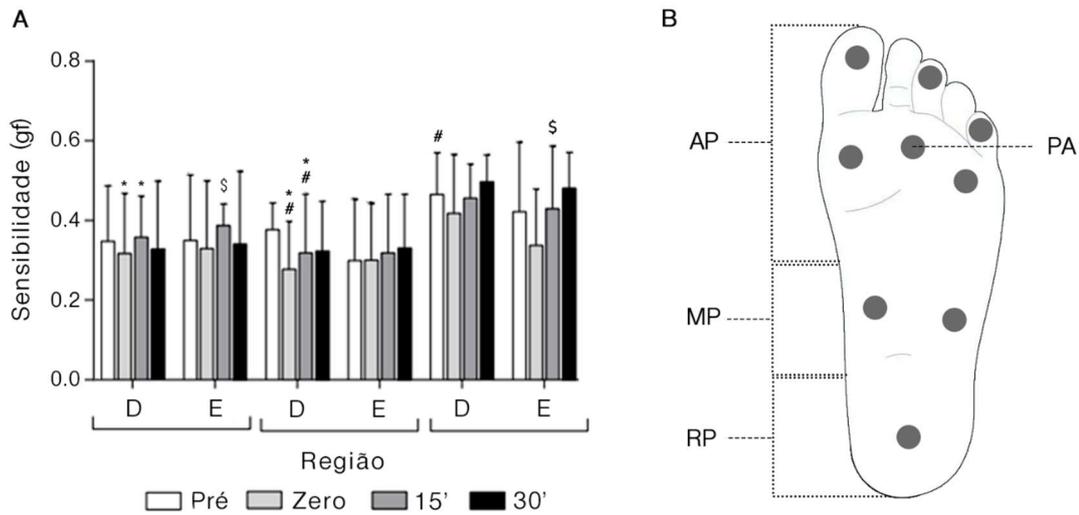
pé, a sensibilidade no pé direito foi maior do que no esquerdo, tanto imediatamente após ( $t(1)=2,63$ ;  $p=0,025$ ) quanto 15 min após a corrida ( $t(1)=2,657$ ;  $p=0,024$ ). No antepé, foi observada maior sensibilidade que no mediopé direito ( $F(2)=3,015$ ;  $p=0,066$ ). No pé esquerdo foi observada menor sensibilidade do retropé em relação ao antepé ( $F(2)=4,347$ ;  $p=0,022$ ). A Figura 3 apresenta os resultados quanto à comparação da variação da sensibilidade plantar entre os pés direito e esquerdo, segundo regiões do pé (antepé, mediopé e retropé) entre os momentos pré e pós-corrida (15min e 30min) e os pontos de avaliação da sensibilidade plantar.

**Tabela 1** – Características da amostra (n=11)

Características	Média ±DP
Idade (anos)	35,00±14,57
Massa corporal (kg)	77,70±8,70
Estatura (m)	1,75±0,05
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,36±2,82
PACE (min/km)	4:45±0:47
Treinamento (anos)	6,31±9,74
Frequência de treino (sessões por semana)	3,45±0,93
Velocidade na esteira (km/h)	10,90±0,43

