



# Número máximo de repetições em exercícios isotônicos: influência da carga, velocidade e intervalo de recuperação entre séries

Marta Inez Rodrigues Pereira<sup>1,2</sup>, Paulo Sergio Chagas Gomes<sup>1</sup> e Yagesh Bhambhani<sup>3</sup>

## RESUMO

**Introdução:** Pouco se sabe sobre o efeito da velocidade de execução e do intervalo entre séries sobre o desempenho no exercício contra-resistência. **Objetivo:** Comparar o número máximo de repetições até a fadiga voluntária (REPS) na cadeira extensora com o joelho dominante para diferentes cargas, velocidades e intervalos entre séries. **Métodos:** Nove voluntários ( $35,8 \pm 10,8$  anos;  $74,2 \pm 16,7$ kg;  $171,0 \pm 10,0$ cm) reportaram ao laboratório para determinação de 1RM e REPS em seis situações, determinadas aleatoriamente e separadas por no mínimo 48h: uma série com 60% 1RM a  $80^\circ\text{s}^{-1}$  e  $25^\circ\text{s}^{-1}$ ; uma série com 80% 1RM a  $25^\circ\text{s}^{-1}$ ; três séries com 80% 1RM a  $80^\circ\text{s}^{-1}$  e intervalos de 3 min, 1 min e naquele que permitisse a estabilização da oxigenação muscular (RMox), medida por espectroscopia no infravermelho próximo. **Resultados:** O teste t dependente mostrou que REPS foi significativamente ( $p < 0,05$ ) maior na carga leve que na pesada, nas velocidades lenta (leve =  $8,8 \pm 1,3$ ; pesada =  $5,9 \pm 0,9$ ) e rápida (leve =  $16,3 \pm 3,9$ ; pesada =  $9,4 \pm 1,9$ ), e significativamente maior na velocidade rápida que na lenta, para ambas as cargas. A ANOVA 3x3 não mostrou diferença entre os intervalos na série 1 (3 min =  $9,4 \pm 1,9$ ; 1 min =  $10,8 \pm 3,2$ ; RMox =  $10,1 \pm 3,0$ ), porém, houve diferenças significativas nas séries 2 e 3 entre 3 min (série 2 =  $7,0 \pm 1,7$ ; série 3 =  $6,4 \pm 1,3$ ) e 1 min (série 2 =  $5,6 \pm 1,1$ ; série 3 =  $4,8 \pm 1,2$ ), mas não entre RMox (série 2 =  $6,4 \pm 1,7$ ; série 3 =  $6,1 \pm 1,5$ ) e os demais intervalos. Nos três intervalos, REPS na série 1 foi significativamente maior que nas demais. **Conclusões:** O desempenho no exercício contra-resistência é afetado pela carga, velocidade e intervalo entre séries e é independente da recuperação em oxigenação muscular. A prescrição do exercício e a avaliação do desempenho devem levar essas variáveis em consideração frente aos objetivos propostos.

## ABSTRACT

### Maximum number of repetitions in isotonic exercises: influence of load, speed and rest interval between sets

**Introduction:** Very little is known about the effects of movement velocity and rest intervals between sets of resistance exercise. **Purpose:** To compare the maximum number of repetitions

1. Programa de Pós-graduação em Educação Física, Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, RJ.
2. Curso de Educação Física, Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, RJ.
3. Department of Occupational Therapy, Faculty of Rehabilitation Medicine, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canadá.

Aceito em 7/10/06.

**Endereço para correspondência:** Paulo Sergio Chagas Gomes, Ph.D., Universidade Gama Filho, Programa de Pós-graduação em Educação Física – PPGEF, Rua Manoel Vitorino, 625, Piedade – 20748-900 – Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Telefax: (21) 2599-7138. E-mail: crossbridges@ugf.br

