



Efeitos agudos de vários métodos de treinamento de força no lactato sanguíneo e características de cargas em homens treinados recreacionalmente

Paulo Gentil^{1,2}, Elke Oliveira^{1,3}, Keila Fontana^{2,3}, Guilherme Molina³, Ricardo Jacó de Oliveira⁴ e Martim Bottaro^{2,3}

RESUMO

Diversos métodos de treinamento de força (MTF) foram desenvolvidos com o propósito de manipular os estímulos fisiológicos e obter melhores resultados com o treinamento. O propósito do presente estudo foi comparar as respostas metabólicas e mecânicas entre sete diferentes MTF descritos na literatura. Os MTF foram comparados com relação ao lactato sanguíneo, tempo sob tensão (TST) e sobrecarga total (TST x carga) em jovens treinados do sexo masculino. Os MTF testados foram 10RM, superlento, isométrico funcional, oclusão vascular adaptada, 6RM, repetições forçadas e séries descendentes. Todos os MTF produziram elevações significativas no lactato sanguíneo, sem diferenças entre eles. O método de séries descendentes produziu maior tempo sob tensão e sobrecarga total em comparação com os outros MTF testados.

ABSTRACT

The acute effects of varied resistance training methods on blood lactate and loading characteristics in recreationally trained men

Several resistance training methods (RTM) have been developed in order to manipulate physiological stimuli and obtain better results with training. The purpose of this study is to compare the metabolic and mechanical responses among seven different RTM reported in the literature. The RTM were compared with regard to blood lactate, time under tension (TUT) and total loading (TUT x load) in recreationally trained young men. The RTM tested were 10RM (TEN), super-slow (SL), functional isometrics (FI), adapted vascular occlusion (VO), 6RM (SIX), forced repetitions (FR) and breakdowns (BD). All RTM produced significant increases in blood lactate, with no difference among them. The BD method elicited higher TUT and total loading compared to the other RTM tested.

Palavras-chave: Treino de força. Hipertrofia muscular. Respostas agudas. Lactato sanguíneo. Trabalho.

Keywords: Strength training. Muscle hypertrophy. Acute responses. Blood lactate. Work.

Palabras-clave: Entrenamiento de fuerza. Hipertrofia muscular. Respuestas agudas. Lactato sanguíneo. Trabajo.

RESUMEN

Los efectos de variados métodos de entrenamiento de resistencia sobre el lactato sanguíneo y características medias en hombres entrenados de forma recreativa

Diversos métodos de entrenamiento de fuerza (RTM) fueron desarrollados con el propósito de manipular los estímulos fisiológicos y obtener mejores resultados con el entrenamiento. El propósito del presente estudio ha sido el de comparar las respuestas metabólicas y mecánicas entre siete diferentes RTM descritos en la literatura. Los RTM fueron comparados con respecto al lactato sanguíneo, tiempo bajo tensión (TUT) y sobrecarga total (TUT x carga) en jóvenes entrenados del sexo masculino. Los RTM evaluados fueron 10RM, superlento, pico de contracción, oclusión vascular adaptada, 6RM, repeticiones forzadas y series descendentes. Todos los RTM produjeron incrementos significativos en el lactato sanguíneo, sin diferencias entre ellos. El método de series descendente produjo mayor tiempo bajo tensión y sobrecarga total cuando comparado con los otros RTM evaluados.

INTRODUÇÃO

O treinamento de força tem papel fundamental nos programas de atividade física e tem sido recomendado por várias organizações de saúde importantes no intuito de melhorar a saúde geral e condicionamento físico⁽¹⁻⁵⁾. Dois dos objetivos mais comuns do treinamento de força são o aumento da força muscular e a hipertrofia com fins atléticos, estéticos ou de saúde, como por exemplo em condições crônicas como sarcopenia e AIDS⁽⁶⁻⁹⁾.

