



Artigo Original

Original Article

Comportamento do ângulo Q e ângulo de adução do quadril na pedalada de ciclistas: um estudo piloto

Q Angle and Hip Adduction Angle Behaviors on Cyclists Pedaling: Pilot Study

Karine Josibel Velasques Stoelben^{1§}; Fabrício Santana da Silva¹; Jadir Camargo Lemos² PhD; Carlos Bolli Mota¹PhD.

Recebido em: 14 de março de 2016. Aceito em: 13 de junho de 2016.

Publicado online em: 29 de setembro de 2016.

Resumo

Introdução: A adução do quadril é utilizada por ciclistas como uma estratégia de tangenciamento do quadro da bicicleta para adaptar a postura. Essa compensação postural pode levar a lesões e alterações na postura dos ciclistas.

Objetivo: Avaliar a diferença postural a partir dos ângulos Q e ângulo de adução do quadril em ciclistas e relacionar os ângulos Q dos ciclistas com a cinemática da pedalada.

Métodos: Participaram do estudo cinco atletas de nível estadual com *bikefit*. A avaliação do ângulo Q foi realizada por fotogrametria pelo software SAPO. A avaliação da cinemática foi realizada pelo sistema VICON com seis câmeras de infravermelho e frequência de aquisição de 120 Hz. Os dados cinemáticos foram filtrados com filtro Butterworth de 4ª ordem com frequência de corte de 6 Hz. A normalidade dos dados foi testada com o teste Shapiro-Wilk. O teste U de Mann-Whitney foi utilizado para comparação e o teste de correlação de Spearman para verificar a relação. O nível de significância adotado foi de $\alpha=0,05$.

Resultados: Foram encontradas diferenças nos ângulos de adução do quadril entre os membros inferiores, com maiores valores para o membro preferido. Não houve relação entre os ângulos Q e ângulos máximos de adução do quadril.

Conclusão: Existem assimetrias do ângulo de adução do quadril entre os membros inferiores dos atletas estudados.

Palavras-chave: ciclismo, biomecânica, cinemática.

Abstract

Introduction: Hip adduction is used by cyclists like a strategy to tangency the bicycle frame to adapt posture. This postural adaptation can lead to lesion and posture change.

Objective: Evaluate postural differences from Q angles and hip adduction angle of cyclists, and verify the relation between these angles.

Methods: The study included 5 state level athletes with *bikefit*. Q angle and hip adduction angle was measured by SAPO software and VICON system, respectively. 6 infrared cameras was used for

Pontos-Chave Destaque

- Houve diferença nos ângulos de adução do quadril.
- As diferenças eram maiores em relação ao membro preferido.
- Existem assimetrias do ângulo de adução do quadril de praticantes de *bikefit*.

Keypoints

- There were differences in hip adduction angles.
- The differences were higher than in the preferred member.
- There adduction angle asymmetries of hip *bikefit* practitioners.

[§] Autor correspondente: Karine Josibel Velasques Stoelben – e-mail: karinestoelben@gmail.com

Afiliações: ¹Laboratório de Biomecânica do Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal de Santa Maria,

²Departamento de Fisioterapia e Reabilitação da Universidade Federal de Santa Maria.

kinematics analysis at 120 Hz. Kinematics data were filtered with a fourth order Butterworth filter with cut off frequency of 6 Hz. Normality was tested by Shapiro-Wilk test. Mann-Whitney U test was used for comparison and Spearman correlation test was used to verify relationship. The significance level was set at 0.05.

Results: Hip adduction angles differences were found between lower limbs, and preferred leg showed higher values. There was no relationship between Q angles and maximum angles of hip adduction.

Conclusion: These athletes showed hip adduction angles asymmetries between lower limbs.

Keywords: cycling, biomechanics, kinematics.

Comportamento do ângulo Q e ângulo de adução do quadril na pedalada de ciclistas: um estudo piloto

Introdução

O ciclismo é um dos esportes mais populares praticados pela população jovem e adulta (1,2), tanto com objetivo de lazer, treinamento físico, reabilitação ou prática competitiva (3). Os aspectos mecânicos entre o ciclista e a bicicleta tornam o ciclismo foco de estudo da biomecânica do esporte (4).