**Palavras-chave:** Intensidade. Extensão de joelho. Fadiga. Oxigenação muscular.

**Keywords:** Intensity. Knee extension. Performance. Fatigue.

to volitional fatigue (REPS) on a knee extension machine with the dominant leg for different loads, velocities and rest intervals between sets. **Methods:** Nine volunteers ( $35.8 \pm 10.8$  years;  $74.2 \pm 16.7$  kg;  $171.0 \pm 10.0$  cm) reported to the laboratory to determine 1RM and REPS under six conditions, randomly determined and separated by at least 48 h: 1 set with 60% 1RM at  $80^\circ\text{s}^{-1}$  and  $25^\circ\text{s}^{-1}$ ; 1 set with 80% 1RM at  $25^\circ\text{s}^{-1}$ ; 3 sets with 80% 1RM at  $80^\circ\text{s}^{-1}$  and rest intervals of 3 min, 1 min and one that allowed recovery or stabilization of muscle oxygenation (RMox), measured by near infrared spectroscopy (NIRS). **Results:** Dependent samples t-test showed that REPS was significantly ( $p < 0.05$ ) larger for the lighter than the heavier load, for slow (light =  $8.8 \pm 1.3$ ; heavy =  $5.9 \pm 0.9$ ) and fast velocities (light =  $16.3 \pm 3.9$ ; heavy =  $9.4 \pm 1.9$ ), and significantly larger for the fast than the slow velocity, for both loads. The 3x3 ANOVA did not show differences among intervals on set 1 (3 min =  $9.4 \pm 1.9$ ; 1 min =  $10.8 \pm 3.2$ ; RMox =  $10.1 \pm 3.0$ ), however, there were significant differences on sets 2 and 3 between 3 min (set 2 =  $7.0 \pm 1.7$ ; set 3 =  $6.4 \pm 1.3$ ) and 1 min (set 2 =  $5.6 \pm 1.1$ ; set 3 =  $4.8 \pm 1.2$ ), but not between RMox (set 2 =  $6.4 \pm 1.7$ ; set 3 =  $6.1 \pm 1.5$ ) and the other intervals. For all three intervals, REPS on set 1 was significantly larger than on the other sets. **Conclusions:** Performance in resistance exercise is affected by load, velocity and rest interval between sets and is independent of muscle oxygenation recovery. Exercise prescription and assessment of performance should take these variables into consideration in view of the specific aims.

## INTRODUÇÃO

Testes de repetições máximas até a fadiga voluntária são comumente utilizados no campo das ciências do exercício. Cargas mais leves resultam em maior número de repetições, apesar de que o número exato pode variar de acordo com o exercício sendo realizado. Hoeger *et al.*<sup>(1)</sup> compararam o número máximo de repetições com 40%, 60% e 80% de uma repetição máxima (1 RM) em sete exercícios diferentes para membros inferiores e superiores. Diferenças significativas entre os exercícios foram observadas no número de repetições para o mesmo % de 1 RM, para homens e mulheres treinados e destreinados, apesar de terem sido encontradas diferenças significativas entre esses grupos.

Menos evidente na literatura está o fato que, com a mesma carga, mais repetições são realizadas com uma velocidade de movimento mais rápida do que com uma mais lenta. A falta de evidência a esse respeito provavelmente se deve ao fato que a maioria dos estudos de força relacionados à velocidade foram conduzidos em dinamômetros isocinéticos, em que a velocidade é controlada, mas a resistência e a força aplicada irão variar. As únicas evidências apresentadas até o momento de que a velocidade de execução afeta o desempenho da força em exercícios isotônicos provém de um es-

tudo utilizando “flexão de braços” e “puxada na barra”<sup>(2)</sup> e do nosso próprio laboratório com agachamento e supino<sup>(3-4)</sup>.

No que diz respeito ao número de repetições em séries múltiplas, novamente há poucos relatos na literatura em relação a exercícios isotônicos. A influência do intervalo de recuperação entre séries sobre o desempenho tem sido, na maioria das vezes, investigada com dinamômetros isocinéticos, e os resultados demonstram que intervalos mais curtos resultam em decréscimo do desempenho das séries subseqüentes<sup>(5-7)</sup>. Estudos do nosso laboratório utilizando o exercício isotônico de supino reto mostraram decréscimo no número de repetições nas séries subseqüentes, e que intervalos de recuperação mais curtos (1 min) resultam em maiores decréscimos do que os mais longos (2 ou 3 min)<sup>(8-10)</sup>. As explicações fisiológicas para a queda do desempenho em séries múltiplas, quando, teoricamente, houve tempo suficiente para reposição dos substratos energéticos, ainda não estão claras.

Tem sido sugerido que a insuficiência de oxigenação tecidual está, de alguma forma, relacionada à fadiga. Parece haver uma correlação dose-dependente entre a força medida por estimulação elétrica e a oxigenação muscular<sup>(11)</sup> e uma relação entre a taxa de queda de força que ocorre com a isquemia e a disponibilidade de oxigênio, já que essa queda foi similar entre as condições de isquemia e de hipóxia sem interrupção do fluxo sanguíneo<sup>(12)</sup>. Poder-se-ia, assim, supor que um intervalo de recuperação entre séries suficiente para recuperar a oxigenação muscular seria capaz de permitir uma manutenção ou menor queda do desempenho nas séries subseqüentes à primeira.

Desta maneira, o objetivo deste estudo foi comparar o número máximo de repetições até a fadiga voluntária na extensão de joelho unilateral utilizando cadeira extensora isotônica, comumente utilizada no treinamento contra-resistência, nas seguintes situações: 1) diferentes cargas (60% e 80% de 1 RM); 2) diferentes velocidades (25°•s<sup>-1</sup> e 80°•s<sup>-1</sup>); 3) diferentes intervalos de recuperação (1 min, 3 min e até a estabilização da oxigenação muscular medida por espectroscopia no infravermelho próximo). As hipóteses testadas foram de que haveria diferença no número de repetições realizadas nas diferentes condições, a saber: 1) diferentes percentuais de 1 RM; 2) diferentes velocidades de movimento; 3) diferentes intervalos de recuperação.

