

Capacidade de repetição da força: efeito das recuperações interséries

CDD. 20.ed. 796.073
796.074

Marzo Edir DA SILVA-GRIGOLETTO^{*/**}
Teresa VALVERDE-ESTEVE^{**}
Ciro José BRITO^{*/**}
Juan Manuel GARCÍA-MANSO^{*/****}

*Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Sergipe.

**Asociación Científico Sport - Espanha.

***Facultad de Ciencias de la Educación y el Deporte, Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir - Espanha.

****Departamento de Educación Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria - Espanha.

Resumo

Para estimular uma melhor resposta adaptativa aos objetivos específicos do treinamento de força, a sobrecarga progressiva é a estratégia mais utilizada. A quantidade de trabalho realizada no treino com sobrecarga é aspecto determinante para a melhora do rendimento. Porém, a sobrecarga resulta em desgaste muscular mecânico, o que desencadeia o aparecimento da fadiga. A fadiga é proporcional à característica das cargas (volume, intensidade e recuperação). Neste sentido, a manipulação do intervalo de recuperação é fundamental para evitar a fadiga excessiva, possibilitando uma menor influência do desgaste mecânico na execução da série, auxiliando, assim, na manutenção do volume e intensidade adequadas. A estratégia frequentemente empregada é aumentar o tempo de recuperação entre séries. No entanto, evidências existentes na literatura científica indicam que a maneira mais eficiente de conseguir estes objetivos (diminuir a fadiga e manter o volume de treinamento necessário) é incorporar curtas recuperações no interior da série ("intra-set" ou ISR). Pode-se alcançar tal objetivo, incorporando a recuperação entre repetições ("inter-repetition rest" ou IRR), ou a cada bloco de repetições (agrupamento ou "cluster"). Estas estratégias metodológicas permitem conservar as características mecânicas do gesto (velocidade, força e potência) durante as repetições por série.

PALAVRAS-CHAVE: Treinamento de resistência; Força muscular; Contração muscular; Fadiga muscular.

Introdução

Diversas modalidades esportivas, especialmente aquelas de caráter cíclico (ciclismo de estrada, remo, natação, etc.), o desempenho está associado à capacidade de repetir eficientemente um gesto motor que, frequentemente, demanda elevada quantidade de força¹. Assim, solicita-se no treino a repetição de ações musculares de elevada intensidade, cuja magnitude pode variar de acordo com as características da atividade, o trabalho a se desenvolver, ou o objetivo almejado no treinamento planejado.

Volume (total e parcial), intensidade, descanso e a ordem de realização dos exercícios são as variáveis de treinamento que, habitualmente, são manipuladas e ajustadas para conseguir os objetivos almejados². Estes aspectos são aqueles que melhor definem e caracterizam a magnitude das cargas de treinamento. Entende-se como carga de trabalho, a variável descritiva que

caracteriza os esforços ou estímulos exigidos ao atleta durante a realização do exercício ou sessão de treinamento. As cargas consideradas ideais variam de acordo com a contração muscular desenvolvida (concêntricas, excêntricas, isométricas, controladas ou explosivas) e a utilização de exercícios com perfil mecânico distinto que envolvam uma ou mais articulações.

Após considerar todos os aspectos determinantes do desempenho, os treinadores planificam seus protocolos de trabalho maximizando, assim, a busca por melhor resposta adaptativa, ou as respostas que resultem em melhor benefício ao rendimento do atleta. Ou seja, estabelecem estratégias de treinamento com o objetivo de adaptar-se cada vez mais as características do esporte (princípio de especificidade) e o perfil morfológico e funcional de seus praticantes (princípio de individualidade biológica).

Desde o século XIX (von Krayervsky; Siebert; Hoffmann; MacFadden; DeLorme; Zinovieff; Vasiliev; Verkhoshansk; Medvedev; Chistiakov; Berger; Vorovyob; Adadjiev; Feser; Gironde; Weider; Jones; Mentzer; etc.) propuseram numerosas e diferentes

estratégias de trabalho que se configuraram nos métodos de treinamento aplicados atualmente. Hoje em dia existem também diferentes propostas que adaptam-se às demandas do esporte de aplicação e às experiências que acumulam os técnicos e atletas (FIGURA 1).

