

Influência das órteses plantares no ciclismo

Effects of Foot Orthoses on Cycling Performance

DI ALENCAR TAM, BINI RR, MATIAS KFS, DIEFENTHAELER F, CARPES FP, COHEN M. Influência das órteses plantares no ciclismo. *R. bras. Ci. e Mov* 2012;20(1):122-132.

RESUMO: A pronação excessiva da articulação subtalar é uma disfunção anatômica que provoca um desalinhamento do membro inferior alterando parâmetros biomecânicos (e. g. rotação medial da tibia e joelho valgo). Esta disfunção contribui para o desenvolvimento de lesões por uso repetitivo no ciclismo. O objetivo desta revisão de literatura foi analisar a função e a prescrição de órteses para correção da pronação da articulação subtalar e antepé de ciclistas. Quarenta e nove textos, entre artigos científicos e livros, publicados de 1985 a 2011 foram analisados. Foi observado que não há estudos científicos suficientes para demonstrar a efetividade da prescrição do uso de órteses como medida preventiva de lesões por uso repetitivo decorrente da pronação excessiva da articulação subtalar em ciclistas.

Palavras-chave: Ciclismo; Pronação Excessiva; Biomecânica; Lesão por Uso Repetitivo.

ABSTRACT: The overpronation of subtalar joint is an anatomical dysfunction that results in misalignment of the lower limb by changing biomechanical parameters (e. g. tibial internal rotation, knee valgus). The misalignment contributes to the development of overuse injuries in cycling. The purpose of this review was to evaluate the role and prescription of orthotics to correct overpronation of the subtalar joint and forefoot in cyclists. Forty-nine texts, including scientific articles and books, published from 1985 to 2011 were used. It was observed that there are not enough scientific studies to support the existing prescription of orthotics for injury prevention resulting from overpronation of the subtalar joint in cyclists.

Keywords: Cycling; Overpronation; Biomechanics; Overuse Injury.

Thiago A. M. Di Alencar¹
Rodrigo R. Bini²
Karinna F. S. Matias¹
Fernando Diefenthaler³
Felipe P. Carpes⁴
Moises Cohen⁵

¹Fisioterapeuta da Clínica Fisio Vitale e do Studio Bike Fit® - Sua Postura Ideal na Bike, em Goiânia

²Sports Performance Research Institute New Zealand, AUT University, Nova Zelândia

³Laboratório de Biomecânica, Centro de Desportos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

⁴Grupo de Neuromecânica Aplicada, Universidade Federal do Pampa, Uruguai

⁵Professor livre docente adjunto do departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP e Chefe do Centro de Traumatologia do Esporte e Residência de Medicina do Esporte e da Atividade Física da UNIFESP

Enviado em: 23/09/2010

Aceito em: 31/01/2012

Introdução

Dettoni e Norvell¹ relatam que lesões musculoesqueléticas resultantes da prática do ciclismo podem afetar 85% dos ciclistas. As mais comuns acometem os membros inferiores e resultam do uso repetitivo². Entre os fatores etiológicos destacam-se os erros no treinamento³⁻⁶, discrepâncias ou alterações biomecânicas oriundas de assimetrias anatômicas^{7,8} e ajuste inadequado da bicicleta às características corporais do ciclista³⁻⁶.

A pronação excessiva da articulação subtalar é uma disfunção anatômica que provoca um desalinhamento do membro inferior. Esse desalinhamento altera parâmetros biomecânicos da articulação subtalar, o que contribui para o desenvolvimento de lesões por uso repetitivo⁸⁻¹². Por esta razão, se faz necessária a avaliação do alinhamento dos pés no tratamento do ciclista com lesões por uso repetitivo de membros inferiores^{13,11,14}.

Órteses e palmilhas são frequentemente recomendadas como estratégias para o tratamento e a prevenção de lesões em ciclistas que apresentam articulação subtalar em hiperpronação^{15,16,17,18}. Landorf e Keenan¹⁹ relatam que, por muitos anos, as órteses têm sido utilizadas nos calçados com a intenção de amenizar os sintomas de desconforto provocados por desalinhamentos no membro inferior, prevenir deformidades e melhorar o desempenho. Entretanto, não há evidências científicas suficientes para suportar a prescrição de sua utilização^{19,20}.

Adicionalmente, no ciclismo, ainda não existe consenso quanto ao uso das órteses para o retropé ou antepé com pronação ou supinação. Isto se deve ao fato de que a maioria das evidências da eficácia dessas órteses na correção de problemas de alinhamento do membro inferior são obtidas a partir de dados de corredores e extrapoladas para outras populações^{21,14}. Dessa forma, o objetivo desta revisão de literatura foi analisar a função e prescrição de órteses para correção da pronação da articulação subtalar e antepé de ciclistas.

Materiais e Métodos

Foram realizadas buscas por artigos científicos utilizando os descritores “ciclismo, pronação excessiva, biomecânica, lesão por uso repetitivo” e os correspondentes em inglês “*cycling, overpronation, biomechanics, overuse injury*” nas bases de dados *Medline* e *ScienceDirect*. A busca indicou 49 documentos envolvendo as palavras-chaves mencionadas. Após análise dos resumos dos trabalhos e dos sumários dos livros para verificar se o texto era pertinente ao tema desta revisão, 49 textos, entre artigos científicos e livros, publicados de 1985 a 2011 foram incluídos como referências para a presente revisão. Devido ao reduzido número de estudos originais, nenhum critério de inclusão/exclusão foi adotado.

Resultados

Foram encontrados 14 estudos, entre artigos originais e de revisão, citando o uso de órtese interna (dentro da sapatilha) e externa (entre o taco e o solado da sapatilha) no ciclismo como estratégia de correção do desalinhamento dos membros inferiores e do tratamento de lesões por uso repetitivo. O nível dos ciclistas participantes variou de recreacional a profissional. As lesões predominantemente citadas decorrem do desalinhamento da articulação do joelho em valgo, subsequente a uma pronação da articulação subtalar^{22,9,2} ou antepé varo^{8,23}. Os estudos relacionando disfunções decorrentes da pronação da articulação subtalar em ciclistas são apresentados na Tabela 1.

