

# Influência do treinamento excêntrico nas razões de torque de flexores/extensores do joelho

## *Knee torque ratio after eccentric training*

Fábio Juner Lanferdini<sup>1</sup>, Clarice Sperotto dos Santos Rocha<sup>2</sup>,  
Viviane Bortoluzzi Frasson<sup>3</sup>, Marco Aurélio Vaz<sup>4</sup>

Estudo desenvolvido no Setor de Plasticidade Neuromuscular do Laboratório de Pesquisa do Exercício (Lapex) da Esef/UFRGS – Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

- <sup>1</sup> Prof. Especialista do Lapex/ Esef/UFRGS
- <sup>2</sup> Profa. Ms. do Instituto Portoalegrense do Centro Universitário Metodista, Porto Alegre
- <sup>3</sup> Profa. Ms. da Faculdade de Enfermagem, Nutrição e Fisioterapia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre
- <sup>4</sup> Prof. Dr. associado da Esef/UFRGS

#### ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA

Prof. Fábio J. Lanferdini  
Setor de Plasticidade Neuromuscular/GPBIC  
Lapex/Esef/UFRGS  
R. Felizardo 750 Jardim Botânico  
90690-200 Porto Alegre RS  
e-mail: fabiolanferdini@gmail.com

Estudo desenvolvido com apoio financeiro do Curso de Especialização em Cinesiologia da Esef-UFRGS.

APRESENTAÇÃO  
jun. 2009

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO  
jan. 2010

**RESUMO:** O treinamento excêntrico (Texc) produz adaptações musculares que minimizam a ocorrência de lesões e é usado em reabilitação e treinamento de força, mas pouco se sabe sobre seus efeitos no equilíbrio entre músculos antagonistas do joelho. As razões de torque permitem determinar esses desequilíbrios musculares. O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos de 12 semanas de Texc nas razões de torque excêntrico (lexc:Qexc) entre os músculos isquiotibiais (I) e quadríceps (Q). Vinte e quatro sujeitos saudáveis do sexo masculino foram distribuídos nos grupos controle (GC, n=13, idade 27,7±4,6 anos) e experimental (GE, n=11, idade 28,5±9,5 anos), submetido ao treinamento. Um dinamômetro isocinético foi utilizado para o Texc (velocidade de -60 %s) e para as avaliações (uma a cada quatro semanas). As razões de torque medidas foram comparadas estatisticamente entre os grupos e intragrupos entre as avaliações, com nível de significância de 5%. No GE, foi observada redução das razões de torque da avaliação (AV) inicial para as demais: AV1x AV2,  $p=0,005$ ; AV1x AV3,  $p=0,001$ ; e AV1x AV4,  $p<0,001$ . Na avaliação final, as razões do GE foram menores quando comparadas às do GC ( $p=0,041$ ). O Texc altera pois o equilíbrio dos músculos flexores e extensores do joelho: doze semanas de Texc levam à redução da razão lexc:Qexc e ao aumento do torque extensor, sem alteração significativa do torque flexor, podendo ser usado na reabilitação para fortalecimento dos músculos extensores do joelho.

**DESCRIPTORES:** Articulação do joelho; Músculo quadríceps; Técnicas de exercício e de movimento; Torque

**ABSTRACT:** Eccentric training produces skeletal muscle adaptations that help preventing muscle injuries, being often used in rehabilitation and physical fitness programs, but little is known of the effects of this training in the balance between knee antagonistic muscles. Torque ratios allow determining such balance. The purpose of this study was to assess the effect of a 12-week eccentric training program on the eccentric torque ratio between hamstring and quadriceps muscles (Hecc:Qecc). Twenty-four healthy male subjects were assigned to either a control group (CG, n=13, aged 27.7±4.6 years) or an experimental group (EG, n=11, aged 28.5±9.5 years). An isokinetic dynamometer was used (angular velocity -60%/s) for both the eccentric training and the assessments, performed every four weeks. Torque ratios measured were statistically compared between groups and intragroups between assessments, with (significance level set at  $p<0.05$ ). In EG a reduction in torque ratios was found from the initial assessment (AS1) to the other three ones: AS1x AS2,  $p=0.005$ ; AS1x AS3,  $p=0.001$ ; and AS1x AS4,  $p<0.001$ . At the last evaluation, EG torque ratios were lower than those of CG's ( $p=0.041$ ). Eccentric training hence changes balance between knee flexor and extensor muscles: a 12-week training program leads to lower Hecc:Qecc ratio and to extensor torque increase, with no significant change in flexor torque, being thus suitable for rehabilitation aimed at strengthening knee extensor muscles.

