

# IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO MUSCULOESQUELÉTICA E BIOMECÂNICA PARA O *BIKE FIT*

## THE ROLE OF MUSCULOSKELETAL AND BIOMECHANICS EVALUATION FOR BIKE FIT

Thiago Ayala Melo Di Alencar\*, Karinna Ferreira de Sousa Matias\*

\*Fisioterapeuta do Studio Bike Fit, graduado pela Universidade Estadual de Goiás (UEG).  
e-mail: thiagoayala@hotmail.com

**Resumo:** O objetivo desta revisão foi analisar a importância da avaliação musculoesquelética para a posterior realização do *bike fit*. O *Bike fit* é procedimento que envolve a análise biomecânica e postural do ciclista, sendo recomendada para todos que desejam aumentar o conforto e a performance, prevenindo lesões. É sabido que qualquer alteração postural pode resultar em desequilíbrio muscular levando ao desenvolvimento de lesões. A avaliação musculoesquelética e biomecânica é um procedimento que o avaliador pode utilizar paralelo ao *bike fit*. Da literatura revisada, quarenta e oito artigos foram selecionados. Destes foram incluídos aqueles obtidos das bases de dados *Medline*, *SciSearch*, *Embase*, *Lilacs* e *SciELO*, livros e capítulos de livros publicados de 1984 a 2009. Do total, oito (16,67%) foram redigidos em português e quarenta (83,33%) em inglês. A avaliação da condição musculoesquelética e biomecânica do ciclista possibilita prevenir futuras lesões ou orientar tratamento nos casos de lesões diagnosticadas. A maioria dos autores relata que o *bike fit* é a etapa subsequente da avaliação musculoesquelética e biomecânica, pois por meio deste, o ciclista terá completa adequação de sua postura a partir de suas características anatômicas e condições musculoesqueléticas.

**Palavras-chave:** ciclistas, avaliação, lesão, biomecânica, *bike fit*.

**Abstract:** The objective of this review was to emphasize the role of physical examination for the subsequent implementation of bike fit. The bike fit is a method that evolves biomechanical and postural analysis and is recommended for all who plan increasing the comfort and performance, with focus on injury prevention. It has been reported that any change on posture could result in muscle imbalance leading to the occurrence of injuries. The musculoskeletal and biomechanical evaluation are procedures that the professional in charge for the evaluation uses to configure the components of the bicycle. From the review of the literature, 48 articles were selected from Medline, SciSearch, Embase, Lilacs, SciELO databases, books and book chapter published from 1984 to 2009. Of the total, eight (16,67%) were written in Portuguese and 40

(83,33%) in English. The evaluation of the cyclist musculoskeletal and biomechanics condition allows to prevent future injuries or guide treatment in cases of injuries diagnosed. Most studies suggest that the bike fit should be the following stage of this evaluation because the cyclist will improve his position on the bike based on his anatomical and musculoskeletal condition.

**Key-words:** cyclists, evaluation, injury, biomechanics, bike fit.

### Introdução

Competições como o *Tour de France*, *Giro d'Italia* e *Vuelta a España* têm contribuído bastante para a popularização do ciclismo. Com o crescente número de participantes percebe-se uma maior incidência de lesões neste esporte<sup>1</sup>. Esta ocorrência despertou a necessidade de iniciar uma adequação da bicicleta ao ciclista (*bike fit*). O *bike fit* originou-se com a proposta de analisar as condições morfológicas do ciclista para adequar as dimensões da bicicleta às características antropométricas do seu usuário.

A avaliação musculoesquelética é uma ferramenta essencial para o *bike fit*, pois possibilita um melhor entendimento das características morfológicas do ciclista, tais como alterações posturais ou variações anatômicas, e assim determinar quais alterações poderiam levar ao desenvolvimento de lesão a longo prazo. A prática do *bike fit* baseia-se nos princípios da cinesiologia e biomecânica, de modo a oferecer a maximização do desempenho do ciclista bem como conforto e prevenção de lesões musculoesqueléticas<sup>2,3,4</sup>.

O objetivo desta revisão foi elucidar, a partir da revisão de estudos científicos publicados, a importância da avaliação musculoesquelética e biomecânica que precede a realização do *bike fit*.

### Métodos

Foram analisados ensaios clínicos prospectivos e randomizados, artigos, livros e capítulos de livros publicados em datas compreendidas de 1984 e 2009. A busca foi realizada nas línguas inglesa e portuguesa na base de dados como *Medline*, *SciSearch*, *Embase*, *Lilacs*

e *Scielo*. Somente estudos passíveis de ser obtidos em sua versão completa foram analisados. Para isso, foram utilizadas as seguintes palavras chave, por lógica booleana (palavras combinadas por “AND”): ciclista (*cyclist*), avaliação (*evaluation*), lesão (*injury*), biomecânica (*biomechanics*) e *bike fit*.

Todos os resumos obtidos por meio das diferentes estratégias de busca foram avaliados e classificados como: a) elegíveis: estudos que apresentam relevância e têm possibilidade de ser incluídos na revisão; b) não elegíveis: estudos sem relevância, com conteúdo informacional aquém do escopo desta revisão e, conseqüentemente, sem possibilidade de inclusão.

## Resultados

O primeiro levantamento das palavras-chave, por meio de pesquisa eletrônica e sem filtragem, indicou 3.420 artigos. Realizada a primeira filtragem, foram obtidos 442 artigos. Após a aplicação de todos os critérios de elegibilidade, selecionou-se 50 artigos para serem revisados. Foram descartados quinze artigos por não apresentarem conteúdo relevante à pesquisa e outros dois por não terem sido obtidos em sua versão completa. Foram utilizados, ainda, quinze documentos, incluindo livros e capítulos de livros. Do total dos textos utilizados, oito (16,67%) estavam em português e quarenta (83,33%) em inglês. Como resultados, foram encontrados trinta e dois artigos que relatam importância da avaliação musculoesquelética e biomecânica relacionada ao ciclismo<sup>1-16,19-22,24-29,33,35,39-41,46</sup>.