Ao pedalar, estamos realizando um movimento que não é natural na ergonomia do ser humano e, diante disso, é necessário levar em consideração a correta postura do ciclista. Se desconsiderarmos esta modificação o ciclista podem desenvolver problemas na coluna vertebral, sentir desconfortos e dores (5), sendo estes, fatores para o abandono deste esporte(6).

No movimento da pedalada, o ciclista adapta a postura em uma posição em que os joelhos tangenciam o quadro da bicicleta por meio de uma adução dos quadris. Esta posição tem como objetivo principal reduzir a área frontal do conjunto ciclista-bicicleta, criando assim, uma estratégia aerodinâmica comumente empregada em competições e treinamentos (7). Estudos publicados mostram que alguns dos problemas de saúde, os quais são associados ao ciclismo, podem ser atribuídos a ajuste inadequado da bicicleta, postura errada do ciclista e intensidade de treino (8).

A frequência e duração com que são realizados os treinamentos e as competições é uma preocupação constante com a saúde dos atletas(9,10). Em competições, os atletas são exigidos ao extremo físico e psicológico, vivenciando diversas situações de estresse

(11) e podendo levar a lesões e alterações na postura, como por exemplo, o ângulo Q.

O ângulo Q foi inicialmente descrito por Brattström (1964) (12), é o valor do vetor da força combinada dos extensores do tendão patelar (13,14). Este ângulo é calculado através de uma linha traçada a partir da espinha íliaca anterior superior ao centro da patela e uma segunda linha de centro da tuberosidade da tíbia para o centro da patela (13,15). A medida do ângulo Q é amplamente utilizada como um indicador de disfunção femoropatelar, incluindo síndrome da dor femoropatelar e instabilidade patelar (13).

A partir disto, o objetivo do estudo foi avaliar a diferença postural a partir dos ângulos Q e ângulo de adução do quadril em ciclistas e relacionar os ângulos Q dos ciclistas com a cinemática da pedalada.

Métodos

Desenho de estudo e amostra

Foram incluídos ciclistas do sexo masculino com idade entre 18 e 60 anos, que possuíssem *bikefit* em sua bicicleta e participassem de competições a nível estadual. Os ciclistas que tivessem lesões que interferissem no desempenho, tais como lesões musculares e articulares, foram excluídos da pesquisa. Foram avaliados cinco atletas.

Avaliação Postural

Para a análise postural, foi utilizado o software SAPO (Software de Avaliação Postural). Este programa fornece medidas lineares e valores angulares. Fundamenta-se na digitalização de pontos espacialmente definidos, que possibilita funções diversas tais

como a calibração da imagem, marcação livre de pontos, medição de distâncias e de ângulos corporais (16). Os pontos anatômicos foram marcados na pele, pela fixação de marcadores reflexivos, com uso de fita dupla face.

Os pontos demarcados foram de acordo com o protocolo disponibilizado pelo próprio software: trago, acrômio, processos espinhosos da 7ª vértebra cervical (C7) e da 3ª vértebra torácica (T3); espinha íliaca anterossuperior, espinha íliaca pósterosuperior, trocanter maior do fêmur, linha articular do joelho, borda superior da patela, tuberosidade da tíbia, maléolo medial e lateral, ponto entre a cabeça do segundo e terceiro metatarso, borda inferior da escápula, calcâneo, tendão do calcâneo, linha média posterior da tíbia [16].

Para a avaliação os participantes permaneceram em posição ortostática, de tal modo que ele e o fio de prumo ficassem num mesmo plano perpendicular ao eixo da câmera fotográfica digital. A máquina fotográfica digital foi posicionada paralela ao chão a uma altura de 1,10 metros (m), com auxílio de um tripé profissional com prumo à distância de 3 m do participante e dois pontos com distância de 1 m entre eles foram marcados paralelos ao plano do sujeito para a calibração das imagens (Figura 1).

