

Avaliação isocinética de extensores e flexores de joelho de ciclistas amadores

<https://doi.org/10.11606/issn.1981-4690.2023e37195169>

Thais Andréia Schepa Weber*
Letícia Pereira*
Gerson Saciloto Tadiello*
Anderson Rech*
Leandro Viçosa Bonetti*

*Universidade de
Caxias do Sul, Caxias
do Sul, Rio Grande do
Sul, Brasil.

Resumo

O objetivo do presente estudo foi analisar o desempenho muscular de extensores e flexores de joelho de ciclistas amadores do sexo masculino. Participaram deste estudo 20 ciclistas de estrada amadores, do sexo masculino, com idade média de 37,70 ($\pm 4,34$) anos, tempo médio de prática esportiva de 12,05 ($\pm 7,99$) anos, frequência média de treino semanal de 4,75 ($\pm 1,16$) dias e distância média semanal percorrida de 301,90 ($\pm 97,44$) quilômetros. Para avaliação do desempenho muscular dos extensores e flexores de joelho foi utilizado um dinamômetro isocinético, no modo concêntrico-concêntrico, nas velocidades angulares de 60°/s., 120°/s., 180°/s. e 240°/s. Os parâmetros analisados foram o pico de torque de extensores e flexores de joelho, além da razão flexores/extensores. O teste t pareado de Student foi utilizado para verificar assimetrias entre os membros e foi considerado o nível de significância de $p < 0,05$. Na comparação entre o membro dominante e o membro não-dominante, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os membros, tanto na análise dos valores médios de pico de torque como da razão flexores/extensores em todas as velocidades angulares avaliadas. Os resultados sugerem que, em ciclistas amadores, os movimentos cíclicos e com exigências bilaterais idênticas podem ser responsáveis pelas simetrias encontradas. Entretanto, os valores baixos da razão flexores/extensores apontam desequilíbrios musculares entre extensores e flexores de joelho, o que pode resultar em um maior risco de lesões.

PALAVRAS-CHAVE: Ciclismo; Desempenho atlético; Dinamômetro de força muscular; Joelho.

Introdução

O número de praticantes do ciclismo vem aumentando, fazendo desse esporte um dos esportes mais populares no mundo^{1,2}. Diversas modalidades foram criadas, e entre as mais populares pode-se destacar o ciclismo de estrada, ciclismo em pista, mountain bike, BMX e para-ciclismo^{3,4}. O ciclismo de estrada se caracteriza por provas em trechos planos e longos, geralmente percorridos em altas velocidades e em grandes grupos⁵. Esta modalidade também

se caracteriza pela presença de algumas variáveis incontrolláveis, como condições meteorológicas, altitude, tática de equipe e direção do vento, as quais podem afetar o desempenho do ciclista⁶.

Apesar da prática do ciclismo trazer inúmeros benefícios à saúde e, conseqüentemente, à melhora da qualidade de vida de seus praticantes¹, ciclistas recreativos apresentam um elevado índice de lesões⁷. As regiões mais comumente afetadas por lesões decorrentes do ciclismo são o ombro,

coluna lombar, coluna cervical e o joelho⁸⁻¹⁰. O joelho é a região dos membros inferiores mais acometida por lesões em ciclistas^{11,12}, sendo que entre as principais causas desses eventos, está um aumento desproporcional de força dos extensores do joelho, quando comparados aos músculos do grupo flexor^{12,13}. Cabe, no entanto, salientar que os elevados índices de lesões no joelho também podem ser decorrentes de fatores intrínsecos e/ou extrínsecos, incluindo volume de treinamento, técnicas inapropriadas³, fatores anatômicos, funcionais, retrações musculotendíneas¹⁴ e movimentos repetitivos que podem resultar em lesões de origem não traumática^{15,16}.

Entretanto, além do risco de lesão provocado pelos desequilíbrios musculares, a otimização do recrutamento muscular dos extensores e flexores de joelho também é importante para a melhora do desempenho, pois são grupos musculares que contribuem de forma distinta nas fases da pedalada¹⁷. Por isso, a avaliação da função muscular é um importante parâmetro a ser considerado, tanto para projetar programas de prevenção de lesões como para identificar déficits e melhorar o desempenho muscular dos praticantes desta modalidade esportiva. Entre as ferramentas de mensuração da função muscular, destaca-se a dinamometria isocinética, um método

