

Influência do Nível de Força Máxima na Produção e Manutenção da Potência Muscular

APARELHO LOCOMOTOR
NO EXERCÍCIO E NO ESPORTE



ARTIGO ORIGINAL

Influence of Maximum Strength on Muscle Power Production and Endurance

Anderson Caetano Paulo^{1,2}
Lucas Duarte Tavares²
Ronaldo Kobal Cardoso²
Leonardo Lamas²
Bruno Pivetti²
Valmor Tricoli²

1. Universidade Nove de Julho, São Paulo, Brasil
2. Escola de Educação Física e Esporte - Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Endereço para correspondência:

Valmor Tricoli
Departamento de Esporte
Escola de Educação Física e Esporte
Universidade de São Paulo
Av. Prof. Mello Moraes, 65. Butantã -
São Paulo - SP - CEP: 05508-030
E-mail: vtricoli@usp.br

RESUMO

Indivíduos mais fortes (com nível mais elevado de força máxima, F_{max}) demonstram menor resistência de força que indivíduos mais fracos (com nível mais baixo de F_{max}) em uma mesma intensidade relativa. Como o nível de F_{max} influencia a produção de potência, espera-se que sujeitos mais fortes também apresentem uma menor resistência de potência. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do nível de F_{max} na produção e na resistência de potência durante repetições e séries múltiplas do exercício meio-agachamento. Quarenta e dois sujeitos foram classificados de acordo com o resultado no teste de força dinâmica máxima (1RM) e destes os 10 mais fortes e os 10 mais fracos foram selecionados para participar no estudo. Para avaliar a resistência de potência os dois grupos realizaram 10 séries de seis repetições a 40% e a 60% 1RM na maior velocidade possível. A potência absoluta (PA) e a potência relativa ao peso corporal (PR) desenvolvidas na fase concêntrica do exercício foram medidas. A análise de variância (ANOVA *two-way*) revelou que os sujeitos mais fortes diminuíram a PA a 60% 1RM a partir da quarta repetição e a PR a partir da quinta repetição. Já os sujeitos mais fracos diminuíram a PA apenas na sexta repetição e mantiveram o rendimento na PR ao longo das 10 séries. Não houve efeito significativo na intensidade de 40% 1RM. Isso sugere que sujeitos mais fortes fadigam antes em maiores intensidades de carga. Essa fadiga precoce nos sujeitos mais fortes poderia estar ligada a diferentes fatores associados ao controle da homeostase orgânica como o comportamento da pressão arterial, da atividade eletromiográfica e a proporção de fibras musculares dos tipos I e II.

Palavras-chave: fadiga, carga de treinamento, atividade intermitente.

ABSTRACT

It seems that stronger subjects present less strength endurance compared to weaker subjects at the same relative intensity. Since the level of maximum strength affects power production, it is also expected that stronger subjects present lower power endurance. The aim of this study was to evaluate the effects of maximum strength on power production and endurance over multiple sets and repetitions of the half-squat exercise. Forty-two subjects were classified according to the result in the 1RM test and the 10 strongest and 10 weakest were selected to participate. In order to evaluate power endurance, both groups performed 10 sets of 6 repetitions at 40% and 60% 1RM as fast as possible. The absolute power (AP) and relative power (RP) (corrected by body weight) developed in half-squat concentric phase were measured. Analysis of variance for repeated measures (Two-Way ANOVA) revealed that the stronger subjects decreased AP from 4th repetition on and RP from 5th repetition on at 60% 1RM. The weakest subjects decreased AP from 6th repetition on and maintained RP production over the ten series. There was no significant effect on 40% 1RM. This result suggests that stronger subjects fatigue first at higher intensities. The early fatigue in stronger subjects could be associated with different factors related to body control of homeostasis such as blood pressure, motor units recruitment and proportion of types I and II muscle fibers.

Keywords: fatigue, training load, intermittent activity.

INTRODUÇÃO

A ação muscular se manifesta de diferentes formas, sendo a força máxima (máxima quantidade de força executada em um único movimento), a resistência de força (manutenção do desempenho de força por tempo prolongado) e a potência (produção de força associada à velocidade de movimento) suas principais manifestações. Deve ser destacado que, assim como a força, a potência pode também ser avaliada quanto a sua produção máxima e sua resistência.