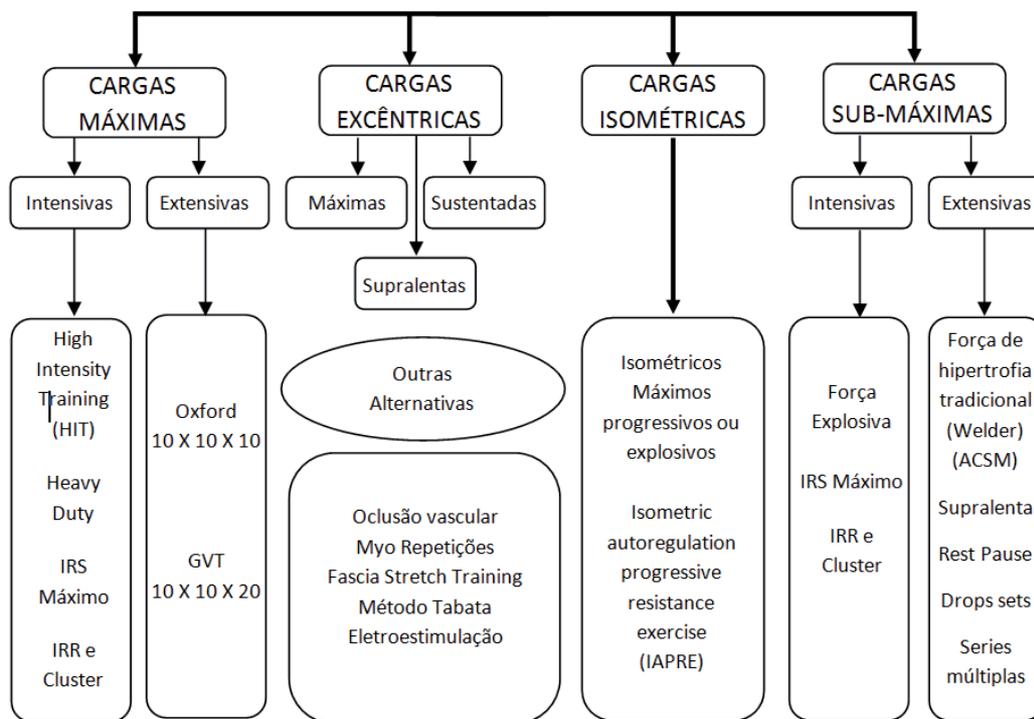


FIGURA 1 - Algumas das principais estratégias de treino com sobrecarga que geralmente são utilizadas no treinamento de força.

Capacidade de repetição da força

No treinamento de força, a capacidade de manter a repetição de cargas com eficiência é o que podemos considerar como *resistência de força*. Quando se realizam movimentos aos quais se desenvolve ou tenta manter a máxima potência, os autores denominam *capacidade de manutenção da potência*³⁻⁴.

Quando se analisa a capacidade de manutenção de ações repetidas, em moderada ou alta intensidade, a primeira aproximação metodológica consiste em medir a quantidade de vezes que é possível repetir um esforço antes da interrupção pela fadiga, ou monitorar a dificuldade em manutenção da qualidade na repetição. Deve-se considerar, no entanto, que a capacidade em repetir corretamente o movimento compromete o número total de

repetições por série. Assim, recomenda-se conservar até a última repetição as mesmas características mecânicas da primeira execução.

Do ponto de vista prático, exceto em situações muito específicas (trabalho de hipertrofia muscular), o trabalho até a “falha de movimento” é habitualmente aplicado no treinamento esportivo. Frequentemente treinadores observam como atletas tentam manter a atividade prescrita sem a perda da qualidade técnica e da mecânica do gesto motor. Em ambos os casos, estamos tratando da *capacidade de repetição da força*, a qual está diretamente relacionada com a intensidade da carga de trabalho (TABELA 1), a treinabilidade do atleta para a repetição da força e o tipo de exercício (TABELA 2).

TABELA 1 - Número máximo de repetições executadas nos diferentes percentuais de carga conforme os autores revisados⁵.

Repetições Máximas	Landers	McDonagh & Davies	Rohdes & Westcott	Berger	Witt	Feser	Anderson & Harring
1 RM	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
2 RM	95,0 %	95,0 %	94,0 %	97,4 %	96,6 %	95,0 %	96,4 %
3 RM	92,5 %	90,0 %	91,0 %	94,9 %	92,6 %	90,0 %	93,3 %
4 RM	90,0 %	86,0 %	88,0 %	92,4 %	89,7 %	87,5 %	89,9 %
5 RM	87,5 %	82,0 %	85,0 %	89,8 %	87,0 %	85,0 %	86,4 %
6 RM	85,0 %	78,0 %	83,0 %	87,6 %	84,7 %	82,0 %	83,9 %
7 RM	82,5 %	74,0 %	81,0 %	85,5 %	82,0 %	79,0 %	81,3 %
8 RM	80,0 %	70,0 %	79,0 %	83,3 %	79,7 %	76,0 %	78,8 %

1 RM: 1 Repetição Máxima.

TABELA 2 - Capacidade de repetição da força em sete exercícios diferentes ("leg-press"; "pulley" costas; supino; extensora de pernas; abdominais; rosca bíceps e flexora de pernas) realizados em diferentes intensidades de carga (40-60-80%-1 RM) por dois grupos em diferentes níveis condicionamento (treinados vs. não-treinados).