A pronação excessiva da articulação subtalar provoca redução do arco medial do pé no momento que ocorre descarga de peso sobre este segmento, e, por consequência, leva à rotação medial da tíbia sobre o tálus e rotação medial do fêmur sobre a tíbia como mecanismo compensatório, aumentando dessa forma o valgismo no joelho^{24,25,9,26,12}. Esse mecanismo tem sido relacionado à dor anterior no joelho devido a redução na área de contato entre o fêmur e a patela²⁷. Alguns autores relatam que o valgismo decorrente de pronação da articulação subtalar pode ser corrigido pelo uso de órtese entre o taco e o solado da sapatilha^{16,28,17,9,26}. O uso da órtese pode prevenir a sobrecarga mecânica sobre as estruturas

musculoesqueléticas das articulações do tornozelo, joelho e quadril, reduzindo assim o surgimento de dor^{29,26}.

De modo geral, foi observada uma lacuna no conhecimento acerca da prescrição de órteses como medida preventiva de lesões por uso repetitivo decorrente da pronação excessiva da articulação subtalar em ciclistas. Desde a descrição de falta de um consenso relatada por Sanderson, Black e Montgomery²¹, poucos estudos originais foram realizados na tentativa de justificar esta prática.

Tabela 1. Disfunções decorrentes da pronação da articulação subtalar em ciclistas. As informações foram agrupadas de acordo com o(s) autor(es), ano da publicação e tipo de lesão por uso repetitivo reportada

Autor	Ano	Lesão por uso repetitivo							
		Tendinite quadricipital	Condromalácia patelar	Tendinite patelar	Síndrome da banda flió-	Bursite/tendinite anserina	Plica medial	Tendinite aquilleana	Fasciíte plantar
Francis	1986		•						
Holmes, Pruitt & Whalen	1994	•			•				
Kronisch	1998	•	•	•	•	•	•	•	
Baker	2000					•	•		•
Sanner & O'Halloran	2000		•						
Lefever-Button	2001	•		•	•		•	•	
Asplund & St Pierre	2004				•				
Caselli, Rzonca & Rainieri	2005		•					•	
Oakes	2005			•	•				
Pruitt & Matheny	2006				•	•	•		
Wanich et al.	2007	•					•		
Walker & Dave	2009		•	•	•				
Delacroix et al.	2009*				•				
Langer	2010		•		•			•	•

*Artigos originais

Aspectos Anatômicos

Usando o arco longitudinal como referência, o pé pode ser classificado como normal, plano ou cavo^{24,10,26}. Embora Faria¹³ e Lorenzton²⁴ concordem que o ciclismo não é considerado um esporte de impacto, Lorenzton²⁴

reitera que uma alteração significativa na biomecânica do pé, associada com treinamento de alta intensidade, pode gerar estresse excessivo sobre estruturas musculoesqueléticas do membro inferior e aumentar o risco de lesão. A pronação excessiva pode ocorrer como um mecanismo compensatório quando os membros inferiores apresentam assimetria em relação ao seu comprimento^{24,9,26}. O membro inferior mais curto compensa a assimetria inclinando a pelve para o mesmo lado ao final da fase de propulsão, e com isso pode aumentar o estresse sobre a coluna lombar⁹.

O alinhamento entre a tíbia e o calcâneo é observado quando a articulação subtalar se encontra em posição neutra e o calcanhar está coincidente ao terço distal da tíbia²⁴. Segundo Francis⁸, supinação subtalar é o nome dado à combinação de três movimentos: inversão, adução e flexão plantar, enquanto a pronação ocorre com eversão, abdução e dorsiflexão. O retropé varo (varo subtalar) (Figura 1A) é um desvio que envolve a inversão do calcâneo quando a articulação subtalar se encontra em posição neutra. Este posicionamento limita a inversão do retropé. O retropé valgo (Figura 1B) é uma deformidade estrutural que envolve a eversão do calcâneo quando a articulação subtalar está em posição neutra^{8,30,9,26}. O retropé é móvel, podendo causar pronação excessiva e supinação limitada³¹.

O antepé varo (Figura 1C) envolve a inversão do antepé sobre o retropé quando a articulação subtalar está na posição neutra^{8,30,9,26}. Ela ocorre porque a inclinação em valgo normal da cabeça e do colo do tálus à sua tróclea (35 a 45°) não foi atingida³¹. Sua ocorrência implica em borda medial do antepé mais elevada que a borda lateral na ausência de descarga de peso²⁶. O mecanismo compensatório, por parte dos segmentos proximais, resulta em excessiva pronação da articulação subtalar associada à rotação medial da tíbia e desvio do joelho em valgo com rotação medial do fêmur^{15,9,26} e aparente aumento do ângulo Q^{15,12}. Além disso, o quadril pode ser levemente aduzido durante sobrecarga máxima, aproximando o joelho do quadro da bicicleta⁸. Para Millslagle et al.³² e Pruitt e Matheny²⁶ esta condição interfere na transferência de força ao pedal resultando em

perda de potência, e é a causa mais comum das disfunções como a síndrome da dor fêmoro-patelar. É possível que a perda de capacidade de produção de potência seja decorrente da alteração do padrão de recrutamento de fibras musculares em ciclistas com desvio em varo ou valgo do antepé³².

O antepé valgo (Figura 1D) envolve eversão do antepé sobre o retropé quando a articulação subtalar