seguro, confiável e preciso de avaliação da força muscular em velocidade controlada^{18,19}. As avaliações isocinéticas, além de serem utilizadas na reabilitação, também são utilizadas para melhora do desempenho muscular e identificação de fatores de risco de lesões musculoesqueléticas²⁰. Dentre as variáveis avaliadas, o pico de torque, ou seja, o ponto de maior força em determinada amplitude de movimento é a variável mais utilizada e a comparação entre o membro dominante e membro não-dominante²¹. Outro parâmetro comumente utilizado para análise de equilíbrio muscular é a razão agonista/antagonista, sendo na articulação do joelho também denominada razão flexores/extensores, que é calculada a partir do percentual obtido através da divisão do pico de torque concêntrico dos flexores pelo pico de torque concêntrico dos extensores de joelho²²⁻²⁴. No entanto, apesar da literatura científica apresentar um grande número de estudos sobre a avaliação isocinética de extensores e flexores de joelho em diferentes modalidades esportivas, foi encontrado apenas um estudo que avaliou praticantes de ciclismo de estrada, porém este estudo avaliou atletas de alto rendimento²⁵. Sendo assim, esse estudo teve como principal objetivo avaliar o desempenho muscular de extensores e flexores de joelho de ciclistas de estrada amadores.

Método

A presente pesquisa se caracterizou como um estudo descritivo e observacional, com delineamento transversal²⁶. Este estudo foi aprovado (número do parecer 3.361.817) pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade de Caxias do Sul (UCS - Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil) e conduzido de acordo com a resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde, que aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. O local de realização deste estudo foi o Laboratório de Biomecânica do Centro Clínico da Universidade de Caxias do Sul (CECLIN-UCS).

Fizeram parte da amostra 20 ciclistas de estrada amadores do sexo masculino, com idade entre 25 e 45 anos e oriundos de equipes de ciclismo da serra gaúcha. O número amostral foi estabelecido por conveniência, de forma

intencional e não probabilística²⁶, mediante pesquisa prévia nas equipes de ciclismo locais. Foram incluídos os ciclistas que: a) apresentaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinado; b) estivessem em treinamento regular, há ao menos seis meses, com frequência mínima de três vezes por semana; c) com distâncias semanais percorridas entre 150 e 500 quilômetros. Foram excluídos os ciclistas que: a) apresentaram alguma doença aguda no dia da avaliação; b) apresentaram alguma lesão neuromusculoesquelética aguda e que os tenha afastado das últimas três sessões de treinamento; c) relataram alguma lesão de membros inferiores nos 30 dias anteriores à avaliação.

Em um primeiro momento, os ciclistas foram abordados pelos pesquisadores em seus locais de treinamento, para a explicação dos objetivos da pesquisa e de como ocorreriam as avaliações do

desempenho muscular. Após o esclarecimento de eventuais dúvidas, os TCLE assinados foram entregues pelos participantes, previamente ao agendamento das primeiras avaliações. No dia da avaliação, os ciclistas realizaram as mensurações antropométricas e responderam um questionário sobre o tempo de prática esportiva, frequência de treinamento semanal, distância semanal percorrida e lesões progressas. Após, foi realizada a avaliação de desempenho muscular, através da avaliação isocinética, realizada no dinamômetro isocinético do Centro Clínico da Universidade de Caxias do Sul (*Biodex System 4*®, *Biodex Medical Systems*, Shieley, Nova Iorque, EUA). Foram avaliados os extensores e flexores dos joelhos, utilizando-se protocolos baseados nos estudos de STEDILE et al.²⁷ e BONETTI et al.²⁸. Primeiramente, os ciclistas realizaram exercício de aquecimento em uma bicicleta ergométrica vertical (*BiocycleMagnetic 2500*®, *Moviment*, São Paulo, Brasil), por 8 minutos, com velocidade moderada (70-80 rotações por minuto) e sem resistência. Ao finalizar o aquecimento, os ciclistas foram encaminhados ao dinamômetro e foram posicionados em sedestação na cadeira do dinamômetro com o tronco inclinado em 85° e estabilizadas com cintos no tronco, cintura pélvica e coxa (1/3 distal) para evitar movimentos compensatórios, e o eixo motor do dinamômetro foi alinhado com o eixo da articulação do joelho. A avaliação ocorreu de forma bilateral, primeiramente com o membro dominante (MD) e posteriormente com o membro não dominante (MND). Os ciclistas executaram três contrações musculares prévias (de maneira subjetiva, realizaram a primeira contração com 1/3 de uma contração máxima, a segunda

com 2/3 e a terceira com contração máxima) em cada uma das quatro velocidades angulares, para ambos os membros e grupos musculares, para fins de familiarização com o equipamento. O protocolo foi de 5, 10, 15 e 20 repetições máximas no modo concêntrico de cada movimento (flexão e extensão de joelhos), nas velocidades angulares de 60°/s., 120°/s., 180°/s. e 240°/s., respectivamente. Foi estipulado o tempo de 1 minuto de descanso entre a avaliação em uma velocidade e outra, e o tempo de 3 minutos entre a avaliação de um membro e outro. Os ciclistas foram avaliados por um mesmo avaliador, com experiência em avaliação isocinética, e ao longo da avaliação foram utilizados estímulos verbais para estimular o ciclista a usar sua força máxima.