**KEY WORDS:** Exercise movement techniques; Knee joint; Quadriceps muscle; Torque

## INTRODUÇÃO

Tanto as atividades da vida diária quanto o treinamento esportivo produzem adaptações estruturais-funcionais no músculo esquelético<sup>1</sup>. Tais adaptações alteram a capacidade de produção de força muscular e podem estar associadas a adaptações intrínsecas (estrutura muscular) e/ou extrínsecas (ativação) do músculo<sup>2</sup>. Músculos esqueléticos apresentam diferentes características morfológicas, que podem estar relacionadas à arquitetura muscular e/ou tipos de fibras musculares<sup>3</sup>. Tais características produzem diferentes adaptações intrínsecas musculares em resposta ao treinamento<sup>3,4</sup>. Essas adaptações produzidas pelas demandas funcionais impostas ao músculo podem gerar desequilíbrio muscular entre músculos antagonistas em torno de uma articulação. Esses desequilíbrios frequentemente alteram a sobrecarga mecânica que incide sobre os tecidos e estruturas peri-articulares, o que pode ser um dos mecanismos geradores de lesão e degeneração nas articulações envolvidas<sup>5</sup>.

O exercício excêntrico é um importante recurso na recuperação e prevenção de lesões do sistema musculoesquelético<sup>6</sup> devido ao fortalecimento das estruturas contráteis e não-contráteis (tendão e tecido conectivo) do músculo esquelético<sup>7</sup>, além de adaptações neurais<sup>8</sup> que produz. Segundo Butterfield et al.<sup>9</sup>, o treinamento excêntrico altera as propriedades mecânicas do músculo devido ao aumento do número de sarcômeros em série da fibra muscular. Esse maior número de sarcômeros em série possibilita maior excursão muscular, gerando um efeito protetor da musculatura quando esta é estirada, pois possibilita maior geração de força ativa em maiores comprimentos musculares, onde geralmente ocorrem as lesões.

Há evidências na área clínica dos efeitos benéficos de programas de treinamento excêntrico. O tratamento de lesões inflamatórias no tendão de Aquiles com um programa de treinamento excêntrico, por exemplo, possibilita a diminuição dos níveis de dor, auxiliando no retorno às atividades de vida diária<sup>10,11</sup>.

O treinamento excêntrico também promove um aumento da força muscular.

Vikne et al.<sup>12</sup> encontraram aumento da área de secção transversa (AST) e da força muscular (26%) dos flexores do tornozelo após 12 semanas de treinamento excêntrico. Mjolsnes et al.<sup>13</sup> encontraram aumento (11%) do pico de torque dos músculos isquiotibiais após 10 semanas de treinamento excêntrico. Resultados semelhantes foram encontrados por Seger et al.<sup>14</sup> (aumento de 3,5% na AST e de 35% no torque excêntrico) e por Seger e Thorstensson<sup>15</sup> (aumento de 43% no pico de torque excêntrico) após 10 semanas de treinamento excêntrico (velocidade angular = -90°/s) dos músculos da coxa. Esses resultados sugerem diferenças na adaptação de diferentes grupos musculares ao treinamento excêntrico, o que tem implicações no delineamento de programas de reabilitação visando o fortalecimento de grupos musculares antagonistas em relação a uma determinada articulação.