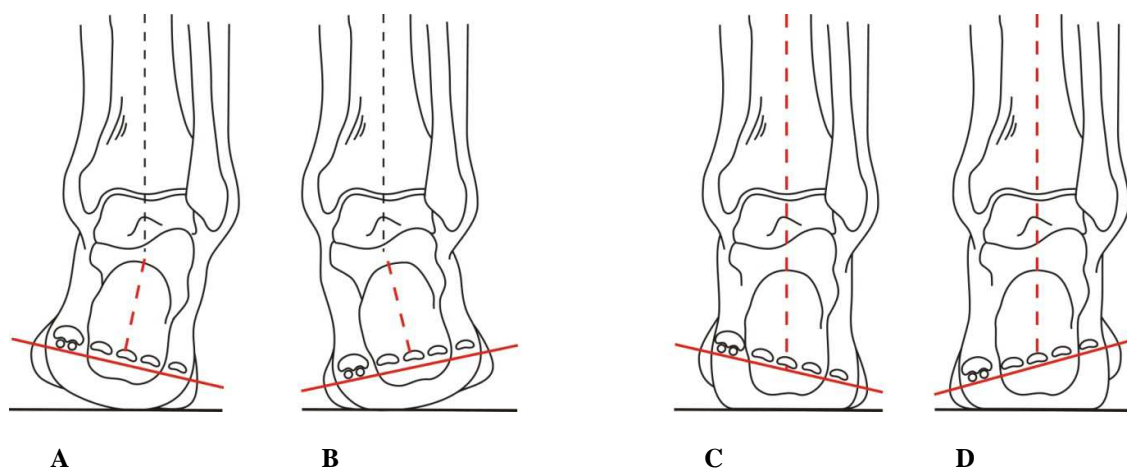


Figura 1. Deformidade estrutural no pé direito: (A) retropé varo, (B) retropé valgo, (C) antepé varo e (D) antepé valgo (Adaptado de Magee, 2005, p. 777-778)

Avaliação

A mensuração do arco plantar longitudinal pode ser realizada por diferentes métodos. Como exemplo tem-se o uso de um equipamento desenvolvido pela *Specialized*³³ denominado de *arch-o-meter*. Este dispositivo possibilita avaliar o tipo de pisada - neutra, supinada ou pronada - pela impressão plantar gerada. A pisada supinada está relacionada ao arco plantar cavo (pé cavo), enquanto a pisada pronada ao arco plantar plano (pé plano). Embora este equipamento identifique o tipo de pisada, ele não quantifica o grau de deformidade existente.

No caso de pé plano é necessário utilizar a linha de Feiss para determinar o grau de pronação. Este método consiste em marcar o ápice do maléolo medial e a face plantar da primeira articulação metatarsofalângica, sem que o ciclista descarregue seu peso sobre o membro

encontra-se em posição neutra^{8,9,26} porque a inclinação normal em valgo da cabeça e do colo do tálus em relação à sua tróclea é excedida. O mecanismo compensatório resulta em excessiva supinação da articulação subtalar associada à rotação lateral da tibia e desvio do joelho em varo, com rotação lateral do fêmur⁹.

avaliado. Em seguida palpa-se a tuberosidade do osso navicular, observando sua posição em relação à linha que une os dois pontos previamente marcados. Normalmente, a tuberosidade se encontra sobre a linha ou muito próximo dela. Posteriormente, em posição ortostática, com os pés afastados de 8 a 15 cm, observa-se a distância da tuberosidade do navicular ao solo. Quando a tuberosidade tem a distância até o solo reduzida de um terço, esta condição representa pé plano grau I, se dois terços, grau II e se a tuberosidade repousar sobre o solo, grau III³¹.

A Tabela 2 mostra a classificação das deformidades no pé. A característica do grau leve proposta por Magee³¹ é retropé varo e antepé valgo. Todavia, esta descrição foi modificada para retropé valgo e antepé varo baseando-se no princípio de que a biomecânica do pé, ilustrada na Figura 1A, não viabiliza a formação do pé plano (pronado).

Tabela 2. Classificação do pé plano. Adaptado de Magee (2005, p. 780)

Classificação	Características	
Leve	Retropé valgo a 4 - 6°	Antepé varo a 4 - 6°
Moderado	Retropé valgo a 6 - 10°	Antepé varo a 6 - 10°
Grave	Retropé valgo a 10 - 15°	Antepé varo a 8 - 10°

Francis⁸ e Dinsdale e Williams²⁰ relatam que a cunha com ângulo correspondente à rotação do antepé pode ser utilizada como órtese entre o solado da sapatilha e a palmilha. Mellion³³ relata que a pronação subtalar excessiva pode ser corrigida com uso de órtese de 3 a 5 mm de espessura, em forma de cunha, posicionada entre o taco e a sapatilha. A BIKEFIT^{®35} produz órteses internas e externas, cujas angulações são de 1,5° e 1°, respectivamente. A *Specialized* também fabrica órteses internas com ângulo de correção igual a 1,5°, varo ou valgo. Desta forma, a correção dos desvios pode ser realizada pela utilização destas órteses somadas até compensar o desvio apresentado na avaliação sem descarga de peso²⁰.

Para mensurar o grau de rotação do antepé em relação ao retropé, dois equipamentos podem ser utilizados: o goniômetro e o *forefoot measuring device*³⁶. A avaliação

utilizando o goniômetro é realizada posicionando o braço fixo ao longo da superfície plantar do antepé ao nível da cabeça do quinto metatarso. O braço móvel do goniômetro é alinhado à superfície plantar do calcâneo. O ângulo formado pelos dois braços do goniômetro representa o grau de rotação do antepé³⁶. Já a mensuração pelo *forefoot measuring device* é feita com o ciclista deitado em decúbito ventral ou de joelhos sobre uma cadeira. O ciclista deve manter o membro inferior relaxado e o dispositivo de avaliação deve ser posicionado apoiando o mesmo sobre a face posterior do calcâneo e sobre a cabeça do primeiro metatarso. Em seguida, considerando a projeção posterior no plano coronal, é realizada a mensuração do ângulo entre o prolongamento do tendão do calcâneo e a base do antepé³⁶ (Figura 2).

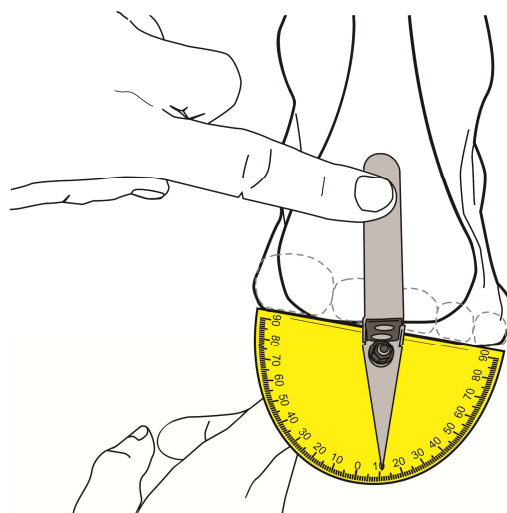


Figura 2. Mensuração do grau de rotação do antepé utilizando o *forefoot measuring device*. (Adaptado de www.bikefit.com)