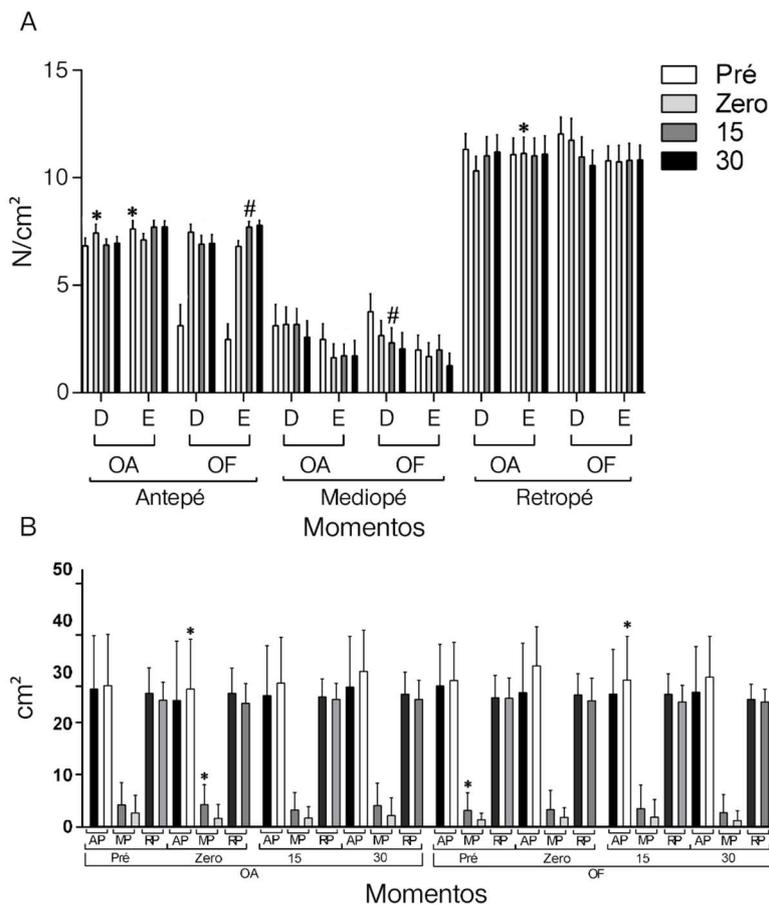
IMC: Índice de Massa Corporal; PACE: ritmo de passada na corrida.

A Figura 4 exhibe os resultados da comparação das variações de pressão (4A) e por região do pé (Figura 4B) de contato estático entre os pés direito e esquerdo, nos momentos pré e pós-corrida (15min e 30min) nas condições olhos abertos e olhos fechados. Quanto à pressão plantar, durante a postura em pé, no momento pré corrida, houve maior pressão na região do antepé do pé esquerdo na condição com os olhos abertos ( $t(2)=2,31$ ;  $p=0,043$ ). A pressão plantar também foi assimétrica imediatamente após a corrida na condição de olhos abertos, havendo maior pressão no antepé do pé direito ( $t(2)=3,901$ ;  $p=0,003$ ) e maior pressão no retropé esquerdo ( $t(2)=2,559$ ;  $p=0,028$ ). Na comparação intermembros, nos diferentes momentos de



**Figura 3 – A:** Variação da sensibilidade plantar entre os pés direito (D) e esquerdo (E) nas regiões do antepé, mediopé e retropé avaliada nos momentos pré corrida, zero, 15 e 30 minutos após a corrida. **B:** Avaliação de sensibilidade cutânea plantar.

*Legenda:* Figura A – \$: Diferença entre retropé e mediopé; #: Diferença entre pé direito e esquerdo; \*: Diferença entre antepé e mediopé. Figura B – PA: pontos avaliados; AP: antepé (quinto, terceiro e primeiro dedo, quinta, terceira e primeira cabeças do metatarso); MP: mediopé (arco plantar lateral e medial) e RP: retropé (centro do calcanhar).