A produção de potência muscular é fundamental no sucesso de inúmeras atividades físico-esportivas. Além disso, durante a execução de algumas atividades intermitentes ou de longa duração, a resistência de potência é importante para manutenção do alto rendimento⁽¹⁾.

Tem sido demonstrado que o nível de força dinâmica máxima (F_{max}) influencia diretamente a magnitude da produção de potência⁽²⁻⁵⁾. Assim, indivíduos mais fortes, ou seja, aqueles que obtêm melhor desempenho no teste de F_{max} , produzem maior potência absoluta que indivíduos mais fracos (com desempenho inferior no teste de F_{max})^(6,7).

Por outro lado, estudos que investigaram o desempenho de resistência de força, indicaram melhor rendimento para indivíduos mais fracos^(6,8,9). Por exemplo, Shimano *et al.* (2006)⁽⁶⁾ submeteram sujeitos mais fortes e mais fracos a um teste de resistência de força até a falha concêntrica no exercício supino e observaram que o grupo composto por indivíduos mais fracos executou $6,0 \pm 1,5$ repetições a 90% de 1RM, enquanto que os sujeitos mais fortes realizaram $4,0 \pm 1,3$ repetições na mesma intensidade de esforço. Estes resultados corroboram com outros estudos que investigaram o desempenho da resistência de força entre indivíduos com maior e menor nível de F_{max} ⁽⁸⁻¹¹⁾.

Uma vez que a produção de potência é influenciada pelo nível de F_{max} ⁽⁵⁾ e sujeitos mais fortes demonstram menor resistência de força em uma mesma intensidade relativa⁽⁶⁾, é possível hipotetizar que eles também apresentarão uma menor resistência de potência comparada aos sujeitos mais fracos. Esta parece ser uma questão central na organização e prescrição do treinamento de potência, pois sujeitos com diferentes níveis de F_{max} podem apresentar respostas distintas na mesma intensidade e volume de treinamento.

É consenso que os protocolos de medição e treinamento da potência devem minimizar a influência da fadiga. Portanto, o número de repetições e séries deve ser organizado de maneira que não haja diminuição do rendimento, e as pausas entre as séries devem oferecer uma recuperação completa^(12,13). Contudo, a maioria dos achados sobre produção de potência entre sujeitos com diferentes níveis de F_{max} baseia-se na execução de séries únicas de um determinado exercício^(5,14-17). Existem poucos estudos que investigaram o comportamento da resistência de potência entre repetições e séries múltiplas^(12,13,18).

Desta maneira, este estudo teve por objetivo avaliar a influência do nível de F_{max} no comportamento da produção e da manutenção da potência durante repetições e séries múltiplas do exercício meio-agachamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

Foram voluntários 42 homens adultos, com experiência prévia em treinamento de força e no exercício meio-agachamento. As médias (\pm desvio padrão) para idade, estatura, peso corporal (PC) e gordura percentual⁽¹⁹⁾ foram, respectivamente, $24,1 \pm 3,8$ anos, $178,1 \pm 6,5$ cm, $75,3 \pm 9,5$ kg e $10,2 \pm 4,3\%$. Destes, foram selecionados para participar no estudo, 20 sujeitos, classificados de acordo com o desempenho no teste de F_{max} (1RM) no exercício meio-agachamento. Assim, a amostra final foi dividida em dois grupos: mais fortes ($n = 10$) e mais fracos ($n = 10$) (tabela 1). Todos os sujeitos foram informados sobre os ris-

cos e benefícios do estudo e assinaram um termo de consentimento informado antes da participação. O estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição.

Procedimento experimental

Antes de participarem das condições experimentais, os sujeitos foram submetidos a duas fases que envolveram medidas antropométricas, realização do teste de 1RM no exercício meio-agachamento e familiarização com a execução do exercício na maior velocidade possível nas intensidades de 40% e 60% 1RM. Um aquecimento geral composto de cinco minutos de corrida em esteira ergométrica à velocidade de 9km/h, seguidos de cinco minutos de exercícios livres de flexibilidade para musculatura dos membros inferiores foi executado antes de todas as sessões de exercício (quadro 1). Entre as diferentes sessões, estabeleceu-se um intervalo mínimo de 24 horas.

Quadro 1. Ordem dos eventos realizados.