Os resultados obtidos com o treinamento de força são influenciados tanto por estímulos mecânicos como metabólicos. O estímulo mecânico é diretamente influenciado pela quantidade de peso levantada em cada repetição e pelo número de repetições feitas por série; além disso, acredita-se que este seja um dos fatores determinantes mais importantes das adaptações do treinamento de força⁽¹⁰⁻¹²⁾. Apesar disso, alguns estudos sugerem que as alterações metabólicas exercem importante papel nos ganhos de força e massa muscular, mesmo quando se tem um volume reduzido de treino⁽¹³⁻¹⁶⁾.

No intuito de manipular os estímulos de treinamento e alcançar melhores resultados, vários métodos de treinamento de força (MTF) foram desenvolvidos. Os MTF manipulam as variáveis de treinamento de diferentes maneiras, fornecendo estímulos mecânicos e metabólicos de diferentes magnitudes. Também é importante saber como cada MTF se comporta para delinear treinamentos de força com o máximo de eficiência e segurança.

1. Grupo de Estudos Avançados em Saúde e Exercício.

2. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – Universidade de Brasília.

3. Programa de Pós-Graduação em Educação Física – Universidade de Brasília.

4. Programa de Pós-Graduação em Educação Física – Universidade Católica de Brasília.

Recebido em 28/6/05. Versão final recebida em 7/11/05. Aceito em 22/5/06.

Endereço para correspondência: Paulo Gentil, SQS 203, Bl.J, apto. 606 – 70233-100 – Brasília, DF, Brasil. Tel.: 55-61-8118-4732, fax: 55-61-322-7972. E-mail: paulogentil@hotmail.com

Estudos comparando diferentes MTF têm sido relatados na literatura. Ahtiainen *et al.*⁽¹⁷⁾ compararam as respostas agudas e neuromusculares entre o método de repetições forçadas (RF) e o método de 12 repetições máximas (12RM) e acharam maiores sobrecargas para o método de RF sem diferenças significativas para os níveis de lactato sanguíneo. Hunter *et al.*⁽¹⁸⁾ compararam as respostas metabólicas e frequência cardíaca entre os métodos superlento (SL) e 10 repetições máximas (10RM) e acharam níveis de lactato significativamente mais altos para o método de 10 RM. Contudo, Keogh *et al.*⁽¹⁹⁾ não reportaram nenhuma diferença significativa na concentração de lactato sanguíneo entre os métodos SL e 10RM.

Assim, devido à contradição entre os achados de Keogh *et al.*⁽¹⁹⁾ e Hunter *et al.*⁽¹⁸⁾, além da falta de estudos comparando estímulos fisiológicos entre outros MTF, o objetivo do presente estudo foi comparar as respostas metabólicas e mecânicas dentre sete MTF diferentes reportados na literatura.

MÉTODOS

Sujeitos

Sete homens recreacionalmente treinados em treinamento de força, com pelo menos um ano de experiência nos MTF testados, foram recrutados para participar do estudo. O mínimo de experiência em treinamento de força geral requerido para participar do estudo foi de dois anos. Todos os sujeitos foram informados sobre os riscos e benefícios do experimento e assinaram um termo de consentimento informado antes da participação no estudo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade de Brasília.

Métodos de treinamento de força (MTF)

Todos os MTF foram feitos num aparelho de extensão de joelho. Os sete MTF analisados no estudo foram os seguintes:

1) Método de 10 repetições máximas (DEZ) – Levantamento isoinercial normal com carga de 10RM conduzido até falha concêntrica ser atingida;

2) Método de seis repetições máximas 6RM (SEIS) – Levantamento isoinercial normal com carga de 6RM conduzido até falha concêntrica ser atingida;

3) Método de séries descendentes (SD) – As repetições foram feitas com carga de 6RM até falha concêntrica. Após falha, a carga era reduzida em 5,0kg e o exercício continuava. O procedimento foi repetido até que 15 repetições fossem feitas. Uma média de $4,14 \pm 0,9$ reduções de carga foi feita durante o método de SD;