## MÉTODOS

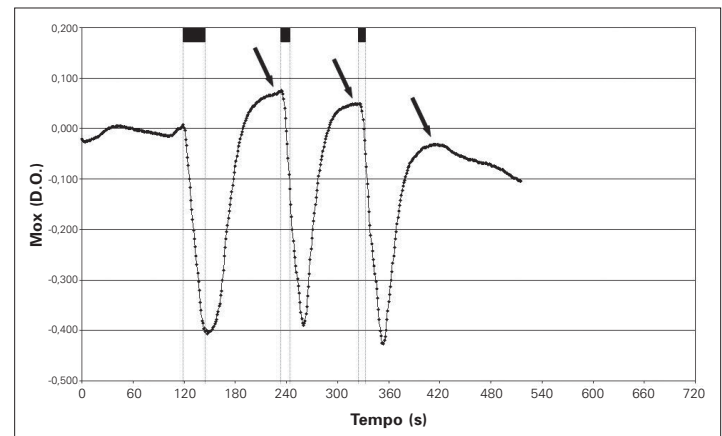
Nove voluntários (6 homens e 3 mulheres; 35,8 ± 10,8 anos de idade; 74,2 ± 16,7kg de massa corporal; 171,0 ± 10,0cm de estatura), fisicamente ativos e livres de distúrbios cardiopulmonares e ortopédicos, participaram deste estudo. Todos os sujeitos receberam explicações verbais sobre os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento escrito antes do início dos testes. Os procedimentos do estudo foram conduzidos de acordo com as orientações institucionais e a Declaração de Helsinki.

### Procedimentos de teste

Pelo menos dois dias após a determinação da carga de 1 RM, os sujeitos reportaram ao laboratório em seis dias distintos, separados por pelo menos 48h, quando foram submetidos aos seguintes testes de número máximo de repetições: 1) uma série com 60% de 1 RM a 80°•s<sup>-1</sup>; 2) uma série com 60% de 1 RM a 25°•s<sup>-1</sup>; 3) uma série com 80% de 1 RM a 25°•s<sup>-1</sup>; 4) três séries com 80% de 1 RM a 80°•s<sup>-1</sup> e 3 min de recuperação entre séries; 5) três séries com 80% de 1 RM a 80°•s<sup>-1</sup> e 1 min de recuperação entre séries; 6) três séries com 80% de 1 RM a 80°•s<sup>-1</sup> e um intervalo entre séries que permitisse a estabilização da oxigenação muscular (RMox). A ordem dos testes foi determinada aleatoriamente. Todos os testes foram realizados em uma cadeira extensora (Rigetto Fitness Equipment, Campinas, SP, Brasil).

A recuperação da oxigenação muscular foi determinada com medidas de espectroscopia no infravermelho próximo (*near-infra-*

*red spectroscopy*, NIRS). O NIRS é uma técnica óptica não invasiva que determina as concentrações relativas de oxi e desoxi-hemoglobina no sangue a partir das diferentes absorvâncias desses cromóforos no espectro do infravermelho próximo (700 a 1000nm). O sinal detectado provém, primordialmente, da pequena circulação, representando o equilíbrio entre oferta e demanda de oxigênio no tecido monitorado. Neste estudo foi utilizado um equipamento de NIRS de dupla onda contínua (MicroRunman, Philadelphia, PA, EUA), com o sensor localizado sobre o músculo vasto lateral do lado dominante (reportado pelo sujeito) a aproximadamente 16cm medidos a partir do epicôndilo lateral do fêmur. Os dados obtidos pelo NIRS representam o fenômeno no local da medida, detectando, neste caso, o que ocorre naquela determinada região de um dos músculos fortemente envolvidos no movimento em questão. A recuperação da oxigenação muscular era considerada como o momento em que a curva de oxigenação (computada através da subtração dos sinais a 760nm e 850nm<sup>(13)</sup>) estabilizava (figura 1).