Apesar da importância do treinamento excêntrico para a melhora da estrutura e função muscular, prevenção e reabilitação de lesões, poucos são os estudos sobre os efeitos do treinamento excêntrico nas razões de torque entre os músculos isquiotibiais e quadríceps (razões I:Q)<sup>16-18</sup>. A razão de torque possibilita determinar os desequilíbrios musculares entre músculos antagonistas que atuam sobre uma articulação<sup>19,20</sup>. A razão de torque I:Q identifica possíveis desequilíbrios ou défices musculares que podem levar à instabilidade articular do joelho, e auxilia no diagnóstico, prevenção e tratamento das lesões ocasionadas por esses desequilíbrios<sup>21-23</sup>. Segundo a literatura<sup>21,24</sup>, a razão I:Q do joelho em velocidades angulares baixas (60°/s) deve se situar entre 50% e 80%. Apesar dos benefícios do exercício excêntrico para a musculatura, a maioria dos estudos avaliou as razões I:Q em contrações concêntricas<sup>16,17,21-23</sup>, e raros são os estudos que avaliaram os efeitos do treinamento sobre as razões de torque excêntrico entre os músculos isquiotibiais e quadríceps (lexc:Qexc)<sup>17,25</sup>. Impellizzeri et al.<sup>25</sup> encontraram uma razão lexc:Qexc de 53% na velocidade angular de -60°/s em indivíduos saudáveis, valores semelhantes aos encontrados para contrações concêntricas. O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de 12 semanas de treinamento

excêntrico de flexores e extensores do joelho nas razões de torque lexc:Qexc.

## METODOLOGIA

Os sujeitos assinaram um termo de consentimento livre informado para a participação do estudo, cujos procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética da universidade.

A amostragem foi realizada de forma intencional; a amostra foi constituída por 24 sujeitos do sexo masculino, divididos em um grupo experimental (GE, n=11, massa 70,9±9,4 kg, estatura 176±7,1 cm, idade 28,5±9,5 anos) submetidos a um programa de treinamento excêntrico dos músculos flexores e extensores do joelho, e um grupo controle (GC, n=13, massa 74,8±7,5 kg, estatura 177,0±5,6 cm, idade 27,7±4,6 anos) que não fez treinamento algum. Para participarem do estudo, os sujeitos não deveriam estar realizando nenhum tipo de treinamento de força envolvendo as musculaturas a serem analisadas e poderiam ser sedentários ou fisicamente ativos (caso fossem fisicamente ativos, não deveriam alterar a frequência e a intensidade da atividade física durante a realização do estudo). Os critérios de exclusão do estudo incluíram: história de lesão nos músculos quadríceps e isquiotibiais ou na articulação do joelho; disfunções no sistema nervoso central e sistema nervoso periférico; doenças cardíacas, pulmonares e desnutrição.

## Procedimentos

As avaliações foram efetuadas somente no membro inferior direito dos sujeitos, antes do início do treinamento e após a 4<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> semanas do treinamento excêntrico. O GC foi submetido às mesmas avaliações que o GE, para poder comparar os resultados entre os dois grupos ao longo do período de 12 semanas.

Um dinamômetro isocinético (Cybex, modelo Norm, Lumes & Co., Ronkonkoma, NY, EUA) foi utilizado para a avaliação do torque. Antes do início dos testes os sujeitos foram submetidos a um período de aquecimento e alongamento da musculatura flexora e extensora do joelho; o aquecimento foi realizado em um

cicloergômetro por 5 minutos, a uma potência de 60 Watts; e todos fizeram alongamento ativo dos músculos flexores e extensores do joelho durante 20 segundos antes e após a realização dos testes.

Para o teste o sujeito foi posicionado sentado, com a extremidade distal do membro inferior direito fixada ao braço do equipamento. O eixo de rotação do equipamento foi alinhado com o eixo de rotação aparente da articulação do joelho direito. O pico de torque foi mensurado em três contrações voluntárias máximas excêntricas dos músculos flexores e extensores do joelho na velocidade de  $-60^\circ/s$ . Das três contrações foi selecionada aquela de maior valor de pico de torque para cada grupo muscular.

Os sujeitos do GE foram submetidos a um programa de 12 semanas de treinamento excêntrico dos músculos flexores e extensores do joelho direito. O protocolo de treinamento consistiu de três sessões semanais, com duas a cinco séries de sete a nove repetições de contrações excêntricas máximas dos músculos flexores e extensores do joelho a uma velocidade angular de  $-60^\circ/s$ , com um intervalo de 2 minutos entre as séries. O protocolo foi adaptado do estudo de Hortobágyi *et al.*<sup>26</sup> e está sintetizado no Quadro 1. Note-se que o protocolo prevê aumento progressivo do volume de contrações ao longo do mês e redução do volume no início de cada novo mês, para diminuir a sobrecarga e possibilitar a adaptação muscular.