Garbalosa *et al.*³⁶, avaliaram 120 participantes, sendo 26 homens ($30,5 \pm 8$ anos) e 94 mulheres ($28,1 \pm 7$ anos), sem experiência em ciclismo, com o objetivo de descrever a frequência e o grau de desvio rotacional do antepé. Os resultados revelaram que 87% dos indivíduos apresentaram antepé varo, 9% antepé valgo e 5% antepé em posição neutra, 82% ($n = 99$) apresentaram antepé varo bilateralmente, 6% ($n = 7$) antepé valgo bilateralmente, 2% ($n = 2$) antepé em posição neutra. Antepé varo acometeu 85% dos homens e 87% das mulheres. Em contrapartida,

antepé valgo foi observado em 11% dentre os homens e 8% dentre as mulheres. A média para a rotação em varo e valgo foram de 8° e 5°, respectivamente. Segundo os autores, as mensurações realizadas com o goniômetro e o *forefoot measuring device* foram similares.

Influência do desvio rotacional do antepé e retropé no desempenho no ciclismo

Alinhamento excessivamente em varo ou valgo pode resultar em sobrecarga excessiva nas estruturas médio-

laterais do joelho²². Para Pruitt e Matheny²⁶, a órtese em cunha altera a articulação subtalar para uma posição mais neutra, permitindo um deslocamento do joelho mais próximo ao plano sagital e reduzindo as oscilações médio-laterais. Supõe-se que a cunha contribua para uma distribuição mais uniforme da força de reação no antepé, devido ao aumento da superfície de contato entre o pé e o calçado^{37,29,38}.

Anderson e Sockler¹⁵ avaliaram o consumo de oxigênio (VO₂) em dez ciclistas (seis homens e quatro mulheres) que apresentavam pé pronado. A avaliação foi feita em um cicloergômetro com cadência controlada de 100 rpm. Os resultados obtidos revelaram, para os homens, que o uso de órteses diminuiu o VO₂ em 3%, 5% e 8% para as cargas de 450, 900 e 1350 kg.m/min, respectivamente, enquanto que o VO₂ para as mulheres, a menor carga resultou em um aumento de 2% e a carga intermediária uma redução de 1%.

Dinsdale e Williams²⁰ examinaram o efeito do uso de cunhas para correção de antepé varo analisando potência média, pico de potência e índice de fadiga durante o teste de Wingate realizado em cicloergômetro. Foram avaliados seis ciclistas destreinados com antepé varo uni- ou bilateralmente ($6,1 \pm 1,7^\circ$). Os resultados demonstraram melhora no desempenho representado pelo aumento de 3% no pico de potência e 4% na potência média, assim como redução do índice de fadiga em 3%. Segundo os autores, os ciclistas que apresentaram maior antepé varo foram os mesmos que apresentaram um maior aumento da potência média. Considerando estes achados é possível concluir que quanto maior o desvio, maior é o ganho no desempenho quando são utilizadas órteses em forma de cunha.

Delacriox et al.²³, avaliaram a utilização de órtese em ciclista com síndrome da banda flio-tibial associada à presença de joelho e retropé varos. Segundo os resultados obtidos, o uso de órtese reduziu a distância entre o joelho e o quadro da bicicleta, aumentou a adução do quadril e reduziu o varismo de joelho, favorecendo, desta forma, a diminuição do desalinhamento responsável pela disfunção musculoesquelética. Posteriormente, O'Neill et al.¹²,

realizaram um estudo com 12 ciclistas, sendo nove homens e três mulheres, e constataram que o uso de órteses internas possibilitou redução do ângulo de abdução do joelho e da rotação medial da tibia, com melhora subjetiva da técnica (pedalada mais suave e maior conforto quanto ao deslizamento da patela na tróclea) e do desempenho (redução das queixas de fadiga e maior estabilidade na fase de propulsão). O grupo de ciclista avaliado por O'Neill et al.¹², já utilizavam órteses prescritas para suas características.

Sanderson, Black e Montgomery²¹ avaliaram o movimento da tuberosidade anterior da tibia no plano frontal utilizando cunhas com inclinações que alteravam o alinhamento do arco plantar para valgo e varo em valores iguais a 10°, posicionadas entre o solado da sapatilha e o pedal. Os autores hipotetizaram que a cunha em valgo elevaria a borda lateral do pé, aproximando o joelho do quadro da bicicleta, enquanto a cunha em varo, colocado sob a borda medial do pé, afastaria o joelho do quadro da bicicleta, conforme ilustra Figura 3^{26,14}.

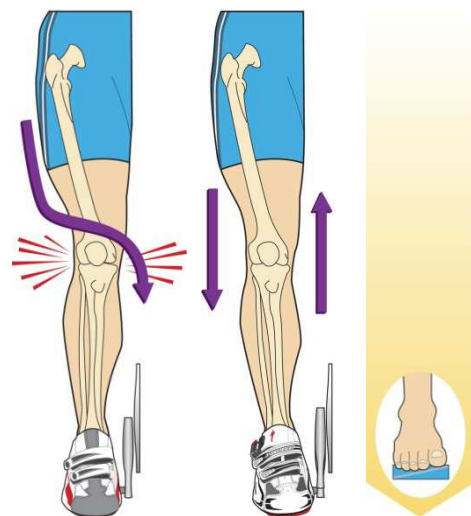


Figura 3. Realinhamento do membro inferior após uso de órtese. (Adaptado de Pruitt & Matheny, 2006, p. 41)

No estudo de Sanderson, Black e Montgomery²¹, a amplitude de movimento do joelho, no plano frontal, foi definida como a posição mais medial ou lateral relativa ao quadro da bicicleta, avaliada pelos marcadores posicionados na tuberosidade anterior da tibia e centro do 'firma pé', em ambos os membros inferiores. Os resultados

obtidos por Sanderson, Black e Montgomery²¹ revelaram similaridade na amplitude de movimento do joelho e no posicionamento do pé relativo à órtese utilizada. A cunha em varo resultou em desvio do joelho em varo, enquanto a cunha em valgo desviou o joelho em valgo. Estes resultados sugerem que há uma mudança no eixo de movimento do joelho quando as cunhas foram comparadas. No entanto, para os autores as diferenças observadas foram muito pequenas e inesperadas, considerando o grau de inclinação das cunhas utilizadas quando comparadas com as cunhas normalmente recomendadas. A compensação ao uso das cunhas não foi mensurada neste estudo, mas pode ter ocorrido nas articulações do tornozelo, joelho e quadril por meio de rotações destas no plano transverso. A musculatura adutora de quadril pode ter sido a principal responsável pela manutenção da posição do joelho em relação ao quadro da bicicleta quando a cunha em varo foi usada^{21,39}.