**Figura 1** – Representação gráfica, para dados de um sujeito típico, da oxigenação muscular durante três séries de repetições máximas de extensão de joelho dominante a 80% de 1 RM e 80°•s<sup>-1</sup> com intervalo de recuperação entre séries suficiente para estabilizar a oxigenação muscular (as setas representam os momentos de estabilização da oxigenação muscular; os retângulos pretos representam o período de contração)

As velocidades foram determinadas utilizando-se um metrôno ajustado para 132bpm. A velocidade lenta foi realizada em seis batimentos para cada fase do movimento, enquanto a rápida foi realizada em dois batimentos por fase. Uma repetição era considerada válida quando o sujeito estendia o joelho até pelo menos 70° e não mais que 90°. Dessa forma, as velocidades médias por série de repetições variaram de 25 a 29°•s<sup>-1</sup> (média de 26,6°•s<sup>-1</sup>) e de 73 a 91°•s<sup>-1</sup> (média de 81,4°•s<sup>-1</sup>) para as velocidades lenta e rápida, respectivamente.

Um avaliador controlava o ângulo de extensão, enquanto outro controlava a cadência de movimento. O sujeito era verbalmente instruído a estender mais o joelho ou acelerar/desacelerar quando, em uma repetição, não atingisse o ângulo mínimo de 70° ou estivesse fora de cadência, respectivamente. Se a repetição seguinte ainda estivesse fora da amplitude ou do ritmo estabelecidos, o teste era, então, terminado. Durante o teste, a estabilização do sujeito era garantida por dois outros avaliadores, um segurando a pelve do sujeito firme na cadeira e outro imobilizando a perna contralateral.

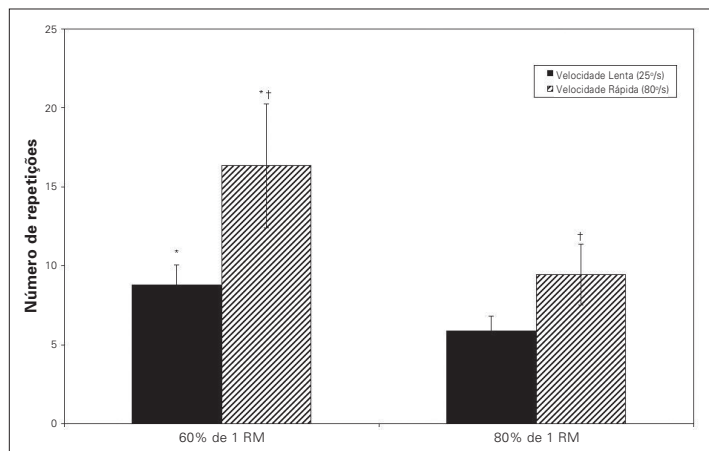
Primeiramente, era realizado um aquecimento de 10 repetições utilizando a cadência do teste a ser realizado e com carga de aproximadamente 40-50% daquela utilizada no teste propriamente dito. O intervalo de recuperação antes do teste de repetições máximas era de 7 min.

## Análise dos dados

Um teste t para amostras dependentes foi utilizado para comparar o número máximo de repetições realizadas nos seguintes testes: a) a única série a 60% de 1 RM e 80°s<sup>-1</sup> com a primeira série a 80% de 1 RM e 80°s<sup>-1</sup>, 3 min de intervalo; b) a única série a 60% de 1 RM e 25°s<sup>-1</sup> com a única série a 80% de 1 RM e 25°s<sup>-1</sup>; c) a única série a 60% de 1 RM e 25°s<sup>-1</sup> com a única série a 60% de 1 RM e 80°s<sup>-1</sup>; d) a única série a 80% de 1 RM e 25°s<sup>-1</sup> com a primeira série a 80% de 1 RM e 80°s<sup>-1</sup>, 3 min de intervalo. Uma ANOVA 3x3 (séries x intervalos) com medidas repetidas nos dois fatores foi utilizada para comparar o número máximo de repetições para os diferentes intervalos de recuperação e diferentes séries. No caso de F significativo, foram utilizadas análises *post hoc* com ANOVAs de um fator com medidas repetidas, comparando individualmente cada intervalo e cada série. Diferenças entre os intervalos para a queda no número de repetições da primeira à última série foram determinadas com uma ANOVA de um fator com medidas repetidas. O nível de significância foi estabelecido em  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

O número máximo de repetições realizadas em uma série nas diferentes cargas e velocidades está representado na figura 2. As repetições máximas foram significativamente maiores na carga leve do que na mais pesada, tanto na velocidade lenta ( $p = 0,0001$ ; leve =  $8,8 \pm 1,3$ ; pesada =  $5,9 \pm 0,9$ ) quanto na rápida ( $p = 0,0002$ ; leve =  $16,3 \pm 3,9$ ; pesada =  $9,4 \pm 1,9$ ) e significativamente maiores na velocidade rápida do que na lenta, tanto para a carga leve ( $p = 0,0001$ ) quanto para a pesada ( $p = 0,0000$ ).