Os dados coletados foram analisados por meio do programa estatístico *GraphPadPrism 6.0* (*GraphPad, Inc.*, San Diego, Califórnia, EUA). Para a descrição das variáveis musculares de pico de torque (N.m) e razão flexores/extensores (%), foi utilizada a estatística descritiva com medidas de tendência central (média) e de variabilidade (desvio padrão). Para verificar a normalidade da distribuição dos dados, as informações foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Os dados apresentaram distribuição normal e paramétrica e, por isso, o teste t pareado de Student foi utilizado para verificar assimetrias entre os membros, por meio da comparação entre os valores médios de pico de torque (PT) e a razão flexores/extensores. Foi considerado o nível de significância de $p < 0,05$ ²⁹. Assimetrias bilaterais entre os membros também foram calculadas, usando uma equação específica que consistiu em dividir a diferença entre os valores do PT ou da razão flexores/ extensores do MD e do MND pelo valor do MD e então, multiplicado por 100.

Resultados

As características antropométricas e informações sobre tempo de prática esportiva, frequência de treinamento e distância percorrida pelos ciclistas são apresentadas na TABELA 1. Com relação ao Índice de Massa Corporal (IMC), a maior parte dos participantes apresentaram valores dentro do que é sugerido pela Organização Mundial de Saúde³⁰, sendo que apenas quatro apresentaram valores entre 25,0 e 29,9 Kg/m², considerado excesso de peso.

Embora nenhum participante incluso no

estudo apresentou lesões nos 30 dias anteriores às suas avaliações, foram relatadas algumas lesões prévias, sendo elas: duas rupturas e consequente reconstruções cirúrgicas do ligamento cruzado anterior de joelho, uma lesão meniscal e uma consequente meniscectomia, e uma fratura de fêmur. Quando questionados sobre a dominância de membros inferiores, 18 relataram dominância do lado direito enquanto apenas dois relataram apresentar dominância do lado esquerdo.

TABELA 1 - Características dos participantes, apresentadas em valores médios (DP).

IMC = índice de massa corporal;
 DP = desvio padrão;
 kg = quilogramas;
 m = metros;
 kg/m² = quilograma por metro quadrado;
 km = quilômetros.

Idade (anos)	37,70 (±4,34)
Estatura (m)	1,76 (±0,07)
Massa corporal (kg)	75,05 (±8,11)
IMC (kg/m ²)	24,05 (±1,45)
Tempo de prática (anos)	12,05 (±7,99)
Frequência treino semanal (dias)	4,75 (±1,16)
Distância semanal (km)	301,90 (±97,44)

A TABELA 2 apresenta os valores médios do pico de torque dos extensores e flexores de joelho e a TABELA 3 os valores médios da razão flexores/extensores; de ambos os membros, nas velocidades angulares de 60°/s., 120°/s., 180°/s. e 240°/s. Na comparação entre os membros, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre o MD e o MND. Além disso, o índice de simetria médio entre os membros apresentou-se abaixo dos 10% sugeridos pela literatura em todas as velocidades angulares avaliadas.

Na TABELA 3 ainda é possível observar que os valores médios da razão flexores/extensores variaram entre 49,20% (MD à 60°/s.) e 64,86% (MND à 240°/s.). Considerando que foram avaliadas quatro velocidades angulares distintas (incluindo uma velocidade alta, 240°/s.), pode-se observar que os valores médios variaram pouco entre 60°/s. e 240°/s. Além disso, os valores médios nas velocidades mais altas, 180°/s. e 240°/s., podem ser considerados valores baixos, pois velocidades acima de 180°/s. são esperados valores entre 70 e 80%^{31,32}.

TABELA 2 - Valores médios (DP) do pico de torque (PT) da musculatura extensora e flexora de joelho dos membros dominante e não dominante.

