

Eva Antônia Gomes Moreira

**ANÁLISE COMPARATIVA DA CORRIDA COM E SEM O USO DE  
CALÇADOS**

Belo Horizonte

Escola de Fisioterapia, Educação Física e Terapia Ocupacional/ UFMG

2011

Eva Antônia Gomes Moreira

## **ANÁLISE COMPARATIVA DA CORRIDA COM E SEM O USO DE CALÇADOS**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Fisioterapia Esportiva, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fisioterapia Esportiva.

Orientador: Anderson Aurélio da Silva

Belo Horizonte

Escola de Fisioterapia, Educação Física e Terapia Ocupacional/ UFMG

2011

## RESUMO

Correr é uma atividade muito popular em todas as idades e o número de praticantes vem crescendo no mundo. A prática da corrida traz diversos benefícios, mas também pode deixar o corredor predisposto a lesões, principalmente quando não é orientado adequadamente. Cada ano, a taxa de lesões em corredores aumenta significativamente, sendo que um em cada quatro corredores pode desenvolver uma lesão grave, a ponto de mudar a prática e o desempenho do atleta.

Apesar de não ser muito comum, alguns corredores se adaptaram a correr descalço ou com o mínimo de calçado, chamados minimalistas, os quais possuem somente a função de proteger os pés contra traumas e cuja característica principal é o *design*, já que os dedos se integram ao formato da sapatilha. Entretanto, correr descalço necessita de tempo para que a musculatura se fortaleça e para que ocorra outras adaptações que visam o mínimo de esforço e o máximo de desempenho.

Enquanto alguns pesquisadores afirmam que correr sem o uso do calçado apresenta mais benefício e melhor adaptação do que correr calçado, outros são convictos de que o calçado é essencial para o amortecimento, proteção e correção do pé.

Diante de tantas divergências, o objetivo deste estudo foi fazer uma revisão da literatura, analisando e comparando correr com e sem o uso de calçados.

**Palavras-chave:** Corredores descalços, biomecânica, corrida.

## ABSTRACT

Running is a very popular activity at all ages and the number of practitioners is growing in the world. The practice of race brings many benefits but can also let the runner predisposed to injury, especially when it is not properly oriented. Each year, the injury rate in runners increases significantly, and one in four runners can develop a serious injury as to change the practice and performance of the athlete.

Although not very common, some runners have adapted to running barefoot or with minimal shoes, called minimalists, who have only the function of protecting the feet from trauma and whose main characteristic is the design, since the fingers are part of the shape of the shoe. However, running barefoot needs time so that the muscles become stronger and to occur further changes aimed at minimal effort and peak performance.

While some researchers claim to run without using the shoes have more effective and better adapted than running shoes, others are convinced that the footwear is essential for cushioning, protection and correction of the foot.

With so many differences, the objective this study was to review the literature and analyzed run with and without the use of footwear.

**Keywords:** Barefoots, biomechanical, running.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Pré-ativação dos músculos gastrocnêmio e sóleo .....	16
FIGURA 2 - Força de reação do solo sem calçado com apoio do retropé.	19
FIGURA 3 - Força de reação do solo com calçado .....	19
FIGURA 4 – Força de reação do solo com os pés descalços.....	19
FIGURA 5 – Gráfico: Força de reação do solo sem calçado .....	20
FIGURA 6 - Corredor descalço, aterrissagem com o antepé .....	20
FIGURA 7 - Corredor calçado, aterrissagem com o retropé .....	20
FIGURA 8 - Valores dos picos de pressão sobre os pés .....	22

## LISTA DE SIGLAS

KNs<sup>1</sup> – Kilo newton por segundo

Ms<sup>1</sup> – Metros por segundo

VO<sub>2</sub> – Consumo de oxigênio

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>CONCEITOS PRELIMINARES .....</b>	<b>9</b>
	2.1 ARTICULAÇÕES DOS PÉS .....	9
	2.2 BIOMECÂNICA DA CORRIDA .....	10
	2.3 CINEMÁTICA DA CORRIDA .....	11
	2.4 CINÉTICA DA CORRIDA.....	12
	2.5 TIPOS DE PISADA .....	13
	2.6 ELETROMIOGRAFIA .....	14
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO E CONCLUSÃO .....</b>	<b>23</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>26</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem-se observado o aumento da prática da corrida em todo o mundo [1], o que, por outro lado, proporciona também o aumento de lesões tais como: fascíte plantar, tendinopatia de Aquiles, dor anterior do joelho e síndrome da banda íliotibial [1]. Cada ano, a taxa de lesões em corredores aumenta significativamente, sendo que um em cada quatro corredores pode desenvolver uma lesão grave, a ponto de mudar a prática ou afetar o desempenho do atleta [1].

Existe uma visão clássica de que os calçados esportivos possuem os objetivos de amortecer impactos, evitar ferimentos e distribuir as cargas ao pé [2]. Além disso, os indivíduos não são perfeitos e a maioria necessita de algum tipo de calçado, seja para suporte ou correção [2].

Na história da evolução humana, os corredores usavam sapatos com pouco amortecimento ou corriam descalços. De acordo Lieberman *et al.* [2] e Shorten *et al.* [3] em 1970, calçados mais modernos ou tênis, foram introduzidos no mercado e eram caracterizados por solas acolchoadas na região do calcanhar.

É consenso a idéia de que correr sem a utilização de um calçado apropriado pode apresentar risco de lesões articulares nos membros inferiores [4], mas também outros fatores devem ser analisados: o tipo de pisada, o calçado, a força de reação ao solo, a velocidade da corrida e a força muscular de cada corredor.