Não-treinados n = 38 homens				
Exercício	Repetições 40%-1 RM	Repetições 60%-1 RM	Repetições 80%-1 RM	1 RM do Grupo
"Leg press"	80,1 ± 7,9	33,9 ± 14,2	15,2 ± 6,5	137,9 ± 2,7
"Pulley" costas	41,5 ± 16,1	19,7 ± 6,1	9,8 ± 3,9	59,9 ± 11,6
Supino	34,9 ± 8,8	19,7 ± 4,9	9,8 ± 3,6	63,9 ± 15,4
Extensão de pernas	23,4 ± 5,1	15,4 ± 4,4	9,3 ± 3,4	54,9 ± 13,3
Abdominais	21,1 ± 7,5	15,0 ± 5,6	8,3 ± 4,1	40,9 ± 12,6
Rosca bíceps	24,3 ± 7,0	15,3 ± 4,9	7,6 ± 3,5	33,2 ± 5,9
Flexora de pernas	18,6 ± 5,7	11,2 ± 2,9	6,3 ± 2,7	33,0 ± 8,5
Treinados n = 25 homens				
Exercício	Repetições 40%-1 RM	Repetições 60%-1 RM	Repetições 80%-1 RM	1 RM do Grupo
"Leg press"	77,6 ± 34,2	45,5 ± 23,5	19,4 ± 9,0	167,2 ± 43,2
"Pulley" costas	41,5 ± 16,1	23,5 ± 5,5	12,2 ± 3,7	77,8 ± 15,7
Supino	42,9 ± 16,0	22,6 ± 4,4	12,2 ± 2,9	95,5 ± 24,8
Extensão de pernas	38,8 ± 8,2	18,3 ± 5,6	11,6 ± 4,4	72,5 ± 19,8
Abdominais	32,9 ± 8,8	18,9 ± 6,8	12,2 ± 6,4	59,9 ± 15,9
Rosca bíceps	27,1 ± 8,7	21,3 ± 6,2	11,4 ± 4,2	41,2 ± 9,6
Flexora de pernas	24,3 ± 7,9	15,4 ± 5,9	7,2 ± 3,1	38,8 ± 7,1

Mecanismos bioenergéticos vinculados ao treinamento de força

A bioenergética é a ciência que estuda as transformações da energia em sistemas vivos. Durante a atividade física ocorre aumento do gasto energético a fim de desenvolver e manter a demanda de contração muscular adequada. A fibra muscular obtém energia a partir da adenosina-trifosfato (*ATP*) que acumula em seu interior pequenas quantidades (3 a 8 mMols). A

energia é produzida quando um grupo fosfato é clivado a partir da molécula de *ATP* pela enzima *ATPase* formando difosfato de adenosina (*ADP*) e fosfato inorgânico (*Pi*)⁶.

Durante a atividade física a quantidade de *ATP* hidrolisada pode aumentar significativamente, diminuindo as reservas fosfagênicas em poucos segundos. Como a atividade muscular demanda

contínuo suprimento de energia, a célula dispõe de suas próprias vias (aeróbicas e anaeróbicas) para ressíntese do *ATP* gasto durante a atividade física. Em consequência, as reservas fosfagênicos, *ATP* e fosfocreatina (*PCr*) são os substratos energéticos principais para gerar contrações musculares em alta velocidade e níveis elevados de força⁷. Estes substratos ativam o rico reservatório de energia para suprimento imediato ao sistema *ATP-ADP*. Portanto, sua presença é fator preponderante para a realização de repetições contínuas em cargas de intensidade moderada ou alta. Os valores iniciais não são muito elevados e modificam de acordo com o tipo de fibra e nível de treinamento. Os níveis destes substratos caem rapidamente em

poucos segundos, após o início do esforço intenso, especialmente a *PCr*.

Os níveis de creatina muscular são relativamente estáveis, no entanto variam de acordo com o tipo de fibra predominante no músculo (as fibras tipo II possuem aproximadamente 31% a mais quando comparadas às do tipo I). Aproximadamente 95% da creatina muscular total encontram-se nos músculos esqueléticos. Destes, entre 60-70% são armazenados na forma *PCr*⁸. Porém, os níveis iniciais de fosfagênicos, especialmente a *PCr*, são significativamente diminuídos após a realização de esforços de alta intensidade. A depleção dos estoques é proporcional à intensidade e duração do esforço (FIGURA 2).

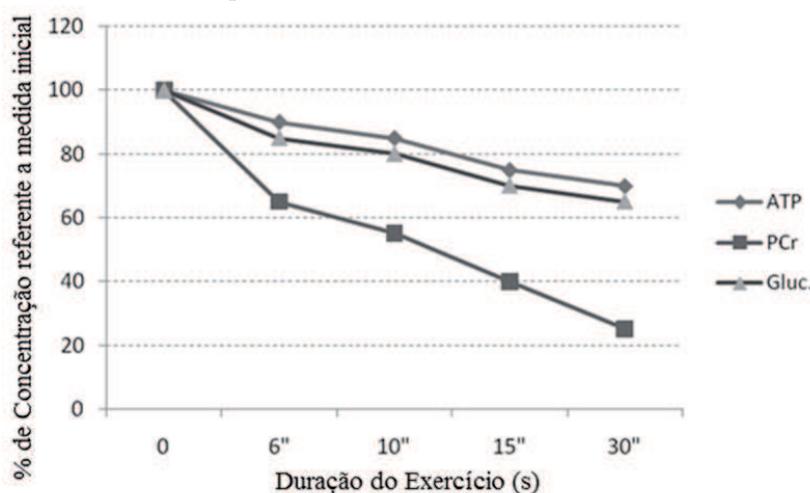


FIGURA 2 - Evolução teórica das concentrações musculares de ATP, PCr e glicogênio durante a realização de esforços em diferentes durações e máxima intensidade.

Portanto, a rápida recuperação do *ATP* será fundamental para a realização do treino prescrito, evitando que a fadiga afete sua eficácia. Durante o exercício, a ressíntese do *ATP* provém de diferentes vias com ou sem a presença de oxigênio.