Resultados

Na Tabela 1 estão descritos os resultados referentes à caracterização dos atletas quanto à idade, volume de treino semanal e tempo de experiência esportiva.

Não foram observadas diferenças nos ângulos Q dos membros inferiores direitos quando comparados aos esquerdos ($p=0,412$) (Tabela 2). Quanto à prevalência das alterações posturais dos joelhos, 40% dos joelhos eram considerados medializados, 50% normais e 10% lateralizados.

Foram encontradas diferenças nos ângulos de adução do quadril entre os membros inferiores (Tabela 3). O atleta 3 obteve maiores ângulos de adução do quadril no membro esquerdo ($p=0,0001$). Os atletas 1, 2, 4 e 5 apresentaram maiores ângulos de adução do quadril no membro inferior direito ($p=0,0001$). Os ângulos de adução do quadril foram maiores nos membros dominantes.

Não houve relação entre os ângulos Q e ângulos máximos de adução do quadril ($r=0,071$).

Foram encontradas diferenças nos ângulos de adução do quadril entre os membros inferiores (Tabela 3). O atleta 3 obteve maiores ângulos de adução do quadril no membro esquerdo ($p=0,0001$).

Tabela 1 – Caracterização dos atletas

Atleta	Idade (anos)	Massa (kg)	Estatura (cm)	TPE (anos)	VT (km/sem)
1	37	90	185	5	250
2	31	68	165	2	350
3	19	77	176,5	1	280
4	27	84,5	181	3	300
5	38	69,6	169	3	200

TPE: Tempo de prática esportiva; VT: Volume de treinamento (quilômetros percorridos por semana).

Tabela 2 – Valores de ângulos Q

Atleta	Ângulo Q (°)	
	Esquerdo	Direito
1	9,5	11,2
2	11,9	17,6
3*	14,6	14
4	7,4	9,2
5	11,8	20,3

*Dominância no membro inferior esquerdo.

Tabela 3 – Valores de ângulos de adução do quadril

Atleta	Ângulo de adução do quadril (°)						P
	Esquerdo			Direito			
	Máximo	Mínimo	Mediana	Máximo	Mínimo	Mediana	
1	99,1	48,4	70,5	99,6	52,3	73,9	0,0001
2	95,7	44,9	68,4	99,3	48,8	73,3	0,0001
3	85,0	41,0	62,5	82,9	41,0	60,4	0,0001
4	92,6	45,4	65,4	94,1	48,2	69,4	0,0001
5	96,1	44,9	69,5	99,0	48,2	75,4	0,0001

Os atletas 1, 2, 4 e 5 apresentaram maiores ângulos de adução do quadril no membro inferior direito ($p=0,0001$). Os ângulos de adução do quadril foram maiores nos membros dominantes.

Discussão

Foram encontradas diferenças estatísticas entre os ângulos de adução do quadril direito e esquerdo, destacando a assimetria no tangenciamento dos joelhos do ciclista ao pedalar. Daly e Cavanagh (1976) (18) também encontraram assimetria no seu estudo com 20 ciclistas recreacionais. Burke e Pruitt (2003) (7) reportam que alguns ciclistas frequentemente assumem a posição dos joelhos tangenciando o quadro da bicicleta durante o ciclo de pedalada, sendo muito utilizado em treinos e competições (19). Isto permite reduzir a resistência da área frontal e assim, minimizar a força de arrasto (7). Este tangenciamento também pode aumentar as forças resultantes aplicadas ao pedalar. As alterações no comprimento do músculo glúteo máximo (20) e a adaptação da contração em menores comprimentos dos músculos adutores do quadril (21) podem causar o tangenciamento do joelho em relação ao quadro da bicicleta. Mesmo que estas adaptações tragam vantagens para o atleta, a assimetria entre os membros inferiores de ciclistas pode afetar o desempenho dos atletas pela sobrecarga, causando lesões decorrentes do uso excessivo (22).