Baseado em alguns estudos, o correr descalço esta sendo incentivado com o intuito de diminuir as lesões e melhorar o desempenho dos atletas [5]. Alguns estudos apontam que correr descalço, nas competições e nas atividades físicas, melhora o desempenho locomotor, com diminuição do custo energético e do risco de lesões, além de fornecer maior *feedback* sensorial [5]. Entretanto, o assunto ainda é polêmico e gera muitas dúvidas nos profissionais que atuam com corredores. Assim, o objetivo do presente trabalho foi analisar a biomecânica da corrida e pesquisar sobre as condições “correr descalço” e “correr calçado” o que pode contribuir para programas de prevenção e orientação de atletas que praticam a corrida.

## 2 CONCEITOS PRELIMINARES

### 2.1 Articulações dos pés

O pé tem a função de promover o ajuste corporal em qualquer superfície, absorver impacto e atuar como alavanca para impulsionar o corpo. Na corrida, a aterrissagem com o solo pode se dividir em três tipos: Retropé, mediopé e antepé [6].

- Retropé: é composto pelas articulações tibiofibular, talocrural e subtalar. Na articulação tibiofibular os movimentos são mínimos, mas permitem uma pequena quantidade de deslocamentos no nível da articulação do tornozelo durante a dorsiflexão. A fíbula se move para cima na dorsiflexão, causando estresse sobre a articulação tibiofibular inferior do tornozelo, também se move para baixo durante a flexão plantar, causando estresse sobre a articulação tibiofibular superior do joelho. A articulação talocrural esta localizada entre o talus e os maléolos medial e lateral. Possui um grau de liberdade e os movimentos possíveis são de dorsiflexão e flexão plantar. Tem por função a estabilidade em dorsiflexão e é mais móvel em flexão plantar. Durante a dorsiflexão, o talus se introduz entre os maléolos, não permitindo ou permitindo apenas uma pequena inversão ou eversão. Sua posição de congruência máxima é de dorsiflexão máxima e seu padrão capsular é de maior limitação da flexão plantar que da dorsiflexão. A articulação subtalar possui 3 graus de liberdade e uma posição de congruência máxima em supinação. Os movimentos possíveis nessa região são deslizamento e rotação. Uma lesão nessa área torna-se hipomóvel pela ausência de músculos que a fixem. A rotação medial do membro inferior produz um movimento valgo (para fora) do calcâneo, enquanto a rotação lateral produz um movimento varo (para dentro) do calcâneo [6].
- Mediopé ou articulações mediotarsais: é composto pelas articulações talocalcaneonavicular, cuneonavicular, cuboideonavicular,

intercuneiformes, cuneocuboidea e calcaneocuboidea. Isoladamente estas articulações possuem uma quantidade mínima de movimento, mas em conjunto, elas permitem que o pé se adapte a varias posições diferentes, sem impor muito esforço sobre as articulações. Todas elas possuem sua posição de congruência máxima em supinação e os movimentos possíveis são discretos deslizamentos e rotação [6].

- Antepé: é composta pelas articulações tarsometatarsais, intermetatarsais, metatarsofalangianas e interfalangianas. As articulações tarsometatarsais e intermetatarsais possuem sua posição de congruência máxima em supinação e podem apresentar o movimento de deslizamento. As metatarsofalangianas possuem posição de congruência máxima em extensão completa e os movimentos possíveis são flexão, extensão, abdução e adução. As interfalangianas possuem posição de congruência máxima em extensão completa e o padrão capsular é maior na limitação da flexão que da extensão. Os movimentos possíveis são de flexão e extensão [6].

## **2.2 Biomecânica da corrida**

A corrida é uma forma de locomoção que se difere do andar, apesar dos movimentos da pelve, quadril, joelho e tornozelo serem semelhantes. Assim, a corrida apresenta duas fases distintas: uma fase de voo ou flutuação e uma fase de suporte [7].

A fase de voo ou flutuação se inicia na decolagem e, portanto, acontece quando os dois pés não estão tocando o solo. Assim, não existe a fase de duplo apoio como na caminhada, mas sim a fase de suporte, caracterizada como o período entre aterrissagem e decolagem [7]. Na aterrissagem ocorre o impacto do pé com o solo, onde a energia será absorvida e na decolagem ocorre a propulsão, onde se tem um maior esforço para impulsionar o corpo para frente [8].

Cada corredor desenvolve sua técnica de corrida, com no que tange à velocidade e frequência do passo, ao movimento articular e ao tipo de pisada. O choque de calcanhar se refere ao contato com o solo e geralmente acontece numa posição de dorsiflexão, supinação e abdução. [9]. Entretanto, alguns corredores possuem a tendência de apoiar na aterrissagem em flexão plantar, eversão e adução principalmente quando submetidos a correr descalços, e assim, atingem o solo primeiro com o antepé. Alguns fatores podem influenciar a mudança na aterrissagem, como por exemplo, alguns corredores que possuem os músculos da panturrilha mais encurtados, o que provoca uma flexão plantar do tornozelo antes da aterrissagem no solo [9].

Embora o primeiro contato com o solo seja com o retropé na maioria das pessoas, pode-se observar que, conforme a velocidade da corrida aumente, existe uma tendência de fazer o primeiro contato mais anteriormente no pé, talvez como um mecanismo de reflexo para proteger o corpo do impacto profundo com o solo gerado pelas velocidades mais altas. Corredores mais rápidos têm maior probabilidade de fazerem apoio na metade ou na parte anterior do pé [10].

### **2.3 Cinemática da corrida**

Apesar dos estudos tridimensionais (3D) do movimento na corrida ter aumentado nos últimos anos, a grande maioria das análises são estudadas no plano sagital e frontal (2D) [8].