A energia fornecida a partir da degradação da *PCr* permite que o “pool” de *ATP* seja ressintetizado em alta velocidade durante o esforço de máxima intensidade. Estima-se que a *PCr* que possua 0,34 moles de *ATP*, produza 8,6 mmol de *ATP*/kg MS e permite a manutenção de esforços superiores a 30 segundos. Nestas circunstâncias, a *PCr* pode ser a fonte energética durante os primeiros 10 segundos em esforço intenso⁹. A TABELA 3 apresenta a quantidade teórica de *ATP* (*ATP* mmol/s/kg MS) ressintetizado a partir de *PCr*.

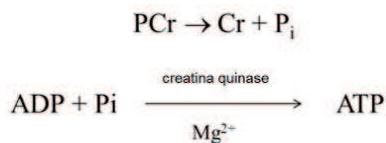


TABELA 3 - Ressíntese do *ATP* a partir de *PCr* após esforço curto em máxima intensidade.

S = segundos;
kg = kilogramas;
MS = músculo seco.

Duração	mmol de ATP/s/kg MS resintetizados a partir da PCr
0 - 1,3 s	9,0 mmol ATP/s/kg MS
0 - 2,6 s	7,5 mmol ATP/s/kg MS
0 - 5,0 s	5,3 mmol ATP/s/kg MS
0 - 10,0 s	4,2 mmol ATP/s/kg MS
0 - 20,0 s	2,2 mmol ATP/s/kg MS

Em treinos curtos e intensos, como os característicos de força, a presença e utilização da *PCr* para ressíntese do *ATP* é especialmente relevante. Para que este mecanismo seja eficiente é necessário, primeiramente, dispor de elevados níveis de creatinafosfato (aproximadamente 20-24 mmol/kg nas fibras rápidas e 12-15 mmol/kg nas fibras lentas) e ressintetizar rapidamente o *ATP* degradado durante o esforço. HARRIS et al.¹⁰ sugerem que o mecanismo de ressíntese da *PCr* é rápido e mostra comportamento bifásico: fase rápida (21-22 segundos) e fase lenta (~170-180 segundos). Assim, a inclusão de 15 a 30 segundos de descanso, entre as repetições de uma série de força, permitirá a recuperação quase completa da *PCr*, o que será impossível se adotarmos o método tradicional, onde o atleta realizará movimentos contínuos sem pausa entre repetições ou grupo de repetições¹¹. Quando o objetivo é repor a *PCr* utilizada durante o exercício, a função da enzima creatina quinase (CK) deve ser compreendida.

A CK está amplamente concentrada nos tecidos muscular e nervoso para manter a elevada demanda metabólica. Esta enzima existe no organismo em diferentes isoformas que participam na interconversão rápida da *ATP* e *PCr*. A creatina-quinase é composta por duas subunidades, M (músculo) e B (cérebro),

dando três isoenzimas diferentes (MM - MB - BB). A quarta isoenzima CK (Mi-CK) está localizada na membrana mitocondrial⁸. Estas isoenzimas da CK são proteínas que desempenham papel fundamental para a produção energética de células musculares, coração e cérebro, auxiliando na manutenção do equilíbrio *ATP/ADP* e o “pool” de adenilatos¹²⁻¹⁵, teores de P_i ¹⁶ e regulação do pH muscular¹⁷. Do ponto de vista esportivo, as isoenzimas MM-CK e Mi-CK são as mais relevantes e foram encontradas em grandes quantidades no tecido muscular.

Quando se analisa o treino de característica intermitente, haverá especial interesse na atividade da Mi-CK, pois esta enzima influencia variáveis como: a recuperação dos níveis de *ATP* (especialmente em fibras rápidas), auxilia na manutenção do pool de nucleotídeos, aumenta os níveis de citrato celular, aumenta a lipólise e diminui a participação do metabolismo anaeróbico láctico. Para que ocorra rápida recuperação dos níveis iniciais de *PCr* (FIGURA 3), um dos mecanismos mais interessantes que se tem conhecimento é o efeito “shuttle” da *PCr* (paradoxo metabólico creatina fosfato), que está diretamente relacionado com a quantidade e a atividade da isoenzimas Mi-CK¹⁸.

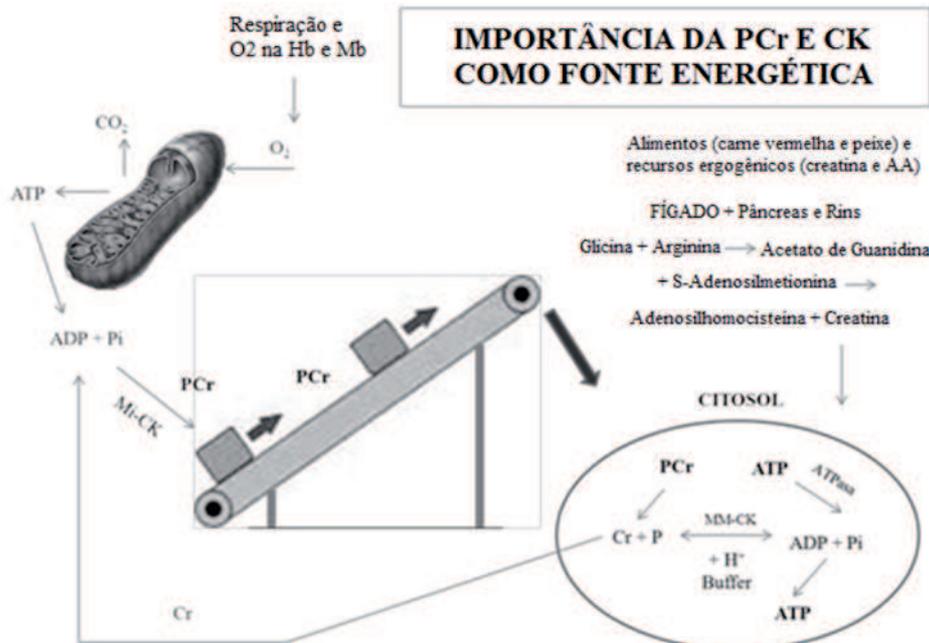


FIGURA 3 - Mecanismo da creatina fosfato (*PCr*) como substrato energético responsável pela manutenção, o mais elevado possível, das concentrações de *ATP* muscular durante a realização do exercício físico.

