



Déficit bilateral nos movimentos de flexão e extensão de perna e flexão do cotovelo

Christianne Pereira Giesbrecht Chaves^{1,2,3,4}, Cláudia Porto Corrêa Guerra¹,
Silvia Regina Gonçalves de Moura¹, Antonio Izidoro Vieira Nicoli¹, Idemar Félix¹ e Roberto Simão^{1,5}

RESUMO

Os exercícios resistidos (ER) podem ser realizados de forma uni e bilateral. O objetivo foi comparar a carga máxima (CM) na flexão e extensão de perna e flexão de cotovelo isoladamente e entre a soma desses dois resultados com aquele desenvolvido simultaneamente pelas duas pernas e dois braços, respectivamente. Foram submetidos 60 indivíduos ao exercício de flexão e extensão de perna e a flexão de cotovelo ao teste de 1RM. Os resultados para os movimentos de flexão e extensão de perna e flexão de cotovelo esquerdos e direitos na CM – 31,6 (± 7,9), 32,0 (± 8,0), 20,2 (± 9,2), 20,2 (± 9,8), 29,3 (± 13,9) e 29,8 (± 14,1) kg, respectivamente – mostraram-se similares ($p > 0,05$) e fortemente associados ($r = 0,96, 0,96$ e $0,98$). Comparando a soma dos valores unilaterais com os da execução bilateral, a CM apresentou uma diferença significativa para os movimentos de extensão de perna ($p = 0,04$) e flexão de cotovelo ($p = 0,03$); o mesmo não foi observado no movimento de flexão de perna ($p = 0,75$). Esse resultado pode ser explicado pelo menor incremento de carga – dois quilos e meio – neste último movimento em relação aos dois movimentos anteriores – cinco quilos. Apesar de a maioria dos sujeitos ser destra, não houve diferenças unilaterais na CM, embora nem todos fossem treinados. A soma dos resultados unilaterais foi maior em 9,8% e 4,0% para os movimentos de extensão da perna e flexão de cotovelo, respectivamente, daquele obtido bilateralmente, mostrando, provavelmente, uma limitação central na coordenação motora de um movimento complexo feito em máxima velocidade e com carga elevada. No entanto, no movimento de flexão de perna, a soma dos resultados unilaterais foi inferior à dos bilaterais (-0,6%), apresentando uma possível aprendizagem do movimento e adaptação ao treinamento com pesos a partir de 12 semanas.

RESUMEN

Déficit bilateral en los movimientos de flexion y extension de la pierna y flexion del codo

Los ejercicios resistidos (ER) pueden ser realizados de forma uni y bilateral. El objetivo fué comparar la carga máxima (CM) en la flexión y extensión de pierna e flexión del de codo aisladamente y

1. Programa de Pós-Graduação Lato-Sensu da Universidade Gama Filho (CEPAC).
2. Departamento de Fisioterapia das Faculdades Integradas Bennett (RJ).
3. Departamento de Educação Física do Centro Universitário Plínio Leite (Niterói, RJ).
4. Departamento de Fisioterapia do Instituto Brasileiro de Medicina de Reabilitação (RJ).
5. Universidade Católica de Petrópolis (RJ).

Recebido em 15/4/04. 2ª versão recebida em 3/7/04. Aceito em 27/11/04.

Endereço para correspondência: Roberto Simão, Universidade Gama Filho – CEPAC, Rua Olegário Maciel, 451, sl. 210 – 22621-220 – Rio de Janeiro, RJ. E-mail: robertosimao@ig.com.br

Palavras-chave: Força muscular. Exercícios unilaterais e bilaterais. Treinamento contra-resistência. Fortalecimento muscular. Déficit bilateral.