No plano sagital analisamos e descrevemos os ângulos das articulações do tornozelo, joelho e quadril no ciclo da corrida, aterrissagem e decolagem, sendo que estes dados nos mostram a variação do movimento das articulações e as fases relativas. A articulação do joelho antes de tocar o solo começa a flexionar para absorver melhor o impacto e também contribuir na propulsão [8].

A articulação do tornozelo apresenta flexão plantar na aterrissagem, mas rapidamente é dorsiflexionada, resultando no apoio do calcanhar e, na propulsão, volta a fazer flexão plantar. O ângulo de flexão plantar aumenta com a velocidade, o que resulta em maior uso da articulação do tornozelo e dos

músculos da perna. O quadril começa em uma posição de flexão, mas sua direção de movimento é de extensão e não mostra flexão adicional em resposta ao impacto como o solo. Ele continua a se estender durante a fase de absorção do choque e se estende rapidamente na fase de decolagem [8].

O plano frontal mostra características do retropé e antepé. Quando fazemos contato com o solo o pé está em posição supina, mas ao tocar o solo o pé é forçado para a posição de pronação. Esse momento constitui um mecanismo para absorção do choque. O calçado para a corrida tem o efeito de aumentar o ângulo de aterrissagem e como resultado, a variação total de movimentos. Não há evidências que indiquem que o calçado aumente o ângulo de pronação máxima [11].

## **2.4 Cinética da corrida**

O correr está relacionado à produção de forças que o corpo tem que exercer contra o solo. Essa força é gerada pelos músculos atuando nas articulações, tanto para dar sustentação ao corpo durante a fase de suporte, quanto para fornecer a força necessária para a propulsão. Através de técnicas biomecânicas podemos obter informações destas forças que atuam nas articulações e músculos [8].

A força de reação do solo é examinada por uma plataforma de força capaz de medir forças ao longo de três eixos ortogonais envolvidas no movimento humano, possibilitando assim sua interpretação. Na corrida a plataforma irá mensurar as forças que atuam nos eixos vertical (longitudinal), ântero-posterior e médio-lateral do corpo nessas direções [12].

O componente da força vertical foi descrito com dois picos de magnitude. O primeiro pico está associado ao contato inicial do calcanhar, e é descrito como pico de impacto. O segundo é produzido por uma combinação da carga do corpo sobre o solo e pela propulsão, e é definido como pico ativo ou de propulsão [11].

O componente da força ântero-posterior é caracterizado por uma fase positiva e uma negativa. A fase positiva representa a força de propulsão do

corpo e a fase negativa representa a força de frenagem gerada quando o pé é esticado para se preparar para o impacto. Quanto maior a velocidade da corrida maior será a força de propulsão [8].

O componente da força médio-lateral possui uma fase negativa seguida de uma fase positiva. A fase negativa é quando o pé é trazido internamente até a linha de progressão, reduzindo seu movimento. A fase positiva é a mesma que a curva de força ântero-posterior, mas também apresenta um ângulo para fora, ou seja, um elemento propulsivo na direção médio-lateral [8].

## 2.5 Tipos de pisada

Os tipos de pisada são estabelecidos através da anatomia de cada corredor e podem ser identificadas através de placas com sensores que calculam a intensidade em cada ponto dos pés [6].

- **Supinação:** combina os movimentos de inversão, adução (rotação interna) e flexão plantar, ficando o arco longitudinal medial mais elevado. A porção proximal da tíbia move-se para trás: isso é necessário durante a propulsão para promover rigidez ao pé. A pisada se inicia sobre a borda lateral do pé e termina na base do 5º metatarso.
- **Pronação:** combina os movimentos de eversão, abdução (rotação externa) e dorsiflexão do pé e tornozelo (na junção subtalar), tornando o arco longitudinal medial menos elevado. A porção proximal da tíbia move-se para frente. Possui maior movimentação subtalar, exige maior trabalho muscular para manter a estabilidade da postura do que o pé em supinação e é muito mais móvel nesta posição. A pisada se inicia sobre a borda medial do pé e termina no 1º metatarso.
- **Neutro:** a pisada se inicia sobre a borda lateral do calcânhar e termina a pisada no centro do pé.

## 2.6 Eletromiografia

Estudos sobre a ativação muscular, particularmente nos membros inferiores, é necessária para se ter uma corrida eficiente.

A atividade do músculo quadríceps se inicia antes do contato com o solo, ou seja, induzem o corpo as adaptações necessárias e aumenta sua atividade após o contato. A força de reação do solo aumenta com a extensão muscular e diminui com o início do encurtamento do músculo tríceps sural até o pé perder contato com o solo [7].

Em corredores calçados, o músculo tibial anterior age de forma concêntrica para permitir o contato do retropé com o solo e age excêntrica para controlar a descida com o antepé, o que acontece ao contrário em corredores descalços [7].

Em geral, observa-se uma maior fase de contração excêntrica na corrida, em função do aumento da velocidade, com isto a força gerada no contato com o solo e os picos de contrações são maiores. Portanto, a musculatura necessita de um maior armazenamento de energia para uma melhor aplicação da força na fase de propulsão, melhorando a eficiência do movimento. Este armazenamento de energia é melhor visto em corredores descalços, porque apresentam mais eficiência na corrida [13].

## 3 METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão bibliográfica, sem restrição quanto à data de publicação, com trabalhos na língua portuguesa e inglesa. O levantamento bibliográfico foi realizado, através da pesquisa de artigos publicados nas bases de dados *online Medline e Lilacs*.

As palavras-chave utilizadas foram: correr descalço, biomecânica e corrida. Respeitando os critérios acima mencionados, foram selecionadas vinte e duas publicações científicas e um livro didático.

## 4 RESULTADOS

Os estudos que comparam a corrida com e sem o uso de calçados, levam em questão a diferença da forma como os corredores atingem o solo, as forças musculares que podem agir para que ocorra essa diferença e outras questões como lesões, posicionamento do pé, consumo de oxigênio e gasto de energia potencial elástica [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19].