Velocidades angulares	PT extensores de joelho (N.m)				PT flexores de joelho (N.m)			
	MD	MND	<i>p</i>	Assimetria bilateral (%)	MD	MND	<i>p</i>	Assimetria bilateral (%)
60°/s.	220,71 (±34,46)	217,45 (±29,13)	0,45	0,83	107,90 (±19,08)	107,99 (±19,08)	0,98	-1,42
120°/s.	173,65 (±26,14)	173,16 (±25,23)	0,88	0,00	93,13 (±18,88)	95,47 (±15,23)	0,36	-4,33
180°/s.	145,15 (±22,06)	145,11 (±22,43)	0,99	-0,18	83,81 (±14,44)	86,81 (±15,11)	0,17	-4,15
240°/s.	127,83 (±19,65)	124,63 (±20,75)	0,26	2,38	78,95 (±14,78)	80,28 (±14,49)	0,54	-2,37

DP = desvio padrão;
 MD = membro dominante;
 MND = membro não dominante.

TABELA 3 - Valores médios (DP) da razão flexores/extensores de joelho dos membros dominante e não dominante.

Velocidades angulares	Razão flexores/extensores (%)			Assimetria bilateral (%)
	MD	MND	<i>p</i>	
60°/s.	49,20 (±6,80)	50,07 (±6,94)	0,61	-2,94
120°/s.	53,62 (±7,33)	55,49 (±6,47)	0,12	-4,43
180°/s.	58,18 (±8,59)	60,12 (±6,80)	0,24	-4,54
240°/s.	62,22 (±9,38)	64,86 (±7,80)	0,16	-5,54

DP = desvio padrão;
 MD = membro dominante;
 MND = membro não dominante.

Discussão

Este estudo teve como objetivo principal analisar o desempenho muscular de ciclistas amadores do sexo masculino, no que tange o equilíbrio articular entre flexores e extensores, bem como a simetria de forças entre MD e MND. Os resultados da presente pesquisa

demonstraram simetrias entre os membros, ou seja, não foram encontradas diferenças significativas na comparação entre o MD e MND, tanto na análise dos valores médios de pico de torque como da razão flexores/extensores em todas as velocidades angulares

avaliadas. Além disso, a diferença percentual entre os membros foi inferior a 10% em todas as avaliações. Os valores médios da razão flexores/extensores de joelho apresentaram pouca variação entre as quatro velocidades avaliadas, além de valores baixos nas velocidades de 180°/s. e 240°/s.

Com relação à comparação entre os membros inferiores, estudos prévios utilizando distintas metodologias demonstraram que ciclistas apresentam assimetrias entre o MD e o MND, diferentemente das constatações de força no presente estudo. CARPES et al.³³ evidenciaram uma maior produção de torque no pedivela do MD de seis ciclistas do sexo masculino num percurso de 40km em um cicloergômetro. Utilizando uma metodologia similar, BERTUCCI et al.³⁴ avaliaram 11 ciclistas do sexo masculino e também observaram que os atletas apresentaram maior torque no MD durante a fase de potência da pedalada. No entanto, a aplicação simétrica de forças no pedal entre o MD e o MND não tem correlação direta com um melhor desempenho, como demonstrado no estudo de BINI e HUME³⁵, com seis ciclistas/triatletas em uma distância de 4km; e no estudo de BINI et al.³⁶, com 15 ciclistas de ambos os sexos em uma distância de 20km. Quando a eletromiografia de superfície foi utilizada para avaliar a atividade muscular de ciclistas, não foram demonstradas diferenças entre os membros na avaliação dos gastrocnêmios, bíceps femoral e vasto lateral^{37,38}. Devido a isso, CARPES et al.³⁷ sugerem que os estudos que demonstraram maiores torques no pedivela no MD não têm relação com a magnitude da ativação muscular. Cabe salientar que, nos estudos anteriormente citados, a participação dos MD e MND foram avaliadas de forma específica em torno do movimento funcional da pedalada, enquanto o presente estudo foi realizado no dinamômetro isocinético.

No que se refere à avaliação isocinética de extensores e flexores de joelho de ciclistas, a literatura científica apresenta apenas um estudo. No entanto, os autores apresentaram os resultados de pico de torque e da razão flexores/extensores como média entre o MD e o MND, impossibilitando a comparação com os resultados da presente pesquisa²⁵. Já MARTINS e SOARES³⁹ utilizaram as velocidades angulares de 90°/s. e 360°/s. para avaliar isocineticamente 12 triatletas do sexo masculino e demonstraram resultados similares ao deste estudo, sem diferenças significativas entre os membros nas análises do pico de torque de extensores, flexores e da razão flexores/extensores; além de diferenças