4) Método de repetições forçadas (RF) – Uma série com carga de 6RM foi feita até que falha concêntrica fosse alcançada. Após falha, quatro outras repetições assistidas foram feitas. A assistência foi somente oferecida na fase concêntrica e o mesmo técnico em exercício assistiu a todos os sujeitos;

5) Método de isometria funcional (IF) – Levantamentos isoinerciais normais foram feitos com carga de 10RM até falha concêntrica. Em cada repetição foi executada uma contração isométrica de cinco segundos em extensão máxima de joelho;

6) Oclusão vascular adaptada (OV) – Uma contração máxima isométrica de 20 segundos com carga de 10RM foi imediatamente seguida por levantamentos isoinerciais normais com carga de 10RM até falha concêntrica. Este método é geralmente utilizado para a obtenção dos benefícios da oclusão vascular^(15-16,20), uma vez que ações isométricas são conhecidas por serem eficientes em interromper o fluxo sanguíneo e acumular metabólitos⁽²¹⁻²²⁾;

7) Método superlento (SL) – Uma série com uma repetição de 60 segundos foi feita, sendo 30 segundos para a fase excêntrica e 30 para a concêntrica. O tempo foi informado a cada cinco segundos para controlar a velocidade.

Procedimentos para testagem

Os testes foram executados num aparelho de extensão de joelhos (HN1030, Righetto, São Paulo-Brasil). Na semana anterior ao experimento uma carga de 10 repetições máximas (RM) e uma de 6RM foi obtida para cada sujeito de acordo com os procedimentos de Simão *et al.*⁽²³⁾.

Todos os sete sujeitos realizaram os sete MTF aleatoriamente. Os testes MTF foram realizados durante duas semanas: semana 1 incluiu OV, IF, SL e DEZ; semana 2 envolveu SD, RF e SEIS. Quatro sujeitos executaram semana 1 antes da 2 e os três restantes executaram a ordem inversa: semana 2 antes da semana 1 (figura 1). A ordem dos MTF foi aleatória durante cada semana, com um mínimo de 24 e um máximo de 48 horas de intervalo entre os testes. Os sujeitos foram instruídos a evitar qualquer tipo de treinamento de força envolvendo os músculos quadríceps 24 horas antes dos testes.

Semana 1							Semana 2				
↓ Dia 1	24- 48hr	↓ Dia 2	24- 48hr	↓ Dia 3	24- 48hr	↓ Dia 4	↓ Dia 1	24- 48hr	↓ Dia 2	24- 48hr	↓ Dia 3
Métodos: 10RM. oclusão vascular adaptada. adaptada. Isometria funcional. superlento							Métodos: 6RM. séries descendentes. repetições forçadas				

Figura 1 – Design do experimento

DEZ (10RM), SL (superlento), IF (isometria funcional), OV (oclusão vascular adaptada), SEIS (6RM), RF (repetições forçadas), SD (séries descendentes).

Em todos os MTF, exceto por SL e momentos isométricos específicos em IF e OV, os sujeitos foram instruídos a manter uma velocidade constante de dois segundos na fase concêntrica e dois segundos na fase excêntrica, sem pausa entre as mesmas. A fase concêntrica iniciou-se a 100° da flexão de joelho e foi finalizada com os joelhos completamente estendidos. Foi utilizado um metrônomo para o controle da velocidade de contração.

Medidas do lactato sanguíneo

Uma pequena amostra de sangue (25µl) foi retirada do lóbulo da orelha direita imediatamente antes e três minutos após a finalização da cada MTF para se determinar o lactato sanguíneo. O sangue dessas incisões foi permitido fluir por um tubo capilar heparinizado da marca NH4. A partir do tubo capilar, o sangue foi adicionado a um tubo Eppendorf rotulado e completado com um tampão com uma proporção de 1:3 (sangue para tampão). Estas amostras foram então armazenadas a aproximadamente 4°C por cerca de 30 minutos e posteriormente colocadas em refrigerador. As amostras sanguíneas foram analisadas utilizando-se o analisador de lactato YSI 1500 (Yellow Springs Instrument Co., Yellow Springs, OH).