Palabras-clave: Fuerza muscular. Ejercicios unilaterales y bilaterales. Entrenamiento contra-resistencia. Fortalecimiento muscular. Déficit bilateral.

entre la suma de esos dos resultados con aquel desarrollado simultaneamente por las dos piernas y los dos brazos, respectivamente. Sometemos a 60 individuos al ejercicio de flexión y extensión de pierna y a flexión de codo a un test de 1RM. Los resultados para los movimientos de flexión y extensión de pierna y flexión de codo izquierdos y derechos en la CM fueron de 31,6 (± 7,9), 32,0 (± 8,0), 20,2 (± 9,2), 20,2 (± 9,8), 29,3 (± 13,9) e 29,8 (± 14,1) kg respectivamente, y se mostraron similares ($p > 0,05$) y fuertemente asociados ($r = 0,96, 0,96$ e $0,98$). Comparando la suma de los valores unilaterales con los de ejecución bilateral, la CM presentó una diferencia significativa para los movimientos de extensión de pierna ($p = 0,04$) y flexión de codo ($p = 0,03$), el mismo no fué observado en el movimiento de flexión de pierna ($p = 0,75$). Este resultado puede ser explicado por el menor incremento de carga – dos kilos y medio – en este último movimiento en relación a los dos movimientos anteriores – cinco kilos. A pesar de la mayoría de los sujetos sean diestros, no hubo diferencias unilaterales en la CM a pesar de no todos estar entrenados. La suma de los resultados unilaterales fué mayor en 9,8% y 4,0% para los movimientos de extensión de la pierna y flexión del codo, respectivamente, de aquel obtenido bilateralmente, mostrando, probablemente una limitación central en la coordinación motora de un movimiento complejo hecho en máxima velocidad y con carga elevada. Por otro lado, en el movimiento de flexión de pierna, la suma de los resultados unilaterales fué inferior a la bilateral (-0,6%), presentando un posible aprendizaje del movimiento y adaptación al entrenamiento con pesos a partir de las doce semanas.

INTRODUÇÃO

O posicionamento do American College of Sports Medicine⁽¹⁾ (ACSM) demonstra a importância da força e potência muscular. O treinamento dessas variáveis mostra-se efetivo na melhoria de várias capacidades funcionais e no aumento da força e hipertrofia muscular. Dessa forma, a prescrição do treinamento torna-se imprescindível a distintas populações como, por exemplo, atletas, indivíduos que apresentam lesões ortopédicas, idosos, ou mesmo aqueles praticantes saudáveis que visam à promoção da saúde^(2,3).

A condução do treinamento nos exercícios resistidos (ER) pode ser realizada de forma bilateral ou unilateral. A carga desenvolvida durante ações bilaterais é menor do que a soma das cargas desenvolvida por cada membro⁽⁴⁻⁸⁾. Segundo alguns autores⁽⁴⁻⁸⁾, essa diferença, chamada de déficit bilateral, está associada com a estimulação reduzida de unidades motoras, que poderia ser causada pela inibição dos mecanismos protetores, resultando em menor produção de força^(9,10). Embora atividades bilaterais reduzam o déficit^(4-9,11), o desempenho em exercícios unilaterais pode constituir-

se em uma estratégia importante, no sentido de conservar a força^(11,12), especialmente em situações de assimetria importante.

Dessa forma, este estudo tem como objetivo: a) comparar a carga máxima (CM), obtida na flexão e extensão de perna e flexão de cotovelo através de trabalho unilateral; b) comparar a soma da CM obtida em cada um dos membros separadamente com aquela obtida no trabalho bilateral simultâneo nos mesmos movimentos anteriores.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram avaliados 60 indivíduos divididos em três grupos. Os dados antropométricos de cada grupo encontram-se na tabela 1.

TABELA 1
Dados antropométricos dos grupos separados por movimentos

Movimentos	N	Gênero	Idade (anos), média ± DP	Peso (kg) média ± DP	Altura (cm) média ± DP
Flexão de perna	20	10 M	21-38 (27,6 ± 5,7)	47-94 (72,1 ± 15,8)	156-190 (170,7 ± 9,6)
Extensão de perna	20	20 F	18-35 (26,3 ± 5)	50-70 (60 ± 7)	155-170 (160 ± 8)
Flexão de cotovelo	20	10 F	18-37 (26,5 ± 5,9)	50-91 (71,5 ± 9)	157-187 (171,8 ± 8,3)

M = Masculino; F = Feminino; DP = Desvio padrão.