De acordo com Robbins e Hanna [13] o efeito da pisada errada e a fraqueza da musculatura podem levar a lesões mais freqüentes nos membros inferiores dos corredores que usam calçados: lesões por estresse, overuse e entorse de tornozelo.

Estudos relacionados com a função muscular dizem que correr sem o uso dos calçados tende a melhorar função dos músculos intrínsecos do pé [13]. Isso ocorre porque as irregularidades do solo irão estimular mais essa musculatura gerando adaptações estruturais que transferem o impacto para a musculatura, poupando, assim, a fáscia plantar e diminuindo a incidência de fascíte em corredores descalços. O trabalho sobre as estruturas do pé é maior, aumentando a força e diminuindo o risco de lesões [13].

Por outro lado Gallozzi *et al.* [14] buscaram outros estudos sobre o tema e viram que não há pesquisas evidentes sobre o correr com e sem calçados. Concluíram que os corredores descalços, que antes não tinham essa experiência de correr sem o uso dos calçado, possuíam a estrutura muscular natural do pé fraca, bem como a sensibilidade e propriocepção reduzidas. Isso ocorreu porque já havia uma adaptação do pé em correr com os calçados e não se acostumaram a correr sem o uso deles.

O estudo de Divert *et al.* [15] comparou 35 indivíduos, correndo sem o uso do calçado, duas sessões de 4 minutos a 3.33 ms<sup>1</sup> (metros por segundo) em uma esteira. Os autores concluíram que correr sem o calçado reduz o pico de impacto, a fim de reduzir o estresse mecânico, além de ativar antecipadamente os músculos flexores plantares, gastrocnêmico e sóleo, como mostra o gráfico a seguir. Essa adaptação neuromecânica melhora o armazenamento e a restituição da energia elástica no tornozelo. Na FIGURA 1 mostramos a pré-ativação dos músculos antes de tocar o solo segundo o autor.

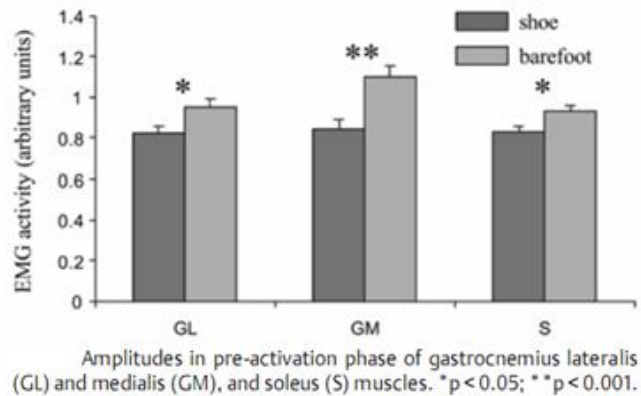


FIGURA 1-Pré-ativação do músculo gastrocnêmio lateral, medial e sóleo antes de tocar o solo

Fonte: DIVERT *et al.*, 2005 – p. 596.

Sobre os graus de carga (choque na aterrissagem) dos pés durante a corrida, Lees A. [8] coletou dados em diversas velocidades, com apoio de calcanhar e com apoio do antepé. O grau de carga aumentou rapidamente com a velocidade, de 50 kNs<sup>1</sup> a 2,0 ms<sup>1</sup> para 300 kNs<sup>1</sup> a 6,0 ms<sup>1</sup>. Com estes altos graus de carga os sujeitos preferiram modificar sua ação de corrida e adotaram um estilo de apoio do antepé, que teve o efeito de reduzir o grau de carga. A mudança para o apoio do antepé é um mecanismo de redução do choque sobre o sistema musculoesquelético em altas velocidades de corrida. Uma redução do choque também pode ser obtida usando-se sapatos de corrida feitos especialmente com material capaz de absorver o choque no calcanhar do sapato [8].

Brigit *et al.* [16] fizeram um estudo com nove corredores com os pés descalços e calçados em velocidades diferentes. Para avaliar foi utilizada a plataforma de kistler e os movimentos do pé foram gravados no plano sagital e frontal. Na condição correr sem o uso do calçado, as medidas relativas da pressão sobre o pé revelaram uma colocação em flexão plantar e uma rigidez aumentada do pé, adotando esta geometria diferente da aterrissagem na tentativa de limitar a pressão local debaixo do pé. A colocação do pé em flexão plantar e a flexão do joelho aconteceram antes da aterrissagem, uma estratégia corporal ativa induzindo a adaptação instantânea do pé ao atingir o solo [16], tal estratégia ainda sem estudos científicos.

Morio *et al.* [17] submeteram dez voluntários do sexo masculino a caminhadas e a corridas com dois tipos de calçados e também descalços. A maioria dos indivíduos apresentou inversão do antepé no modo calçado, enquanto que na condição descalço ocorria mais eversão do antepé. Também a condição calçado apresentou mais movimentos de restrição do pé nos planos frontal (abdução e adução), horizontal (rotação medial, lateral, pronação e supino), mas não no plano sagital (flexão e extensão).

Por outro lado, Gallozzi *et al.* [14] fizeram um estudo comparando corredores descalços usando apenas sapatilhas (*five fingers*) e corredores calçados com tênis. Foi analisada a pressão, cinemática do membro inferior,  $VO_2$  (Consumo de oxigênio) e frequência cardíaca. Os resultados obtidos foram que os corredores calçados com e sem as sapatilhas, apoiavam com o tornozelo em flexão plantar com o intuito de reduzir o choque, o que acarretou redução das forças de impacto e alterações na cinemática do passo. Ainda com o uso das sapatilhas, o comprimento da passada e o tempo de contato foram menores e a frequência das passadas maiores. O pico da força de impacto foi mais elevado quando usado o tênis. Os valores de  $VO_2$  foram mais baixos quando usaram as sapatilhas *five fingers* e sem o uso do calçado e nenhuma diferença significativa foi encontrada na frequência cardíaca [18].