Avaliação das cargas

O tempo sob tensão (TST) foi definido como o tempo total no qual os músculos estavam aplicando força ao implemento durante a execução de cada MTF. O mesmo investigador registrou o tempo de todos os testes usando um cronômetro digital. Além disso, o produto “tempo sob tensão × carga” foi utilizado para se estimar a carga total imposta aos músculos em atividade.

Análises estatísticas

Métodos estatísticos padrões foram utilizados para o cálculo das médias e desvios-padrão. As diferenças entre o MTF para a resposta de lactato, TST e carga foram acessadas através do teste de Friedman. O teste Wilcoxon-Signed Rank com ajuste do intervalo de confiança pelo método de Bonferroni foi usado como método pós-hoc. O critério de $p \leq 0,05$ foi utilizado para se estabelecer a significância estatística.

RESULTADOS

As características físicas dos sujeitos estão apresentadas na tabela 1.

TABELA 1
Características físicas dos sujeitos

Variante	Média ± DP
Idade (anos)	24,14 ± 3,18
Peso (kg)	77,33 ± 8,71
Estatura (cm)	177,86 ± 7,66
Extensão de joelho carga de 6RM (kg)	128,57 ± 8,02
Extensão de joelho carga de 10 RM (kg)	105,00 ± 14,14

Lactato sanguíneo

Os resultados das respostas de lactato sanguíneo estão apresentados na figura 2. Todos os MTF aumentaram significativamente o lactato sanguíneo em relação aos níveis de repouso ($p < 0,01$); contudo, não houve diferenças na resposta do lactato sanguíneo entre os MTF ($p > 0,05$).

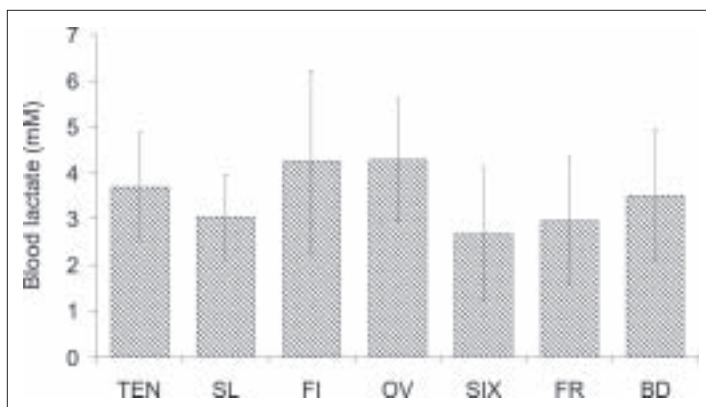


Figura 2 – Respostas do lactato sanguíneo para cada método de treinamento de força

DEZ (10RM), SL (superlento), IF (isometria funcional), OV (oclusão vascular adaptada), SEIS (6RM), BI (biestabelecida), RF (repetições forçadas), SD (séries descendentes).

Características das cargas

Os resultados de TST e cargas totais estão apresentados na tabela 2. O TST para SD foi maior do que para todos os métodos restantes ($p < 0,05$). O TST para o método SL foi maior do que DEZ, SEIS, RF e OV. Os valores de TST para os métodos IF e OV foram maiores do que DEZ, SEIS e RF ($p < 0,05$). O método de RF elicitou TST maior do que DEZ e SEIS; e o método DEZ elicitou TST maior do que o método SEIS ($p < 0,05$).