Joganich e Martin⁴⁰, ao contrário de Sanderson, Black e Montgomery²¹, permitiram uma adaptação ao uso da órtese durante duas semanas para os ciclistas avaliados. Os autores formaram dois grupos, um com 14 ciclistas que não apresentaram dor no joelho no último ano e um grupo de nove ciclistas com dor no joelho. As correções para os participantes foram identificadas como: 1) cinco casos de varo leve, 2) dois casos de valgo leve e 3) dois casos sem alteração. Os resultados obtidos mostraram que não houve diferença significativa no ângulo de rotação em valgo do retropé e desvio medial do joelho. Apesar dos achados, cinco dos nove participantes relataram diminuição de dor no joelho com o uso de órteses. De acordo com Joganich e Martin⁴⁰, os grupos de ciclistas com e sem dor não exibiram alterações na cinemática nos membros inferiores, apesar da hipótese de que as órteses poderiam resultar em redução significativa na variável analisada.

Para Callaghan⁴¹, uma explicação para a discordância entre alguns estudos pode estar no fato de que os dispositivos para avaliação não sejam sensíveis o suficiente para registrar alterações sutis nos membros inferiores ou na posição da patela após intervenção com a órtese. As mudanças sutis que ocorrem após a inserção da

órtese podem ser suficientes para alterar o estresse nos tecidos moles, aliviando o desconforto sem alterar a biomecânica articular no membro inferior no plano sagital e transversal⁴¹.

Quando a descarga de peso sobre o pé durante a fase propulsiva é elevada, é possível que ocorra uma pronação da articulação subtalar com concomitante rotação medial da tibia⁸, alteração biomecânica que pode aumentar o risco de lesões no joelho^{13,20,12}. Além disso Henning e Sanderson⁴² relatam que elevada aplicação de força no pedal em baixas cadências pode levar à pronação excessiva. Segundo Millslagle et al.³², a dor no joelho em ciclistas pode ser minimizada à medida que a tuberosidade anterior da tibia apresente movimento mais retilíneo no plano frontal (Figura 4).

Cunhas posicionadas entre o taco e a sapatilha geralmente podem ser usadas para corrigir o posicionamento do joelho em valgo^{34,22,14}. O valgismo aumenta o ângulo Q e favorece a lateralização da patela, uma alteração biomecânica que é também responsável por desencadear a síndrome da dor fêmoro-patelar^{24,37}. Para quantificar o ângulo Q, uma linha é traçada da espinha ilíaca ântero-superior até o ponto central da patela ipsilateral e da tuberosidade anterior da tibia até o ponto central da patela^{3,10,31}. O ângulo formado pela intersecção dessas duas linhas é denominado ângulo Q.

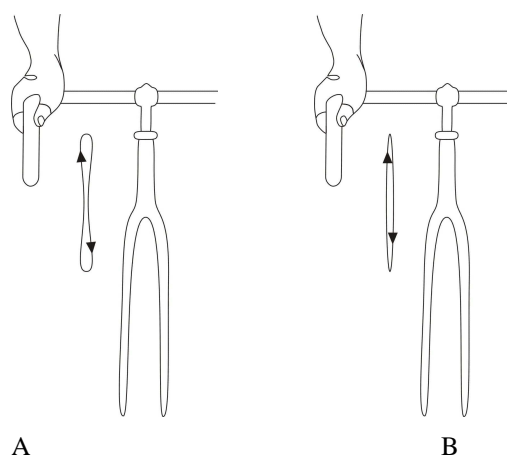


Figura 4. Trajetória realizada pelo joelho em ciclista com elevada pronação da articulação subtalar: (A) sem correção por órtese e (B) com correção por órtese. **Fonte:** Francis, 1986, p. 171

A estrutura do pé, em varo ou valgo, também influencia a transmissão de carga de baixa intensidade ao joelho²², pois os pontos de maior pressão são cabeça do metatarso e hálux⁴². O excessivo desvio rotacional do antepé em relação ao plano transversal resulta em aumento significativo das forças na região posterior do joelho e torque extensor sobre o joelho⁴³.

Órteses plantares para ciclistas são mais rígidas^{3,16,9} e mais compridas se comparadas às utilizadas por corredores^{16,17}. Estas diferenças visam oferecer suporte para a cabeça dos metatarsos^{16,28,17,29,26}, visto que as articulações metatarso-falangeanas são normalmente posicionadas sobre o pedal^{13,26}. Tem sido utilizado ainda um modelo de órteses perfuradas com o objetivo de facilitar a ventilação³⁷, o que teoricamente traz poucos benefícios em termos de ventilação e tende a enfraquecer a órtese³⁷.

De acordo com Baker¹⁷, a presença de anormalidades no pé não justifica a utilização de uma órtese caso não ocorra presença de lesões. Esta informação permite concluir que Barker¹⁷ não considera a utilização de órtese como uma medida para prevenção de lesões, mas uma ferramenta de reabilitação. O autor acrescenta que as órteses podem ajudar a tratar a disfunção, mas não melhoram o desempenho. Isto contradiz achados prévios⁷, cujo estudo demonstrou que com a utilização de órteses, que se estendiam do calcanhar à cabeça dos metatarsos, o consumo de oxigênio e frequência cardíaca foram reduzidos durante um teste de carga submáxima. Segundo Anderson e Sockler¹⁵ o uso de órteses diminuiu o consumo de oxigênio, resultado que implica em benefício quanto ao desempenho do ciclista especialmente em relação à eficiência.