**Quadro 1** Protocolo de treinamento excêntrico

Mês	Sem	Sess	Séries	Rep	Vol
1 <sup>o</sup>	1 <sup>a</sup>	2	2	7	14
	2 <sup>a</sup>	3	3	7	21
	3 <sup>a</sup>	3	3	8	24
	4 <sup>a</sup>	3	3	9	27
2 <sup>o</sup>	5 <sup>a</sup>	3	3	7	21
	6 <sup>a</sup>	3	4	7	28
	7 <sup>a</sup>	3	4	8	32
	8 <sup>a</sup>	3	4	9	36
3 <sup>o</sup>	9 <sup>a</sup>	3	4	7	28
	10 <sup>a</sup>	3	5	7	35
	11 <sup>a</sup>	3	5	8	40
	12 <sup>a</sup>	3	5	9	45

Sem = semana; Sess = sessões; Rep = repetições; Vol = volume

Existem duas formas de se calcular desequilíbrios musculares de uma articulação. Na razão de torque funcional I:Q relaciona-se o torque concêntrico (con) de um grupo muscular com o torque excêntrico (exc) do grupo antagonista (Icon:Qexc ou lexc:Qcon). No presente estudo foram calculadas as razões de torque convencionais excêntricas (lexc:Qexc)<sup>15,23</sup>.

### Análise estatística

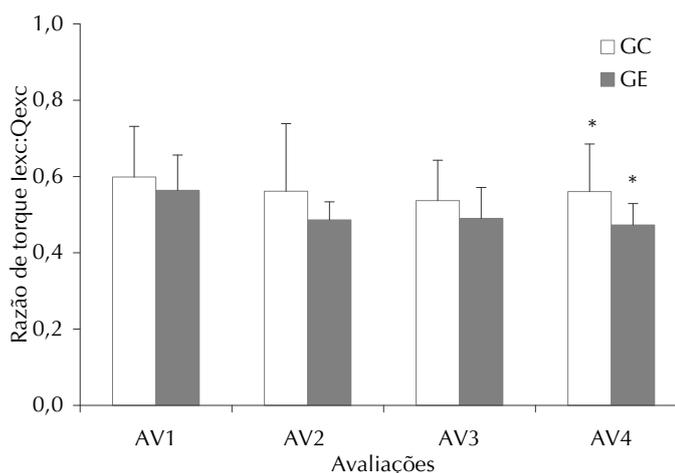
Todos os dados foram descritos por média e desvio padrão das razões lexc:Qexc. Uma análise de variância de dois fatores (grupo, avaliações) para medidas repetidas (avaliações) foi utilizada na comparação das razões de torque entre os grupos GC e GE. No caso de interação entre os fatores, uma análise de variância de um fator foi utilizada para verificar diferenças em razões de torque dentro de cada grupo. Análise de variância de um fator para medidas repetidas foi utilizada para comparar os dados de torque dos extensores e flexores do joelho no GE entre as diferentes avaliações. O teste *post-hoc* Holm-Sidak foi utilizado para verificar os efeitos principais nas diferentes avaliações dentro de cada grupo (GC e GE) e dentro de cada grupo muscular (flexor e extensor). O programa SigmaStat 3.5 foi utilizado para todas as análises,

com um nível de significância de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