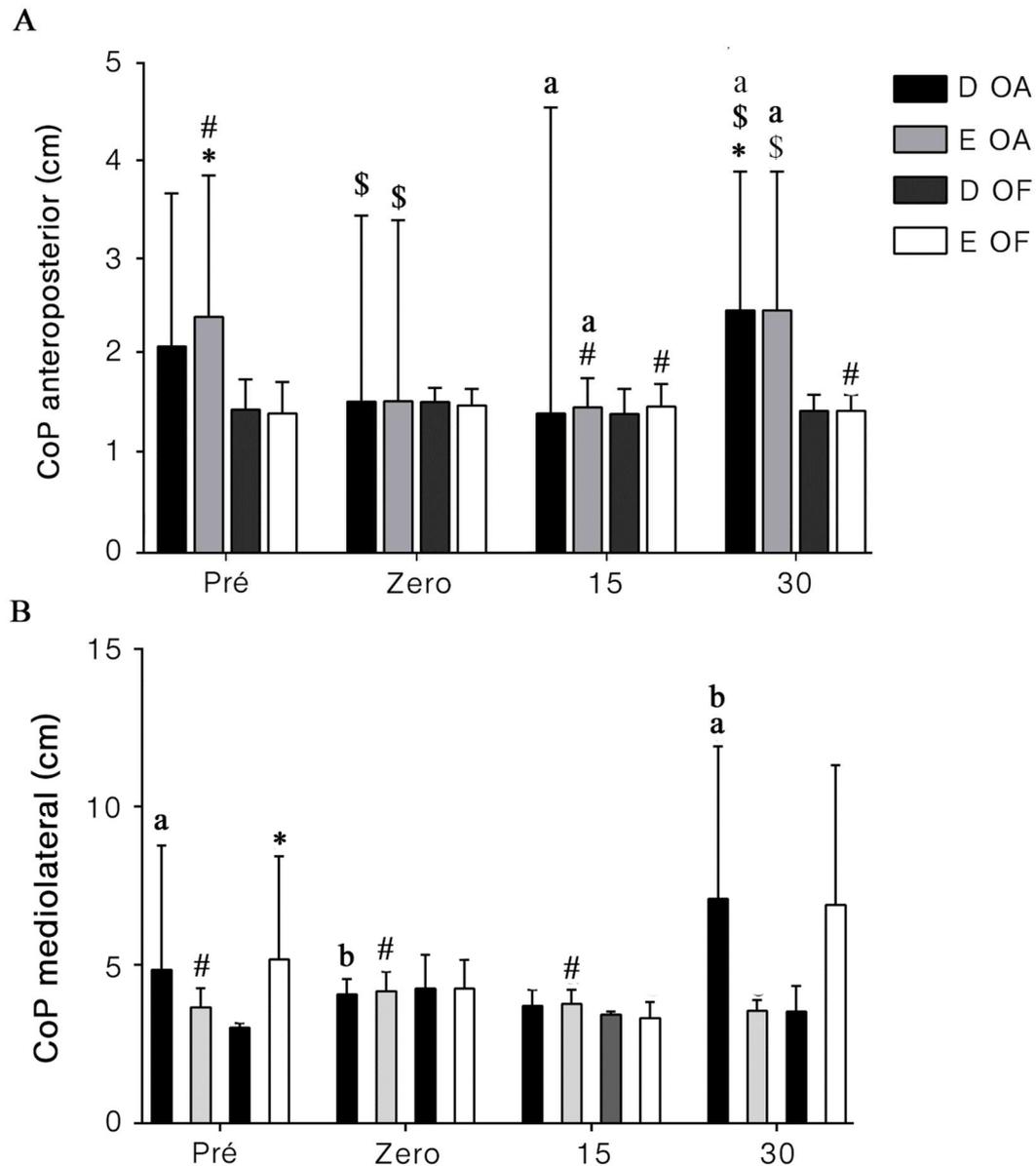
**Figura 4 –** Comparação das variações de pressão (4A) e por região do pé (4B) de contato estático intermembros: pé direito (D) e pé esquerdo (E) nos momentos pré (antes) e pós-exercício minuto zero, minuto 15 e minuto 30, nas condições com os olhos abertos (OA) e com os olhos fechados (OF).