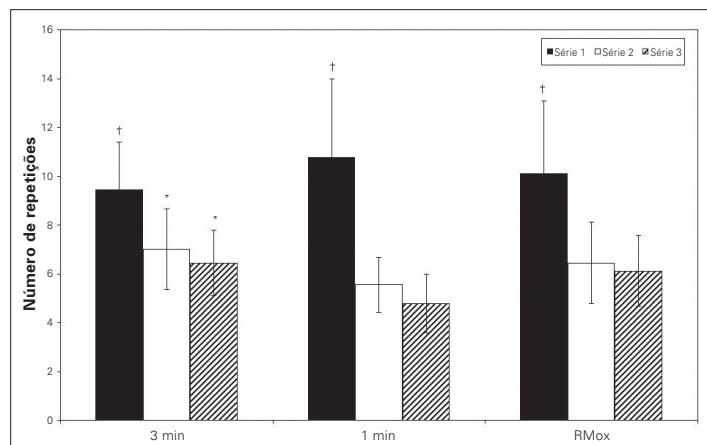
**Figura 2** – Repetições máximas (média  $\pm$  DP) realizadas em uma série de extensões de joelho unilateral com diferentes velocidades de movimento e diferentes cargas

\* teste t para amostras dependentes significativamente ( $p < 0,05$ ) maior que a 80% de 1RM para a mesma velocidade

† teste t para amostras dependentes significativamente ( $p < 0,05$ ) maior que a 25°s<sup>-1</sup> para a mesma carga

O intervalo RMox durou, em média,  $1,6 \pm 0,6$  min, variando entre 1,1 e 2,3 min, o que foi significativamente ( $p < 0,01$ ) diferente dos demais intervalos. A figura 3 mostra o número de repetições realizadas nas três séries com os três diferentes intervalos de recuperação. A ANOVA 3x3 mostrou diferença significativa na interação série x intervalo ( $p = 0,0022$ ) e no efeito principal série ( $p = 0,0000$ ). As análises subsequentes não identificaram qualquer diferença entre o número de repetições das primeiras séries de cada intervalo (3 min =  $9,4 \pm 1,9$ ; 1 min =  $10,8 \pm 3,2$ ; RMox =  $10,1 \pm 3,0$ ), porém, houve diferença significativa na segunda e na terceira séries entre os intervalos de 3 min (série 2 =  $7,0 \pm 1,7$ ; série 3 =  $6,4 \pm 1,3$ ) e 1 min (série 2 =  $5,6 \pm 1,1$ ; série 3 =  $4,8 \pm$

1,2), sem diferenças entre RMox (série 2 =  $6,4 \pm 1,7$ ; série 3 =  $6,1 \pm 1,5$ ) e o de 3 min nem entre RMox e o de 1 min. Nos três intervalos de recuperação, as repetições máximas da primeira série foram significativamente maiores que as da segunda (3 min,  $p = 0,0017$ ; 1 min,  $p = 0,0003$ ; RMox,  $p = 0,0127$ ) e terceira (3 min,  $p = 0,0002$ ; 1 min,  $p = 0,0005$ ; RMox,  $p = 0,0041$ ) séries, sem diferenças entre estas últimas.



**Figura 3** – Repetições máximas (média  $\pm$  DP) realizadas em três séries de extensões de joelho unilateral a 80% de 1 RM e 80°s<sup>-1</sup>, com diferentes intervalos de recuperação entre séries

RMox – recuperação da oxigenação muscular

\* ANOVA com medidas repetidas significativamente ( $p < 0,05$ ) maior que a mesma série com intervalo de 1 min

† ANOVA com medidas repetidas significativamente ( $p < 0,05$ ) maior que as demais séries do mesmo intervalo

Considerando o efeito principal das séries, foram encontradas diferenças no número total de repetições entre a série 1 ( $30,3 \pm 7,4$ ) e as demais séries (série 2 =  $19,0 \pm 4,1$ ,  $p = 0,0002$ ; série 3 =  $17,3 \pm 3,2$ ,  $p = 0,0004$ ), sem diferenças entre estas últimas. O efeito principal dos intervalos não foi significativo ( $p = 0,1844$ ), mostrando que o número total de repetições nas três séries (3 min =  $22,9 \pm 4,5$ ; 1 min =  $21,1 \pm 5,1$ ; RMox =  $22,7 \pm 5,0$ ) não foi diferente entre os intervalos. No entanto, quando se comparou a queda no número de repetições da primeira à última série, a partir de uma ANOVA com medidas repetidas, foi demonstrada diferença significativa entre os intervalos ( $p = 0,0019$ ), identificada entre o intervalo de 1 min ( $6,0 \pm 2,7$ ) e os demais (3 min =  $3,0 \pm 1,2$ ,  $p = 0,0056$ ; RMox =  $4,0 \pm 2,5$ ,  $p = 0,0053$ ).

## DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo comparar o desempenho, medido pelo número máximo de repetições, com diferentes intensidades, diferentes velocidades de movimento e diferentes intervalos de recuperação entre séries. A intensidade mais leve resultou em maior número de repetições que a mais pesada, como, também, o número de repetições na velocidade mais rápida foi maior que na mais lenta. Os intervalos resultaram em número total de repetições equivalente, porém, o intervalo mais curto, de 1 min, resultou em maior queda do número de repetições que os demais. Quando comparadas cada série individualmente, o intervalo mais longo, de 3 min, resultou em número maior de repetições que o de 1 min (exceto na primeira série); no entanto, o intervalo até a recuperação da oxigenação muscular, que teve duração média de 1,6 min, não resultou em número de repetições diferente dos outros dois.

O maior número de repetições na intensidade mais leve era esperado e corrobora o estudo de Hoeger *et al.*<sup>(1)</sup>, onde, quanto menor a intensidade, maior o número de repetições nos vários exercícios testados. Em especial, na extensão de joelhos esses

autores obtiveram a 60% de 1 RM, aproximadamente, entre 13 e 18 repetições e a 80% de 1 RM entre 8 e 11 repetições nos grupos de homens e mulheres, treinados e destreinados. Esses resultados são similares aos encontrados no presente estudo para a velocidade rápida (aproximadamente 16 repetições a 60% de 1 RM e 9 repetições a 80% de 1RM), que é mais próxima àquela utilizada quando treinando esse exercício sem controle da velocidade ( $86 \pm 11^{\circ}\text{s}^{-1}$ )<sup>(14)</sup>.

É conhecido de longa data que a força decresce com o aumento da velocidade de movimento, referida como a relação força-velocidade. Essa relação é evidente em movimentos isocinéticos (quando a velocidade é controlada externamente e, também, a resistência, enquanto a força exercida é teoricamente máxima em toda a amplitude de movimento)<sup>(15)</sup>. O mesmo acontece em movimentos isotônicos com velocidade livre: quanto maior a carga acrescida menor a velocidade na qual o exercício é realizado<sup>(16)</sup>. Quando a velocidade é voluntariamente controlada no exercício isotônico e, a partir daí, observa-se a máxima carga possível de ser levantada, a relação parece inverter-se, sendo possível levantar maior carga nas velocidades mais rápidas<sup>(4)</sup>. Seguindo essa lógica, é possível realizar mais repetições, com uma carga fixa, nas velocidades mais rápidas, quando comparado com as mais lentas<sup>(2-3)</sup>. A explicação para isso não está clara, mas possivelmente se deve ao fato de que, nas velocidades mais rápidas, uma vez vencida a inércia, o *momentum* da carga é maior e, conseqüentemente, a força para deslocá-la pode ser reduzida. No presente estudo, esses achados foram confirmados, já que, para ambas as cargas, a velocidade rápida de movimento resultou em maior número de repetições que a lenta.

Os resultados deste estudo confirmaram pesquisas anteriores do nosso laboratório<sup>(8-10)</sup> demonstrando que, no exercício contra-resistência, o desempenho decresce nas séries subseqüentes à primeira, mesmo com intervalos de 3 min de recuperação. Além disso, o desempenho com intervalo de 1 min é significativamente ( $p < 0,05$ ) menor que com 3 min. O desempenho com intervalo até a recuperação da oxigenação muscular não foi diferente dos demais para cada série, indicando que a partir de aproximadamente 1,5 min até 3 min a recuperação parece ser equivalente e que, mesmo assim, a fadiga afeta o desempenho. A queda no número de repetições realizado nas séries com intervalos de 3 min e RMox foi maior que a reportada por Kraemer *et al.*<sup>(17)</sup> para a extensão de joelhos com intervalos de 2 min entre séries (série 1 =  $9,5 \pm 1,0$ ; série 2 =  $8,9 \pm 2,0$ ; série 3 =  $7,9 \pm 1,9$ ). Porém, esse estudo utilizou o exercício bilateral e uma velocidade de aproximadamente  $45^{\circ}\text{s}^{-1}$ , mais lenta que os  $80^{\circ}\text{s}^{-1}$  do presente estudo. Surpreende o fato de os valores reportados por Kraemer *et al.*<sup>(17)</sup> serem mais altos, já que seria de se esperar que com a velocidade mais lenta o número de repetições fosse ainda menor que com a mais rápida. Provavelmente, a diferença entre os resultados deve-se, em parte, ao fato daqueles terem utilizado o movimento bilateral, enquanto este utilizou somente a perna dominante.

Os resultados do presente estudo mostram que o nível de oxigenação no músculo, considerado como o momento em que a oxigenação muscular medida por NIRS estabiliza, não mostrou ser determinante do desempenho da atividade realizada. Os estudos de Murthy *et al.*<sup>(11)</sup> e Hogan *et al.*<sup>(12)</sup> que encontraram associação entre queda de força e oxigenação muscular foram realizados com estimulação elétrica que pode ter o desempenho bem diferente daquele obtido através da contração voluntária *in vivo*.