TABELA 2
Tempo sob tensão e carga total ("tempo sob tensão x carga") durante métodos diferentes

Métodos de treinamento de força	Tempo sob tensão (s)	Carga total (kg.s)
10RM (DEZ)	40,28 ± 2,06 ²	4357,14 ± 772,83
Superlento (SL)	60 ± 0 ^{1,2,5,6}	6471,43 ± 962,14 ^{1,2,5}
Isometria funcional (IF)	58,43 ± 5,19 ^{1,2,6}	6308,57 ± 1135 ^{1,2}
Oclusão vascular (OV)	56 ± 3,37 ^{1,2,6}	6051,43 ± 1046,07 ^{1,2}
6RM (SEIS)	29,86 ± 2,19	3892,86 ± 497,89
Repetições forçadas (RF)	45,43 ± 6,05 ^{1,2}	5832,86 ± 768,19 ^{1,2}
Séries descendentes (SD)	68,86 ± 9,51 ^{1,2,3,4,5,6}	8939,79 ± 964,91 ^{1,2,3,4,5,6}

1 – significativamente maior do que DEZ ($p < 0,05$); 2 – significativamente maior do que SEIS ($p < 0,05$); 3 – significativamente maior do que SL ($p < 0,05$); 4 – significativamente maior do que IF ($p < 0,05$); 5 – significativamente maior do que OV ($p < 0,05$); 6 – significativamente maior do que RF ($p < 0,05$).

A carga total aplicada ao músculo, expressa como o produto "tempo sob tensão x carga", foi maior para o método SD do que para todos os outros MTF ($p < 0,05$). A carga total durante o SL foi maior do que nos métodos DEZ, SEIS e OV. As cargas para os métodos IF, OV e RF foram maiores do que DEZ e SEIS ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

A falta de diferenças para as respostas de lactato sanguíneo entre os MTF testados no presente estudo está em concordância com os achados anteriores^(17,19). Contudo, as conclusões são limitadas devido ao número reduzido de sujeitos e às grandes variações interindividuais nas respostas de lactato. Além disso, análises retrospectivas da potência estatística indicaram uma taxa de erro tipo II, tornando o estudo despontencializado ao seu término; sendo assim, trabalhos futuros são necessários para solucionar a questão do acúmulo de metabólitos em diferentes MTF.

Geralmente uma série é terminada quando não é possível levantar uma carga predeterminada; o método SD é confeccionado com o intuito de ir além desse ponto utilizando decrementos de carga para o ajuste da carga à capacidade de força muscular. No presente estudo, o método SD produziu índices de carga maior do que todos os outros MTF. O TST para o SD foi significativamente maior em comparação com os outros métodos ($p < 0,05$). Esses achados, associados com o significativo acúmulo de metabólitos durante o método SD, torna atraente a especulação de que este MTF é particularmente eficiente na indução de ganhos no tamanho do músculo e força, o que está de acordo com os estudos anteriores⁽²⁴⁻²⁶⁾.

Comparando o método RF com o SEIS, achou-se que as respostas de lactato sanguíneo não foram diferentes entre elas, apesar de se executar 77% mais repetições e esforço ($p < 0,01$) e terem sido submetidas a 52,14% mais TST ($p < 0,01$) durante o método RF. O fato de que o método RF não produziu respostas de lactato superiores quando comparado ao SEIS está de acordo com achados anteriores⁽¹⁷⁾ e não é inesperado, já que contrações excêntricas mostraram induzir um baixo stress metabólico^(19,27-29). O raciocínio para se utilizar o método RF provavelmente reside nas características neuromusculares das ações excêntricas. Durante a fase de queda do movimento, mais força poderia ser exercida do que durante a porção concêntrica do levantamento. Sendo assim, mesmo após a falha concêntrica é possível continuar-se o exercício com ações excêntricas, prolongando estímulos ao treinamento. Uma vez que ações excêntricas são sabidamente causadoras de maior dano muscular⁽³⁰⁻³¹⁾ e ativadoras de mecanotransdução mais do que outras fases do movimento⁽³²⁾, o método RF deveria ser utilizado para estimular esses mecanismos adaptativos, sendo adequado para promoção de ganhos em força e hipertrofia, como sugerido por Ahtiainen *et al.*⁽¹⁷⁾.