*Legenda:* \*: Diferença significativa entre os pés, segundo regiões e condição (OA e OF). **Regiões do pé:**– AP: antepé (quinto, terceiro e primeiro dedo, quinta, terceira e primeira cabeças do metatarso); MP: mediopé (arco plantar lateral e medial) e RP: retropé (centro do calcanhar).

avaliação, observou-se que 15 minutos após o exercício, houve maior área de contato no antepé esquerdo ( $t(2)=3,043$ ;  $p=0,012$ ), em comparação com o direito. Nesse momento (minuto 15), na condição de olhos fechados, houve maior pressão nas regiões do antepé esquerdo ( $t(2)=2,577$ ;  $p=0,028$ ) e do mediopé direito ( $t(2)=3,162$ ;  $p=0,010$ ). A área de contato do mediopé direito também apresentou assimetrias no momento pré-corrida ( $t(2)=3,370$ ;  $p=0,004$ ). Imediatamente após o exercício, na condição de

olhos abertos, a área de contato apresentou-se assimétrica no antepé ( $t(2)=3,266$ ;  $p=0,009$ ) e no mediopé ( $t(2)=2,815$ ;  $p=0,018$ ).

Na comparação intermembros dos pés, observou-se maior oscilação do CoP anteroposterior do pé esquerdo na avaliação de olhos abertos no momento pré-corrida ( $t(1)=2,852$ ;  $p=0,017$ ) (Figura 5). O mesmo efeito foi observado no pé direito, no minuto 30 pós-exercício de corrida ( $t(1)=2,681$ ;  $p=0,023$ ).



**Figura 5 – Variação da amplitude anteroposterior do centro de pressão estático entre os pés direito (D) e esquerdo (E).**

Momentos pré corrida, zero, 15 e 30 minutos após a corrida com os olhos abertos (AO) e fechados (OF). Na figura A \* indica diferença entre os pés, # indica diferença de redução entre momentos, \$ e a indicam diferença de aumento entre momentos. Na figura B # indica diferença de aumento entre momentos e a e b indicam diferença de maior oscilação entre tempos.

O pé esquerdo apresentou diminuição da oscilação de deslocamento do CoP quando comparados os momentos pré e 15 minutos ( $F_{(3)}=2,119$ ;  $p=0,029$ ), e entre 15 e 30 minutos após a corrida ( $F_{(3)}=3,069$ ;  $p=0,015$ ) e foi maior na comparação entre os momentos zero e 30 minutos após a corrida ( $F_{(3)}= 2,933$ ;  $p=0,026$ ) assim como entre 15 e 30 minutos ( $F_{(3)}=3.13$ ;  $p=0,015$ ), onde o momento 30 minutos após a corrida apresentou maior deslocamento do CoP. Na direção mediolateral, houve maior oscilação do CoP esquerdo na avaliação de olhos fechados no momento pré corrida ( $t_{(3)}=3.063$ ;  $p=0,012$ ). Na condição de olhos fechados o pé esquerdo apresentou maior oscilação de deslocamento do CoP quando comparados os momentos pré e zero minutos ( $F_{(3)}=4.696$ ;  $p=0,002$ ), assim como na comparação entre zero e 15 minutos ( $F_{(3)} = 3.086$ ;  $p=0,022$ ).

O deslocamento do CoP do pé esquerdo foi maior no momento 30 minutos após a corrida na condição de olhos abertos ( $F_{(3)}=2.74$ ;  $p=0,007$ ). A oscilação do CoP do pé direito foi maior após 30 minutos da corrida na comparação entre o momento zero e 30 minutos na condição de olhos abertos ( $F_{(3)}=3.296$ ;  $p=0,007$ ).