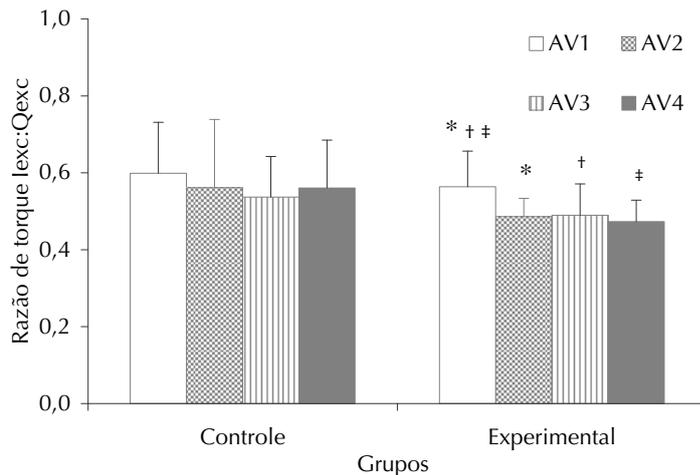
O Gráfico 1 permite comparar os resultados entre os grupos GC e GE das razões de torque obtidas nas quatro avaliações. A razão média lexc:Qexc do GE só foi significativamente menor que a do GC ( $p = 0,041$ ) na avaliação 4. O Gráfico 2 facilita comparar os resultados das quatro avaliações em cada grupo. Não foi observada diferença significativa entre as razões lexc:Qexc das quatro avaliações do GC. No GE, observa-se uma queda na razão lexc:Qexc da avaliação 1 para a avaliação 2, mantendo-se a redução na razão até a avaliação 4 (AV1 x AV2,  $p = 0,005$ ; AV1 x AV3,  $p = 0,001$ ; AV1 x AV4,  $p < 0,001$ ).

A Tabela 1 mostra os valores de torque absoluto, as razões lexc:Qexc, a variação absoluta e a variação relativa ou percentual das razões lexc:Qexc do GE em relação à primeira avaliação. Apesar de os valores das médias de torque dos flexores do joelho aumentarem ao longo das avaliações (9 Nm na segunda avaliação, 14 Nm na terceira e 18 Nm na quarta avaliação), esse aumento não foi significativo. Em termos relativos, o torque flexor aumentou 7% na segunda avaliação, 10% na terceira e 14% na



**Gráfico 1** Razão de torque lexc:Qexc (média e desvio padrão) obtida nos dois grupos, controle (GC) e experimental (GE), nas quatro avaliações, por avaliação (AV)

lexc:Qexc = razão de torque excêntrico isquiotibiais/quadríceps; \* = diferença significativa entre os grupos ( $p < 0,05$ )



**Gráfico 2** Razão de torque lexc:Qexc (média e desvio padrão) obtida nos dois grupos, controle (GC) e experimental (GE), nas quatro avaliações (AV); comparação intragrupo no GE entre as avaliações: \* † ‡ =  $p < 0,05$

lexc:Qexc = razão de torque excêntrico isquiotibiais/quadríceps

quarta avaliação. Já o torque extensor aumentou na segunda, terceira e quarta ( $p < 0,001$  em todas) avaliações quando comparado aos valores da primeira avaliação. Esse aumento (de 59 Nm na segunda avaliação, 69 Nm na terceira e 83 Nm na quarta) foi bem superior ao aumento do torque dos músculos flexores do joelho, representando um aumento em relação à primeira avaliação de 24% na segunda avaliação, de 28% na terceira e de 34% na quarta avaliação.

## DISCUSSÃO

O objetivo do estudo foi verificar o efeito de 12 semanas de treinamento excêntrico no equilíbrio dos músculos flexores e extensores do joelho, por meio do cálculo das razões de torque lexc:Qexc em sujeitos saudáveis do sexo masculino. A inexistência de diferença nas razões lexc:Qexc entre os grupos GC e GE antes do início do treinamento excêntrico (Gráfico 1) mostra que os indivíduos dos dois grupos eram semelhantes antes do treinamento. Entretanto, após 12 semanas de treinamento, notou-se redução das razões do GE, quando comparada às razões do GC.

Essa redução das razões poderia ocorrer por três motivos: (1) aumento do torque extensor, (2) redução do torque flexor ou (3) uma combinação de ambos. Os resultados na Tabela 1 mostram claramente que a opção (1) foi a que ocorreu.

A pequena variação do torque flexor (7 a 14%) com o treinamento excêntrico não resultou em aumento, ao passo que houve um aumento no torque extensor (de 24 para 34%) após o treinamento. Isso sugere que o treinamento excêntrico não foi eficaz em produzir ganho de força nos flexores do joelho, enquanto o contrário ocorreu nos extensores do joelho. O motivo para essa diferente resposta ao treinamento excêntrico não é totalmente conhecido, mas pode estar relacionado com a diferente arquitetura dos grupos musculares.