Os participantes do estudo de Hice et al.¹⁵, possuíam recomendações médicas para o uso de órtese. Quatro dos cinco ciclistas relataram, segundo percepção subjetiva de esforço, diminuição da fadiga quando utilizaram as órteses. Um ciclista relatou menor intensidade de dor no joelho, enquanto outro relatou melhor estabilidade ao pedalar, em decorrência do uso da órtese. Os ciclistas pedalarão em um cicloergômetro desprovido de qualquer dispositivo de fixação do pé ao pedal. Os

resultados sugerem que a órtese, para aqueles que necessitam de correção, pode melhorar a eficiência mecânica do ciclista. Os autores não descreveram o posicionamento do pé em relação ao eixo do pedal, condição que, teoricamente, pode alterar a pressão exercida nos pontos de apoio no pé.

A distribuição de pressão por meio da interface pé-pedal é maior no antepé, particularmente na cabeça dos metatarsos, e menor no retopé⁴². A força aplicada no pedal ao longo do ciclo da pedalada (0° - 360°) com uso de sapatilha de ciclismo, principalmente durante a fase de propulsão (0° - 180°), gera dois pontos distintos de pressão na borda medial do antepé, sendo um sobre a cabeça do primeiro metatarso e outro sobre o hálux, a qual aumenta proporcionalmente com o aumento da potência produzida.

Henning e Sanderson⁴² mensuraram a pressão aplicada em 12 pontos anatômicos na superfície plantar em ciclistas usando sapatilhas de ciclismo em quatro diferentes potências em cicloergômetro: 100, 200, 300 e 400 W (Figura 5). Embora os autores não tenham descrito o posicionamento do pé em relação ao eixo do pedal, os pontos anatômicos monitorados são descritos na Figura 6.

O posicionamento da cabeça do primeiro metatarso sobre o eixo do pedal é um padrão utilizado em muitas pesquisas no ciclismo^{7,44,43,32,45} e no ajuste da bicicleta ao ciclista^{46,6,2}. Há duas possíveis justificativas para esta ocorrência: a primeira delas deve-se ao fato do somatório das pressões exercidas pelas cabeças dos metatarsos serem maiores do que as obtidas pelos artelhos (299 vs. 256 kPa, a 100 W; 464 vs. 424 kPa, a 200 W; 652 vs. 631 kPa, a 300 W), exceto na situação na qual a potência utilizada foi de 400 W (763 vs. 844 kPa). Grappe⁴⁷ apresenta a segunda justificativa, relatando que esta posição resulta em um braço de alavanca estável e de maior comprimento para os flexores plantares produzirem força.

A pressão sob a cabeça do primeiro e quinto metatarso é maior do que sob a cabeça do segundo, terceiro e quarto metatarso. Isto sugere ocorrência de um arco ao longo das cabeças dos metatarsos, o que acentua as cargas nas bordas medial e lateral do antepé⁴². O aumento da

potência de 100 para 400 W aumentou a pressão de 30 para 7). 38% na cabeça do primeiro metatarso e no hálux⁴² (Figura

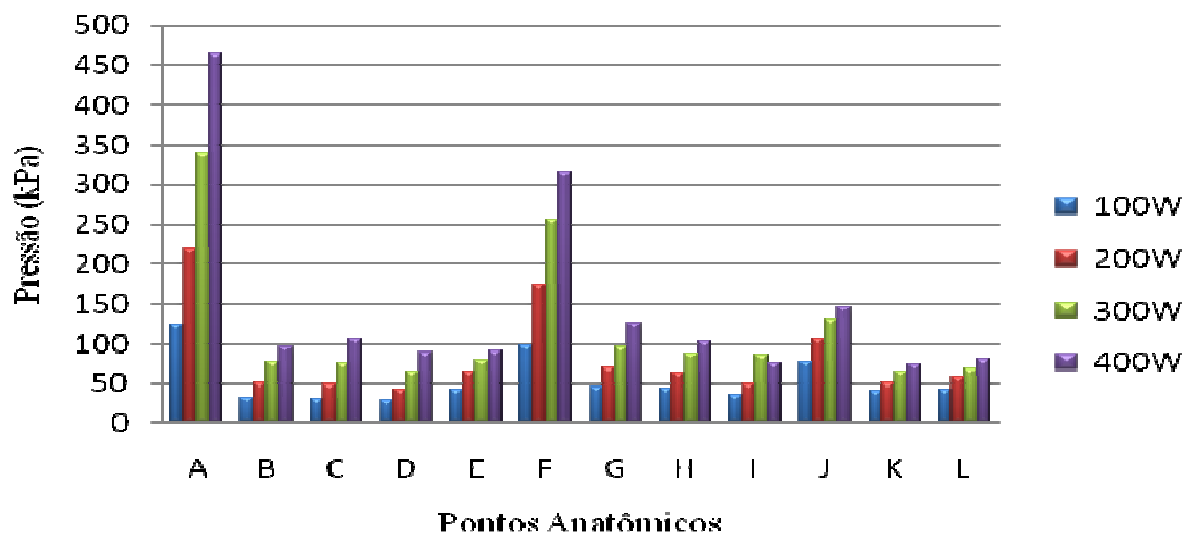


Figura 5. Pressão (kPa) dos 12 pontos anatômicos monitorados relativo às potências utilizadas

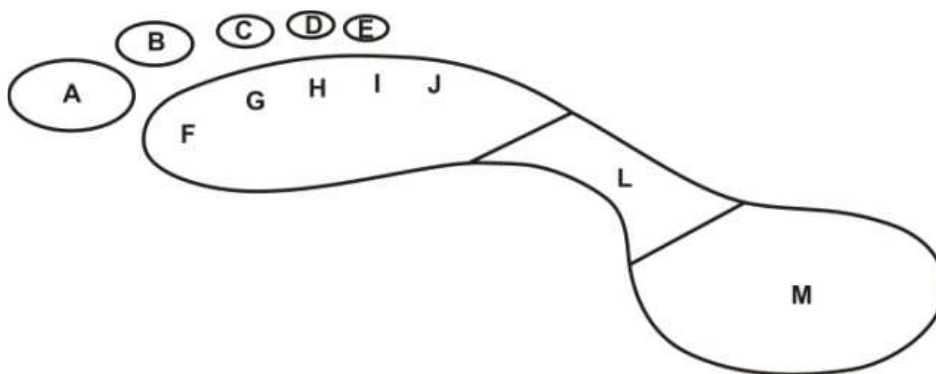


Figura 6. As letras de A a M representam os doze pontos anatômicos. (Adaptado de Henning e Sanderson, 1995, p. 73)