No estudo de Divert *et al.* [19] foi analisado o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) no corredor sem o uso do calçado e com calçado. Doze indivíduos foram treinados a correr numa esteira nas condições “calçado” e “descalço”, usando apenas uma meia. Os resultados apontaram que a frequência da passada, o impulso ântero-posterior, a rigidez vertical, a rigidez da perna, ativação muscular do tríceps sural e o trabalho mecânico, foram significativamente maiores na condição descalça se comparada à calçada. Os autores concluíram que correr descalço é menos fadigoso e leva a menor consumo de energia, sendo a massa de um calçado o principal fator para consumir energia.

Em uma das pesquisas mais importantes relacionadas a “Barefoots” (corredores descalços) Lieberman *et al.* [2] empregaram uma série de métodos experimentais e comparativos. Seu estudo consistiu em avaliar 63 corredores divididos em cinco grupos: (1) atletas americanos que só usavam calçados, (2) atletas do Quênia que cresceram com os pés descalços, mas agora usam

calçados para correr, (3) atletas americanos que antes usavam calçados, mas agora correm descalço ou usam o minimalista, (4) atletas adolescentes do Quênia que nunca usaram calçados para correr e (5) atletas adolescentes do Quênia que sempre usaram calçados para correr. Os indivíduos foram submetidos a uma corrida com velocidade de 4-6 ms<sup>-1</sup>.

Segundo os autores, os grupos que usavam sempre o calçado (1 e 5) faziam o choque de calcanhar com o retropé, mesmo sendo submetidos a correr descalço em superfícies mais difíceis. Eles sempre posicionavam o tornozelo em dorsiflexão e chocavam o solo com o retropé. Em contraste, os corredores que corriam descalço ou foram incentivados a correr descalços com minimalista (2, 3 e 4), frequentemente chocavam o solo com o antepé. Isso permitiu aos autores concluir que o fator que contribuiu para a aterrissagem com o retropé em corredores calçados, é o sistema de amortecimento que é mais espesso abaixo do calcanhar o que orienta melhor a sola do pé. Por outro lado, ao correr descalço em superfícies duras, o corredor compensa a falta de amortecimento com a flexão plantar, suavizando, assim, a aterrissagem.

Em velocidades semelhantes, a força vertical de pico durante o período de impacto com o solo é 3 vezes menor batendo com o antepé e a carga corporal também é 7 vezes menor. Além disso, concluíram que pisar com o antepé reduz a massa efetiva e converte energia de translação em energia rotacional, o que também pode melhorar o armazenamento da energia elástica, tanto do tendão de Aquiles e do arco longitudinal do pé [20].

As figuras abaixo mostram a força de reação do solo e a cinemática do pé em momentos diferentes da aterrissagem de um corredor com e sem calçado.

- A FIGURA 2 mostra o impacto inicial transitório ao correr descalço e aterrissando com o calcanhar, aumentando a força de impacto com o solo [2].

- Na FIGURA 3 o impacto com o uso do calçado é maior e o controle do movimento na curva do gráfico é excessivo. O calçado reduz a força de impacto em quase 10% e diminui a taxa de carregamento. Além de distribuir a força sobre o retropé, torna confortável o apoio do calcanhar. O calçado é projetado para dar maior estabilidade ao pé impedindo que ele se movimente muito, como em pronação, isso ajuda muito aos corredores [2].

- Na FIGURA 4 mostra a força de reação do solo com os pés descalços. A aterrissagem sendo feita com o antepé e os primeiros a tocar o solo foram a borda lateral do pé e o 4º e 5º metatarso.

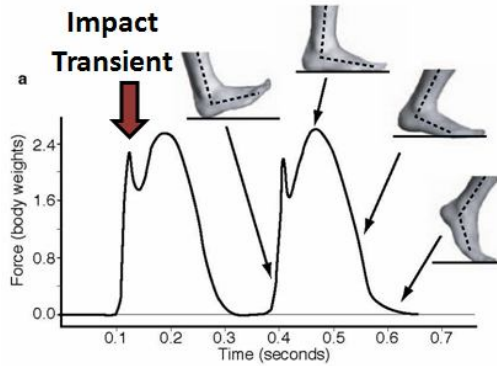


FIGURA 2 – Força de reação do solo sem calçado com apoio do retro pé

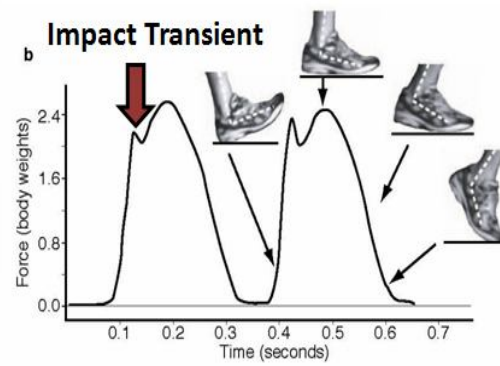


FIGURA 3 – Força de reação do solo com calçado

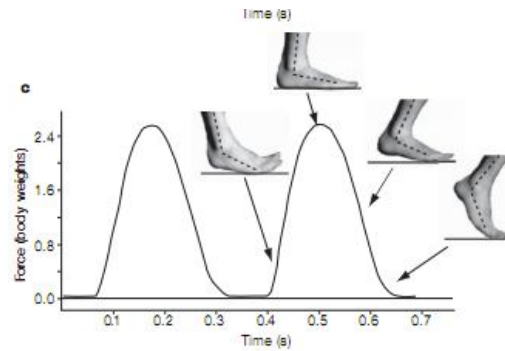
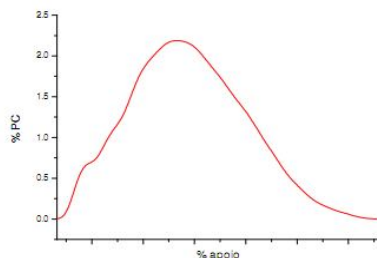


FIGURA 4 – Força de reação do solo com os pés descalços

Fonte: LIEBERMAN *et al.*, 2010 – p. 532.