## Discussão

A avaliação musculoesquelética e biomecânica que precede o treinamento do ciclista na pré-temporada é uma excelente oportunidade para o fisioterapeuta tomar conhecimento a respeito das lesões por esforço repetitivo que acometeram o atleta na temporada passada<sup>3</sup>. Fisioterapeutas podem fazer uso desta avaliação para identificar fraquezas musculares ou déficits na flexibilidade, para então orientar os ciclistas quanto à realização de exercícios preventivos<sup>4,5</sup>.

A avaliação clínica deve incluir uma busca completa por informações que possam ser úteis à compreensão do quadro clínico. É recomendado que o examinador questione o ciclista quanto a uma possível transição entre diferentes modalidades esportivas que possa ter contribuído com a lesão. O conhecimento da primeira ocorrência da lesão, assim como se houve troca de sapatilha ou do quadro da bicicleta; ou ainda, se houve mudança do local ou características relacionadas ao treinamento<sup>5</sup>.

Diagnosticar uma patologia é apenas uma etapa do processo de avaliação em um ciclista com lesão por esforço repetitivo (*overuse*). Determinar quais os aspectos biomecânicos que o levaram a desenvolver tal

quadro também é fundamental na prática clínica. Sem esta abordagem o atleta fica sujeito a futuras recidivas<sup>5</sup>. Assim, é recomendado que ortopedistas e fisioterapeutas, atuando na área desportiva adquiram conhecimento acerca das técnicas envolvidas no *bike fit*, possibilitando identificar se a lesão possui origem relacionada ao treinamento ou com ajustes inadequados dos componentes da bicicleta<sup>3</sup>. A avaliação musculoesquelética dos ciclistas é de fundamental importância visto que a diversidade morfológica é notória<sup>5</sup>.

Entende-se por biomecânica o estudo das forças e seus efeitos no corpo humano<sup>6</sup>. O estudo de forças é fundamental em situações estáticas e dinâmicas devido à importância que apresentam na realização de um movimento em equilíbrio com o sistema musculoesquelético. Portanto, o conhecimento dos princípios biomecânicos é essencial para a compreensão das situações normais e patológicas<sup>6</sup>. Ao compreender estes princípios, fisioterapeutas serão capazes de prevenir e tratar os distúrbios musculoesqueléticos de modo mais eficaz<sup>7</sup>. Para Smidt<sup>8</sup> a biomecânica deve ser considerada como uma parte inerente à fisioterapia, que se preocupa com as características distintas da prevenção, avaliação e tratamento do movimento com disfunção.

A avaliação biomecânica para o *bike fit* inclui a avaliação comparativa do comprimento dos membros inferiores; alinhamento dos membros inferiores no eixo vertical; ângulo Q e posição da patela<sup>9,10</sup>. A avaliação postural do ciclista realizada de forma paralela ao *bike fit* é um procedimento necessário por possibilitar ao profissional examinador a melhor compreensão da biomecânica do ciclista, visto que possibilita a prevenção de lesões decorrentes de uma postura inadequada<sup>11</sup>.

Os exames ortopédicos e biomecânicos realizados no ciclista são basicamente os mesmos dos demais pacientes da ortopedia. No entanto, alguns aspectos da avaliação são peculiares ou até mais importantes para o ciclista<sup>12</sup>. A avaliação biomecânica pode, ainda, ser útil na realização de metas específicas de reabilitação ou melhora da eficiência geral<sup>13</sup>. Para a obtenção do melhor desempenho o ciclista precisa ter a bicicleta ajustada de forma adequada à morfologia do seu corpo<sup>14</sup>. Holmes, Pruitt & Whalen<sup>15</sup> afirmam que o tratamento das lesões torna-se ineficaz caso os problemas biomecânicos associados não foram igualmente corrigidos.

A avaliação das lesões por esforço repetitivo em ciclistas deve incluir o exame da região do corpo que se apresenta lesionado, exame ortopédico em geral, inspeção da bicicleta e a observação do ciclista pedalando. A avaliação musculoesquelética é realizada para determinar anatomicamente a origem da dor em casos de lesão existente<sup>12</sup>.

Uma vez que o avaliador analisar o ciclista pedalando no simulador de ciclismo estacionário é importante que se palpe várias áreas enquanto o ciclista pedala, mesmo que não haja problemas em qualquer destas áreas<sup>16</sup>. A palpação pode detectar áreas de risco

para futuras lesões. Caso o ciclista esteja buscando um ajuste da bicicleta após ter sofrido uma lesão por esforço repetitivo o *bike fit* deve, também, ter como objetivo a redução da quantidade de fricção/sobrecarga no local da lesão<sup>5</sup>.

O avaliador deve palpar a superfície anterior dos côndilos femorais para avaliar a quantidade de atrito retinacular no vasto medial e vasto lateral. De igual forma, a articulação fêmoro-patelar e interlinha articular do joelho devem ser palpadas para avaliar presença de dolorimento ou atrito oriundos da pata de ganso (*pes anserinus*), bem como a banda ílio-tibial sobre o epicôndilo femoral lateral e trocânter maior. Realizar palpação enquanto o ciclista pedala torna-se importante devido a dor ser unicamente aparente durante a pedalada<sup>12</sup>.

**A Coluna** - A avaliação da coluna se faz necessária para o ciclista porque algumas disfunções podem decorrer de uma postura inadequada adotada por longos períodos associado a uma possível predisposição<sup>17,18</sup>. Nos ciclistas, as hérnias de disco ocorrem mais freqüentemente na região lombar<sup>17,18</sup> causando dor associada ao abaulamento do disco intervertebral ou extravasamento do núcleo pulposo e compressão da raiz nervosa no canal vertebral<sup>18</sup>. Para Yeager<sup>18</sup>, esta lesão é um caso típico de desgaste e tensionamento decorrente de uma má postura, desequilíbrios musculares e esforço repetitivo. Ciclistas gastam horas pedalando e, muitas vezes, pouco tempo se cuidando<sup>18</sup>. Além da degeneração do disco intervertebral, a hiperlordose, hiperlordose e escoliose são disfunções que podem acometer ciclistas, gerando dor<sup>19</sup>.