Fase 1	Fase 2	Condições experimentais
Medidas antropométricas	Aquecimento geral	Aquecimento geral
Aquecimento geral	Aquecimento específico	Aquecimento específico
Aquecimento específico	Familiarização ao exercício meio-agachamento a 40% e 60% 1RM na maior velocidade possível	Teste de resistência de potência a 40% ou 60% 1RM em ordem aleatória
Teste de 1RM no exercício meio-agachamento com os 42 sujeitos		
Seleção dos 10 sujeitos mais fortes e os 10 sujeitos mais fracos		

Teste de força dinâmica máxima (1RM)

A F_{max} foi mensurada através de teste de 1RM no exercício meio-agachamento executado no aparelho *Smith Machine* (Nakagym®, Diadema, SP, Brasil). A realização desse teste seguiu as orientações da *American Society of Exercise Physiologists*⁽²⁰⁾.

O início do ciclo de movimento se deu com os joelhos em extensão completa. No ponto intermediário do ciclo, os joelhos deveriam atingir 90° de flexão antes de iniciar a fase de extensão. O movimento foi finalizado com os joelhos novamente estendidos. Para evitar o efeito da fadiga, a determinação da 1RM foi feita em, no máximo, quatro tentativas; caso contrário, o teste era remarcado. Entre as tentativas houve um intervalo de três minutos⁽²⁰⁾.

Teste de resistência de potência

O teste de resistência de potência no exercício meio-agachamento também foi realizado no aparelho *Smith Machine* (Nakagym®, Diadema, SP, Brasil). Para calcular a potência, utilizou-se o conversor linear *Peak Power*® (Cefise, Nova Odessa, SP, Brasil) conectado à barra do aparelho. Foi medida a potência absoluta (PA) e a potência relativa ao peso corporal (PR) a cada 10ms desenvolvida durante toda a fase concêntrica do exercício.

Após o aquecimento geral, o aquecimento específico consistiu em realizar cinco repetições do exercício com velocidade submáxima a 40% ou 60% 1RM. A seguir os sujeitos realizaram 10 séries de seis repetições do exercício meio-agachamento na maior velocidade possível com 60 segundos de intervalo entre as séries. As intensidades testadas de 40% e 60% 1RM foram escolhidas por serem comumente utilizadas em programas de treinamento de potência^(12,16,17,20). A média dos valores individuais de cada repetição em cada uma das 10 séries foi utilizada como representativo da PA e PR para cada sujeito. Por exemplo, o valor de potência utilizado para representar o desempenho na primeira repetição é o resultado da média ($\Sigma 10$ repetições/10) das 10 repetições número 1 de cada série.

Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada com a aplicação do teste de *Shapiro Wilk*. Uma vez que os dados apresentaram distribuição normal, a estatística paramétrica foi utilizada. Para comparar o comportamento das médias nas variáveis 1RM, peso corporal, porcentagem de gordura, idade e estatura, utilizou-se o teste *t* para amostras independentes. Análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas com os fatores grupo (mais fortes e mais fracos) e intensidade (40% e 60% 1RM) foi aplicada para comparar o desempenho de resistência potência (absoluta e relativa). Na ocorrência de valores de *F* significantes, foi utilizado o teste de comparações múltiplas com ajustes de Tukey. O nível de significância adotado para todas as comparações foi de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

O grupo mais forte apresentou maiores valores de PC e F_{max} (tabela 1).

Tabela 1. Idade, estatura, peso corporal, percentual de gordura e força dinâmica máxima (1RM) para os grupos mais fortes e mais fracos (média \pm desvio padrão).

	Mais fracos	Mais fortes
Idade (anos)	25,9 \pm 3,3	25,3 \pm 4,5
Estatura (cm)	177,7 \pm 6,7	178,5 \pm 6,6
Peso corporal (kg)	71,7 \pm 4,8	81,7 \pm 6,4*
% Gordura	15,9 \pm 4,8	15,8 \pm 5,7
1 RM (kg)	120 \pm 8,5	177 \pm 10,1*

* diferença entre grupos ($p < 0,05$)

Na intensidade de 60% 1RM, o grupo mais fraco manteve a produção da PA constante até a média da quinta repetição. Assim, o grupo mais fraco diminuiu a produção de PA na média da sexta repetição comparada com a média da primeira repetição. Já o grupo mais forte diminuiu a produção da PA a partir da média da quarta repetição comparado com as três primeiras repetições nesta intensidade (tabela 2).