Na FIGURA 5, um corredor sem o uso dos calçados apresenta um aumento gradual na transferência da força de reação ao solo, por isso, a subida do gráfico é amena. Isso acontece por causa dos ajustes mecânicos do movimento que são necessários para diminuir a sobrecarga mecânica no sistema na corrida com os pés descalços [12].



Representação gráfica da FRS de um apoio típico da corrida com os pés descalços.

FIGURA 5 – Força de reação do solo sem o uso do calçado

Fonte: ZEKHRY D. – p.4.

Ainda nos estudos de Lieberman *et al.* [2] foi observado que os corredores com calçados invertiam a pisada: em vez de usar a parte dianteira do pé, amortecedor natural do corpo, eles iniciavam a pisada pela parte traseira do pé e isso causava lesões nos músculos tibiais. Concluíram que, na situação descalço, o corpo apresentava suas adaptações necessárias para absorver o impacto na corrida sem precisar de amortecimento dos sapatos.

Na FIGURA 6, ao correr sem o calçado foi observado a aterrissagem com o antepé e na FIGURA 7 aterrissagem com o retropé. O posicionamento do membro inferior foi igual para ambas as formas de correr descalço e calçado. Nos estudos de Gallozzi *et al.* [14] também nenhuma diferença significativa foi observada na articulação do joelho.

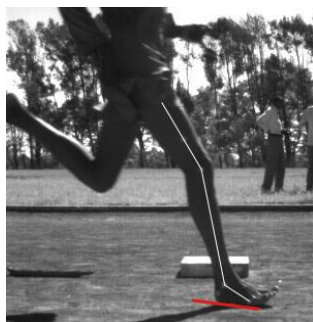


FIGURA 6 – Corredor descalço, aterrissagem com o antepé

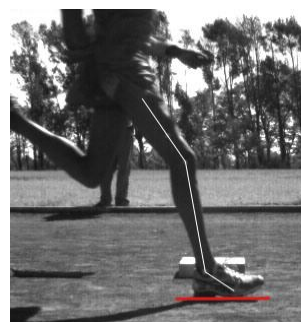


FIGURA 7 – Corredor calçado, aterrissagem com o retropé

Fonte: LIEBERMAN *et al.*, 2010 – página web (vídeo).

Aproximadamente 75% dos corredores com calçados fazem o choque com o calcanhar, e, apesar de não sabermos a resposta definitiva sobre o porquê dessa diferença, propomos várias explicações: o conforto, o

amortecimento e a estabilidade. Apesar do amortecimento, muitos calçados além de diminuírem a força muscular, a sensibilidade proprioceptiva e tátil, possuem suporte para o arco longitudinal ou sola mais rígida, levando ao enfraquecimento da musculatura do pé e reduzindo a força do arco. Quanto mais rígido essa base, menos movimento temos no pé e menor é a sobrecarga [21].

Esta fraqueza contribui para a pronação excessiva e exige mais da fásia plantar. Os músculos do arco plantar diminuem o choque mecânico no início do contato do pé com o solo e geram forças na propulsão, tornando a corrida mais eficiente em custos energéticos.

Edington *et al.* [22] observaram os atletas que usavam calçados, muitos tinham aumento da pronação, levando os pés em rotação externa e eversão. Concluíram, portanto, que usar calçados aumenta os aspectos angulares que levam à pronação, embora outros estudos questionem tal afirmação. As mudanças nas dimensões dos calçados afetam a cinemática do retropé, sobrecarregando a tíbia e a parte anterior e medial da junção tibiofemoral [22].

De acordo com Divert *et al.* [19] as modificações mecânicas de execução mostraram que o principal papel do calçado é atenuar o impacto do pé com o solo. No entanto, essas mudanças podem levar a uma diminuição do armazenamento e a restrição da capacidade de energia elástica que por sua vez, pode explicar a menor eficiência quando calçado.

Na FIGURA 8 observamos os valores medidos do pico de pressão no retropé, mediopé, dedos e hálux. As colunas em preto mostram os valores de correr com o uso de calçados, as colunas centrais mostram os valores do correr com as sapatilhas e, em branco, os valores da situação correr sem o uso de calçados. Ao correr com calçados os valores do pico de pressão aumentaram significativamente no choque de calcanhar, mediopé e hálux se comparado com as situações corredor descalço, entretanto, não houve diferença significativa se comparado com a situação correr com sapatilha.

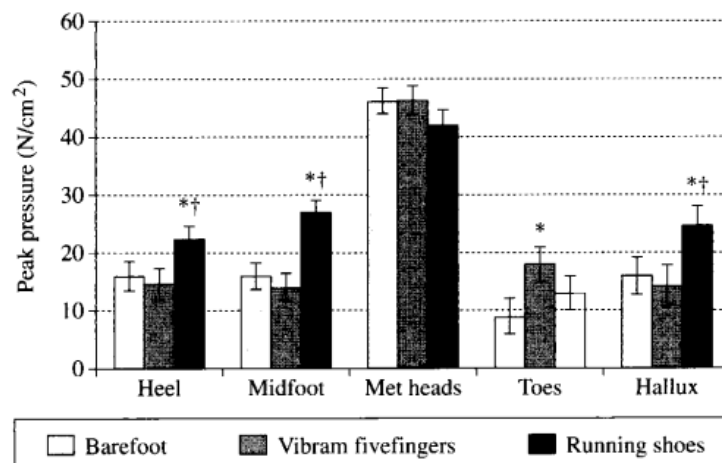


FIGURA 8 – Valores dos picos de pressão sobre os pés

Fonte: GALLOZZI, C., SQUADRONE, R., 2009 – p.10.