## Discussão

Os principais achados deste estudo foram que a pressão plantar mostrou alterações na sua distribuição entre as diferentes regiões dos pés, também com algumas assimetrias nos diferentes momentos de avaliação. Durante a caminhada ou a corrida a atuação das forças de impacto é atenuada inicialmente pelos pés. O calcanhar tem maior limiar tátil provavelmente devido a maior espessura e rigidez da pele nesta região, fato relacionado ao impacto inicial e repetitivo no contato inicial com o solo durante a marcha e corrida(19). Inversamente, a região antepé apresenta maior sensibilidade tátil do que o calcanhar (20). A região do antepé e mediopé são conhecidas por ter maior densidade de mecanorreceptores e pode ser facilmente afetada em jovens e idosos(21,22), motivo que pode explicar o fato destas regiões terem melhorado a sensibilidade tátil após o

exercício e concomitantemente recebido maior pressão plantar. Preservar a captação de informações através da região anterior do pé parece ser um mecanismo importante para a locomoção humana e estabilidade. Idosos, que sofrem de menor sensibilidade, deslocam o centro de pressão para essa região que normalmente ainda é funcional, buscando a regulação do corpo no sentido anteroposterior e evitando possíveis quedas para frente ou para trás(7).

Normalmente os maiores valores de pressão plantar estão presentes nas porções do calcanhar, tanto na postura em pé quase-estática quanto durante a caminhada ou corrida. O aumento da pressão plantar no mediopé e antepé pode indicar efeitos da fadiga de músculos que auxiliam no controle da postura em pé(23). É possível que esse deslocamento de maior pressão para região do antepé seja explicada pela fadiga dos músculos do tornozelo. Desse modo, a distribuição da pressão plantar modificada e o aumento do centro de pressão durante a postura em pé pode ser explicada pela possível dificuldade, ainda que transiente, de músculos da cadeia anterior e posterior atuar para controlar a oscilação corporal(24). Considerando que os músculos são afetados a nível microscópico em um estado de fadiga induzida pelo exercício, alterações na sua rigidez também podem promover maior rigidez do tríceps sural e repercutir sobre a maior pressão plantar, especialmente no antepé(25–27).

A hipótese inicial de que a corrida afetaria a sensibilidade tátil, pressão plantar e estabilidade de corredores recreacionais foi confirmada e os achados do presente estudo possuem importantes implicações, tanto para a organização de protocolos de avaliação em corredores, como para compreender as adaptações agudas observadas após a corrida em esteira. De modo geral, o exercício melhorou a sensibilidade tátil até 15 minutos após a atividade, período que coincide com um maior deslocamento anterior do corpo, aumentando a demanda de ativação em estruturas do pé envolvidas no controle postural.

Considerando que o exercício aeróbico como corrida em esteira é prática comum de diferentes contextos de treinamento e reabilitação como, por exemplo, na combinação de sessões com exercício aeróbico seguido do treinamento de força com pesos, conhecer essas adaptações agudas é importante para auxiliar na tomada de decisões. Assim, fica ressaltada a relevância dos resultados do presente estudo, nos quais foi demonstrado que o exercício de corrida de fundo promoveu efeitos agudos sobre a sensibilidade, pressão plantar e estabilidade que pode perdurar por até 30 minutos após o exercício. Estes resultados indicam que a interação da pele dos pés com o solo influencia o controle da postura. O corpo humano depende de informações de descarga de peso, forças de impacto e variações de pressão na pele para responder de maneira eficaz, de modo consciente ou inconsciente, a esses estímulos percebidos quando faz o controle da postura estável em pé(28). O que é explicado porque receptores nos músculos, tendões e cápsulas articulares captam os estímulos e compõem a propriocepção, de modo que ao aumentar a entrada de informações nesses órgãos e tecidos, melhores respostas motoras são promovidas(29). Nesse contexto, em condições patológicas como a dor crônica do joelho, o estímulo mecânico na pele pode influenciar ou sobrepor as vias de dor e melhorar a amplitude de movimento do joelho(30), da mesma forma, como ativar o sistema sensorial aumenta o recrutamento muscular durante a marcha(31). O que estudos recentes têm demonstrado é que esse caminho de informações sensoriais é facilitado pela variação da temperatura do que está próximo aos receptores sensoriais(32). Assim, uma possível explicação do aumento observado na sensibilidade tátil plantar, e também parte das mudanças na pressão plantar, é o possível aumento da temperatura dos pés em resposta ao exercício.