No presente estudo, considerou-se como recuperação para início de uma nova série a estabilização da oxigenação e não o retorno aos valores de base. É possível que isto não seja suficiente para a completa recuperação, já que em nenhum dos sujeitos estudados a estabilização ocorreu nos níveis de base (figura 1), mesmo após três minutos de recuperação. Desta forma, futuros estudos poderiam verificar se o retorno da oxigenação muscular aos níveis de base seria determinante para a manutenção do desem-

penho. Ademais, a queda em desempenho com intervalos mais curtos pode estar relacionada a fatores outros, que não a oxigenação muscular, como o aumento em concentrações de lactato sanguíneo<sup>(18-19)</sup>, associado ao aumento em  $\text{H}^+$  que, por sua vez, reduz a capacidade de gerar força<sup>(20)</sup>.

Outros estudos também reportaram diferenças no número de repetições entre séries e entre intervalos de descanso. No exercício de supino reto<sup>(21)</sup>, o número de repetições da segunda, e última, série realizada foi significativamente diferente entre os intervalos de 1 min, 3 min e 5 min e menor do que aquele realizado nas respectivas primeiras séries. Hannie *et al.*<sup>(22)</sup> observaram queda no número de repetições entre quatro séries de supino reto após descansos de 2 min, passivo ou ativo (em cicloergômetro). Dados recentes do nosso laboratório (não publicados) confirmaram a queda no número de repetições em três séries na cadeira extensora, com intervalo de 3 min, após diferentes intensidades de aquecimento específico. Surpreendentemente, Firmino *et al.*<sup>(23)</sup> praticamente não observaram queda no desempenho no *leg press* e mesa extensora, com intervalos de recuperação de 2 min entre séries, após submeterem os sujeitos a diferentes rotinas de aquecimento (aeróbico ou específico). Interessante notar que na segunda série do *leg press*, após os dois aquecimentos, o número de repetições foi o esperado (10 RM) e o desvio-padrão foi zero, indicando que todos os sujeitos conseguiram realizar o mesmo número de repetições.

É possível que intervalos maiores entre séries possibilitem uma recuperação mais completa. Willardson e Burkett<sup>(24)</sup>, comparando o número total de repetições realizadas em quatro séries com intervalos de 1 min, 2 min e 5 min, nos exercícios de agachamento e supino reto, observaram que o intervalo de 5 min resultou em maior número de repetições que os demais intervalos de recuperação em ambos os exercícios, porém, no agachamento, as diferenças entre 1 min e 2 min não foram significativas, enquanto que no supino, o intervalo de 1 min resultou em menor número total de repetições. As repetições entre séries não foram comparadas estatisticamente, porém, observa-se uma queda em valores médios de 68 e 47% no intervalo de 1 min, de 49 e 40% no de 2 min e 26 e 25% no de 5 min, para os exercícios de supino e agachamento, respectivamente, sugerindo que talvez nem 5 min sejam suficientes para manter o desempenho.

## CONCLUSÕES

O desempenho no exercício contra-resistência, medido pelo número máximo de repetições, é afetado pela carga, pela velocidade de movimento e pelo intervalo de recuperação entre séries. Uma maior velocidade intencional do movimento permite um maior número de repetições máximas para uma mesma carga, seja ela mais leve (60% de 1 RM) ou mais pesada (80% de 1 RM). Intervalos de recuperação de 3 min entre as séries propiciam maiores números de repetições em séries múltiplas, quando comparados a 1 min, apesar de não serem suficientes para manter o desempenho da primeira série. A estabilização da oxigenação muscular, também, não parece ser suficiente para permitir a manutenção do desempenho em múltiplas séries do exercício contra-resistência. Outros estudos serão necessários para investigar se é necessário o completo restabelecimento da oxigenação muscular aos níveis de base de modo a permitir um melhor desempenho em séries múltiplas.

Vale ressaltar que a técnica de NIRS está sujeita a algumas limitações, entre as quais o fato de detectar o nível de oxigenação numa área restrita ao local de posicionamento do sensor, não sendo representativo de todo o grupamento muscular envolvido na extensão de joelho. É possível que níveis diferentes de oxigenação em outros locais do músculo ou em músculos sinergistas possam melhor explicar as diferenças no número de repetições entre as séries.