Ciclistas que apresentem flexão de tronco excessiva sobre a bicicleta podem contribuir com o mecanismo de lesão do disco intervertebral levando à ruptura do ânulo fibroso posteriormente, evoluindo para os graus de discopatia até a formação de hérnia de disco. Após instalada a hérnia discal, o ciclista é obrigado a interromper a atividade e reavaliar as dimensões do quadro ou posicionamento dos demais componentes para verificar se estão apropriados. A posição do ciclista em excessiva flexão comprime a porção anterior do disco intervertebral e dilata a posterior. Isto enrijece o complexo ligamentar posterior, levando à dor lombar<sup>20</sup>. Quando o ciclista flexiona o tronco em demasia para frente, como ocorre no *triathlon* e no contra-relógio, a pelve realiza uma retroversão levando à câmbra da região lombosacra, pela retificação da lordose lombar, o que aumenta a pressão sobre os discos intervertebrais<sup>11</sup>. A anteroversão neste caso alivia a pressão sobre a lombar, porque os eretores da espinha e oblíquos externos estão menos tensionados. Além disso, uma anteroversão pélvica aumenta o comprimento do glúteo máximo, permitindo otimizar sua eficiência mecânica<sup>11</sup>, segundo a relação força-comprimento.

A cifose torácica pode ficar menos pronunciada quando a postura do ciclista oferece uma anteroversão pélvica aliada à flexão de tronco adequada, em casos nos quais o tubo horizontal efetivo (*top tube effective*)

encontra-se com dimensão apropriada. Isso previne a hiperlordose cervical e a demasiada contração dos músculos paravertebrais e elevadores da escápula, situação comum em ciclistas que apresentam exagerada hiperextensão da coluna cervical<sup>11</sup>.

Para reduzir o risco de lombalgia relacionada ao esporte é defendida a utilização de testes funcionais em atletas na pré-temporada, a fim de identificar uma disfunção da estrutura lombo-pélvica, também denominado de *Core*. *Core* refere-se aos músculos que controlam o movimento e estabilizam a pelve e coluna lombar. Com esta avaliação é possível identificar a fraqueza muscular ou padrões de movimento com disfunção que, não sendo corrigidos, podem contribuir para uma lesão na região lombar<sup>21</sup>. Fraqueza ou falta de controle motor na musculatura que constitui o *core* pode levar a movimentos menos eficientes, padrões de movimentos compensatórios, distensão e lesões por *overuse*<sup>22</sup>, como, por exemplo, síndrome da banda ílio-tibial e dor fêmoro-patelar<sup>23</sup>. A coluna lombar, o joelho e o tornozelo são alvos constantes de disfunções da estrutura lombo-pélvica<sup>24</sup>.

Quando o ciclista tem uma escoliose ou uma inclinação pélvica lateral, alterando a espessura de um dos lados do selim, é provável que seja necessário otimizar o equilíbrio muscular dos paravertebrais<sup>12</sup>. Por meio do teste de Adams<sup>25</sup> e pelo método de Cobb, é possível se observar a presença de escoliose mensurando o ângulo da curva escoliótica<sup>25</sup>.

**O Quadril** - O ângulo de inclinação e de rotação do colo femoral em adultos é de 120-135<sup>o25</sup> e 12-25<sup>o26</sup>, respectivamente. A média do ângulo de inclinação no adulto é de 125<sup>o26</sup>. Quando este ângulo apresenta-se maior do que 135<sup>o</sup>, caracteriza-se o tipo coxa valga, enquanto a coxa vara refere-se ao ângulo de inclinação menor do que 120<sup>o25</sup>. A ocorrência de coxa valga pode causar uma elevação do ílaco ipsilateral e conseqüentemente um membro anatomicamente mais longo, resultando em adução do quadril ipsilateral e eventual encurtamento dos músculos adutores podendo ainda ocorrer tensionamento da banda ílio-tibial e bursite trocântérica. A ocorrência de coxa vara ou valga unilateral sempre levará ao aparecimento do Sinal de Trendelenburg<sup>26</sup>.

Quando o ângulo de rotação é maior que 25<sup>o</sup>, se caracteriza uma anteroversão no fêmur, enquanto que para um ângulo menor que 12<sup>o</sup> caracteriza-se uma retroversão. Quando este ângulo está aumentado, o quadril apresenta-se em rotação lateral e os côndilos femorais estão rodados medialmente em relação ao colo femoral. Nessa situação o fêmur roda medialmente durante a marcha causando joelho valgo e/ou hiperpronação do pé<sup>26</sup>. Esta anteroversão da cabeça do fêmur favorece a luxação anterior da referida articulação<sup>26</sup> bem como o desenvolvimento de dor fêmoro-patelar<sup>27</sup>.

Ao analisar o ciclista a partir da vista posterior, o fisioterapeuta deve observar se a pelve apresenta movimentação aumentada. A pelve deve estar

relativamente estacionária, sem movimentação látero-lateral, se isto não ocorrer, é possível que o selim esteja muito alto<sup>12</sup>.

Um ângulo de marcha anormal resulta em excessivo posicionamento do pé em desvio medial (*toe in*) ou lateral (*toe out*). Neste caso, o taco da sapatilha deve ser ajustado de modo que o tornozelo, o joelho e a coxa permaneçam coincidentes. Taco é um dispositivo fixado no solado da sapatilha com objetivo de acoplá-la ao pedal. Se uma torção maleolar excessiva encontra-se presente, precauções devem ser tomadas para limitar a quantidade de desvio medial. Excessiva rotação medial corretiva quando o ciclista aprenda excessiva rotação lateral pode colocar o ligamento cruzado anterior sob tensão<sup>28</sup>, pois este movimento está associado à sua compressão contra a fossa intercondilar do fêmur<sup>29</sup>.