Os achados atuais não mostraram diferenças significantes entre as respostas de lactato sanguíneo durante o método SL e outro MTF, ao contrário de achados anteriores⁽¹⁸⁾. O TST foi significativamente maior para o SL do que para os métodos DEZ, SEIS, OV e RF e a carga total foi significativamente maior do que para os métodos DEZ, SEIS e OV. Tal fato poderia tornar o método SL útil para hipertrofia como sugerido por Westcott *et al.*⁽³³⁾. É importante destacar que o método SL utilizado neste estudo é notavelmente diferente de outros^(18-19,33-34). O protocolo de SL de Keeler *et al.*⁽³⁴⁾ e Hunter *et al.*⁽¹⁸⁾ consistiu de contrações concêntricas de 10 segundos e contrações excêntricas de 5 segundos a 50% e 28% de 1RM, respectivamente, enquanto utilizamos uma carga equivalente a 10RM com 30 segundos para ambas as fases concêntrica e excêntrica. Cargas leves poderiam ser a causa para adaptações crônicas reduzidas observadas por Keeler *et al.*⁽³⁴⁾ e baixo stress metabólico encontrado por Hunter *et al.*⁽¹⁸⁾. Faz-se necessário ressaltar que o treinamento SL está associado a um considerável desconforto, o qual pode disfarçar a intensidade real de exerci-

cio e induzir ao uso de cargas mais leves do que os músculos podem suportar; assim, deve-se ter cuidado para não subestimar a carga quando se utilizar o método SL no caso de se desejar melhorar o tamanho e a força muscular.

Este é o primeiro estudo conhecido que analisa o método OV. O TST para o método OV foi significativamente maior do que para os métodos DEZ, SEIS e RF e a carga total foi superior para os métodos DEZ e SEIS ($p < 0,05$). Devido à fadiga causada por contração isométrica anterior, as repetições totais caíram consideravelmente (22,9%) quando comparadas ao método DEZ; contudo, o TST e carga total aumentaram visivelmente (~39%). O método OV é baseado nas alterações no padrão de recrutamento de fibras durante contração em condições isquêmicas como sugerido por Takarada *et al.*⁽¹⁵⁾. O raciocínio deste MTF é realizar uma contração isométrica no intuito de induzir isquemia, para que fibras de contração rápida maiores estejam preferencialmente recrutadas durante contrações subseqüentes. Contudo, não se sabe se este MTF induziria resultados crônicos comparáveis àqueles obtidos com oclusão vascular constante via torniquete, como visto por Takarada *et al.*⁽¹⁵⁾, Burgomaster *et al.*⁽¹⁶⁾ e Shinohara *et al.*⁽²⁰⁾.

Estudos anteriores encontraram que o método IF foi superior a programas de treinamento de força tradicionais quanto ao aumento de força muscular⁽³⁵⁻³⁶⁾, especialmente em sujeitos mais fortes⁽³⁷⁾. Além de ganhos de força em ângulos de articulações específicos sugeridos por Fleck e Kraemer⁽³⁸⁾, tal fato pode ter sido devido a TST mais altos e carga total adquirida com este método em comparação com abordagens tradicionais (DEZ e SEIS), como visto no presente estudo. Além disso, a isquemia causada por contrações isométricas máximas poderia também agir como um estressor metabólico para melhorar adaptações similares às vistas em estudos utilizando oclusão vascular^(15-16,20).

Durante comparação entre dois MTF tradicionais (DEZ vs. SEIS), encontrou-se que a carga total foi significativamente maior do que DEZ quando comparado ao método SEIS ($p < 0,05$); porém, as diferenças na carga total não foram significativas. As respostas de lactato sanguíneo não foram diferentes entre os métodos DEZ e SEIS, apesar da resposta de lactato sanguíneo médio ter sido 39%

mais alta do que no método SEIS. Kraemer *et al.*⁽³⁹⁾ testaram protocolos de treinamento resistido com múltiplas séries e exercícios e não encontraram diferenças nas respostas de lactato sanguíneo entre protocolos utilizando 5RM ou 10RM quando um período de 3 minutos de descanso de duração foi utilizado entre séries e exercícios. Todavia, houve respostas de lactato sanguíneo significativamente mais altas durante o protocolo de 10RM, quando foi dado um intervalo de descanso de 1 minuto. Tais resultados sugerem que o acúmulo de lactato sanguíneo em indivíduos treinados em força é mais evidente com séries múltiplas e intervalos de descanso mais curtos.