Como os isquiotibiais são músculos com fibras longas e as porções do quadríceps apresentam fibras curtas, a sobrecarga mecânica produzida durante o exercício excêntrico (ou seja, de estiramento ativo) pode ter sido bem menor nos isquiotibiais (por apresentarem maior número de sarcômeros em série em suas fibras) comparada à sobrecarga aplicada ao quadríceps (cujas fibras sofreram maior estiramento devido ao menor número de sarcômeros em série).

Apesar de ter sido utilizada a mesma sobrecarga de treinamento para ambos os grupos musculares (carga máxima), o aumento dos valores de torque foi significativo apenas para os extensores do joelho, fazendo com que as razões L:Q se afastassem de valores de normalidade<sup>21,24</sup>. Em função disso, profissionais da área da reabilitação devem escolher a carga adequada para diferentes grupos

musculares no momento da elaboração dos protocolos de reabilitação. Além disso, devem levar em consideração a arquitetura muscular no momento da escolha de exercícios, possibilitando uma sobrecarga mecânica adequada aos objetivos desejados no programa de reabilitação.

Lieber<sup>27</sup> e Lieber e Fridén<sup>28</sup> consideram os músculos do quadríceps como músculos penados, com elevados ângulos de penação de suas fibras, grande AST e fibras curtas, classificando-os como músculos de geração de força. Já os músculos isquiotibiais são classificados como fusiformes, apresentando menor ângulo de penação de suas fibras, AST intermediárias, fibras longas, e trabalham em grandes excursões musculares, sendo destinados, portanto, para velocidade. Como a velocidade de treinamento excêntrico foi relativamente baixa (60°/s), é possível que o estímulo mecânico tenha sido mais direcionado para a força e não para a velocidade, o que explicaria o aumento na capacidade de produção de força do músculo quadríceps, sem aumento nos músculos isquiotibiais após o treinamento. A ultrasonografia possibilitaria avaliar os efeitos do treinamento sobre a arquitetura muscular (comprimento dos fascículos musculares, ângulo de penação e espessura muscular<sup>29,30</sup>). Entretanto, essa tecnologia não estava disponível em nosso laboratório na época de realização do estudo.

O aumento significativo dos valores de torque dos extensores do joelho do GE (34%) após o treinamento foi semelhante ao de outros estudos que aplicaram de 10 a 12 semanas de treinamento excêntrico em velocidades angulares médias. Seger *et al.*<sup>14</sup> encontraram um aumento de 35% do torque extensor após treinamento em uma velocidade angular de -90°/s, enquanto Higbie *et al.*<sup>31</sup> encontraram um aumento de 36,2% no pico de torque excêntrico após treinamento dos músculos extensores do joelho em uma velocidade de -60°/s. Entretanto, Blazevich *et al.*<sup>32</sup> encontraram um aumento menor dos valores de torque (14%) para os músculos extensores do joelho, utilizando treinamento na velocidade angular de -30°/s. Como a sobrecarga mecânica (ou a capacidade de produção de força muscular) aumen-

ta com a diminuição da velocidade angular de movimento<sup>33</sup>, seria de se esperar que o treinamento excêntrico numa velocidade angular mais baixa produzisse um aumento percentual mais elevado no torque extensor do joelho após o treinamento. Estudos que avaliem os efeitos de programas de treinamento excêntrico com diferentes velocidades angulares sobre a capacidade de produção de força dos músculos do joelho podem esclarecer essa divergência nos resultados.

Um reduzido número de estudos que utilizaram o treinamento excêntrico dos músculos flexores do joelho foi encontrado. Mjolsnes *et al.*<sup>13</sup> encontraram um aumento de 11% no pico de torque excêntrico obtido na velocidade de -60°/s após 10 semanas de treinamento excêntrico dos músculos flexores do joelho. Nossos resultados (um aumento de 14% no torque flexor após o treinamento) foram semelhantes aos obtidos neste estudo.