Em decorrência da possibilidade da coxa poder se apresentar vara ou valga, a determinação do comprimento do pedivela pela distância do solo ao trocânter maior, sugerida por alguns autores<sup>12,16</sup> pode diferir consideravelmente da determinação pelo cavalo, utilizada por Mestdagh<sup>11</sup>. Defini-se por cavalo a distância do solo à sínfise púbica<sup>2,11,14,19</sup>, estando os pés descalços<sup>11,14,19</sup>, paralelos e distanciados em 20 cm. Quando a coxa é valga, a distância do solo ao trocânter maior fica sendo menor que o cavalo, e em caso de coxa vara, a distância do chão ao trocânter maior fica maior que o cavalo.

**O Joelho e o Ângulo Q** - No plano frontal e em posição ortostática, o joelho apresenta um valgismo fisiológico de que varia de 5 a 7°, denominado de eixo anatômico. Para valores superiores a 7° diz-se que o joelho apresenta valgismo e para menores que 5°, varismo<sup>30</sup>.

O ângulo Q é definido como sendo o ângulo entre o músculo quadríceps (principalmente o reto da coxa) e o tendão patelar<sup>25,27,31</sup>. Normalmente, com os joelhos estendidos e quadríceps relaxado, esse ângulo é de 13° nos homens e 18° nas mulheres<sup>25,31</sup>.

O ângulo Q elevado pode contribuir para o desalinhamento fêmoro-patelar. Um aspecto importante está relacionado à alteração substancial do ângulo Q com a flexão do joelho devido ao movimento látero-lateral criado pela disparidade de tamanho no côndilo femoral. Enquanto o ciclista está sobre a bicicleta, o avaliador deve analisar o ciclista a partir do plano frontal (anterior e posterior) e sagital.

O ângulo Q menor que 13° pode estar associado à condromalácia fêmoro-patelar, enquanto um ângulo maior do que 18° freqüentemente está associado à subluxação patelar, aumento da anteroversão femoral, joelho valgo, desvio lateral da tuberosidade anterior da tibia, ou ainda, aumento da rotação lateral da tibia<sup>31</sup>. O ângulo Q aumentado pode resultar em risco de desenvolver a síndrome da dor fêmoro-patelar<sup>27</sup>.

Um alinhamento não adequado da tibia em relação ao fêmur resulta em um desvio, medial ou lateral, da articulação fêmoro-patelar. O desalinhamento fêmoro-patelar pode levar a uma pressão não-uniforme na

superfície articular da patela, o qual resulta em pequenas áreas com elevada pressão sobre a cartilagem e excessiva fricção do retináculo sobre os côndilos femorais. Para avaliar um possível desgaste da cartilagem retropatelar o teste de Clarke<sup>27</sup> pode ser realizado. Nele o examinador coloca o ciclista em decúbito dorsal, posiciona a prega interdigital entre o primeiro e o segundo dedo sobre a base da patela (região suprapatelar) e solicita a contração do músculo quadríceps. Sinal de dor indica teste positivo, porém falsos positivos são comuns de ocorrer<sup>27</sup>.

Durante a pedalada, o pé e a articulação coxo-femoral apresentam-se como referenciais anatômicos fixos. Assim, o joelho movimenta-se no sentido médio-lateral com o propósito de compensar maior raio do côndilo medial<sup>12</sup>. É esperado que a tuberosidade anterior da tibia descreva uma discreta trajetória oval ou em forma de oito estreito cujo deslocamento se aproxima do eixo orientado verticalmente. Este movimento é dependente do valgismo fisiológico. Caso o joelho descreva uma trajetória aumentada, em relação ao eixo vertical, o ciclista corre risco de desenvolver lesões por desalinhamento articular<sup>12,32</sup> combinado à aplicação não-uniforme de força nas estruturas articulares.

O encurtamento da banda flio-tibial pode ser verificado por meio do uso do teste de Ober<sup>3,16,33</sup>. O encurtamento desta estrutura ocasiona fricção no côndilo lateral do fêmur criando fricção e irritação. Isto ocorre quando o joelho está fletido entre 0° e 30°, especialmente a 30°, região conhecida como zona de impacto – *impingement zone*<sup>33-36</sup>. Um teste que ajuda na avaliação de uma possível síndrome da banda flio-tibial é o teste de Noble<sup>27,37</sup>. A radiografia com incidência axial ou em silhueta ('nascer do sol') pode ser útil para mostrar inclinação patelar lateral<sup>27</sup>.

O desalinhamento do joelho em varo ou valgo pode causar estresse excessivo sobre o tendão quadricepsal<sup>16,38</sup>. Esse desalinhamento é melhor tratado por meio do uso de órteses, cunhas corretivas e/ou reposicionamento do taco<sup>16</sup>. O joelho em valgo leva ao desenvolvimento de condromalácia patelar<sup>33,38</sup>, tendinite dos ísquios-tibiais<sup>28,38</sup>, tendinite patelar e bursite/tendinite anserina<sup>37</sup> além de irritação da plica medial<sup>16,28,33,38</sup>, enquanto o joelho em varo favorece a síndrome da banda flio-tibial<sup>27,28,33,34,38</sup>, tendinite quadricepsal e tendinite do bíceps femoral<sup>28,38</sup>.

O aumento no ângulo Q ocorre quando o joelho é desviado para medial no plano sagital e rotado medialmente. Com o aumento deste ângulo desenvolve-se um desequilíbrio muscular associado<sup>12</sup>. Ciclistas com um evidente aumento neste ângulo, combinado um aumento funcional são menos responsivos ao tratamento porque ainda que ocorra um realinhamento do joelho o aumento anatômico não deixa de existir<sup>12</sup>.