No entanto, para a intensidade de 40% 1RM, não houve diminuição significativa da PA durante as séries. Portanto, ambos os grupos, mais fraco e mais forte, não demonstraram efeito da fadiga a 40% 1RM (tabela 2).

O grupo mais forte produziu maior PA independente da intensidade da carga. Além disso, os dois grupos produziram maior PA na intensidade de 60% 1RM (tabela 2).

Tabela 2. Potência absoluta (PA) das médias da primeira à sexta repetição nas 10 séries para os grupos mais fortes e mais fracos a 40% e 60% 1RM (média \pm desvio padrão).

	Potência absoluta (W)		Potência absoluta (W)	
	60%1RM		40%1RM	
	Fracos	Fortes §	Fracos	Fortes §
Primeira repetição	530,3 \pm 57,8	762,6 \pm 97,7	412,0 \pm 53,2	626,5 \pm 61,7
Segunda repetição	528,0 \pm 60,4	770,5 \pm 110,1	412,5 \pm 52,6	631,5 \pm 60,3
Terceira repetição	521,5 \pm 61,3	757,9 \pm 88,5	410,5 \pm 56,8	627,2 \pm 56,7
Quarta repetição	506,4 \pm 62,2	733,2 \pm 90,2	403,2 \pm 51,1	620,0 \pm 58,9
Quinta repetição	499,6 \pm 59,2	723,3 \pm 93,0*	401,5 \pm 50,1	606,1 \pm 57,09
Sexta repetição	494,0 \pm 65,6*	704,1 \pm 89,4* ‡	395,9 \pm 49,4	604,9 \pm 60,0

§ diferença entre grupos e condições; * menor que a primeira repetição dentro do grupo; † menor que a segunda repetição dentro do grupo; ‡ menor que a terceira repetição dentro do grupo.

O comportamento da PR a 60% 1RM foi similar ao encontrado na PA, pois o grupo mais forte manteve a produção da PR até a quarta repetição na série. Já o grupo mais fraco não apresentou efeito da fadiga

ga inter-repetições nas séries. Além disso, o grupo mais forte produziu maior PR em todas as repetições para essa intensidade (tabela 3).

Já na intensidade 40% 1RM, também não houve diminuição da PR entre as seis repetições por série nos dois grupos. Portanto, de forma similar à PA, os grupos mais fraco e mais forte não apresentaram efeito da fadiga na PR para essa intensidade (tabela 3).

Tabela 3. Potência relativa (PR) das médias da primeira à sexta repetição nas 10 séries para os grupos mais fortes e mais fracos a 40% e 60% 1RM (média \pm desvio padrão).

	Potência relativa (W/kg)		Potência relativa (W/kg)	
	60%1RM		40%1RM	
	Fracos@	Fortes§	Fracos	Fortes§
Primeira repetição	7,43 \pm 0,89	9,43 \pm 1,34	5,78 \pm 0,89	7,77 \pm 1,07
Segunda repetição	7,40 \pm 0,98	9,53 \pm 1,47	5,79 \pm 0,87	7,83 \pm 1,02
Terceira repetição	7,31 \pm 0,97	9,38 \pm 1,30	5,76 \pm 0,95	7,78 \pm 1,06
Quarta repetição	7,10 \pm 0,98	9,08 \pm 1,31	5,66 \pm 0,85	7,70 \pm 1,09
Quinta repetição	7,00 \pm 0,93	8,95 \pm 1,28	5,63 \pm 0,86	7,52 \pm 1,03
Sexta repetição	6,92 \pm 1,03	8,71 \pm 1,29* ‡	5,55 \pm 0,81	7,50 \pm 1,03

* menor que a primeira repetição dentro do grupo; † menor que a segunda repetição dentro do grupo; ‡ menor que a terceira repetição dentro do grupo; @ maior que mais fracos a 40% 1RM; § diferença entre grupos e condições.

Houve diferença estatística na PA (figura 1) e na PR (figura 2) quando comparada a média das 60 repetições em cada intensidade: grupo mais forte a 60% 1RM > grupo mais forte a 40% 1RM > grupo mais fraco a 60% 1RM > grupo mais fraco a 40% 1RM.