Estudos futuros devem utilizar outros métodos para mensurar tanto características fisiológicas (como, por exemplo, síntese de proteína muscular e RNAm específica de proteínas de interesse) como mecânicas do MTF em amostras maiores. Além disso, estudos de longa duração se fazem necessários no intuito de avaliar adaptações crônicas para diferentes MTF para testar se as diferenças agudas em parâmetros fisiológicos selecionados refletem em adaptações crônicas ao treinamento.

CONCLUSÕES

Concluindo, todos os MTF produziram aumentos significantes nos índices dos lactato sanguíneo a partir do repouso; contudo, não houve diferenças nas respostas entre os MTF. Estes resultados indicam que todos os MTF parecem fornecer os mesmos estímulos metabólicos. A respeito dos estímulos mecânicos, o SD produziu cargas mais altas do que todos os outros MTF. Adicionalmente, cargas durante SL, IF, VO e RF foram maiores do que cargas durante os métodos DEZ e SEIS.

Em termos práticos, quando o objetivo do treinamento é fornecer estímulos metabólicos, todos os MTF parecem ser igualmente eficientes. No caso do objetivo ser induzir *stress* mecânico maior, o SD parece ser o mais indicado.

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

REFERÊNCIAS

1. Fletcher GF, Balady G, Froelicher VF, Hartley LH, Haskell WL, Pollock ML. Exercise Standards. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association Writing Group. *Circulation*. 1995;91:580-615.
2. USDHHS. Physical activity and health: a report of the surgeon general. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996.
3. ACSM. Position stand: 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.
4. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, Chaitman BL, Fleg JL, Fletcher B, et al. AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription: an advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association: Position paper endorsed by the American College of Sports Medicine. *Circulation*. 2000;101:828-33.
5. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:364-80.
6. Fairfield WP, Treat M, Rosenthal DI, Frontera W, Stanley T, Corcoran C, et al. Effects of testosterone and exercise on muscle leanness in eugonadal men with AIDS wasting. *J Appl Physiol*. 2001;90:2166-71.
7. Yarasheski KE. Exercise, aging, and muscle protein metabolism. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2003;58:M918-22.
8. Zinna EM, Yarasheski KE. Exercise treatment to counteract protein wasting of chronic diseases. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2003;6:87-93.
9. Kotler DP. Body composition studies in HIV-infected individuals. *Ann N Y Acad Sci*. 2004;904:546-52.
10. Macdonagh MJN, Davies CTM. Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur J Appl Physiol*. 1984;52:139-55.
11. Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RG. Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short-term high intensity training. *Br J Sports Med*. 1997;31:229-34.
12. Folland JP, Irish CS, Roberts JC, Tarr JE, Jones DA. Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *Br J Sports Med*. 2002;36:370-3.
13. Schott J, Mccully K, Rutherford OM. The role of metabolites in strength training. II. Short versus long isometric contractions. *Eur J Appl Physiol*. 1995;71:337-41.
14. Smith RC, Rutherford OM. The role of metabolites in strength training. I. A comparison of eccentric and concentric contractions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1995;71:332-6.
15. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol*. 2000;88:2097-106.
16. Burgomaster KA, Moore DR, Schofield LM, Phillips SM, Sale DG, Gibala MJ. Resistance training with vascular occlusion: metabolic adaptations in human muscle. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35:1203-8.
17. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Kraemer WJ, Hakkinen K. Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs maximum repetitions multiple resistance exercises. *Int J Sports Med*. 2003;24:410-8.
18. Hunter GR, Seelhorst D, Snyder S. Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. *J Strength Cond Res*. 2003;17:76-81.
19. Keogh JWL, Wilson GJ, Weatherby, RP. A cross-sectional comparison of different resistance training techniques in the bench press. *J Strength Cond Res*. 1999;13:247-58.
20. Shinohara M, Kouzaki M, Yoshihisa T, et al. Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *Eur J Appl Physiol*. 1998;77:189-91.