inferiores a 10% em todos esses parâmetros. Essa comparação percentual é importante na prática clínica, e é estabelecido que diferenças superiores a 10% entre os membros inferiores é um indicativo de que os atletas apresentam um maior risco de lesões nos membros inferiores⁴⁰⁻⁴³. Todavia, pode-se dizer que as simetrias entre os membros inferiores de ciclistas, durante a análise de desempenho muscular através da dinamometria isocinética é um resultado esperado. O movimento executado pelo ciclista exige a coordenada combinação dos músculos dos membros inferiores, de forma repetitiva e cíclica, ou seja, sem exigência da predominância de um membro inferior com relação ao outro⁴⁴. Assimetrias musculares de atletas adultos são esperadas em modalidades esportivas acíclicas (basquetebol, futebol, handebol), ou seja, que apresentam uma maior alternância entre as exigências unilaterais dos membros inferiores, sobrecarregando, geralmente, o membro dominante⁴⁵. O futebol é um exemplo de como esta exigência unilateral pode ser identificada através da avaliação de desempenho muscular utilizando o dinamômetro isocinético, tanto em atletas adultos amadores⁴⁴ como profissionais⁴⁷⁻⁴⁸.

No que se refere à análise dos valores médios da razão flexores/extensores de joelho no grupo de ciclistas estudado, em todas as quatro velocidades avaliadas, observou-se que os valores médios tiveram pequena variação entre 60°/s. e 240°/s., com os valores médios nas velocidades mais altas (180°/s. e 240°/s.) considerados abaixo dos valores adequados³¹⁻³². A razão convencional, ou seja, o pico de torque concêntrico dos flexores dividido pelo pico de torque de extensores do joelho foram utilizados para esta análise^{23,49}. Esta razão entre grupos musculares antagonistas e agonistas de uma articulação específica é o parâmetro mais utilizado para avaliação de equilíbrio muscular^{50,51}. Os valores recomendados pela literatura científica para uma função normal da articulação do joelho variam entre 50 e 80%^{49,52,53}; sendo dependente do ângulo do joelho e da velocidade selecionada⁵⁰. Em velocidades baixas, até 180°/s., os valores esperados são entre 50 e 69%; enquanto em velocidades altas, acima de 180°/s., os valores esperados são entre 70 e 80%, podendo chegar a aproximadamente 100% em velocidades acima de 300°/s.³¹⁻³². No entanto, alguns estudos consideram 60% como valor normativo da razão flexores/extensores à 60°/s., considerando que atletas com valores inadequados apresentam desequilíbrio muscular e maior risco de lesões^{31,32,54}. Na velocidade média de 60°/s., os ciclistas avaliados

no presente estudo apresentaram valores médios de 49,20% e 50,07%, para o MD e MND, respectivamente. Ou seja, o MD apresenta-se abaixo e o MND muito próximo dos 50%^{49,52} considerados como ponto de corte por alguns autores, e abaixo dos 60% sugerido por outros^{31,32,54}. Além disso, à 240°/s., ambos os membros apresentaram valores médios abaixo dos 70%, valor mínimo considerado como um bom equilíbrio muscular entre flexores e extensores de joelho. RANNAMA et al.²⁵ avaliaram 17 ciclistas de estrada de alto nível (20 anos de idade média), nas velocidades de 60°/s., 180°/s. e 240°/s. e a média dos dois membros também demonstrou valores da razão abaixo do sugerido, em todas as velocidades avaliadas (57% a 60°/s., 60% a 180°/s. e 62% a 240°/s.). Já SILVA et al.⁵⁵, avaliaram 16 ciclistas indoor (nove do sexo masculino e sete do feminino, com média de idade de 25 anos) através do teste de uma repetição máxima na cadeira extensora e flexora, demonstrando uma razão flexores/extensores de 51,1%. Valores da razão flexores/extensores abaixo do indicado pela literatura demonstram uma redução da função dos flexores quando comparado aos extensores de joelho, sendo considerado um fator de risco potencial para lesões no joelho (em especial do ligamento cruzado anterior) e distensões musculares dos flexores de joelho (isquiotibiais)^{43,50,51,56}. Entretanto, alguns estudos demonstraram que os valores da razão flexores/extensores de joelho são influenciados diretamente pelas demandas específicas do esporte em questão^{50,57,58}. Em ciclistas, este desequilíbrio muscular se justifica pelas exigências dos extensores na fase descendente

da pedalada ser muito superior à exigência dos flexores durante a fase ascendente^{59,60}, ou seja, durante o ciclismo o movimento de extensão é mais significativo que o de flexão de joelho⁵⁵.