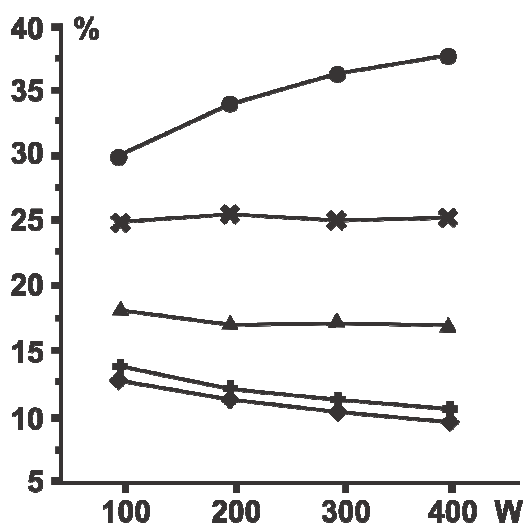


Figura 7. Carga relativa (%) aos pontos anatômicos plantares com aumento da potência produzida (W): ● hálux e cabeça do 1º metatarso, × 2º, 3º, 4º e 5º dedos, ▲ cabeça do 2º, 3º e 4º metatarsos, + calcâneo e mediopé, ◆ cabeça do 5º metatarso. (Adaptado de Henning e Sanderson, 1995, p. 72)

Conclusões

Em virtude da popularidade do ciclismo e da ocorrência de lesões por uso repetitivo em membros inferiores resultante de alteração biomecânica no pé, torna-se necessária a ampliação das investigações gerando informações qualitativas e quantitativas acerca do uso de órteses para a correção de desvios rotacionais no retropé ou antepé. A falta de um consenso sobre a utilização de órtese, seja interna ou externa, dificulta a prescrição das mesmas para ciclistas com desvios rotacionais no antepé ou retropé.

Dentre os principais achados referentes ao uso de órtese, esta revisão permite destacar: (1) redução do consumo de oxigênio, condição que favorece o aumento do desempenho do ciclista, (2) redução do ângulo de abdução do joelho e da (3) rotação medial da tibia, com melhora subjetiva da técnica e também do desempenho. Em contrapartida, alguns achados não revelaram diferença significativa quanto ao uso de órtese com elevada inclinação em valgo ou varo (10°) na amplitude de movimento da tuberosidade anterior da tibia no plano frontal.

Agradecimentos

Rodrigo Bini agradece a CAPES pela bolsa de doutorado pleno no exterior. Felipe Carpes agradece à FAPERGS e CNPq. Fernando Diefenthaler agradece ao CNPq.

Referências

1. Anderson JC, Sockler JM. Effects of Orthoses on Selected Physiologic Parameters in Cycling. **J Am Podiatr Med Assoc.** 1990; 80(3): 161-6.
2. Asplund C, St Pierre P. Knee Pain and Bicycling - Fitting Concepts for Clinicians. **Phys Sportsmed.** 2004; 32(4): 23-30.
3. Baker A. Medical Problems in Road Cycling. In: Gregor RJ, Conconi F. Road Cycling. **Oxford, United Kingdom: Blackwell Sciences Ltd,** 2000, pp. 68-120.
4. Bini RR, Carpes FP, Diefenthaler F. Influência da Pedalada com os Joelhos Tangenciando o Quadro da Bicicleta sobre a Ativação dos Músculos do Membro Inferior. **Rev. bras. Educ. Fís. Esporte,** 2011; 25(1): 27-37.
5. Bouché RT, Vincent PM, Sullivan K. Bike Fit Evaluation: Can it Help Diagnose and Prevent Cycling Injuries? **Podiatry Today** 2006; 19(12): 28-34.
6. Burns J, Keenan AM, Redmond A. Foot Type and Overuse Injury in Triathletes. **J Am Podiatr Med Assoc.** 2005; 95(3): 235-41.
7. Callaghan MJ. Lower Body Problems and Injury in Cycling. **J BodyWork Mov Ther.** 2005; 9(3): 226-236.
8. Caselli MA, Rzonca EC, Rainieri JJ. Secrets to Treating Bicycling Injuries. **Clin Sports Med.** 2005; 18(8): 108-12.
9. Cohen GC. Cycling Injuries. **Can Fam Physician** 1993; 39: 628-32.
10. Colson E. Biomechanics of Cycling - Biomechanics of Common Sporting Injuries. In: **Brukner P, Khan K. Clinical Sports Medicine.** 3rd. McGraw-Hill, 2008, p. 69-77.
11. De Vey Mestdagh K. Personal Perspective: in Search of an Optimum Cycling Posture. **Appl Ergon.** 1998; 29(5): 325-334.
12. Delacroix S, Hasdenteufela D, Legrand N, Chèzeb L, Lavignec A. Effets d'une orthèse plantaire biomécanique chez un cycliste souffrant d'un syndrome de la bandelette ilio tibiale. **Science & Sports** 2009; 24(6): 281-7.
13. Dettori NJ, Norvell DC. Non-Traumatic Bicycle Injuries: A Review of the Literature. **Sports Med.** 2006; 36(1): 7-18.
14. Dinsdale N, Dinsdale N. The Benefits of Anatomical and Biomechanical Screening of Competitive Cyclists. **sportEX dynamics** 2011;48(April): 17-20.
15. Dinsdale NJ, Williams AG. Can Forefoot Varus Wedges Enhance Anaerobic Cycling Performance in Untrained Males with Forefoot Varus. **Sport Scientific and Practical Aspects** 2010; 7(2): 5-10,
16. Faria IE. Energy Expenditure, Aerodynamics and Medical Problems in Cycling. An update. **Sports Med.** 1992; 14(1): 43-63.
17. Francis PR. Injury Prevention for Cyclists: A Biomechanical Approach. In: Burke ER. **Science of Cycling. Champaign: Human Kinetics,** 1986, p. 145-184.
18. Garbalosa JC, McClure MH, Catlin PA, Wooden MJ. The Frontal Plane Relationship of the Forefoot to the Rearfoot in a Asymptomatic Population. **J Orthop Sports Phys Ther.** 1994; 20(4): 200-6.
19. Goodwin C, Cornwall MW. Effect of an Adjustable Pedal Shaft on ROM and Phasic Muscle Activity - of the Knee during Bicycling. **JOSPT** 1989; 11(6): 259-62.
20. Gregersen CS, Hull ML. Non-driving Intersegmental Knee Moments in Cycling Computed Using a Model that Includes Three-Dimensional Kinematics of the