Todos os indivíduos eram fisicamente ativos, já que se exercitavam pelo menos três vezes semanais e também possuíam experiência nos ER. No grupo de flexão de cotovelo, os 20 avaliados nunca haviam praticado ER.

Antes da coleta de dados, todos responderam negativamente aos itens do questionário PAR-Q⁽¹³⁾ e assinaram um termo de consentimento. A coleta constou das seguintes etapas: a) medidas da massa corporal e estatura; b) aplicação do teste de uma repetição máxima (1RM)⁽¹⁴⁾ objetivando determinar a CM na flexão e extensão de perna e flexão de cotovelo uni e bilateral. Todos os voluntários assinaram um termo de consentimento, conforme Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde do Brasil.

Para estabelecer o peso que gerava a CM no teste de 1RM no movimento de flexão de perna, utilizou-se o equipamento cadeira flexora da marca *Technogym*; os implementos de carga obedeceram à sobrecarga do próprio aparelho (dois e meio quilogramas). Na extensão de perna foi usado o equipamento cadeira extensora (*Life Fitness*) e o incremento da carga também obedecia à sobrecarga do próprio aparelho (cinco quilogramas). Na flexão do cotovelo, utilizou-se o equipamento *cross-over* da marca *Life Fitness* modelo 2000, sendo executado em sua roldana baixa; o aumento da carga para obtenção da CM era de dois quilos. Para melhor discriminar a realização dos exercícios, estabeleceram-se as seguintes etapas de execução: posição inicial e fase concêntrica. A fase excêntrica era o retorno à posição inicial. A descrição detalhada dos exercícios nas duas fases do movimento é apresentada a seguir:

1) Flexão de perna (bilateral e unilateral).

a) Posição inicial – O indivíduo sentado, com braços ao longo do corpo segurando o apoio no aparelho, com inclinação de tronco a 70° e joelho(s) estendido(s) em 170° e a cabeça posicionada com o plano de Frankfurt⁽¹⁵⁾.

b) Fase concêntrica – A partir da posição inicial, realizava-se a flexão da(s) perna(s) até 90°.

2) Extensão de perna (bilateral e unilateral).

a) Posição inicial – O indivíduo sentado, com braços ao longo do corpo segurando o apoio no aparelho, com inclinação de tronco a

70° e joelho(s) flexionado(s) em 90° e a cabeça posicionada com o plano de Frankfurt⁽¹⁵⁾.

b) Fase concêntrica – A partir da posição inicial, realizava-se a extensão completa da(s) perna(s).

3) Flexão do cotovelo em pé (bilateral e unilateral).

a) Posição inicial – O indivíduo em pé, pernas paralelas com um pequeno afastamento lateral, mantendo os joelhos estendidos, quadris na posição anatômica, braços ao longo do corpo com as mãos supinadas segurando a barra e a cabeça posicionada com o plano de Frankfurt⁽¹⁵⁾.

b) Fase concêntrica – A partir da posição inicial, realizava-se a flexão completa do(s) cotovelo(s).

Para condução dos testes 20 indivíduos foram divididos em dois grupos de 10, selecionados aleatoriamente para o teste de 1RM. O primeiro grupo realizava os exercícios na seqüência: membro direito, membro esquerdo e ambos os membros. O segundo realizava a seqüência: ambos os membros, membro esquerdo e membro direito. Esse procedimento permitiu que o indivíduo fosse avaliado em ambos os membros simultaneamente e unilateralmente no mesmo dia.

Ao iniciar o teste de 1RM⁽¹⁴⁾ os avaliados realizavam uma execução máxima na maior velocidade possível até a obtenção da carga máxima. A cada nova tentativa, realizavam-se incrementos progressivos respeitando as cargas do próprio aparelho. Um intervalo de três a cinco minutos era permitido entre cada tentativa. Após a obtenção da carga máxima no teste de 1RM de acordo com a seqüência adotada, era dado um intervalo de descanso de 10 a 20 minutos para o prosseguimento dos testes. O procedimento no teste de 1RM tinha o propósito de obter a carga máxima e, quando o avaliado não conseguia mais realizar o movimento completo de forma correta, o teste era interrompido. Dessa forma, validou-se como carga máxima a que foi obtida na última execução correta.