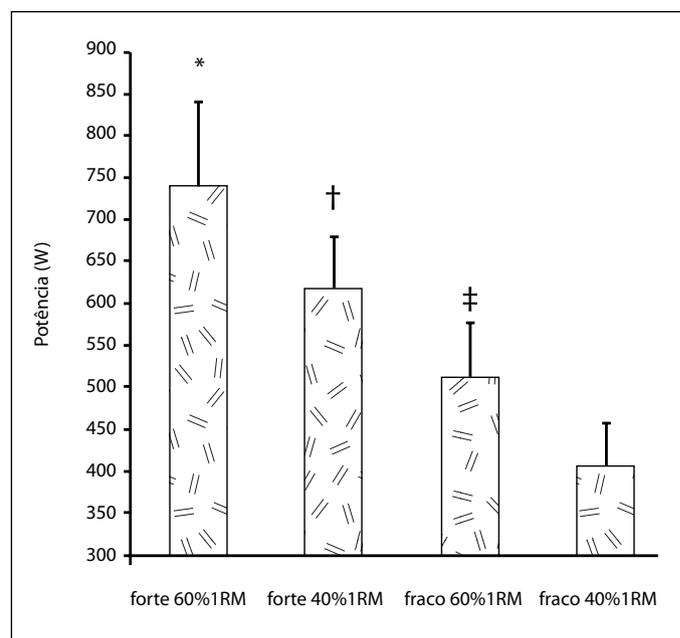


Figura 1. Potência absoluta (PA) nas 60 repetições realizadas por intensidade e grupo (média \pm desvio padrão). * $p < 0,05$ em relação às condições: forte 40% 1RM, fraco 60% 1RM, fraco 40% 1RM; † $p < 0,05$ em relação às condições: fraco 60% 1RM e fraco 40% 1RM; ‡ em relação à condição fraco 40% 1RM.

DISCUSSÃO

Este estudo investigou a influência do nível de F_{max} no comportamento da produção e da resistência de potência durante repetições e séries múltiplas no exercício meio-agachamento. O principal achado foi que os sujeitos mais fortes apresentaram menor resistência na PA e na PR quando comparados aos sujeitos mais fracos na intensidade de 60% 1RM. Isso sugere que sujeitos mais fortes fadigam antes em maiores intensidades de carga.

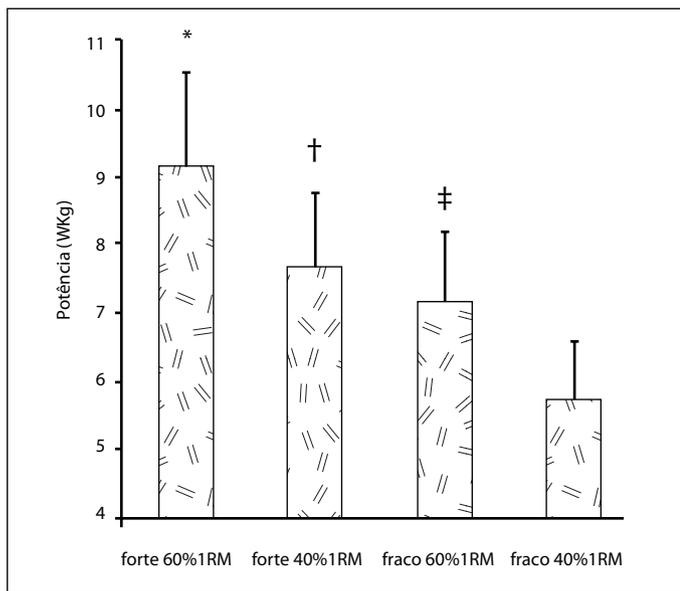


Figura 2. Potência relativa (PR) nas 60 repetições realizadas por intensidade e grupo (média \pm desvio padrão). * $p < 0,05$ em relação às condições: forte 40% 1RM, fraco 60% 1RM, fraco 40% 1RM; † $p < 0,05$ em relação às condições: fraco 60% 1RM e fraco 40%1RM; ‡ em relação à condição fraco 40%1RM.