A presente pesquisa apresenta algumas limitações, sendo a principal o pequeno número amostral, mesmo considerando a homogeneidade da amostra de ciclistas. Além disso, a presente amostra incluiu apenas ciclistas do sexo masculino, sendo indicado que possíveis variações de valores entre homens e mulheres sejam estudadas em estudos vindouros. Por fim, apesar do presente estudo ter avaliado quatro velocidades angulares, o que predispõe uma interessante discussão sobre a influência da velocidade sobre o perfil das razões analisadas, as avaliações foram realizadas apenas no modo concêntrico.

Diante do exposto, os resultados desta pesquisa permitem concluir que os ciclistas amadores do sexo masculino avaliados apresentam simetrias entre os membros na análise de extensores, flexores e da razão flexores/extensores de joelho.

Possivelmente, essas simetrias ocorrem devido aos movimentos dos membros inferiores durante a prática do ciclismo serem cíclicos e com exigências bilaterais idênticas. Entretanto, os resultados da análise da razão flexores/extensores demonstraram desequilíbrios entre a musculatura extensora e flexora de joelho, sugerindo um maior risco de lesões. Devido a isso, é fundamental realizar um trabalho de fortalecimento específico da musculatura flexora de joelhos, com o intuito de equilibrar a razão flexores/extensores e, então diminuir os riscos de lesões musculoesqueléticas.

Abstract

Amateur cyclist's isokinetic evaluation of knee's extensors and flexors.

The aim of the present study was to analyze the male amateur cyclists' performance of knee's extensors and flexors muscles. Participated of the study twenty male amateur road cyclists, with a mean age of 37.70 (± 4.34) years, mean time of sports practice of 12.05 (± 7.99) years, mean frequency of weekly training of 4.75 (± 1.16) days, and average weekly distance traveled of 301.90 (± 97.44) kilometers. To evaluate the performance of the knee's extensors and flexors muscles, an isokinetic dynamometer was used, on concentric-concentric mode, at angular velocities of 60°/s., 120°/s., 180°/s. and 240°/s. The parameters analyzed were the peak torque of knee's extensors and flexors muscles and flexor/extensor ratio. Student's paired t test was used to verify asymmetries between limbs and a significance level of $p < 0.05$ was considered. In the comparison between the dominant limb and the non-dominant limb, no statistically significant differences were observed between the limbs, both in the analysis of the mean values of peak torque and the flexor/extensor ratio at all angular velocities evaluated. The results suggest, in amateur cyclists, the cyclical movements with identical bilateral requirements may be responsible for the symmetries found. However, low values of the flexor/extensor ratio indicate muscle imbalances between knee's extensors and flexors muscles, which can result in a higher risk of injury.

KEYWORDS: Cycling; Athletic performance; Muscle strength dynamometer; Knee.

Referências

1. Kleinpaul JF, Mann L, Diefenthaler F, Moro ARP, Carpes FP. Aspectos determinantes do posicionamento corporal no ciclismo: uma revisão sistemática. *Rev Educ Fís.* 2010;16(4):1013-23.
2. Forte P, Marinho DA, Barbosa TM, Morouço P, Morais JE. Estimation of an elite road cyclist performance in different positions based on numerical simulations and analytical procedures. *Front Bioeng Biotechnol.* 2020;8(1):538-46.
3. Kotler DH, Babu AN, Robidoux G. Prevention, evaluation, and rehabilitation of cycling-related injury. *Curr Sports Med Rep.* 2016;15(3):199-206.
4. Richard NA, Koehle MS. Optimizing recovery to support multi-evening cycling competition performance. *Eur J Sport Sci.* 2019;19(6):811-23.
5. Lucía A, Hoyos J, Chicharro JL. Physiology of professional road cycling. *Sports Med.* 2001;31(5):325-37.
6. Costa VP, Oliveira FR. Aspectos morfológicos e fisiológicas no ciclismo de estrada e mountain bike cross-country. *Rev Ed Física.* 2009;78(145):11-20.
7. Silberman MR. Bicycling injuries. *Curr Sports Med Rep.* 2013;12(5):337-45.
8. De Bernardo N, Barrios C, Vera P, Laíz C, Hadala M. Incidence and risk for traumatic and overuse injuries in top-level road cyclists. *J Sports Sci.* 2012;30(10):1047-53.
9. Barrios C, Bernardo ND, Vera P, Laíz C, Hadala M. Changes in sports injuries incidence over time in world-class road cyclists. *Int J Sports Med.* 2015;36(03):241-8.
10. Priego Quesada JI, Kerr ZY, Bertucci WM, Carpes FP. A retrospective international study on factors associated with injury, discomfort and pain perception among cyclists. *PloS One.* 2019;14(1):e0211197.
11. Ansari M, Nourian R, Khodae M. Mountain biking injuries. *Curr Sports Med Rep.* 2017;16(6):404-12.
12. So RC, Ng JKF, Ng GY. Muscle recruitment pattern in cycling: a review. *Phys Ther Sport.* 2005;6(2):89-96.
13. Caselli MA, Rzonca EC, Rainieri JJ. Secrets to treating bicycling injuries. *Clin Sports Med.* 2005;18(8):108-12.
14. Powers CM, Witvrouw E, Davis IS, Crossley KM. Evidence-based framework for a pathomechanical model of patellofemoral pain: 2017 patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester, UK: part 3. *Br J Sports Med.* 2017;51(24):1713-23.
15. De Bernardo N, Barrios C, Vera P, Laíz C, Hadala M. Incidence and risk for traumatic and overuse injuries in top-level road cyclists. *J Sports Sci.* 2012;30(10):1047-53.