As características de alguns calçados ortopédicos como os que contêm palmilhas podem interferir na forma de aterrissagem, prejudicando a absorção do choque, interferindo na pronação ou supinação e até apoio ao arco plantar. Isso poderá ser favorável para pessoas que tem patologias no pé, mas não para corredores com os pés saudáveis. Outros tipos de lesões podem afetar também o tornozelo, joelhos e patela dependendo de como é feita à aterrissagem do pé ao solo, podendo cair em excesso de pronação e supinação [22].

Existem vários tipos de lesões que podem acarretar com e sem o uso de calçados podendo ser aguda ou crônica segundo Warburton [1].

As lesões agudas podem ocorrer por objetos cortantes ou até em corredores que possuem a sensação plantar diminuída ou ausente. As lesões crônicas como problemas nos ossos e tecido conjuntivo são mais difíceis de surgir em corredores habitualmente descalços, porque além do pé estar adaptado a várias condições, o corredor descalço não apresenta formas incorretas de pisar muitas vezes com sapatos que estão desgastados. Outro exemplo seria a fascíte plantar, consequência do alongamento do arco longitudinal e expansão dos dedos, mas em corredores descalços esse tipo de lesão era inexistente.

Outra questão que devemos considerar no trabalho é a trajetória do centro de pressão com e sem o uso de calçados, é um método de avaliação

para interpretar e descrever o comportamento funcional e pontos de pressão do pé. Com e sem o uso de calçados existem diferentes tipos de pisadas que influenciam os pontos de pressão, além de existir uma resposta individual para controlar os movimentos do retropé.

Cock *et al.* [23] fizeram um estudo descrevendo a trajetória do centro de pressão durante o correr sem os calçados com 215 indivíduos sem lesões, numa faixa de 16,5 m de comprimento, velocidade controlada de 3,3 ms<sup>-1</sup> em uma plataforma de pressão. Sugeriram que os pés mais arqueados são mais rígidos, tem menor amplitude de movimento e são mais suscetíveis à supinação em relação aos pés com diminuição no arco longitudinal plantar e que faziam o contato com o antepé.

## 5 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Nos últimos meses “correr descalço” vem sendo discutido, mas apresenta déficits de artigos científicos comprovando a eficácia da nova modalidade.

Para muitos autores é um mecanismo reflexo do corpo com a função natural de proteger contra impactos. As indústrias sugerem que é impossível correr sem calçados, enquanto os radicais da corrida natural afirmam que correr descalço aumenta o desempenho.

Pesquisadores concluem que corredores sem o uso do calçado, em geral, ao fazer a aterrissagem produzem mais flexão plantar e o choque é feito com o antepé independente de superfícies duras ou não. Em contrapartida, corredores com calçados mantêm a dorsiflexão atingindo o solo com o retropé, já que o acolchoamento dos calçados modernos oferece mais confiança, proteção e amortecimento aos corredores.

Começar a correr sem o calçado de um dia para o outro não é fácil, requer tempo e prática, muitos corredores que não têm o costume acabam não se adaptando a correr sem o calçado porque já possuem a estrutura natural do pé fraca, a sensibilidade e propriocepção reduzida.

Independente de calçados com muito amortecimento ou até sem o uso dos mesmos para correr longas distancias, o bem estar de cada corredor é fundamental para que a corrida seja eficaz, prazerosa e sem lesões.

Apesar de várias discussões o presente estudo mostrou que correr sem o calçado possui mais benefícios em longo prazo, desde que o atleta saiba planejar e adaptar ao novo treinamento.

Sugerimos que haja mais estudos sobre o tema, incluindo análises experimentais detalhadas do complexo tornozelo-pé e experimentos comparativos com atletas que correm com e sem o uso de calçados.

Concluindo as diferentes opiniões dos autores, fizemos resumidamente uma lista com os pós e contras de correr com e sem o uso de calçados.