Como observado na FIGURA 3, a *PCr* atua como mensageira auxiliar de energia entre as mitocôndrias e sítios citosólicos que utilizam *ATP*¹⁹. Na mitocôndria, o *ATP* recém-sintetizado passa para o espaço existente entre membranas. Parte destas moléculas se-

à Mi-CK para formação da *PCr*. Certamente em situações de esforço intenso a atividade da Mi-CK é um estímulo potente que aumenta o catabolismo do “pool” de nucleotídeos de adenina formando, assim, grande quantidade de *ADP* que, por sua vez, pode

determinar certas reações da ATP. Este desequilíbrio pode afetar a miosina ATPase e outras ATPases reguladoras atrasando, desta forma, as ligações das pontes cruzadas no sarcômero⁸. Nestas circunstâncias, parte do ADP formado é impossibilitado de transformar-se diretamente em ATP e é degradado novamente para gerar energia (ATP + ADP + AMP). Em algumas situações esta degradação é irreversível diminuindo, assim, o “pool” de adenina nucleotídeo disponível inicialmente. MUJICA e PADILLA²⁰ afirmam que se a taxa de hidrólise do ATP superar a refosforilação da ADP através de processos oxidativos, glicólise anaeróbica ou a utilização da PCr, o ATP é então ressintetizado por meio da enzima adenilatoquinase ou mioquinase (MK).

A via predominante para o catabolismo de nucleótidos de adenina, durante o exercício, é a desaminação da adenosina monofosfato (AMP) em inosina-monofosfato (IMP), resultando na formação de amônia (NH₃) em reação catalisada pela enzima adenilato deaminase. Estas reações têm algumas funções principais: evitar o aumento excessivo da concentração de ADP na célula, manter mais ou menos estável a razão ATP/ADP, utilizar o NH₃ resultante como aceitador de prótons formando o íon amônia (NH₄⁺) e, desta forma, reduzir a quantidade de tampão H⁺ livre o que, por sua vez, diminui a acidose metabólica no músculo²¹.

A diminuição dos níveis de ATP e PCr também está associada com o aumento nos níveis de lactato no músculo e sangue, o que pode afetar negativamente a contração muscular²² e, por sua vez, a capacidade de gerar energia. Neste sentido, o NH₄⁺ resultante da degradação estimula a glicólise através da enzima fosfofrutoquinase (PFK)²³. Cabe ressaltar que a AMP ativa a PFK que é a principal enzima reguladora da glicólise, especificamente como catalisadora da fosforilação da frutose-6-fosfato, advindo do gasto de uma molécula de ATP para formar frutose 1,6 -bisfosfato e ADP. Quando o músculo é incapaz de transformar novamente a IMP em AMP, a IMP e adenosina podem ser degradadas à inosina, hipoxantina e ácido úrico. Para evitar tal situação, o organismo possui duas vias especialmente interessantes para manter o potencial energético do músculo durante o treinamento de força: a) ciclo das purinas e b) conversão da hipoxantina a IMP pela enzima hipoxantinoguanina fosforibosiltransferase²⁴. A falta de eficiência nestes processos acarreta situações indesejáveis quanto ao nível energético, pois, são produzidos metabólitos em grande quantidade o que, por sua vez, demanda longo período de recuperação pós-série. Longas recuperações não são desejadas, exceto quando o objetivo for a hipertrofia muscular.

Comportamento mecânico durante o trabalho de repetição da força

Não existem consensos entre treinadores quanto aos métodos de treinamento da força. Anteriormente, a terminologia utilizada era *força de resistência*, onde era descrita a capacidade física e os protocolos derivados. No entanto, devemos considerar que este tipo de treinamento se refere ao uso de grandes volumes de trabalho com cargas de baixa ou moderada intensidade²⁵. Hoje em dia, as propostas desta natureza foram completamente abandonadas e o treinamento da resistência de força pode ser resolvido com estratégias de treinamento, dentre as quais se encontram o protocolo que analisamos no presente estudo. O número de repetições realizadas em cada série é uma das variáveis geralmente modificada e manipulada no treinamento, cujo direcionamento correto gera influência positiva sobre a capacidade de força²⁶. Deve-se ressaltar que nos movimentos cíclicos, como aqueles nos quais se desenvolve os treinos tradicionais com sobrecarga, o número de repetições por série é, muitas das vezes, considerado como a

variável mais importante e amplamente manipulada para regular o desenvolvimento e melhoria da força²⁷.