**Perimetria e Força Muscular em Membros Inferiores** - Comparações relativas ao volume muscular entre os membros inferiores do ciclista são feitas por meio da medição da circunferência da coxa com uso de uma fita métrica, partindo-se das seguintes referências:

8 cm<sup>39</sup>, 15 cm e 23 cm<sup>25</sup> acima da interlinha articular medial do joelho e 15 cm abaixo da mesma interlinha. É importante o avaliador informar se posicionou a fita abaixo ou acima da marcação<sup>25</sup> para que não ocorra variação na perimetria realizada. Hoppenfeld<sup>39</sup> afirma que 8 cm acima da interlinha articular medial é uma distância bem adequada e precisa para se analisar o trofismo dos músculos vasto medial e lateral. A utilização da interlinha justifica-se por ser um referencial anatômico mais constante, visto que a patela pode apresentar-se elevada ou rebaixada em determinadas circunstâncias<sup>25</sup>.

Fraqueza dos músculos quadríceps e ísquios-tibiais pode ser avaliada por teste de resistência manual para extensores e flexores do joelho e flexores da coxo-femoral<sup>3,10</sup>, utilizando como parâmetro a escala clínica de Hignet<sup>40</sup>. Resultados mais precisos são obtidos pelo uso de dinamômetro isocinéticos<sup>3</sup>.

O desequilíbrio muscular é um fator de risco que contribui com a ocorrência de lesão por *overuse*<sup>5,41</sup>, pode desencadear a seqüência: restrição, compensação, ganho de mobilidade, patologia e dor. Uma restrição devido a um desequilíbrio muscular pode levar a um mecanismo compensatório para realizar o movimento, gerando um ganho, que por não ser fisiológico, leva à lesão e subsequente dor<sup>42</sup>.

Exercícios progressivos de reforço muscular são necessários para pacientes que apresentam fraqueza muscular. As atividades iniciais incluem exercícios isométricos para o quadríceps e os ísquio-tibiais. Exercícios isotônicos, como a elevação em flexão e extensão do membro inferior estendidos, podem ser realizados em uma etapa subsequente no fortalecimento muscular. Por último, os pacientes executam flexão excêntrica e extensão do joelho resistida com pesos<sup>3</sup>.

Um bom condicionamento muscular da estrutura lombo-pélvica é visto como sendo crucial à eficiência funcional e biomecânica para maximizar a produção de força e minimizar as cargas nas articulações em todas as modalidades esportivas<sup>43</sup>. Além disso, tem uma importante função na prevenção de lesão musculoesquelética<sup>44</sup>.

**Comprimento dos Membros Inferiores** – É incomum a ocorrência de um membro inferior mais curto do que o outro<sup>2</sup>. A discrepância de comprimento que pode ser tolerável com a deambulação pode torna-se problemática no ciclismo devido à enorme quantidade de revolução por minuto<sup>2</sup>. Um ciclista durante uma hora de treino pode ultrapassar cinco mil pedaladas<sup>33,41</sup>. Para se ter o valor exato da variação do comprimento, o ortopedista deve solicitar uma escanometria dos membros inferiores do ciclista, exame milimetricamente fidedigno e capaz de determinar facilmente se a variação ocorre no fêmur ou na tíbia, ou em ambos<sup>1,2,19</sup>. A discrepância de comprimento nos membros inferiores é um dos fatores etiológicos da tendinite aquileana, tendinite dos ísquios-tibiais, bursite/tendinite anserina<sup>27,32,37</sup>, síndrome da banda ílio-tibial<sup>2,27,34</sup> e lombalgia<sup>12,19,28</sup>.

Segundo Magee<sup>25</sup>, a mensuração do comprimento dos membros inferiores na América do Norte geralmente é feita da espinha íliaca ântero-superior até o maléolo medial. Porém esses valores podem ser alterados por uma atrofia muscular ou pela obesidade. A probabilidade da mensuração até o maléolo lateral ser afetada pelo volume muscular é menor. Para o autor, a escolha do maléolo fica a critério de examinador.

Quando existe discrepância de comprimento o avaliador deve determinar o local de sua ocorrência, medindo do ponto alto da crista íliaca até o trocânter maior (para a coxa vara); do trocânter maior até a linha articular lateral do joelho (para comprimento do fêmur) e da linha articular medial do joelho até o maléolo medial (para comprimento da tíbia)<sup>25</sup>.

Na presença de discrepância de comprimento o membro mais comprido tenta torna-se mais curto por meio de movimentos compensatórios. Estas compensações podem ocorrer no pé, joelho ou quadril. A ocorrência no pé leva a um rebaixamento do arco plantar longitudinal no membro mais comprido, promovendo uma rotação medial da perna (tíbia) podendo aumentar o estresse sobre o joelho. Lesão decorrente deste estresse aumentado pode simular um desalinhamento por antepé varo. De outro modo, o pé do membro mais curto pode sofrer uma supinação<sup>28</sup>.

No joelho, o membro mais comprido também pode assumir uma posição em geno valgo para ficar mais curto ou se apresentar tipicamente mais fletido do que seu contralateral, que é mais curto. Na pelve, o membro mais curto pode tentar torna-se mais comprido pela inclinação para o mesmo lado. Isto irá causar uma rotação do tronco para o lado oposto, ocasionando um sobrecarga na coluna lombar<sup>28</sup>.

Identificar presença de discrepância de comprimento nos membros inferiores e promover sua devida correção previne a ocorrência lesão musculoesquelética no ciclista<sup>2,14,28,33</sup>. Corrigir a discrepância depende de qual segmento é o mais curto. Lefever-Button<sup>28</sup> recomenda usar um braço de pedivela menor para o membro cujo segmento mais curto é o fêmur, ou ainda, elevar a sapatilha por meio de calço caso a tíbia seja o segmento mais curto. A correção por meio de calço entre o taco e a sapatilha também é citada por outros autores<sup>2,14,28,33</sup>.