No presente estudo foi evidenciada a relação da assimetria com o membro dominante. Estes dados confrontam os dados de Daly e Cavanagh (1976) (18) que além da assimetria, os pesquisadores não encontraram relação com o membro dominante. O estudo de Bini et al. (2006) (23) comparou o deslocamento médio-lateral (tangenciamento

do joelho) com o membro dominante, não encontrando diferença significativa, porém, houve diferença significativa no membro não dominante.

O presente estudo utilizou uma intensidade fixa para a pedalada (250 W, 80-90 rpm). Já Bini et al. (2006) (23) utilizou diferentes intensidades a partir de um teste de VO₂ máx. em um momento prévio à coleta. Outro estudo encontrou assimetrias, assim como estudo realizado, em ciclistas quando pedalavam com intensidade contínua (100W)(24).

Os valores de normalidade do ângulo Q têm sido relatados na literatura variando de 8° a 15° em homens (25-27). Quando esse ângulo esta superior a 15° é sugerido como clinicamente anormal. Neste estudo não foram observadas diferenças estatísticas nos ângulos Q entre os membros inferiores ($p=0,412$). Somente 40% dos ângulos Q eram considerados medializados (17,6°; 20,3°; 15,6°; 15,2°), 50% eram considerados normais (9,5°; 11,2°; 11,9°; 9,2°; 11,8°) seguido de 10% lateralizados (7,4°).

Huberti e Hayes (1984) (28) utilizaram joelhos de cadáveres e um dispositivo elétrico de carga especial para pesquisar as alterações do ângulo Q. Os pesquisadores descobriram que o aumento e diminuição do ângulo Q aumentaram as pressões patelofemoral. A diminuição o ângulo Q não desloca a patela medialmente, mas aumenta a pressão de contato tibiofemoral medial através do aumento da orientação varo do joelho (29), enquanto o aumento do ângulo Q está associado com aumento das pressões de contato patelofemoral lateral (30) e luxação da patela, que por sua vez aumenta a pressão na região posterior da patela (31,32). O resultado desse aumento na pressão entre a

tróclea lateral e a patela pode causar dor e limitar o movimento (13).

Assim como apresentado em 40% dos joelhos dos atletas, um ângulo Q exagerado também pode ser um fator de risco para lesões de membros inferiores agudas e crônicas (33), incluindo a síndrome femoropatelar (29), lesões do ligamento cruzado anterior (34,35), síndrome de estresse tibial medial, fraturas por estresse, e fascite plantar (36). Em adição, essas pressões aumentadas podem predispor a alterações patológicas degenerativas (28).

O estudo de Kandel e colaboradores (1991) (37) sugere que a rotação do fêmur excessiva, esta correlacionada com o aumento do ângulo Q e seu feedback proprioceptivo prejudicado. A biomecânica anormal do membro inferior altera reflexos posturais, fazendo com que o paciente dependa das informações visuais e vestibulares para o controle da estabilização. Além disso, o aumento do ângulo Q pode causar a atividade anormal dos mecanorreceptores dos músculos, tendões, ligamentos e afetar o equilíbrio dinâmico.

A relação entre o ângulo Q e o ângulo de adução do quadril teve um desfecho inesperado, pois o maior ângulo Q não se relaciona com um maior ângulo de adução do quadril no ciclista. O atleta 1 teve um ângulo Q considerado normal obteve o maior ângulo de adução do quadril, enquanto o atleta 5 que teve 20,6° de ângulo Q, obteve menor ângulo de adução do quadril. Este resultado corrobora com Dos Santos et al. (2007)(38) que não encontraram tal relação quando comparam atletas com tempo de prática e ângulo Q. O tempo de prática do gesto esportivo pode ter influenciado que essa relação não tenha sido encontrada. Com relação à postura corporal no desporto, Magee (2010) (39) afirma que os esforços repetitivos por um longo período, como é o caso dos gestos esportivos, podem acarretar adaptações crônicas no organismo, ou seja, acabam gerando um desequilíbrio muscular para compensar a postura defeituosa. Segundo Sizer et al. (2004) (40), grande parte das alterações posturais é decorrente da característica dos gestos motores e da forma como o treinamento é feito, já que alterações mecânicas e fisiológicas estão diretamente relacionadas com a atividade que o indivíduo

desempenha, porém isso não foi relatado no grupo estudado.