De fato, em qualquer esporte, quanto maior a duração da atividade e quantidade das ações realizadas, mais intensa será a fadiga²⁸⁻³⁸. Em consonância, no treinamento de força, grande quantidade de repetições por série, grupo muscular, ou sessão de treino, sempre afetarão a mecânica do movimento, provocando diminuição progressiva da força, velocidade de execução e qualidade técnica do movimento^{26,39-43}.

As alterações fisiológicas, especialmente bioenergéticas e neuromusculares que provocam a fadiga, são expressas pela incapacidade das fibras em gerar força e pela diminuição da velocidade de encurtamento^{33-34,37,44-46}. No entanto, não é bem conhecida a importância de cada um desses aspectos no surgimento da fadiga⁴⁷⁻⁴⁹. Porém, sabe-se que estas alterações funcionais afetarão, em maior ou menor grau, o desempenho esportivo e a qualidade do gesto motor (FIGURA 4).

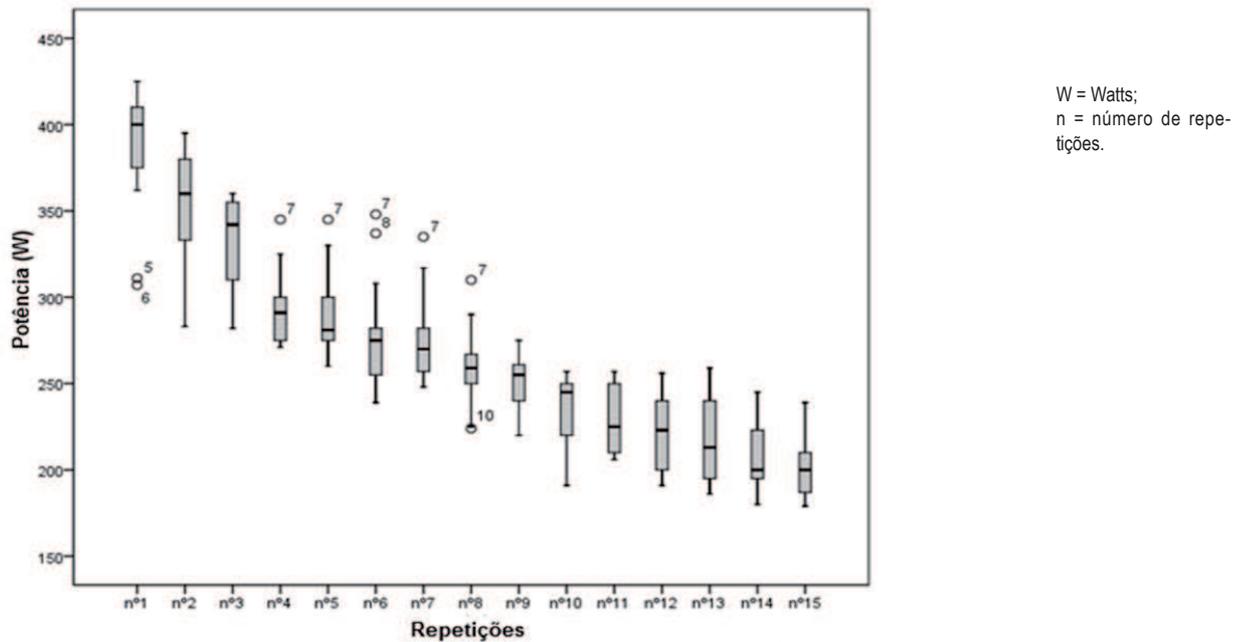


FIGURA 4 - Potência Pico em 15 estudantes de educação física quando realizaram 15 repetições seguidas (sem pausa) no supino com a carga na qual desenvolvem a máxima potência.

A perda de rendimento aumentará em magnitude e será antecipada, quando a intensidade do treino for elevada^{30,50-51}. Especificamente em nosso laboratório, avaliamos o desempenho no supino em 11 estudantes universitários (idade: $22,5 \pm 2,1$ anos, altura: $176,9 \pm 7,2$ cm, 1 RM: $91,1 \pm 14,0$

kg) durante a execução do exercício até a falha em diferentes intensidades de trabalho (70%, 80% e 90% de 1 RM). Na FIGURA 5 pode-se observar como o número de repetições, o pico de potência (à esquerda) e velocidade pico (direita) diminuem rapidamente com o incremento de carga.

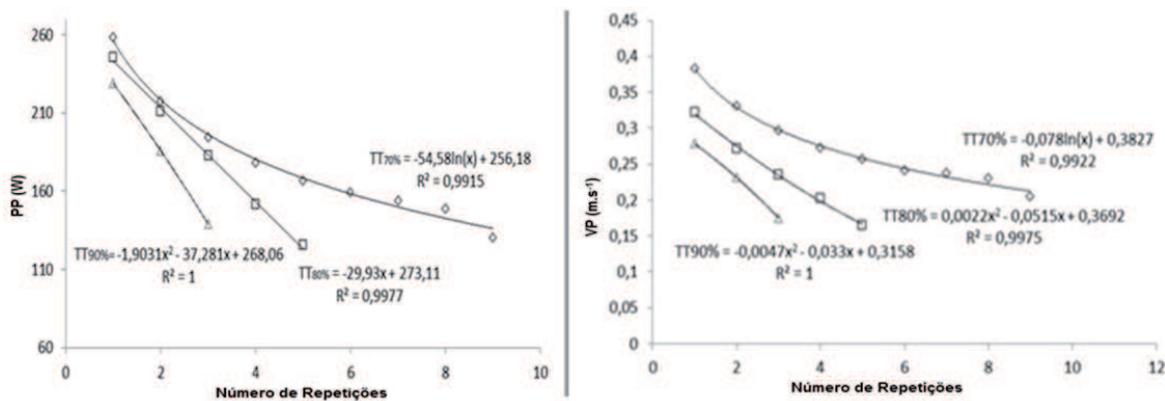


FIGURA 5 - Evolução do pico de potência (PP) e velocidade pico (VP) em três séries máximas realizadas por estudantes de Ciências da Atividade Física e Esporte em diferentes intensidades de carga (70, 80 e 90% de 1 RM).