**Rotação de Tíbia** - Ao avaliar a rotação tibial, o examinador deve lembrar que um certo grau de rotação lateral da tíbia, 13° a 18° no adulto, é normal. A verificação de rotação da tíbia dentro da angulação fisiológica faz-se necessário visto que muitas disfunções musculoesqueléticas que acometem o ciclista decorrem de uma rotação medial da tíbia que ultrapassa os limites previstos em literatura. Para avaliar a rotação tibial o examinador posiciona o ciclista em decúbito dorsal, certificando que os côndilos encontram-se no plano frontal (patela direcionada para cima), palpa-se os ápices de ambos os maléolos com uma mão e traça uma linha sobre o calcanhar unindo os dois ápices maleolares. Em seguida, uma segunda linha é traçada sobre o calcanhar, paralela ao solo. O ângulo formado

pela intersecção das duas linhas indica a magnitude da rotação lateral da tibia<sup>25</sup>.

Quando a tibia apresenta rotação medial o ciclista que tem plica medial pode aumentar a pressão sobre a mesma ao longo de todo o côndilo femoral medial durante a pedalada<sup>16,28,33,38</sup>. A rotação medial da tibia também pode levar à tendinite patelar<sup>16,38</sup> pelo aumento da tensão sobre o tendão bem como a síndrome da banda flio-tibial<sup>27,28,38</sup> ao mover o tubérculo de Gerdy para medial aumentando o atrito da banda flio-tibial sobre o côndilo femoral lateral<sup>16</sup>. É a rotação tibial medial que está associada ao geno varo, enquanto a rotação tibial lateral encontra-se associada ao geno valgo<sup>25</sup>. A rotação lateral da tibia está relacionada à bursite/tendinite anserina<sup>38</sup>.

Já a síndrome da dor fêmoro-patelar pode tanto ser resultante da rotação lateral<sup>33</sup> como medial da tibia<sup>3</sup> dado que estas deformidades rotacionais alteram a área de congruência articular entre a patela e a tróclea levando ao aumento da compressão e cisalhamento na faceta lateral da patela. A rotação tibial excessiva pode contribuir para condições como condromalácia patelar, instabilidade fêmoro-patelar e encarceramento do coxim adiposo<sup>25</sup>.

**Pé** - Ao realizar a análise da marcha, o avaliador deve dar atenção especial à posição do pé do ciclista em relação ao joelho durante a fase de apoio. Isto aproxima a posição de preferência do pé no pedal em relação ao joelho durante a fase de propulsão do ciclo da pedalada. A fase de apoio fornece informações a respeito da reação do pé à descarga de peso. No pedal da bicicleta o pé tende a reagir da mesma forma<sup>12</sup>.

Pronação excessiva do pé pode inclinar o joelho medialmente durante toda a fase propulsiva e criar um movimento semelhante ao criado pelo geno valgo. Assim, o joelho se mova lateralmente ao final da fase recuperativa e medialmente na segunda metade da fase propulsiva visto que a extensão do joelho acentua as diferenças do tamanho dos côndilos femorais<sup>12</sup>. Para medir o grau de pronação do pé pode-se fazer uso da linha de Feiss<sup>25</sup>.

O pé hiperpronado (ou plano-valgo) pode se desenvolver a partir de uma disfunção do tendão do músculo tibial posterior. Esta disfunção pode resultar em tenossinovite ou tendinose. O tendão do tibial posterior é a principal estrutura de suporte do mediopé por contrabalançar o estresse gerado pela descarga de peso. O local da disfunção se correlaciona com o aporte sanguíneo ao tendão do tibial posterior, que inclui uma zona de hipovascularização de 14 mm começando 40 mm proximal à inserção do tendão na tuberosidade do navicular. Esta zona hipovascular é, depois, atingida por estresse mecânico no tendão do tibial posterior pela curva acentuada que realiza ao passar atrás do maléolo medial<sup>45</sup>.

O pé hiperpronado é agravado pela ação dos músculos fibular longo e curto, sem a presença dos seus antagonistas. O valgo muito acentuado chega a 20°, ângulo mensurado entre o eixo longitudinal de

calcanhar e o tendão de Aquiles, ultrapassando e muito os 5° de variação fisiológica<sup>45</sup>. Quando o tendão de Aquiles se mostra inclinado lateralmente, pode ser indicação de um arco plantar longitudinal medial caído, justificando o pé plano. A esta situação dá-se o nome de sinal de Helbing<sup>25</sup>.

Ciclistas com potencial competitivo freqüentemente buscam fazer uso de sapatilha<sup>12</sup>. Neste caso é importante que o fisioterapeuta ou ortopedista avalie a anatomia do pé observando possíveis alterações nos arcos plantares. Se uma hiperpronação é notada, a indicação de órtese no interior da sapatilha ou cunha corretiva entre o solado e o taco<sup>16</sup> pode corrigir a disfunção encontrada e realinhar o segmento. As cunhas corretivas podem ser removidas caso o ajuste realizado não seja satisfatório<sup>12</sup>.

A hiperpronação pode desencadear disfunções musculoesqueléticas como: tendinite aquileana, síndrome da banda flio-tibial<sup>27,28,33,34,38</sup>, irritação da plica medial<sup>28,34,38</sup>, tendinite patelar<sup>37</sup>, bursite/tendinite anserina<sup>37</sup>, tendinite do tibial posterior<sup>37</sup> e síndrome da dor fêmoro-patelar<sup>27,38</sup>.