O bom funcionamento dessas células receptoras depende da irrigação sanguínea, metabolismo e integridade de propriedades teciduais próximas(33). Um mecanismo de

sensibilizar esses neurônios envolve a variação da temperatura local pelo aumento do fluxo sanguíneo e aumento da temperatura local pela fricção do exercício, explicando como a percepção tátil melhorou imediatamente após a atividade(34). Assim como esse exercício pode afetar a tensão de músculos e tendões, as vias sensoriais de fusos musculares e órgãos tendinosos de Golgi também podem ser afetadas e auxiliar na orientação espacial e no controle motor. Os estudos anteriores que aumentaram a temperatura da pele dos pés através de um estímulo mecânico e por um método passivo de radiação infravermelho apresentaram aumento da sensibilidade imediatamente após a intervenção(32,34,35). Neste estudo, a avaliação até 15 minutos depois do aquecimento revelou um aumento na sensibilidade tátil plantar, mas não por mais tempo.

#### *Pontos fortes e limitações do estudo*

Um ponto forte do estudo foi a relevância do tema, ainda pouco explorado na literatura, quanto aos efeitos do exercício sobre as variáveis biomecânicas ora examinadas, tendo contribuído para esclarecer fenômenos que ocorrem no pós-exercício.

Dentre as limitações, podem ser consideradas que neste estudo a amostra foi composta apenas homens, não permitindo extrapolar os resultados para ambos os sexos, o que seria importante dado o aumento da popularidade da corrida entre o público feminino e considerando que os níveis hormonais interferem na percepção vibratória, tátil e limiar de dor (36). A não padronização do tipo de tênis utilizadas pelos praticantes também pode ser uma limitação quanto a potenciais efeitos do aumento da temperatura dos pés e suas influências na sensibilidade plantar tátil(18), mas não sobre o centro de pressão(37).

#### **Conclusão**

O presente estudo teve por objetivo examinar os efeitos agudos de uma corrida de 5 km sobre a sensibilidade e a pressão plantares e sobre o controle postural em

atletas amadores de corrida de fundo (5km). O exercício de corrida em esteira, em intensidade moderada, teve efeitos agudos sobre sensibilidade tátil, pressão plantar e centro de pressão, este último responsável pelo controle postural. A sensibilidade tátil plantar aumentou após o exercício, o que contribuiu para uma melhor propriocepção, especialmente em até 15 minutos após a atividade. As mudanças na pressão plantar e no centro de pressão indicam um deslocamento do peso corporal à frente, aumentando a demanda de pressão no mediopé e antepé e possivelmente requerendo maior recrutamento do tríceps sural para o controle da estabilidade postural.

Esses resultados têm potencial aplicação quando sessões de exercício combinando atividades de predomínio aeróbico como a corrida envolvem a combinação com exercícios que envolvam a necessidade de estabilidade. Neste sentido recomenda-se que, por exemplo, ao combinar corrida com treino de força com pesos, esses exercícios consideram posturas sentadas e com uso de maquinário em vez de pesos livres pelo menos nos seus primeiros 15 minutos após um exercício de corrida.

#### *Declaração de conflito de interesses*

Não há conflito de interesses neste estudo

#### *Declaração de financiamento*

Esta pesquisa não recebeu financiamento.