Legaz-Arrese *et al.*⁽¹²⁾ propõem que a produção de potência a 60% 1RM pode ser mantida com seis repetições por série com pausas de três-seis minutos. Nossos resultados demonstraram um efeito negativo da fadiga na PA a partir da quarta repetição no grupo mais forte, e a partir da sexta repetição no grupo mais fraco (tabela 2). No entanto, deve ser destacado que o protocolo utilizado neste estudo envolveu pausas de um minuto entre séries. Já a 40% 1RM, Legaz-Arrese *et al.*⁽¹²⁾ propõem oito-nove repetições por série com pausas de três-seis minutos para que haja manutenção da potência em séries múltiplas. Apesar de o nosso protocolo envolver seis repetições por série, foi utilizado um volume elevado (10 séries) com pausas curtas (60s) e não houve efeito da fadiga em ambos os grupos.

Shimano *et al.*⁽⁶⁾ encontraram respostas similares no desempenho da resistência de força no exercício supino nas intensidades de 60%, 80% e 90% 1RM entre sujeitos mais fortes e mais fracos. O grupo mais forte realizou um menor número de repetições que o grupo mais fraco na maior intensidade (90% 1RM). Porém, para as outras intensidades não houve diferença significativa entre os grupos.

Nossos resultados mostraram que os sujeitos mais fortes produziram maior PA e PR que os sujeitos mais fracos nas intensidades de 40 e 60% 1RM (figuras 1 e 2). Izquierdo *et al.*⁽⁷⁾ também analisaram a influência da força máxima na produção de PA e PR no exercício meio-agachamento em diferentes intensidades (15%, 30%, 45%, 60%, 70%, 80% e 100% 1RM) e observaram que os indivíduos mais fortes (levantadores de peso) produziram maior PA e PR comparados aos mais fracos (ciclistas e controle).

Além do nível de F_{max} , o estado de treinamento dos sujeitos deve ser levado em consideração. Nos estudos citados^(6,7), os grupos tinham diferentes níveis de treinamento. No presente estudo, os 42 sujeitos selecionados tinham experiência com treinamento de força, eram fisicamente ativos, mas não estavam envolvidos de maneira sistemática com nenhum tipo de treinamento físico-esportivo. Assim, o estado de treinamento, provavelmente, não influenciou no comportamento distinto da potência entre os grupos a 60% 1RM.

É sabido que diferenças no peso corporal (PC) podem afetar a produção de F_{max} e de potência⁽²¹⁻²³⁾. Normalmente, indivíduos com maior PC são capazes de mover cargas mais elevadas, dada sua maior massa muscular e, dessa forma, produzirem maior PA. No entanto, o

cálculo da PR amenizou a influência da diferença do PC entre os sujeitos avaliados. De fato, a PA foi mais sensível à fadiga que a PR em 60% 1RM. O grupo mais forte diminuiu a produção de PA a partir da quarta repetição, enquanto na PR a partir da quinta repetição. Já o grupo mais fraco diminuiu a produção de PA na sexta repetição, enquanto na PR não houve queda de rendimento (tabelas 2 e 3).

Vários estudos sugerem que essa fadiga precoce nos sujeitos mais fortes submetidos à mesma intensidade de esforço estaria ligada a diferentes fatores envolvidos no controle da homeostase orgânica^(8,9,24-26). Dentre alguns destes fatores, destacam-se o comportamento da pressão arterial, do sinal eletromiográfico (EMG) e a proporção de fibras musculares dos tipos I e II existentes entre os indivíduos.

Durante uma ação muscular isométrica com cargas acima de 15-30% de contração voluntária máxima (CVM), observa-se que a pressão arterial não estabiliza e tende a um aumento constante. Isso ocorre devido à oclusão vascular ocasionada pelo aumento da tensão muscular⁽²⁷⁾. Sabe-se também que quanto maiores a massa muscular e a carga absoluta maior será esse nível de oclusão vascular durante as ações musculares^(9,27,28). Assim, sujeitos com maior massa muscular e mais fortes teriam maior oclusão vascular durante um exercício, criando condições desfavoráveis para manter a homeostase^(8-10,25,26).