A análise estatística foi realizada pelo teste *t* emparelhado, com objetivo de verificar a possível existência de diferença significativa entre os membros direito e esquerdo, assim como a diferença do somatório dos dois membros em relação ao trabalho realizado bilateralmente. Foi considerado o nível de significância de 5% para todos os procedimentos.

RESULTADOS

A tabela 2 fornece as estatísticas descritivas na comparação das cargas obtidas nas pernas direita e esquerda na flexão e extensão de pernas e dos braços direito e esquerdo na flexão de cotovelo. A tabela 3 mostra a ausência de diferença significativa entre os membros direito e esquerdo de todos os movimentos e a alta correlação entre os mesmos. A figura 1 ilustra os resultados dos três movimentos separadamente comparando as médias das cargas máximas entre os membros direito e esquerdo.

TABELA 2
Comparação da carga máxima entre os membros direito e esquerdo

Movimento	Grupo	N	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	EPM
Flexão de perna	D	20	32,0	8,0	33,8	17,5	40,0	2,13
	E	20	31,6	7,9	33,8	17,5	42,5	2,12
Extensão de perna	D	20	20,2	9,8	20,0	5	50	1,73
	E	20	20,2	9,2	20,0	5	45	1,63
Flexão de cotovelo	D	20	29,8	14,1	29,0	12	55	2,88
	E	20	29,3	13,9	30,0	11	54	2,83

DP = desvio padrão; EPM = erro padrão da média; D = membro direito; E = membro esquerdo. Valores da média, DP, mediana, mínimo, máximo e EPM em kg.

TABELA 3
Nível de significância e coeficiente de correlação entre os movimentos direito e esquerdo

Movimento	P	R
Flexão de perna	0,55	0,96
Extensão de perna	1,00	0,96
Flexão de cotovelo	0,33	0,98

P = nível de significância; R = coeficiente de correlação

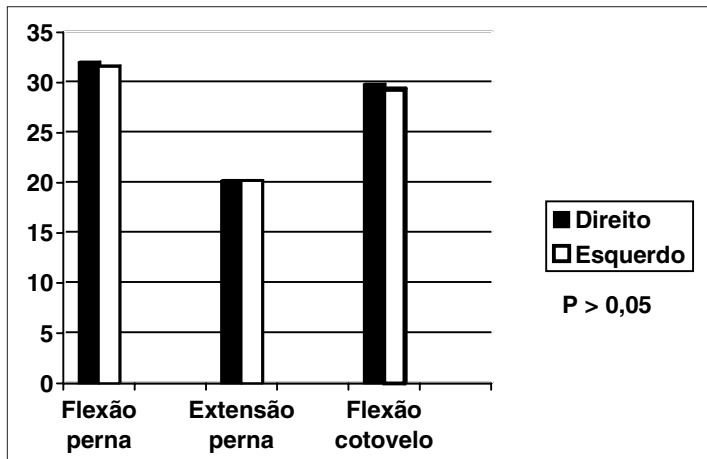


Fig. 1 – Comparação entre as médias das cargas máximas entre os membros direito e esquerdo

A tabela 4 descreve a comparação do somatório das cargas máximas dos membros com a CM desenvolvida bilateralmente para os movimentos de flexão e extensão de pernas e flexão de cotovelo. A tabela 5 mostra a alta correlação entre os três movimentos estudados e as diferenças significativas entre o somatório das execuções unilaterais e o trabalho bilateral nos movimentos de extensão de perna e flexão de cotovelo. No movimento de flexão de perna não houve diferença significativa entre o somatório das ações unilaterais e a execução bilateral. A figura 2 apresenta a diferença entre a comparação das médias nas cargas máximas no somatório dos membros com o trabalho bilateral na extensão de perna e flexão de cotovelo e a ausência desta diferença no movimento de flexão de perna.