O taco deve ser ajustado apropriadamente no plano sagital e transversal para evitar ocorrência de lesões no joelho. Independente do modelo de taco utilizado pelo ciclista, o alinhamento adequado deste componente deve permitir posicionar o pé, a perna e a coxa em uma orientação que não cause tensão ou qualquer outro comprometimento às várias articulações dos membros inferiores. A posição do taco deve ser avaliada toda vez que um ajuste é realizado na bicicleta ou na própria sapatilha, como ocorre quando se insere uma órtese entre o solado e a palmilha<sup>12</sup>.

O antepé varo é a posição em inversão do antepé em relação ao retopé. A compensação desta inversão resulta em excessiva pronação da articulação subtalar com rotação medial da tibia levando a um estresse em valgo sobre o joelho e desvio da coxa para medial. Como resultado, as estruturas mediais ficam alongadas e as laterais sofrem compressão. Com o antepé valgo ocorre o oposto, isto é, uma eversão do antepé em relação ao retopé, cuja compensação resulta em excessiva supinação da articulação subtalar com rotação lateral da tibia, levando a um estresse em varo sobre o joelho e abdução da coxa. Isto alonga as estruturas laterais ao joelho, comprime as laterais e força a patela mais medialmente<sup>28</sup>.

Os pés podem contribuir muito com o desvio do joelho em adução, resultando em um aumento no ângulo Q quando o pé se inclina medialmente devido a supinação da articulação de Chopart, antepé varo ou pronação do retopé. Muitos ciclistas com lesão em membros inferiores secundária a um aumento no ângulo Q apresentam um antepé varo. Assim, para trazerem a borda medial do pé até ao pedal, a perna se inclina mais perto do *top tube* da bicicleta, gerando um aumento do referido ângulo e um desequilíbrio muscular associado. Espera-se que o eixo horizontal do joelho trabalhe perpendicularmente à circunferência realizada pelo pedivela e paralelo ao eixo do movimento central<sup>12</sup>.

**Flexibilidade Muscular** - Focar flexibilidade dos músculos quadríceps e ísquios-tibiais, banda fliotibial<sup>3,19,46</sup> e musculatura da região lombar, do ombro e da cervical<sup>46</sup> é importante e deve estar incluso no programa de treinamento do ciclista<sup>3,19,46</sup>. Uma boa flexibilidade muscular é um fator importante para manutenção de uma boa postura sobre a bicicleta<sup>19,46</sup>.

A flexibilidade do quadríceps pode ser avaliada através da realização do teste de Ely<sup>3</sup>. A flexibilidade dos ísquios-tibiais pode ser avaliada por meio do ângulo poplíteo<sup>3,20</sup> ou pelo teste de sentar-e-alcançar<sup>3</sup>; a dos flexores da coxo-femoral pelo teste de Thomas<sup>3,20</sup>; a da banda fliotibial pelo teste de Ober<sup>3,16</sup>; a do gastrocnêmio pelo teste de Silverskiöld<sup>47</sup> e a da cadeia posterior pelo teste do Terceiro Dedo-Solo<sup>25,48</sup>.

### Conclusão

À medida que as pessoas iniciam a prática do ciclismo com intenção de manter ou melhorar o condicionamento cardiovascular, nota-se um aumento da incidência de dor ou lesão em consultórios médicos e fisioterapêuticos. O *bike fit* para estes novos adeptos ajusta a bicicleta ao corpo de cada um da forma mais adequada possível, reduzindo o risco em potencial de lesões em ciclistas. A avaliação musculoesquelética combinada ao *bike fit* ajuda no tratamento das lesões diagnosticadas. Fisioterapeutas da área desportiva são excepcionalmente qualificados para realizar a avaliação musculoesquelética e biomecânica bem como o ajuste da bicicleta ao ciclista, quando têm conhecimento das técnicas do *bike fit*.

### Referências

- Bouché RT, Vincent PM, Sullivan K. *Bike Fit* Evaluation: Can it Help Diagnose and Prevent Cycling Injuries? *Podiatry Today* 2006; 19(12): 28-34.
- Burke ER, Pruitt AL. Body Positioning for Cycling. In: Burke ER. *High-Tech Cycling*. 2<sup>nd</sup> ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2003, p. 69-92.
- Asplund C, St Pierre P. Knee Pain and Bicycling - Fitting Concepts for Clinicians. *Phys Sportsmed*. 2004; 32(4): 23-30.
- Abt JP, Smoliga JM, Brick MJ, Jolly JT, Lephart SM, Fu FH. Relationship Between Cycling Mechanics and Core Stability. *J. Strength Cond. Res.* 2007; 21(4): 1300-4.
- O'Connor FG, Howard TM, Fieseler CM, Nirschl RP. Managing Overuse Injuries: A Systematic Approach. *Physician Sportsmed*. 1997; 25(5): 88-113.
- LeVeau BF. *Biomechanics: A Summary of Perspectives*. *Physical Therapy* 1984; 64(12): 1812.
- LeVeau BF, Bernhardt DB. *Developmental Biomechanics: Effect of Forces on the Growth, Development, and Maintenance of the Human Body*. *Physical Therapy* 1984; 64(12): 1874-82.
- Smidt GL. *Biomechanics and Physical Therapy: A Perspective*. *Physical Therapy* 1984; 64(12): 1807-8.
- Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, McKenzie DC, Lloyd-Smith DR. A Retrospective Case-Control Analysis of 2002 Running Injuries. *Br J Sports Med*. 2002; 36(2): 95-101.
- Margherita T. The Sports Medicine Approach to Musculoskeletal Medicine. In: Buschbacher R, Prahlow ND, Dave SJ. *Sports Medicine and Rehabilitation: A Sport-Specific Approach*. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins, 2009, p. 23-30.
- Mestdagh K. de Vey. Personal Perspective: in Search of an Optimum Cycling Posture. *Applied Ergonomics* 1998; 29(5): 325-34.
- Sanner WH, O'Halloran WD. The Biomechanics, Etiology, and Treatment of Cycling Injuries. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2000; 90(7): 354-76.
- Timmer CAW. Cycling Biomechanics: A Literature Review. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1991; (14)3: 106-14.
- Silberman MR, Webner D, Collina S, Shiple BJ. Road Bicycle Fit. *Clin J Sport Med*. 2005; 15(4): 271-6.
- Holmes JC, Pruitt AL, Whalen NJ. Cycling knee injuries. Common Mistakes that Cause Injuries and How to Avoid Them. *Cycling Science* 1991; 3(2): 11-15.
- Wanich T, Hodgkins W, Columbier J-A, Muraski E, Kennedy JG. Cycling Injuries of the Lower Extremity. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2007; 15(12): 748-56.
- Colson E. Core Stability for Cycling. *Bicycling Australia* 2006; 52-4.
- Yeager S. Cycling Injury Prevention: Sitting Disease. *Bicycling* 2009 March; 56-9.
- Pruitt AL, Matheny F. *Andy Pruitt's Complete Medical Guide for Cyclists*. Boulder, CO: VeloPress, 2006.