Para exemplificar esse comportamento, um grupo de homens e de mulheres realizou uma atividade intervalada de preensão manual a 50% CVM sustentada por seis segundos com pausa de quatro segundos⁽⁹⁾. Apesar da maior F_{max} , os homens fadigaram antes que as mulheres (297 ± 57 vs. 408 ± 205 segundos, respectivamente). O comportamento da pressão arterial e da EMG ficaram diretamente associados a essa resposta. Ambos os grupos iniciaram o exercício com uma pressão arterial e atividade EMG similares. Entretanto, os homens atingiram maiores valores de pressão arterial do que as mulheres ao longo de toda atividade (150mmHg e 140mmHg, respectivamente). E, ao longo da tarefa, a EMG aumentou $5,0 \pm 3,6\%$ por minuto nos homens, enquanto nas mulheres apenas $3,3 \pm 2,2\%$ ⁽⁹⁾.

Ahtiainen JP e Häkkinen⁽¹⁰⁾ também reportaram comportamento distinto da EMG e da resistência de força entre sujeitos mais fortes e mais fracos submetidos a 4x12RM no exercício cadeira extensora. O grupo mais forte teve uma resposta contrária ao de Hunter *et al.*⁽⁹⁾, pois, ao longo da atividade, apresentou maior diminuição da EMG. Os autores afirmam que este resultado estaria associado à maior tensão no tecido muscular ocasionada por uma maior carga absoluta no grupo mais forte. Isso aumentaria *inputs* aferentes advindos de receptores sensoriais, como os órgãos tendinosos de Golgi, que inibem a habilidade do sistema nervoso de manter uma alta ativação voluntária. Além disso, acredita-se que os sujeitos mais fortes atuariam uma maior proporção de fibras do tipo II, as quais fadigam antes, causando uma maior diminuição da EMG.

As fibras musculares do tipo II têm a capacidade de produzir altos níveis de potência e força, mas são pouco resistentes à fadiga. Já as fibras do tipo I têm características opostas⁽¹⁰⁾. Assim, sujeitos com maior porcentagem de fibras do tipo II produziram mais força e potência. Entretanto, esses sujeitos não sustentariam atividades relativizadas de resistência de força e/ou potência por um período prolongado de tempo quando comparados a sujeitos que tivessem maior porcentagem de fibras do tipo I^(11,24-27).

Todos esses fatores fisiológicos isolados ou combinados poderiam explicar a fadiga na resistência de potência a 60%1RM apresentada no presente estudo. É importante ressaltar que este estudo avaliou apenas o rendimento da potência ao longo das séries e teve como limitação a não medição de variáveis fisiológicas. No entanto, com base nas investigações existentes^(8-10,26,27), é possível hipotetizar que as causas da queda de rendimento na resistência de potência estejam associadas a

esses três fatores envolvidos no controle da homeostase orgânica.

Conceitualmente, o treinamento de potência deve ser realizado com o mínimo de fadiga inter-repetições, ou seja, no momento em que a velocidade de execução diminui, o trabalho de potência não seria mais efetivo. Neste estudo, os sujeitos mais fortes mostraram uma menor resistência de potência para a carga relativa de 60% 1RM. Assim, a estruturação dos protocolos de treinamento de potência deve levar em consideração o nível de força dos praticantes, pois, aparentemente, o surgimento da fadiga não está ligado apenas ao estado de treinamento

ou à relativização da carga, mas também ao nível de força absoluta.

Estudos similares que avaliem mecanismos associados à homeostase orgânica, a concentração de lactato, o comportamento da pressão arterial e a EMG dos músculos envolvidos são necessários para comprovar as hipóteses aqui apresentadas.