Conclusão

Existem assimetrias do ângulo de adução do quadril entre os membros inferiores dos atletas estudados, com maiores valores no membro dominante.

Referências

1. Alencar RT, Matias GKFS, Bini RR, Carpes FP. Revisão etiológica da lombalgia em ciclistas. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte* 2011; 33(2): 507-528.
2. Candotti CT, Schaurich RF, Torre M, Noll M, Pasini M, Loss JF. Atividade elétrica e força muscular dos extensores cervicais durante o ciclismo. *Cinergis* 2012; 1: 40-50.
3. Carmo JC, Nascimento FAO, Costa JC, Rocha AF. Instrumentação para aquisição e avaliação das forças exercidas nos pedais por ciclistas. *Brazilian Journal of Biomechanics* 2002; 2(3):31-39.
4. Faria IE, Cavanagh PR. The physiology and biomechanics of cycling - ACSM series. ACSM series: New York; 1978.
5. Burke ER. High-Tech Cycling: the faster rider. Champaign: Human Kinetics; 1996.
6. Martins EA, Dagnese F, Kleinpaul JF, Carpes FP, Mota CB. Avaliação do Posicionamento Corporal no Ciclismo Competitivo e Recreacional. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano* 2007; 9: 183-188.
7. Burke ER, Pruitt AL. Body positioning for cycling. Champaign: Human Kinetics, 2003; 69-92.
8. Schwellnus MP, Derman EW. Common injuries in cycling: prevention, diagnosis and management. *SA Fam. Pract* 2005; 47(7), 14-19.
9. Mellion MB. Common cycling injuries. Management and prevention. *Sports of Medicine* 1991; 11(1):52-70.

10. Mellion MB. Neck and back pain in bicycling. *Clinical Sports of Medicine* 1994; 13(1):137-164.
11. Alves AC. *Psicologia do Ensino*. São Paulo: Pape livros; 1980.
12. Brattström H. Shape of the intercondylar groove normally and in recurrent dislocation of the patella. *Acta Orthopaedics Scandinavica* 1964; 68(Suppl): S1-S44.
13. Tsujimoto K, Kurosaka M, Yoshiya S, Mizuno K. Radiographic and computed tomographic analysis of the position of the tibial tubercle in recurrent dislocation and subluxation of the patella. *American Journal of Knee Surgery* 2000; 13: 83-88.
14. Fredericson M, Yoon K. Physical examination and patellofemoral pain syndrome. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* 2006; 85: 234-243.
15. Greene CC, Edwards TB, Wade MR, Carson EW. Reliability of the quadriceps angle measurement. *American Journal of Knee Surgery* 2001; 14: 97-103.
16. Glaner MF, Mota YL, Viana ACR, Santos MC. Fotogrametria: Fidedignidade e falta de objetividade na avaliação postural. *Motricidade* 2012; 8 (1):78-85.
17. Lucia A, Hoyos J, Chicharro JL. Preferred pedalling cadence in professional cycling. *Medicine Science of Sports and Exercise* 2001; 33(8): 1361-6.
18. Daly DJ, Cavanagh PR. Asymmetry in Bicycle Ergometer Pedalling. *Medicine Science of Sports and Exercise* 1976; 8(3): 204-8.
19. Savelberg HHCM, Meijer K. Contribution of monoand biarticular muscles to extending knee joint moments in runners and cyclists. *Journal of Applied Physiology* 2003; 94(6): 2241-2248.
20. Kautz SA, Neptune RR. Biomechanical Determinants of Pedaling Energetics: Internal and External Work Are Not Independent. *Exercise and Sports Sciences Reviews* 2002; 30(4):159-165.
21. Marsh AP, Martin PE, Sanderson DJ. Is a joint moment-based cost function associated with preferred cycling cadence? *Journal of Biomechanics* 2000; 33(2):173-180.
22. Carpes FP, Rossato M, Faria IE, Mota CB. Bilateral pedaling asymmetry during a simulated 40-km cycling time-trial. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness* 2007; 47(1): 51-57.
23. Bini RR, Diefenthaler F, Carpes FP, Nabinger E, Mota CB, Guimarães ACS. Economia de movimento e pico de força no pedal durante o ciclismo em posição aerodinâmica. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento* 2006; 14(Suppl): 288.
24. Sanderson, D.J. The influence of cadence and power output on the biomechanics of force application during steady-rate cycling in competitive and recreational cyclists. *Journal of Sports Science* 1991; 9: 191-203.
25. Woodland LH, Francis RS. Parameters and comparisons of the quadriceps angle of college aged men and women in the supine and standing positions. *American Journal of Sports Medicine* 1992; 20: 208-211.
26. Livingston LA, Mandigo JL. Bilateral within-subject Q angle asymmetry in young adult females and males. *Biomedical Sciences Instrumentation* 1997; 33: 112-117.
27. Shultz SJ, Nguyen A, Windley TC, Kulas AS, Botic TL, Beynon BD. Intratester and intertester reliability of clinical measures of lower extremity anatomical characteristics; implications for multicenter studies. *Clinical Journal of Sport Medicine* 2006; 16: 155-161.
28. Huberti HH, Hayes WC. Patellofemoral contact pressures. The influence of q-angle and tendofemoral contact. *Journal of Bone & Joint Surgery American* 1984; 66(5): 715-724.
29. Mizuno Y, Kumagai M, Mattessich SM, Elias JJ, Ramrattan N, Cosgarea AJ, et al. Q-angle influences tibiofemoral and