16. Decalzi JF, Narvy SJ, Vangness Jr, CT. Overview of cycling injuries: results of a cycling club survey. *Orthopedics*. 2013;36(4):287-89.
17. Silva JCL, Tarassova O, Ekblom MM, Andersson E, Rönquist G, Arndt A. Quadriceps and hamstring muscle activity during cycling as measured with intramuscular electromyography. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116(9):1807-17.
18. Bruyère O, Beudart C, Reginster JY, et al. Assessment of muscle mass, muscle strength and physical performance in clinical practice: an international survey. *Eur Geriatr Med*. 2016;7(3):243-6.
19. Zapparoli FY, Riberto M. Isokinetic evaluation of the hip flexor and extensor muscles: a systematic review. *J Sport Rehabil*. 2017;26(6):556-66.
20. Caruso JF, Brown LE, Tufano JJ. The reproducibility of isokinetic dynamometry data. *Isokinet Exerc Sci*. 2012;20(4):239-53.
21. Paul DJ, Nassis GP. Testing strength and power in soccer players: the application of conventional and traditional methods of assessment. *J Strength Cond Res*. 2015;29(6):1748-58.
22. Evangelidis PE, Pain MTG, Folland J. Angle-specific hamstring-to-quadriceps ratio: a comparison of football players and recreationally active males. *J Sports Sci*. 2015;33(3):309-19.
23. Islam MS, De A. Functional hamstring to quadriceps strength ratio (H:Q) and hamstrings injury of soccer players: A qualitative analysis. *Orthop Sports Med*. 2018;2(2):126-32.
24. Andrade MS, Junqueira MS, Barbosa De Lira CA, et al. Age-related differences in torque in angle-specific and peak torque hamstring to quadriceps ratios in female soccer players from 11 to 18 years old: a cross-sectional study. *Res Sports Med*. 2021;29(1):77-89.
25. Rannama I, Bazanov B, Baskin K, Zilmer K, Roosalu M, Port K. Isokinetic muscle strength and short term cycling power of road cyclists. *J Hum Sport Exerc*. 2013;2(8):19
26. Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ. Métodos de pesquisa em atividade física. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012.
27. Stedile AR, Pasqualotto LA, Tadiello GS, Finger ALT, De Marchi T, Bonetti LV. Isokinetic performance of knee muscles in futsal athletes during pre-season and middle-season. *Acta Fisiatrica*. 2017;24:72-6.
28. Bonetti LV, Grisa NC, Demeda CS, Finger ALT, De Marchi T, Tadiello GS. Isokinetic performance of knee extensor and flexor musculature in adolescent female handball players. *Arch Med Deporte*. 2018;35(3):157-61.
29. Callegari-Jaques SM. Bioestatística: princípios e aplicações. Porto Alegre: Artmed. 2003.
30. Organização Mundial de Saúde. Dicas em Saúde: Obesidade. 2009. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/dicas/215_obesidade.html.
31. Coombs R, Garbutt G. Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *J Sport Sci Med*. 2002;1(3):56-62.
32. Wright J, Ball N, Wood L. Fatigue, H/Q ratios and muscle coactivation in recreational football players. *Isokinet Exerc Sci*. 2009;17(3):161-67.
33. Carpes FP, Rossato M, Faria IE, Bolli MC. Bilateral pedaling asymmetry during 40-km cycling time-trial. *J Sport Med Phys Fitness*. 2007;47(1):51-7.
34. Bertucci WM, Arfaoui A, Polidori G. Analysis of the pedaling biomechanics of master's cyclists: A preliminary study. *J Sci Cycl*. 2012;1(2):42-6.
35. Bini RR, Hume PA. Relationship between force asymmetry and performance in cycling time trial. *J Sports Med Phys Fitness*. 2015;55(9):892-8.
36. Bini RR, Jacques TC, Sperb CH, Lanferdini FJ, Vaz MA. Pedal force asymmetries and performance during a 20-km cycling time trial. *Kinesiology*. 2016;48(2):193-9.
37. Carpes FP, Diefenthaeler F, Bini RR, Stefanyshyn D, Faria IE, Mota CB. Does leg preference affect muscle activation and efficiency? *J Electromyogr Kinesiol* 2010;20:1230-6.
38. Carpes FP, Diefenthaeler F, Bini RR, Stefanyshyn DJ, Faria IE, Mota CB. Influence of leg preference on bilateral muscle activation during cycling. *J Sports Sci*. 2011;29(2):151-9.
39. Martins FSB, Soares, JMC. Estudo comparativo dos perfis antropométrico e fisiológico e avaliação isocinética da força muscular nos membros inferiores em triatletas portugueses. *Rev Bras Fisiol Exerc*. 2013;12(2):75-82.
40. Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports*. 2003;13(4):244-50.
41. Liporaci RF, Saad M, Grossi DB, Riberto M. Clinical features and isokinetic parameters in assessing injury risk in elite football players. *Int J Sports Med*. 2019;40(14):903-8.
42. Rahnema N, Lees A, Bambaecchi E. A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and