<b>Correr com o uso dos calçados:</b>	<b>Correr sem o uso dos calçados:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restrição dos movimentos naturais do pé nos planos frontal, horizontal, pronação, supinação, enfraquecendo a musculatura e exigindo mais da fáschia plantar;</li> <li>• Alteração do padrão da marcha;</li> <li>• Alteração da distribuição da pressão plantar;</li> <li>• Diminuição do <i>feedback</i> plantar, sensibilidade proprioceptiva e tátil;</li> <li>• Diminuição da força do arco plantar;</li> <li>• A pisada se inverte, a primeira parte a pisar no solo é o calcanhar, isso é possível porque o calçado ameniza o choque mecânico quando se pisa com o calcanhar;</li> <li>• Restringe os movimentos naturais do pé;</li> <li>• Protege os pés contra lesões por objetos cortantes e queimaduras;</li> <li>• O impacto nas estruturas do corpo acontece mais rapidamente;</li> <li>• A massa do calçado é o principal fator para consumir energia;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A força vertical de pico no impacto é 3 x menor e a carga corporal é 7 x menor na aterrissagem com o ante pé;</li> <li>• Menores valores de pressão plantar no início do contato do pé com o solo;</li> <li>• Maior aplainamento do pé e flexão do joelho no contato inicial;</li> <li>• Menor quantidade de energia propagada de forma passiva para os ossos e articulações;</li> <li>• Melhor gerenciamento da carga;</li> <li>• Maior amplitude de eversão e adução;</li> <li>• É um mecanismo natural do corpo para melhorar a absorção do impacto;</li> <li>• As primeiras partes a entrar em contato com o solo são a ponta e o meio do pé;</li> <li>• Adaptação neuro-mecânica, melhorando o armazenamento e restituição da energia elástica do</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• As mudanças nas dimensões dos calçados afetam a cinemática do retropé, sobrecarregando a tíbia e a parte anterior e medial da junção tibiofemoral;</li><li>• Menor tempo para alcançar a força vertical máxima.</li></ul>	<p>tornozelo;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Redução do pico de impacto, a fim de reduzir o estresse mecânico e baixo consumo de <math>VO_2</math>;</li><li>• Músculos mais exercitados: quadríceps, glúteos, tibial anterior, tríceps sural e intrínsecos do pé;</li><li>• Aumento do trabalho muscular responsável pelo controle do choque com o solo;</li><li>• Em longo prazo o tendão de Aquiles e os flexores plantares, estarão sobrecarregados;</li><li>• O atleta não se adapta ao correr descalço.</li><li>• Correr descalço sem as sapatilhas pode levar a lesões por objetos cortantes ou até em corredores que possuem a sensação plantar diminuída ou ausente.</li></ul>
---	---

## REFERÊNCIAS

- [1] – WARBURTON M. Barefoot Running. **Sport Science**, p.1-6, 2001.
- [2] – LIEBERMAN, D. E.; et al. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. **Nature Rev**, v.463, p.531-536, 2010.
- [3] – SHORTEN M.R.; The Myth of running shoe Cushioning. **BioMechanica**. LLC, p.1-6, 2002.
- [4] – KEITH R.; DENE H.; DANIEL P. Barefoot running and walking: the pros and cons based on current evidence. **Journal of the New Zealand Medical Association**, v.121, n.1272, p.109-111, 2008.
- [5] – CARAZZATO, J.G. et al. Avaliação de atletas: metodologia do Grupo de Medicina Esportiva do IOT/HC-FMUSP – Aplicação em 11 maratonistas de elite. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v.32, n.12, p.927-39, 1997.
- [6] – DAVID J. M. **Avaliação Musculoesquelética**. 5 ed.; c.13, p.844-937, 2010.
- [7] – VEIGA B. C. A. **Estudo mecânico da locomoção humana: Análise de variáveis descritivas para o andar e correr**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo – Escola de Educação Física, 1994.
- [8] – LEES, A. The mechanical load on the body during sports and exercise. The Chinese University. **Synopsis of Sports Medicine and Sports Science**, v.2, 1990.
- [9] – NOVACHEK T. F. The biomechanics of running. **Gait and Posture**, v.7, p.77–95, 1998.

- [10] – WILLIAMS, K. R. Biomechanics of Running. **Rev. Exercises Sports Science**. v.2, n.13, p.389-441, 1985.
- [11] – BRIAN R. D.; GILLIAN D.; BAER,; PHILIP J. R. **Movimento Funcional Humano: Mensuração e Análise**. Lees A, c.8, p.121-133, 2001.
- [12] – ZEKHRY D.; BRANDINA K.; ACQUESTA F.; SERRÃO J. C.; AMADIO A. C. **Adaptação à corrida com os pés descalços: um estudo preliminar**. São Paulo: Laboratório de Biomecânica – Universidade de São Paulo – USP, p.1-6.
- [13] – ROBBINS S.E.; HANNA A M. Running-related injury prevention through barefoot adaptations. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 19, p.148-156, 1987.
- [14] – GALLOZZI C.; SQUADRONE R. Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. **Int J Sports med physfitness**, n.49, p.6-13, 2009.
- [15] – DIVERT C.; MORNIEUX G.; BAUR H.; MAYER F.; BELLI A. Mechanical comparison of barefoot and shod running. **Int J Sports Med**, n.26, p.593-598, 2005.
- [16] – BRIGIT D W.; DIRK D. C.; AERTS P. Biomechanical analysis of the stance phase during barefoot and shod running. **Journal of biomechanics**, n.33, p.269-278, 2000.
- [17] – MORIO C.; LAKE M J.; GUEGUEN N.; RAO G.; BALY L. The influence of footwear on foot motion during walking and running. **Journal of Biomechanics**, p.2081–2088, 2009.

- [18] – BURKETT L. N.; KOHRT M.; BUCHBINDER R. Effects of shoes and foot orthotics on  $VO_2$  and selected frontal plane kinematics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, n.17, p.158-163, 1985.
- [19] – DIVERT C.; MORNIEUX G.; FREYCHAT P.; BALY L.; MAYER F.; BELLI A. Barefoot-Shod Running Differences: Shoe or Mass Effect? **Int J Sports Med**, n.29, p.512–518, 2008.
- [20] – JUNGERS W. L. Barefoot running strikes back. **Nature Rev**, n.463, p.433-434, 2010.
- [21] – DENNIS M.; BRAMBLE; LIEBERMAN D. E. Endurance running and the evolution of Homo. **Nature Rev**, v.432, p.345-352, 2004.
- [22] – EDINGTON C. J.; FREDERICK E. C.; CAVANAGH P. R. Rearfoot motion in distance running. **Biomechanics of Distance Running Human Kinetics**, p.135-164,1990.
- [23] - COCK A. J.; VANRENTERGHEM, T.; WILLEMS, E.; WITVROUWC, D. C. The trajectory of the centre of pressure during barefoot runnings a potential measure for foot function. **Gait and Posture**, v.27, p.669–675, 2008.