- patellofemoral kinematics. *Journal of Orthopaedic Research* 2001; 19: 834-840.
30. Powers CM. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *Journal of Orthopaedic Sport and Physical Therapy* 2003; 33:639-646.
 31. Lee TQ, Morris G, Csintalan RP. The influence of tibial and femoral rotation on patellofemoral contact area and pressure. *Journal of Orthopaedic Sport and Physical Therapy* 2003; 33: 686–693.
 32. Sendur OF, Gurer G, Yildirim T, Ozturk E, Aydeniz A. Relationship of Q angle and joint hypermobility and Q angle values in different positions. *Clinical Rheumatology* 2006; 25: 304-308.
 33. Pefanis N, Papaharalampous X, Tsiganos G, Papadakou E, Baltopoulos P, 2009. The effect of Q angle on ankle sprain occurrence. *Foot & Ankle Specialist* 2009; 2:22-26.
 34. Daneshmandi H, Saki F. The study of static lower extremity posture in female athletes with ACL injuries. *Harkat Sport Medicine* 2009; 1: 75-91.
 35. Myer GD, Kevin RF, Paerno MV, Nick TG, Hewett TE. The effect of general joint laxity on risk of anterior cruciate ligament injury in young female athletes. *American Journal of Sports Medicine* 2008; 36: 1078-1080.
 36. Hintermann G, Nigg BM. Pronation in runners: Implications for injuries. *Sports Medicine* 1998; 26: 169-176.
 37. Kandel E, Schwartz JH, Jessell TM. *Principals of Neural Science*. 3rd ed. Norwalk (CT): Appleton & Lange; 1991.
 38. Dos Santos SG, Santos SG, Daniele D. Relação entre alterações posturais, prevalência de lesões e magnitudes de impacto nos membros inferiores em atletas de handebol. *Fitness & Performance Journal*. 2007; 6(6):388-93.
 39. Magee DJ. *Avaliação musculoesquelética*. 5ª ed. São Paulo: Manole; 2010.
 40. Sizer OS, Cook C, Brismée JM, Dedrick L, Phelps V. Ergonomic pain – Part 1: Etiology, Epidemiology and Prevention. *Pain Practice* 2004; 4(1):42-53.