- non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*. 2005;48(11-14):1568-75.
43. Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret JM. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med*. 2008;36(8):1469-75.
44. Blake OM, Champoux Y, Wakeling JM. Muscle coordination patterns for efficient cycling. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;4(5):926-38.
45. Kalata M, Maly T, Hank M, et al. Unilateral and bilateral strength asymmetry among young elite athletes of various sports. *Medicina*. 2020;56(12):683-91.
46. Blache Y, Monteil K. Contralateral strength imbalance between dominant and non-dominant lower limb in soccer players. *Sci Sports*. 2012;27(3):e1-8.
47. Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. Multivariate isokinetic strength asymmetries of the knee and ankle in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2010;50(4):465-74.
48. Daneshjoo A, Rahnama N, Mokhtar AH, Yusof A. Bilateral and unilateral asymmetries of isokinetic strength and flexibility in male young professional soccer players. *J Hum Kinet*. 2013;36:45-53.
49. Kong PW, Burns SF. Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Phys Ther Sport*. 2010;11(1):12-7.
50. Cheung RT, Smith AW, Wong DP. H:Q ratios and bilateral leg strength in college field and court sports players. *J Hum Kinet*. 2012;33:63-71.
51. Dauty M, Menu P, Fouasson-Chailloux A, Ferréol S, Dubois C. Prediction of hamstring injury in professional soccer players by isokinetic measurements. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2016;6(1):116-23.
52. Rosene JM, Fogarty TD, Mahaffey BL. Isokinetic hamstrings: quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *J Athl Train*. 2001;36(4):378-83.
53. Hewett TE, Myer GD, Zazulak BT. Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *J Sci Med Sport*. 2008; 11(5):452-9.
54. Kim D, Hong J. Hamstring to quadriceps strength ratio and non-contact leg injuries: a prospective study during one season. *Isokinet Exerc Sci*. 2011;19(1):1-6.
55. Silva TS, Mesquita TS, Mendes LCV, Silva MS, Mota MR. Análise do nível de força dos músculos flexores e extensores do joelho de praticantes de ciclismo indoor. *Apunt Educ Fis Deportes Rev Digital*. 2012;17(167).
56. Yeung SS, Suen AM, Yeung EW. A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: Preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *Br J Sports Med*. 2009;43(8):589-94.
57. Andrade MDS, De Lira CAB, Koffes FDC, Mascarin NC, Benedito-Silva AA, Da Silva AC. Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: the influence of sport modality, gender, and angular velocity. *J Sports Sci*. 2012;30(6):547-53.
58. Kabacinski J, Murawa M, Mackala K, Dworak LB. Knee strength ratios in competitive female athletes. *PloS One*. 2018;13(1):e0191077.
59. 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.
60. Ruiz F, de Oliveira PR. Ciclismo de velocidade: meios de treinamento de força. *Conexões*. 2008;6:22-34.

ENDEREÇO

Prof. Dr. Leandro Viçosa Bonetti
 Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 - Bloco 70
 95070-560 - Caxias do Sul - RS - Brasil
 E-mail: leandrovbonetti@gmail.com
 lvbonetti@ucs.br

Submetido: 21/02/2022
 Revisado: 08/06/2022
 Aceito: 19/08/2022