TABELA 4
Comparação das cargas máximas no somatório dos membros com o trabalho bilateral

Movimento	Grupo	N	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	EPM
Flexão de perna	S	20	63,6	15,8	66,3	35	82,5	4,22
	B	20	63,9	17,3	67,5	35	90	4,63
Extensão de perna	S	20	40,3	18,8	40,0	10	95	3,32
	B	20	36,7	16,2	32,5	10	65	2,87
Flexão de cotovelo	S	20	59,1	27,9	59,0	24	106	5,69
	B	20	56,8	25,5	53,0	23	100	5,22

DP = desvio padrão; EPM = erro padrão da média; S = somatório dos membros; B = execução bilateral. Valores da média, DP, mediana, mínimo, máximo e EPM em kg.

TABELA 5
Nível de significância e coeficiente de correlação entre o somatório dos membros e os movimentos bilaterais

Movimento	P	R
Flexão de perna	0,75	0,97
Extensão de perna	0,04	0,86
Flexão de cotovelo	0,03	0,99

P = nível de significância; R = coeficiente de correlação

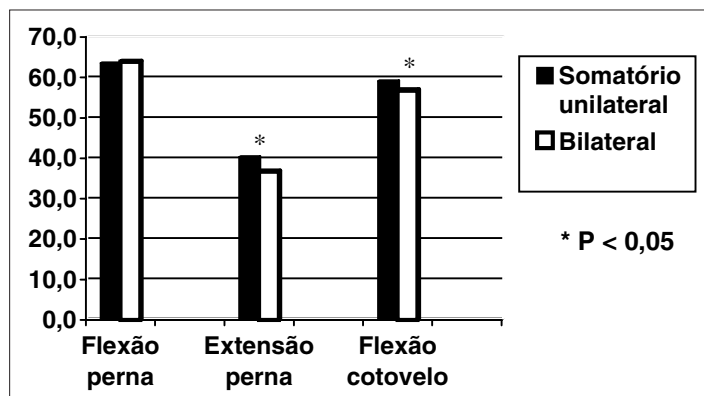


Fig. 2 – Comparação entre as médias das cargas máximas no somatório dos membros com o trabalho bilateral

DISCUSSÃO

O fenômeno do déficit bilateral é referenciado como leve diminuição da ativação neural no recrutamento de unidades motoras no desenvolvimento de trabalhos bilaterais, quando comparadas com a soma dos trabalhos unilaterais^(4-8,16). Segundo Vandervoot *et al.*⁽⁶⁾, a capacidade de desenvolver força durante trabalhos isométricos e dinâmicos em baixas velocidades de forma bilateral, no exercício supino reto com halteres, apresentou resultados similares quando comparados com o somatório do trabalho unilateral. Howard e Enoka⁽⁹⁾ demonstraram que nem todos os indivíduos apresentaram déficit bilateral, sendo que alguns evidenciaram nenhuma diferença ou até mesmo facilitação bilateral. Em nosso estudo foi encontrada uma diferença significativa no déficit bilateral em relação às cargas máximas nos movimentos de extensão de perna e flexão de cotovelo, divergindo dos estudos citados^(6,9); já o mesmo não ocorreu no movimento de flexão de perna. Nos movimentos de flexão e extensão da perna e flexão de cotovelo, 25, 36 e 21%, respectivamente, apresentaram o trabalho bilateral superior ao do somatório unilateral na carga máxima.

O grupo que realizou a flexão de cotovelo diferiu dos demais grupos devido ao fato de os 20 avaliados não terem experiência nos ER. Em um estudo proposto por Simão *et al.*⁽⁴⁾, 24 avaliados também não possuíam prática nos ER e os resultados foram similares aos nossos, ou seja, o déficit bilateral foi significativo. Esses resultados parecem confirmar a necessidade de trabalhos bilaterais para indivíduos destreinados quando as cargas forem elevadas e a velocidade de execução for de moderada a lenta.

Em outro estudo apresentado por Simão *et al.*⁽⁷⁾, foi avaliada a possibilidade do déficit bilateral em membros inferiores na cadeira extensora e os resultados foram significativos. O nosso estudo seguiu o mesmo viés de avaliação e também encontramos resultados similares aos do estudo supracitado⁽⁷⁾. Interessante observar que fizemos o mesmo procedimento na cadeira flexora, mas não encontramos diferenças significativas em relação ao déficit bilateral. É importante ressaltar que em nossa revisão de literatura não encontramos nenhum estudo abordando a flexão de pernas.