Os poucos estudos que avaliaram as razões excêntricas  $\text{lexc:Qexc}$  encontraram razões de 0,53 (velocidade de -60°/s) em sujeitos saudáveis<sup>25</sup>, de 0,60 em atletas com histórico de lesão nos isquiotibiais e de 0,55 em atletas sem histórico de lesão<sup>34</sup>. Os resultados aqui encontra-

dos são semelhantes aos da literatura, uma vez que foram encontradas uma razão de 0,56 após quatro semanas de treinamento e de 0,47 após 12 semanas de treinamento.

Poucos estudos avaliaram os efeitos do treinamento como método para evitar desequilíbrios musculares de uma determinada articulação. Aagaard *et al.*<sup>17</sup> encontraram uma queda na razão  $\text{lexc:Qexc}$  de 0,52 pré-treinamento para 0,46 pós-treinamento, na velocidade angular de -30°/s. Apesar de a velocidade utilizada pelos autores ser menor do que a utilizada no presente estudo, os resultados são semelhantes entre os estudos no que diz respeito à redução das razões de torque na avaliação pós-treinamento.

A comparação das avaliações intra-grupo revelou semelhança nas razões  $\text{lexc:Qexc}$  no GC (Gráfico 2). O fato de as razões terem sofrido uma redução no GE a partir da segunda avaliação sugere que quatro semanas de treinamento excêntrico são suficientes para aumentar o desequilíbrio natural entre os grupos musculares antagonistas do joelho.

Os resultados do presente estudo demonstram que 12 semanas de trei-

namento excêntrico determinam um aumento significativo do torque extensor, provavelmente devido à maior sobrecarga mecânica imposta aos extensores do joelho devido a sua arquitetura muscular. O maior aumento da produção de força nos extensores em relação aos flexores do joelho sugere que houve um maior aumento no número de sarcômeros em paralelo do músculo quadríceps. Trabalhos que utilizem a ultra-sonografia permitirão avaliar essa possibilidade e elucidar os mecanismos responsáveis pelas adaptações intrínsecas no sistema musculoesquelético após o treinamento excêntrico. Essas informações permitirão o aprimoramento de programas de reabilitação, tornando-os mais eficazes no tratamento de lesões musculares, assim como no delineamento de programas de treinamento excêntrico com o objetivo de prevenir lesões esportivas.

## CONCLUSÃO

Doze semanas de treinamento excêntrico produzem uma redução das razões  $\text{lexc:Qexc}$  e um aumento do torque extensor, sem alteração significativa do torque flexor do joelho.

## REFERÊNCIAS

- 1 Vaz MA, Fração VB, Pressi AMS, Scheeren EM. Adaptação funcional do sistema músculo-esquelético a demandas funcionais específicas: o caso dos movimentos repetitivos no trabalho. In: Merlo ARC, organizador. Saúde e trabalho no Rio Grande do Sul: realidade, pesquisa e intervenção. Porto Alegre: Ed. UFRGS; 2004. p.215-67.
- 2 Herzog W, Guimarães AC, Anton MG, Carter-Erdman KA. Moment length relations of rectus femoris muscles of speed skaters/cyclists and runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23:1289-96.
- 3 Lieber RL, Fridén J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve.* 2000;23:1647-66.
- 4 Aagaard P, Andersen JL, Dyhre-Poulsen PD, Leffers AM, Wagner A, Magnusson SP, et al. A mechanism for increased contractile strength of human pinnate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. *J Appl Physiol.* 2001;534(2):613-23.
- 5 Portes ME, Portes LA, Botelho VG, Pinto SS. Isokinetic torque peak and hamstrings/ quadriceps ratios in endurance athletes with anterior cruciate ligament laxity. *Clinics.* 2007;62(2):127-32.
- 6 Pull MR, Ranson C. Eccentric muscle actions: implications for injury prevention and rehabilitation. *Phys Ther Sport.* 2007;8:88-97.
- 7 Albert M. Treinamento excêntrico em esportes e reabilitação. São Paulo: Manole; 2002.
- 8 Michaut A, Pousson M. Eccentric contraction-induced mechanical and neurophysiological adaptations: the protective effect. *Sci Sports.* 2004;19:286-95.
- 9 Butterfield TA, Leonard TR, Herzog W. Differential serial sarcomere number adaptations in knee extensor muscles of rats is contraction type dependent. *J Appl Physiol.* 2005;99:1352-8.
- 10 Fahlström M, Jonsson P, Lorentzon R, Alfredson H. Chronic Achilles tendon pain treated with eccentric calf-muscle training. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2003;11:327-33.