## **Referências**

1. Daoud AI, Geissler GJ, Wang F, Saretsky J, Daoud YA, Lieberman DE. Foot Strike and Injury Rates in Endurance Runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2012;44(7): 1325–1334. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182465115>.
2. Azevedo RR, da Rocha ES, Franco PS, Carpes FP. Plantar pressure asymmetry and risk of stress injuries in the foot of young soccer players. *Physical Therapy in Sport*. 2017;24: 39–43. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.10.001>.
3. Bentley JA, Ramanathan AK, Arnold GP, Wang W, Abboud RJ. Harmful cleats of football boots: A biomechanical evaluation. *Foot and Ankle Surgery*. 2011;17(3): 140–144. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2010.04.001>.
4. Lopes AD, Hespanhol LC, Yeung SS, Costa LOP. What are the Main Running-Related Musculoskeletal Injuries? *Sports Medicine*. 2012;42(10): 891–905. <https://doi.org/10.1007/BF03262301>.
5. Erdemir A, Hamel AJ, Fauth AR, Piazza SJ, Sharkey NA. Dynamic Loading of the Plantar Aponeurosis in Walking. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 2004;86(3): 546–552. <https://doi.org/10.2106/00004623-200403000-00013>.
6. Viseux F, Lemaire A, Barbier F, Charpentier P, Leteneur S, Villeneuve P. How can the stimulation of plantar cutaneous receptors improve postural control? Review and clinical commentary. *Neurophysiologie Clinique*. 2019;49(3): 263–268. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2018.12.006>.
7. Machado AS, Bombach GD, Duysens J, Carpes FP. Differences in foot sensitivity and plantar pressure between young adults and elderly. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2016;63: 67–71. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2015.11.005>.
8. Garnett R, Stephens JA. Changes in the recruitment threshold of motor units produced by cutaneous stimulation in man. *The Journal of Physiology*. 1981;311: 463–473.
9. Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control. *Journal of Neurophysiology*. 2002;88(3): 1097–1118. <https://doi.org/10.1152/jn.2002.88.3.1097>.
10. Masani K, Vette AH, Popovic MR. Controlling balance during quiet standing: Proportional and derivative controller generates preceding motor command to body sway position observed in experiments. *Gait & Posture*. 2006;23(2): 164–172. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.01.006>.

11. Volpato G. *Guia Prático para Redação Científica*. 1a edição. Botucatu-SP: Best Writing; 2015.
12. Sandra Matsudo, Timóteo Araújo, Victor Matsudo, Douglas Andrade, Erinaldo Andrade, Luis Carlos, *et al.* Questionário internacional de atividade física (ipaq): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*. 2012;6(2): 5–78.
13. Bell-Krotoski J. “Pocket filaments” and specifications for the semmes-weinstein monofilaments. *Journal of Hand Therapy*. 1990;3(1): 26–31. [https://doi.org/10.1016/S0894-1130\(12\)80366-8](https://doi.org/10.1016/S0894-1130(12)80366-8).
14. Ueda LS, Carpes FP. Relationship between foot sensibility and postural control in the young and elderly. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2013v15n1p209>.
15. Burns J, Crosbie J, Hunt A, Ouvrier R. The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. *Clinical Biomechanics*. 2005;20(9): 877–882. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.03.006>.
16. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Annales medicinae experimentalis et biologiae Fenniae*. 1957;35(3): 307–315.
17. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*. 1982;14(5): 377–381.
18. Machado MS, Machado AS, Guadagnin EC, Schmidt D, Germano AMC, Carpes FP. Short-term foot warming impacts foot sensitivity and body sway differently in older adults. *Gait and Posture*. 2023;102: 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2023.03.013>.
19. Strzalkowski NDJ, Triano JJ, Lam CK, Templeton CA, Bent LR. Thresholds of skin sensitivity are partially influenced by mechanical properties of the skin on the foot sole. *Physiological Reports*. 2015;3(6): e12425. <https://doi.org/10.14814/phy2.12425>.
20. Kennedy PM, Inglis JT. Distribution and behaviour of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole. *Journal of Physiology*. 2002;538(3): 995–1002. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2001.013087>.
21. Besné I, Descombes C, Breton L. Effect of age and anatomical site on density of sensory innervation in human epidermis. *Archives of Dermatology*. 2002;138(11): 1445–1450. <https://doi.org/10.1001/archderm.138.11.1445>.
22. Corniani G, Saal HP. Tactile innervation densities across the whole body. *Journal of Neurophysiology*. 2020;124(4): 1229–1240. <https://doi.org/10.1152/jn.00313.2020>.
23. Hamzavi B, Esmaili H. Effects of running-induced fatigue on plantar pressure distribution in runners with different strike types. *Gait & Posture*. 2021;88: 132–137. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.05.018>.
24. Rojhani-Shirazi Z, Amiri Z, Ebrahimi S. Effects of Plantar Flexor Muscles Fatigue on Postural Control during Quiet Stance and External Perturbation in Healthy Subjects. *Journal of biomedical physics & engineering*. 2019;9(2): 233–242.
25. Aronow MS, Diaz-Doran V, Sullivan RJ, Adams DJ. The Effect of Triceps Surae Contracture Force on Plantar Foot Pressure Distribution. *Foot & Ankle International*. 2006;27(1): 43–52. <https://doi.org/10.1177/107110070602700108>.
26. Chalchat E, Gennisson JL, Peñailillo L, Oger M, Malgoyre A, Charlot K, *et al.* Changes in the Viscoelastic Properties of the Vastus Lateralis Muscle With Fatigue. *Frontiers in Physiology*. 2020;11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00307>.
27. dos Santos MA, Lemos AL, Machado MS, Lazaro L de OC, Paz MM, de Andrade AGP, *et al.* Effects of triceps surae exercise-induced delayed onset muscle soreness on control of body stability in different postures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2024;76: 102882. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2024.102882>.