21. Koba S, Hayashi N, Miura A, Endo M, Fukuba Y, Yoshida T. Pressor response to static and dynamic knee extensions at equivalent workload in humans. *Jpn J Physiol.* 2004;54:471-81.
22. Hietanen E. Cardiovascular responses to static exercise. *Scand J Work Environ Health.* 1984Dec;10(6 Spec No):397-402.
23. Simao R, Farinatti PTV, Polito MD, Maior AS, Fleck SJ. Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercises. *J Strength Cond Res.* 2005;19:152-6.
24. Anderson T, Kearney JT. Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Res Q Exerc Sport.* 1982;53:1-7.
25. Ivey FM, Roth SM, Ferrell RE, Tracy BL, Lemmer JT, Hurlbut DE, et al. Effects of age, gender, and myostatin genotype on the hypertrophic response to heavy resistance strength training. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000;55:M641-8.
26. Lemmer JT, Ivey FM, Ryan AS, Martel GF, Hurlbut DE, Metter JE, et al. Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:532-41.
27. Ryschon TW, Fowler MD, Wysong RE, Anthony A, Balaban RS. Efficiency of human skeletal muscle in vivo: comparison of isometric, concentric, and eccentric muscle action. *J Appl Physiol.* 1997;83:867-74.
28. Durand RJ, Castracane VD, Hollander DB, Tryniecki JL, Bamman MM, O'Neal S, et al. Hormonal responses from concentric and eccentric muscle contractions. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:937-43.
29. Hollander DB, Durand RJ, Trynicki JL, Larock D, Castracane VD, Hebert EP, et al. RPE, pain, and physiological adjustment to concentric and eccentric contractions. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:1017-25.
30. Gibala MJ, Macdougall JD, Tarnopolsky MA, Stauber WT, Elorriaga A. Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *J Appl Physiol.* 1995;78:702-8.
31. Nosaka K, Newton M. Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:63-9.
32. Martineau LC, Gardiner VO. Insight into skeletal muscle mechanotransduction: MAPK activation is quantitatively related to tension. *J Appl Physiol.* 2001;91: 693-702.
33. Westcott WL, Winett RA, Anderson ES, Wojcik JR, Loud RLR, Cleggett E, et al. Effects of regular and slow speed resistance training on muscle strength. *J Sports Med Phys Fitness.* 2001;41:154-8.
34. Keeler LK, Finkelstein LH, Miller W, Fernhall B. Early-phase adaptations of traditional-speed vs. superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. *J Strength Cond Res.* 2001;15:309-14.
35. Jackson A, Jackson T, Hnatek J, West J. Strength development: using functional isometrics in an isotonic strength training program. *Res Q Exerc Sport.* 1985; 56:234-7.
36. O'Shea KL, O'Shea P. Functional isometric weight training: Its effects on dynamic and static strength. *J Appl Sport Sci Res.* 1989;3:30-3.
37. Giorgi A, Wilson GJ, Weatherby RP, Murphy AJ. Functional isometric weight training: Its effects on the development of muscular function and the endocrine system. *J Strength Cond Res.* 1998;12:18-25.
38. Fleck SJ, Kraemer WJ. *Designing Resistance Training Programs* (3rd ed) Champaign, IL: Human Kinetics, 2004.
39. Kraemer WJ, Marchetti L, Gordon SE, Harman E, Dziados JE, Mello R, et al. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol.* 1990;69:1442-50.