Outros estudos^(4-7,12,17) abordando o déficit bilateral demonstram haver uma contraposição nos resultados, provavelmente devido às diversas variáveis envolvidas. Uma das causas prováveis dessas diferenças seria a forma de avaliação através da eletromiografia, devido à sua baixa sensibilidade de avaliação em certos agrupamentos em função do volume das massas musculares⁽⁹⁾. Outros fatores como a capacidade de ativação neural, difusão dos impulsos entre os hemisférios cerebrais, estabilização postural, aprendizagem na coordenação, modulação aferente, redução da atividade do antagonista, motivação e tipo de fibra muscular envolvida⁽¹⁸⁻²¹⁾ devem ser levados em consideração.

A proposta deste estudo difere da maioria dos referenciados devido ao fato de apresentar dados referentes à comparação do

déficit bilateral em uma avaliação muscular e não em um treinamento. Um diferencial do nosso estudo foi a utilização de um implante de carga com a resistência dinâmica invariável, distinguindo-se da maioria dos estudos que foram realizados com aparelhos isocinéticos^(5,6,22,23). Uma das possíveis justificativas para o déficit bilateral na carga máxima, nos movimentos de extensão de perna e flexão de cotovelo, talvez tenha sido a metodologia realizada no teste de 1RM, em que o incremento de cargas para os agrupamentos musculares acima fora possivelmente grande; o que explica os achados nos movimentos de flexão de perna em que os incrementos foram menores – dois quilos e meio – e não houve o fenômeno do déficit bilateral. Talvez incrementos de cargas menores no teste de 1RM sejam importantes devido à sensibilidade da musculatura envolvida.

As comparações das CM entre os membros de um mesmo indivíduo são limitadas na literatura^(4,7) e dados do nosso estudo, realizado em jovens saudáveis, demonstram não haver diferença significativa em nenhum dos movimentos testados. Mesmo a maioria dos indivíduos sendo destra, nos três movimentos 14,3%, 9,4%, e 20,8% apresentaram a carga máxima direita menor que a esquerda e 71,4%, 78,1% e 33,3% desempenharam a mesma carga máxima para ambos os membros nos movimentos de flexão e extensão de perna e flexão de cotovelo, respectivamente. Essas diferenças podem ser explicadas, parcialmente, pelas diferenças de fibras nos membros⁽²⁴⁾, recrutamento neural diferenciado pelo efeito cruzado^(25,26) ou pela predominância de utilização de um membro em detrimento de outro^(5,6). Conforme descrito por Gardiner⁽¹⁶⁾, os mecanismos pelos quais o déficit bilateral ocorre ainda permanecem desconhecidos. Em conclusão, apesar de a maioria ser de sujeitos destros, não houve diferenças unilaterais na carga máxi-

ma para nenhum dos movimentos testados, embora nem todos fossem treinados para os respectivos movimentos ou no treinamento com pesos.

A comparação entre a média do somatório unilateral com a média da execução bilateral mostrou que a primeira foi superior em 9,8% e 4,0% para os movimentos de extensão da perna e flexão de cotovelo, respectivamente. No entanto, no movimento de flexão de perna, em que 35% dos indivíduos apresentaram facilitação bilateral, a média do somatório unilateral foi inferior à da bilateral (-0,6%). Isso se deve provavelmente ao aprendizado do movimento e à diminuição da limitação central na coordenação motora, já que todos praticavam treinamento com pesos havia no mínimo três e no máximo 96 meses, caracterizando o aprendizado do movimento e a predominância de outros fatores que não neurais. Dependendo das características da amostra e da situação-problema, a estratégia de avaliação poderá ser diferente, assim como a interpretação dos resultados.