- Shank/Foot and the Effect of Simplifying Assumptions. **J Biomech.** 2003; 36(6): 803-13.
21. Grappe F. **Optimisation de la technique de pédalage.** In: **Grappe F. Cyclisme Et Optimisation De La Performance - Sciences Et Méthodologie De L'entraînement.** 2nd ed. De Boeck, 2009, pp. 291-299.
 22. Gregor RJ, Wheeler JB. Biomechanical Factors Associated with Shoe/Pedal Interfaces: Implications for Injury. **Sports Med.** 1994; 17(2): 117-31.
 23. Hennig EM, Sanderson DJ. In-Shoe Pressure Distributions for Cycling With Two Types of Footwear at Different Mechanical Loads. **J Appl Biomech.** 1995; 11 (1): 68-80.
 24. Hice GA, Kendrick Z, Weeber K, Bray J. The Effect of Foot Orthoses on Oxygen Consumption While Cycling. **J Am Podiatr Med Assoc.** 1985; 75(10): 513-6.
 25. Holmes JC, Pruitt AL, Whalen NJ. Lower Extremity Overuse in Bicycling. **Clin Sports Med.** 1994; 13(1): 187-203.
 26. Ilahi OA, Kohl 3rd HW. Lower Extremity Morphology and Alignment and Risk of Overuse Injury. **Clin J Sport Med.** 1998; 8(1): 38-42.
 27. Joganich TG, Martin PE. **Influence of Orthotics on Lower Extremity Function in Cycling.** Arizona State University, Tempe, AZ, 1991.
 28. Juhn MS. Patellofemoral Pain Syndrome: A Review and Guidelines for Treatment. **Am Fam Physician.** 1999; 60(7): 2012-22.
 29. Kronisch RL. Mountain Biking Injuries: Fitting Treatment to the Causes. **Phys Sportsmed.** 1998; 26(3): 64-70.
 30. Lamoreaux L. Cycling. In: **Drinkwater BL.** Women in Sport. Wiley-Blackwell, 2000, p. 535-49.
 31. Landorf KB, Keenan A. Efficacy of Foot Orthoses: What does the Literature Tell Us? **J Am Podiatr Med Assoc.** 2000; 90(3): 149-58.
 32. Langer P. Cycling. Werd MB; Knight EL. In: **Athletic Footwear and Orthoses in Sports Medicine.** Springer, 2010, p. 193-214.
 33. Lefever-Button S. Cycling. In: Shamus E, Shamus J. **Sports Injury - Prevention & Rehabilitation.** 1st ed. McGraw-Hill, 2001, p. 459-83.
 34. Litzenberger S, Illes S, Hren M, Reichel M, Sabo A. Influence of Pedal Foot Position on Muscular Activity during Ergometer Cycling. In: **Estivalet M, Brisson P. The Engineering of Sport** 7 Vol. 1. Springer-Verlag France, Paris, 2008, p. 215-22.
 35. Lorenzton R. Intrinsic Factors [Part 10 – Prevention and Management of Sports Injuries]. In: **Dirix A, Knuttgen HG, Tittel K. The Olympic Book of Sports Medicine Volume 1 de Encyclopaedia of Sports Medicine Computer Studies Series.** Oxford, United Kingdom: Wiley-Blackwell Sciences Ltd, 1991, pp. 376-390.
 36. Magee DJ. **Avaliação Musculoesquelética.** 4^a ed. São Paulo: Manole, 2005.
 37. Mellion MB. Neck and Back Pain in Bicycling. **Clin Sports Med.** 1994; 13(1): 137-64.
 38. Millslagle D, Rubbelke S, Mullin T, Keener J, Swetkovich R. Effects of Pedal-Foot Position by Experienced Cyclists at the Highest Aerobic Level. **Perceptual and Motor Skills** 2004; 98: 1074-80.
 39. Oakes EH. **The Encyclopedia of Sports Medicine.** New York: Facts on File, 2005.
 40. O'Neill BC, Graham K, Moresi M, Perry P, Kuah D. Custom Formed Orthoses in Cycling. **J Sci Med Sport.** 2011; 14(6): 529-34.
 41. Pruitt AL, Matheny F. **Andy Pruitt's Complete Medical Guide for Cyclists.** Boulder, CO: VeloPress, 2006.
 42. Razeghi M, Batt ME. Biomechanical Analysis of the Effect of Orthotic Shoe Inserts: A Review of the Literature. **Sports Med.** 2000; 29(6): 425-38.
 43. Ruby P, Hull ML. Response of Intersegmental Knee Loads to Foot/Pedal Platform Degrees of Freedom in Cycling. **J Biomech.** 1993; 26(11): 1327-40.
 44. Ruby P, Hull ML, Kirby K, Jenkins DW. The Effect of Lower-Limb Anatomy on Knee Loads during Seated Cycling. **J Biomech.** 1992; 25(10): 1195-207.
 45. Sanderson DJ, Black AH, Montgomery J. The effect of Varus and Valgus Wedges on Coronal Plane Knee Motion during Steady-Rate Cycling. **Clin J Sport Med.** 1994; 4 (2): 120-4.
 46. Sanner WH, O'Halloran WD. The Biomechanics, Etiology, and Treatment of Cycling Injuries. **J Am Podiatr Med Assoc.** 2000; 90(7): 354-76.
 47. Schwellnus MP, Derman EW. Common Injuries in Cycling: Prevention, Diagnosis and Management. **SA Fam Pract** 2005; 47(7): 14-19.
 48. Silberman MR, Webner D, Collina S, Shiple BJ. Road Bicycle Fit. **Clin J Sport Med.** 2005; 15(4): 271-6.
 49. Walker JJ, Dave SJ. Road Bike Injuries. In: Buschbacher R, Prahlow ND, Dave SJ. **Sports Medicine and Rehabilitation: A Sport-Specific Approach.** 2nd ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins, 2009, p. 109-17.