Baseando-se nos resultados deste estudo, a prescrição do exercício e, principalmente, a avaliação do desempenho, em especial no âmbito da pesquisa, deve observar carga, velocidade e intervalo entre séries a fim de atingir os objetivos propostos. No que diz respeito ao treinamento, ainda é prematuro afirmar que utilizar velocidades mais rápidas de modo a obter um número maior de repetições é mais eficiente do que uma velocidade mais lenta com um número menor de repetições, já que foi demonstrado em estudo anterior que o treinamento a  $25^{\circ}\text{s}^{-1}$  e  $100^{\circ}\text{s}^{-1}$  promoveu ganhos similares em força<sup>(25)</sup>.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi parcialmente financiado pela CAPES/Ministério da Educação, FAPERJ (E-26/170.774/2003), e Righetto Fitness Equipment, Brasil.

---

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

---

## REFERÊNCIAS

1. Hoeger WWK, Hopkins DR, Barette SL, Hale DF. Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females. *Journal of Applied Sport Science Research*. 1990;4(2):47-54.
2. LaChance PF, Hortobagyi T. Influence of cadence on muscular performance during push-up and pull-up exercise. *J Strength Cond Res*. 1994;8:76-9.
3. Gomes PSC, Pereira MIR. Effect of testing velocity on total resistance work at submaximal load. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(5 Suppl):S152.
4. Pereira MIR, Gomes PSC. Relationship between 1RM and 8-10RM at two speeds for squat and bench press exercises. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(5 Suppl):S332.
5. Touey PR, Sforzo GA, McManis BG. Effects of manipulating rest periods on isokinetic muscle performance. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(5 Suppl):S30.
6. Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RG. Effects of intrasession rest interval on strength recovery and reliability during high intensity exercise. *J Strength Cond Res*. 1998;12(3):152-6.
7. Pincivero DM, Gear WS, Moyna NM, Robertson RJ. The effects of rest interval on quadriceps torque and perceived exertion in healthy males. *J Sports Med Phys Fitness*. 1999;39(4):294-9.
8. Cabral LF, Pereira MIR, Gomes PSC. Acute effects of different intraset rest intervals on number of repetitions on the bench press. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(5 Suppl):S370.
9. Vieira MCC, Costa ALL. Efeito agudo de diferentes tempos de intervalo entre séries no número de repetições no supino. *Anais do XXVI Simpósio Internacional de Ciências do Esporte/CELAFISCS*, São Paulo, SP, Brazil; 2003. p. 250.
10. Silva LPS, Meirelles CM, Cabral LF, Gomes PSC. Efeito da suplementação de creatina e do intervalo entre séries sobre o desempenho da força em exercício contra-resistência. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. 2004;3(1):107.
11. Murthy G, Hargens AR, Lehman S, Rempel DM. Ischemia causes muscle fatigue. *J Orthop Res*. 2001;19(3):436-40.
12. Hogan MC, Richardson RS, Kurdak SS. Initial fall in skeletal muscle force development during ischemia is related to oxygen availability. *J Appl Physiol*. 1994;77(5):2380-4.
13. Kell RT, Farag M, Bhambhani Y. Reliability of erector spinae oxygenation and blood volume responses using near-infrared spectroscopy in healthy males. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91:499-507.
14. Weir JP, Housh TJ, Evans SA, Johnson GO. The effect of dynamic constant external resistance training on the isokinetic torque-velocity curve. *Int J Sports Med*. 1993;14(3):124-8.
15. Thorstenson A, Grimby G, Karlsson J. Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol*. 1976;40(1):12-6.
16. Cronin JB, McNair PJ, Marshall RN. Force-velocity analysis of strength-training techniques and load: implications for training strategy and research. *J Strength Cond Res*. 2003;17(1):148-55.
17. Kraemer RR, Kilgore JL, Kraemer GR, Castrane VD. Growth hormone, IGF-I, and testosterone responses to resistive exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24(12):1346-52.
18. Kraemer WJ, Marchitelli 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(4):1442-50.
19. Kraemer WJ, Fleck SJ, Dziados JE, Harman EA, Marchitelli LJ, Gordon SE, et al. Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. *J Appl Physiol*. 1993;75(2):594-604.
20. Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev*. 1994;74:49-94.
21. Richmond SR, Godard MP. The effects of varied rest periods between sets to failure using the bench press in recreationally trained men. *J Strength Cond Res*. 2004;18(4):846-9.
22. Hannie PQ, Hunter GR, Kekes-Szabo T, Nicholson C, Harrison PC. The effects of recovery on force production, blood lactate, and work performed during bench press exercise. *J Strength Cond Res*. 1995;9(1):8-12.
23. Firmino RC, Kotaba C, Santos A, Zen V, Simão R, Polito M, et al. Influência de diferentes aquecimentos no desempenho da força muscular. *Rev Bras Fisiol Exerc*. 2004;3(3):249-56.
24. Willardson JM, Burkett LN. A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. *J Strength Cond Res*. 2005;19: 23-6.
25. Pereira MIR, Gomes PSC. Effects of two movement velocities of isotonic exercise on gains in strength and muscular endurance. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(5 Suppl):S289.