20. Asplund C, Webb C, Barkdull T. Neck and Back Pain in Bicycling. *Curr Sports Med Rep*. 2005; 4(5): 271-4.
21. Brumitt J. Using Functional Tests to Identify Core Weakness. *NSCA's Performance Training Journal* 2008; 7(6): 5-6.
22. Fredericson M, Moore T. Muscular Balance, Core Stability, and Injury Prevention for Middle- and Long-Distance Runners. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2005; 16(3): 669-89.
23. Taylor L. Hard Core Cycling. *Impact Magazine* 2005 May/June; 44-5.
24. Willardson JM. Core Stability Training for Healthy Athletes: A Different Paradigm for Fitness Professionals. *National Strength and Conditioning Association* 2007; 29(6): 42-49.
25. Magee DJ. Avaliação Músculoesquelética. 4ª ed. São Paulo: Manole, 2005.
26. Fontana RF, Santo ASE. Articulação do Quadril. In: Carvalho CRF, Tanaka C. *Cinesiologia e Biomecânica dos Complexos Articulares*. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, p. 150-175.
27. Walker JJ, Dave SJ. Road Bike Injuries. In: Buschbacher R, Prahlow ND, Dave SJ. *Sports Medicine and Rehabilitation: A Sport-Specific Approach*. 2ª ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins, 2009, p. 109-18.
28. Lefever-Button S. Cycling. In: Shamus E, Shamus J. *Sports Injury - Prevention & Rehabilitation*. 1ª ed. McGraw-Hill, 2001, p. 459-83.
29. Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core Stability and its Relationship to Lower Extremity Function and Injury. *J Am Acad Orthop Surg*. 2005; 13(5): 316-25.
30. Fluhme DJ, Kaplan LD, Fu FH. Joelho e Perna. In: Greene WB. *Ortopedia de Netter*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006, p. 326-48
31. Sá CSC. Complexo Articular do Joelho. In: Carvalho CRF, Tanaka C. *Cinesiologia e Biomecânica dos Complexos Articulares*. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, p. 178-207.
32. Bailey, MP, Maillardet FJ, Messenger N. Kinematics of Cycling in Relation to Anterior Knee Pain and Patellar Tendinitis. *Journal of Sports Sciences* 2003; 21(8): 649-57.
33. Holmes JC, Pruitt AL, Whalen NJ. Lower Extremity Overuse in Bicycling. *Clin Sports Med*. 1994; 13(1): 187-203.
34. Farrell KC, Reisinger KD, Tillman MD. Force and Repetition in Cycling: Possible Implications for Iliotibial Band Friction Syndrome. *Knee* 2003; 10(1): 103-9.
35. Schwellnus MP, Derman EW. Common Injuries in Cycling: Prevention, Diagnosis and Management. *SA Fam Pract*. 2005; 47(7): 14-19.
36. Callaghan MJ. Lower Body Problems and Injury in Cycling. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 2005; 9(3): 226-36.
37. Dubin J. Evidence Based Treatment for Iliotibial Band Friction Syndrome - Review of Literature. *Sports Therapy* 2006 December; 1-7.
38. Kronisch RL. Mountain Biking Injuries: Fitting Treatment to the Causes. *Phys Sportsmed*. 1998; 26(3): 64-70.
39. Hoppenfeld S. *Propedêutica Ortopédica: Coluna e Extremidades*. 1ª ed. São Paulo: Atheneu, 1999.
40. Ferreira AS. *Lesões Nervosas Periféricas*. 2ª ed. São Paulo: Santos, 2001.
41. Caselli MA, Rzonca EC, Rainieri JJ. Secrets To Treating Bicycling Injuries. *Clin Sports Med*. 2005; 18(8): 108-12.
42. Comerford MJ, Mottram SL. Functional Stability Re-Training: Principles and Strategies for Managing Mechanical Dysfunction. *Manual Therapy* 2001; 6(1): 3-14
43. Kibler WB, Press J, Sciascia A. Role of Core Stability in Athletic Function. *Sports Med*. 2006; 36(3): 189-98.
44. Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Core Stability Measures as Risk Factors For Lower Extremity Injury In Athletes. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2004; 36(6): 926-34.
45. Baumhauer JF. Tornozelo e Pé. In: Greene WB. *Ortopedia de Netter*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006, p. 350-76.
46. Nichols CE. Injuries in Cycling. In: Renstrom PAFH. *Clinical Practice of Sports Injury Prevention and Care: Olympic Encyclopaedia of Sports Medicine*. 2ª ed. Oxford, United Kingdom: Wiley-Blackwell Sciences Ltd, 1994, p. 514-25.

- 
47. Saxena A, Di Giovanni CW. The Achilles Tendon, Ankle Equinus, and Athletes. Maffulli N, Almekinders LC. The Achilles Tendon. New York: Springer, 2007.
48. Cipriano JJ. Manual Fotográfico de Testes Ortopédicos e Neurológicos. 4ª Ed. São Paulo: Manole, 2005.