Em termos práticos de prescrição dos ER com cargas máximas e baixas velocidades, deve-se optar por uma estratégia bilateral⁽⁹⁾. Contrapondo-se a isso, no estudo de Simão *et al.*⁽⁴⁾, foi demonstrado que para um melhor desenvolvimento da potência muscular os trabalhos unilaterais devem ser realizados a fim de otimizar a velocidade individual dos membros. Portanto, os atletas de potência podem ser beneficiados pelo trabalho unilateral, mas indivíduos que buscam estética e saúde devem priorizar trabalhos bilaterais.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:364-80.
2. Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JD, Després JD, Dishman RK, Franklin BA, et al. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:975-91.
3. Evans WJ. Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:12-7.
4. Simão R, Monteiro WD, Araújo CGS. Potência muscular máxima na flexão do cotovelo uni e bilateral. *Rev Bras Med Esporte* 2001;7:157-62.
5. Vandervoort AA, Sale DG, Moroz J. Comparison of motor unit activation during unilateral and bilateral leg extension. *J Appl Physiol* 1984;56:46-51.
6. Vandervoort AA, Sale DG, Moroz JR. Strength velocity relation and fatigability of unilateral versus bilateral arm extension. *Eur J Appl Physiol* 1987;56:201-5.
7. Simão R, Lemos A, Viveiros LE, Chaves CPG, Polito MD. Força muscular máxima na extensão de perna uni e bilateral. *Rev Bras Fisiol Exer* 2003;2:47-57.
8. Fleck SJ, Kraemer WJ. Designing resistance training programs. Champaign: Human Kinetics, 1997.
9. Howard JD, Enoka RM. Maximum bilateral contractions are modified by neurally mediated interlimb effects. *J Appl Physiol* 1991;70:306-16.
10. Patten C, Kamen G. Adaptations in motor unit discharge activity with force control training in young and older human adults. *Eur J Appl Physiol* 2000;83:128-43.
11. Kraemer WJ, Fleck SJ, Evans WJ. Strength and power training; physiological mechanisms of adaptation. *Exerc Sport Sci Rev* 1996;24:363-97.
12. Kroll W. Central facilitation in bilateral versus unilateral isometric contractions. *Am J Phys Med* 1965;44:218-23.
13. Shepard RJ. PAR-Q, Canadian home fitness test and exercise screening alternatives. *Sports Med* 1988;5:185-95.
14. Baechle TR, Earle RW. Essentials of strength training and conditioning. Champaign: Human Kinetics, 2000.
15. Gordon CC, Chunlea WC, Roche AF. Stature, recumbent length, and weight. Anthropometric standardization reference manual. Champaign: Human Kinetics, 1988.
16. Gardiner PF. Neuromuscular aspects of physical activity. Champaign: Human Kinetics, 2001.
17. Schantz PG, Moritani T, Karlson E, Johansson E, Lundh A. Maximal voluntary force of bilateral and unilateral leg extension. *Acta Physiol Scand* 1989;136:185-92.
18. Lynch NA, Metter EJ, Lindle RS, Fozard JL, Tobin JD, Roy TA, et al. Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J Appl Physiol* 1999;86:188-94.
19. Van Dieën JH, Ogita F, De Haan A. Reduced neural drive in bilateral exertions: a performance-limiting factor? *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:111-8.
20. Rutherford OM, Jones DA. The role of learning and coordination in strength training. *Eur J Appl Physiol* 1986;55:100-5.
21. Zhou S. Chronic neural adaptations to unilateral exercise: mechanisms of cross education. *Exerc Sport Sci Rev* 2000;28:177-84.
22. Coyle EF, Feiring DC, Rotkis TC, Cote RW, Roby FB, Lee W, et al. Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training. *J Appl Physiol* 1981;51:1437-42.
23. Jakobi JM, Cafarelli E. Neuromuscular drive and force production are not altered during bilateral contractions. *J Appl Physiol* 1998;84:200-6.
24. Moritani T, De Vries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med* 1979;58:115-31.
25. Hakkinen K, Kallinen M, Linnamo V, Pastinen UM, Newton RU, Kraemer WJ. Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol Scand* 1996;158:77-88.
26. Hortobágyi T, Lambert NJ, Hill JP. Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:107-12.