No entanto, a presença da fadiga muscular não parece ser necessária sempre que o objetivo for desencadear adaptações positivas para o ganho de força muscular, tampouco o desenvolvimento

rápido da força (Maximal Rate Force Development ou RFDmax), especialmente em indivíduos pouco treinados. Tal argumento pode ser confirmado no trabalho de FOLLAND et al.⁵², o qual compararam

dois programas de treinamento de força durante nove semanas em indivíduos fisicamente ativos (sem experiência prévia neste tipo de treinamento). Um grupo realizou o treinamento de alta fadiga (quatro séries de 10 repetições a 75% de 1 RM até a falha com 30 segundos de descanso entre as séries); o segundo grupo fez uma repetição com 75% de 1 RM, a cada 30 segundos, até completar 40 repetições. Dentre os resultados, destaca-se que o grupo de altas repetições foi forçado a reduzir a carga durante o protocolo, enquanto o grupo de uma repetição não necessitou. A segunda constatação interessante é que os ganhos em diferentes manifestações de força (pico de força isométrica e isocinética) foram semelhantes, porém o grupo que treinou com menor fadiga (1 RM) progrediu de forma mais gradual.

Porém, tradicionalmente, o treinamento de força e resistência de força sempre procurou incrementar o trabalho através do aumento de repetições por série ou o número de séries por exercício. Ambos afetam, embora em diferentes proporções, a resposta mecânica muscular de cada movimento. Por esta razão, é necessária atenção especial para cálculo das cargas e o controle da execução e, assim, manter a técnica correta e as propriedades mecânicas que aparecerão com a fadiga.

A velocidade de execução, a intensidade da carga, o volume de trabalho e as recuperações (repetição, série ou sessão) são os principais aspectos a serem controlados para assegurar a máxima eficácia e alcançar o objetivo do treinamento. Tradicionalmente aceita-se que, na busca pelo aprimoramento da força, o aumento do número de repetições por série é mais importante que o número de séries por exercício^{27,53-54}. A carga total de trabalho é determinada pelo objetivo do treino. Normalmente, altas cargas (intensidade próxima ao máximo) são aplicadas quando se enfatiza o desenvolvimento da força muscular^{40,55-61}. No entanto, é fato que, se o objetivo for melhorar ou manter o desenvolvimento da força, é necessário manter, durante o exercício, a mais elevada ou a máxima velocidade de execução⁶²⁻⁶⁹. Esta forma de trabalho é baseada em dois critérios⁷⁰:

- a) efeito direto sobre a melhora da força^{62-63,66,71-72};
- b) associação da intensidade da carga sobre o

tipo de fibra recrutada, principalmente as fibras de contração rápida⁷³⁻⁷⁶ e as respostas adaptativas correspondentes^{64,68,72,77-79}.

Para manter o volume adequado de trabalho e reduzir o impacto sobre a fadiga é necessário buscar estratégias de treinamento que permitam ao atleta manter, com eficiência, a explosão e potência muscular durante toda a atividade. A perda de força muscular depende de fatores intrínsecos, características morfofuncionais e ambientais. Quanto aos fatores ambientais, destaca-se a magnitude da carga (% de 1 RM), a intensidade da execução do movimento, o número de repetições e as recuperações incorporados a cada repetição (micropausa) ou bloco de repetições (macropausa).

Normalmente, para manter os níveis de força muscular no treinamento com sobrecargas devem ser incorporados períodos de descanso adequados entre diferentes séries utilizadas em cada exercício⁸⁰⁻⁸³. Intervalos mais longos permite a execução de maior volume de trabalho durante as sessões de treino sem afetar, significativamente, a qualidade dos movimentos⁸²⁻⁸⁷.

Geralmente calcula-se que, para manter a eficácia do movimento, três minutos de recuperação são suficientes em indivíduos altamente treinados para força⁸⁸ e este tempo deverá ser maior (cinco minutos ou mais), quando o nível de desempenho for inferior^{82,84,87}. O mesmo não ocorre quando os intervalos são curtos ou inexistentes. Assim, a velocidade de movimento e a potência muscular caem rapidamente^{3,26}, dependendo do nível de treinamento do atleta^{4,34,37,89-91}. Em princípio, há dois aspectos que vão condicionar o surgimento da fadiga: o nível de treinamento e as características musculares. Deve-se ressaltar que indivíduos que possuem grande proporção de fibras rápidas são capazes de gerar níveis superiores de força. Por outro lado, possuem menor capacidade de manter a produção de força durante longos períodos⁸⁰. Assim, a seleção do período adequado de descanso entre séries é fundamental para a manutenção da velocidade de execução, da taxa de produção de força e potência máxima durante o treinamento^{11,34,83,91-95}.