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

REFERÊNCIAS

- Green H, Tupling R, Roy B, O'Toole D, Burnett M, Grant S. Adaptations in skeletal muscle exercise metabolism to a sustained session of heavy intermittent exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2000;278:E118-26.
- Hakkinen K. Changes in physical fitness profile in female volleyball players during the competitive season. *J Sports Med Phys Fitness.* 1993;33:223-32.
- Harris NK, Cronin JB, Hopkins WG, Hansen KT. Squat jump training at maximal power loads vs. heavy loads: effect on sprint ability. *J Strength Cond Res.* 2008;22:1742-9.
- Cronin J, McNair PJ, Marshall RN. Developing explosive power: a comparison of technique and training. *J Sci Med Sport.* 2001;4:59-70.
- Baker D. The effects of an in-season of concurrent training on the maintenance of maximal strength and power in professional and college-aged rugby league football players. *J Strength Cond Res.* 2001;15:172-7.
- Shimano T, Kraemer WJ, Spiering BA, Volek JS, Hatfield DL, Silvestre R, et al. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *J Strength Cond Res.* 2006;20:819-23.
- Izquierdo M, Ibáñez J, Häkkinen K, Kraemer WJ, Ruesta M, Gorostiaga EM. Maximal strength and power, muscle mass, endurance and serum hormones in weightlifters and road cyclists. *J Sports Sci.* 2004;22:465-78.
- Terzis G, Spengos K, Manta P, Sarris N, Georgiadis G. Fiber type composition and capillary density in relation to submaximal number of repetitions in resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 2008;22:845-50.
- Hunter SK, Griffith EE, Schlachter KM, Kufahl TD. Sex differences in time to task failure and blood flow for an intermittent isometric fatiguing contraction. *Muscle Nerve.* 2009;39:42-53.
- Ahtiainen JP, Häkkinen K. Strength athletes are capable to produce greater muscle activation and neural fatigue during high-intensity resistance exercise than nonathletes. *J Strength Cond Res.* 2009;23:1129-34.
- Wüst RC, Morse CI, de Haan A, Jones DA, Degens H. Sex differences in contractile properties and fatigue resistance of human skeletal muscle. *Exp Physiol.* 2008;93:843-50. Epub 2008 Feb 22.
- Legaz-Arrese A, Reverter-Masía J, Munguía-Izquierdo D, Ceballos-Gurrola O. An analysis of resistance training based on the maintenance of mechanical power. *J Sports Med Phys Fitness.* 2007;47:427-36.
- Lawton TW, Cronin JB, Lindsell RP. Effect of interrepetition rest intervals on weight training repetition power output. *J Strength Cond Res.* 2006;20:172-6.
- Baker D, Nance S, Moore M. The load that maximizes the average mechanical power output jump squats in power trained athletes. *J Strength Cond Res.* 2001;15:92-7.
- Baker D, Nance S, Moore M. The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *J Strength Cond Res.* 2001;15:20-4.
- Simão R, Monteiro W, Araújo CGS. Fidedignidade inter e intradias de um teste de potência muscular. *Rev Bras Med Esporte.* 2001;7:118-24.
- Ribeiro FM, Novaes JS, Lemos A, Simão R. Reprodutibilidade inter e intradias do Power Control em um teste de potência muscular. *Rev Bras Med Esporte.* 2006;12:255-8.
- Izquierdo M, González-Badillo JJ, Häkkinen K, Ibáñez J, Kraemer WJ, Altadill A, et al. Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *Int J Sports Med.* 2006;27:718-24.
- Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978;40(3):497-504.
- Brown LE, Weir JP. ASEP Procedures Recommendation I: Accurate Assessment of Muscular Strength and Power. *Journal of Exercise Physiology online.* 2001;4:1-21.
- Jones JH, Lindstedt SL. Limits to maximal performance. *Annual Review of Physiology, Annu Rev Physiol.* 1993;55:547-69.
- Jaric S. Muscle strength testing: use of normalization for body size. *Sports Medicine.* 2002;32:615-31.
- Häkkinen K, Komi PV, Kauhanen H. Electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles of elite weight lifters during isometric, concentric, and various stretch-shortening cycle exercises. *Int J Sports Med.* 1986;7:144-51.
- Hunter SK, Critchlow A, Enoka RM. Muscle endurance is greater for old men compared with strength-matched young men. *J Appl Physiol.* 2005;99:890-7.
- Russ DW, Lanza IR, Rothman D, Kent-Braun JA. Sex differences in glycolysis during brief, intense isometric contractions. *Muscle Nerve.* 2005;32:647-55.
- Fulco CS, Rock PB, Muza SR, Lammi E, Cymerman A, Butterfield G, et al. Slower fatigue and faster recovery of the adductor pollicis muscle in women matched for strength with men. *Acta Physiol Scand.* 1999;167:233-9.
- Russ DW, Kent-Braun JA. Sex differences in human skeletal muscle fatigue are eliminated under ischemic conditions. *J Appl Physiol.* 2003;94:2414-22.
- MacDougall JD, Tuxen D, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J Appl Physiol.* 1985; 58(3):785-90.