## Referências (cont.)

- 11 Öhbberg L, Lorentzon R, Alfredson H. Eccentric training in patients with chronic Achilles tendinosis: normalized tendon structure and decreased thickness at follow up. *Br J Sports Med.* 2004;38:8-11.
- 12 Vikne H, Refsnes PE, Ekmark M, Medbo JJ, Gundersen V, Gundersen K. Muscular performance after concentric and eccentric exercise in trained men. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38:1770-81.
- 13 Mjolsnes R, Arnason A, Osthagen T, Raastad T, Bahr R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* 2004;14:311-7.
- 14 Seger JY, Arvidsson B, Thorstensson A. Specific effects of eccentric and concentric training on muscle strength and morphology in humans. *Eur J Appl Physiol.* 1998;79:49-57.
- 15 Seger JY, Thorstensson A. Effects of eccentric versus concentric training on thigh muscle strength and EMG. *Int J Sports Med.* 2005;26:45-52.
- 16 Baltzopoulos V, Brodie DA. Isokinetic dynamometry: applications and limitations. *Sports Med.* 1989;8(2):101-16.
- 17 Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Specificity of training velocity and training load on gains in isokinetic knee joint strength. *Acta Physiol Scand.* 1996;156(2):123-9.
- 18 Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, Guadagnoli MA. Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring: quadriceps strength ratios. *J Strength Cond Res.* 2007;21(1):41-7.
- 19 Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med.* 2002;30(2):199-203.
- 20 Devan MR, Pescatello LS, Faghri P, Anderson J. A prospective study of overuse knee injuries among female athletes with muscle imbalances and structural abnormalities. *J Athl Train.* 2004;39(3):263-7.
- 21 Kannus P. Ratio of hamstring to quadriceps femoris muscles' strength in the anterior cruciate ligament insufficient knee: relationship to long-term recovery. *Phys Ther.* 1988;68(6):961-5.
- 22 Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. *Acta Physiol Scand.* 1995;154(4):421-7.
- 23 Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. A new concept for isokinetic hamstring:quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med.* 1998;26(2):231-7.
- 24 Lephart SM, Ferris CM, Riemann BL, Fu FH. Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing. *Clin Orthop Rel Res.* 2001;401:162-9.
- 25 Impellizzeri FM, Bizzini M, Rampinini E, Cereda F, Maffiulett NA. Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex Norm dynamometer. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2008;28:113-9.
- 26 Hortobágyi T, Houmard JA, Fraser DD, Dudek R, Lambert NJ, Israel RG. Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. *J Appl Physiol.* 1996;80:765-72.
- 27 Lieber RL. *Skeletal muscle structure and function: implications for rehabilitation and sports medicine.* Baltimore: Williams & Wilkins; 1992.
- 28 Lieber RL, Fridén J. Clinical significance of skeletal muscle architecture. *Clin Orthop Rel Res.* 2001;383:140-51.
- 29 Maganaris CN. In vivo measurement-based estimations of the moment arm in the human tibialis anterior muscle. *J Biomech.* 2000;33:375-9.
- 30 Maganaris CN, Baltzopoulos V, Sargeant A. Repeated contractions alter the geometry of human skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 2002;93:2089-94.
- 31 Higbie EJ, Cureton KJ, Warren III GL, Prior BM. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area and neural activation. *J Appl Physiol.* 1996;81:2173-81.
- 32 Blazeovich AJ, Cannavan D, Coleman DR, Horne S. Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. *J Appl Physiol.* 2007;103:1565-75.
- 33 Frasson VB, Rassier DJE, Herzog W, Vaz MA. Dorsiflexor and plantarflexor torque-angle and torque-velocity relationships of classical ballet dancers and volleyball players. *Rev Bras Biomec.* 2007;8:31-6.
- 34 Bennel K, Wajswelner H, Lew P, Riaucour AS, Leslie S, Plant D, et al. Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *Br J Sports Med.* 1998;32:309-14.