28. Simoneau G, Ulbrecht J, Derr J, Cavanagh P. Role of somatosensory input in the control of human posture. *Gait & Posture*. 1995;3(3): 115–122. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(95\)99061-O](https://doi.org/10.1016/0966-6362(95)99061-O).
29. af Klint R, Mazzaro N, Nielsen JB, Sinkjaer T, Grey MJ. Load Rather Than Length Sensitive Feedback Contributes to Soleus Muscle Activity During Human Treadmill Walking. *Journal of Neurophysiology*. 2010;103(5): 2747–2756. <https://doi.org/10.1152/jn.00547.2009>.
30. Jurecka A, Papiież M, Skucińska P, Gądek A. Evaluating the Effectiveness of Soft Tissue Therapy in the Treatment of Disorders and Postoperative Conditions of the Knee Joint—A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*. 2021;10(24): 5944. <https://doi.org/10.3390/jcm10245944>.
31. Park JH, Benson RF, Morgan KD, Matharu R, Block HJ. Balance effects of tactile stimulation at the foot. *Human Movement Science*. 2023;87: 103024. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2022.103024>.
32. Schlee G, Sterzing T, Milani TL. Foot sole skin temperature affects plantar foot sensitivity. *Clinical Neurophysiology*. 2009;120(8): 1548–1551. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.06.010>.
33. Mizobuchi K, Kuwabara S, Toma S, Nakajima Y, Ogawara K, Hattori T. Properties of human skin mechanoreceptors in peripheral neuropathy. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*. 2002;113(2): 310–315. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(02\)00005-6](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(02)00005-6).
34. Schmidt D, Germano AMC, Milani TL. Effects of active and passive warming of the foot sole on vibration perception thresholds. *Clinical Neurophysiology Practice*. 2016;2: 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2016.12.005>.
35. Machado MS, Machado AS, Guadagnin EC, Schmidt D, Germano AMC, Carpes FP. Effects of increasing temperature in different foot regions on foot sensitivity and postural control in young adults. *Foot*. 2022;50: 101887. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2021.101887>.
36. Doty RL, Cameron EL. Sex differences and reproductive hormone influences on human odor perception. *Physiology & Behavior*. 2009;97(2): 213–228. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2009.02.032>.
37. Borella C, Da Rocha ES, Franco PS, Ceccon FG, Carpes FP. O uso do calçado habitual influencia o controle postural? *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. 2019;27(1): 26. <https://doi.org/10.31501/rbcm.v27i1.7257>.