Recuperações entre repetições

Até agora apresentamos como a ação repetida e continuada do exercício de força envolve rápido declínio da qualidade do gesto motor e altera, significativamente, as características mecânicas do movimento, especialmente pela perda da velocidade de deslocamento da carga. Temos, assim, o declínio progressivo na potência média e pico de potência durante a realização do movimento. Para evitar isso, a estratégia mais utilizada consiste em aumentar as recuperações entre as séries. Uma alternativa para as séries com repetições contínuas incide na introdução de recuperação entre as repetições^{11,34,52,92,94,96-104}, conhecido como “intra-set rest” (ISR).

A incorporação de recuperações (Micropausas) dentro da série (ISR) pode-se desenvolver em duas estratégias diferentes: a) adicionar recuperações depois de cada repetição (“inter-repetition rest” ou IRR); b) incorporar recuperações, após blocos de repetições, da mesma série (“cluster”). Ambos têm por objetivo retardar o aparecimento da fadiga e manter o perfil cinético e cinemático (força, potência, velocidade) de cada série, independentemente do objetivo do treinamento (melhorar a força, a hipertrofia muscular, força explosiva, etc). A chave é estabelecer, com precisão, a recuperação ideal individual de acordo com o objetivo e intensidade de carga. Levantadores de peso tradicionalmente incluem a recuperação entre cada repetição, uma vez que, a grosso modo, estes realizam poucas repetições por série (1-3 nos exercícios de competição; 1-6 em exercícios auxiliares) com cargas elevadas (> 80 % de 1 RM).

No intervalo ISR, geralmente são realizadas recuperações entre oito e 30 segundos entre as repetições. No entanto, este intervalo pode ser maior dependendo da finalidade do treinamento. Na literatura, observa-se a ampla variação dos períodos de recuperação de acordo com o objetivo e intensidade da carga: curtos (10-30 segundos)^{11,103} ou intermediários (15-45 segundos)¹⁰⁴. Em algumas situações os intervalos podem ser maiores, principalmente quando a intensidade de trabalho é muito alta e o objetivo do treinamento não é, primariamente, a hipertrofia muscular (30” a 60”).

Os intervalos aumentam quando as recuperações são inseridas após várias repetições seguidas (método “cluster”). É comum atletas adotarem recuperações de 20-50 segundos para repetições duplas e 30-100 segundos para triplas. A duração do intervalo é modulada perante a manipulação de quatro variáveis:

a) desempenho individual; b) intensidade das cargas de trabalho; c) volume acumulado e d) objetivo do treinamento. Para desenvolver a máxima potência ou aprimorar a força muscular, HAFF et al.¹¹ propõem recuperações entre 10-30 segundos a cada repetição ou a cada 2-3 repetições de uma série com cargas submáximas realizadas explosivamente (isto é, 2 repetições a 80% seguidas por 15” de recuperação + 2 repetições a 80% seguidas de 20” de recuperação + 1 repetição a 80%).

Estratégias diferentes têm sido empregadas por atletas que tem por objetivo a hipertrofia muscular. É importante frisar que no fisiculturismo prevalecem trabalhos de força extensa, cujas características principais são o uso de alto volume por série, exercício, grupo muscular e treino realizados com cargas moderadamente altas e curta recuperação entre séries. Nesta modalidade são utilizados protocolos que adotam recuperações entre repetições de série. Isto permite trabalhar com intensidade mais alta, sem que a diminuição do volume de treino seja excessiva para seus objetivos. Um dos treinamentos mais agressivos que adotam intervalos entre repetições é conhecido como “One Rep Training”. Esta abordagem deriva do método de treinamento conhecido como “Heavy Duty” e envolve o trabalho com altas cargas (3-5 RM), até a exaustão, com intervalos entre 10-15 segundos entre repetições. Um dos atletas que mais utilizou este protocolo foi um fisiculturista da década de 70 chamado Mike Mentzer. Este famoso “bodybuilder” ficou famoso por suas inovações em seus treinos, onde frequentemente utilizava o método IRR com cargas muito altas (95-98%). Sua proposta centrava-se, basicamente, na realização de 4-5 séries para cada exercício. Em cada série 4-5 repetições incorporava pequenas pausas entre repetições (Micropausas: 6-12”; macropausas: 3-5 minutos) (ou seja, repetição 1, pausa 6-12” + repetição 1, pausa 6-12” + 1 repetição, pausa 6-12” + repetição 1). Acreditamos que este tipo de trabalho é agressivo e predispõe a alto risco de lesões ou “overtraining”. Independente dos riscos, intensidades tão altas provocam perda considerável da força desde as primeiras repetições.

Quando se trabalha com intensidades tão elevadas, a perda de força se manifesta também quando se introduz maior recuperação entre repetições. Em nosso laboratório verificamos estes efeitos quando medimos a força do agachamento em treinamento de força máxima isométrica (cinco segundos) com um

minuto de recuperação entre repetições. Analisando a FIGURA 6 podemos verificar este comportamento. Após a melhora inicial do rendimento (fase de potenciação), a partir da sexta repetição, ocorre perda progressiva superior a 5% do valor de pico e são

observados 10% a menos de desempenho a partir da décima primeira repetição. De acordo com estes resultados, acreditamos que não se deve realizar mais do que seis repetições para manter valores de força para elevada eficiência muscular.

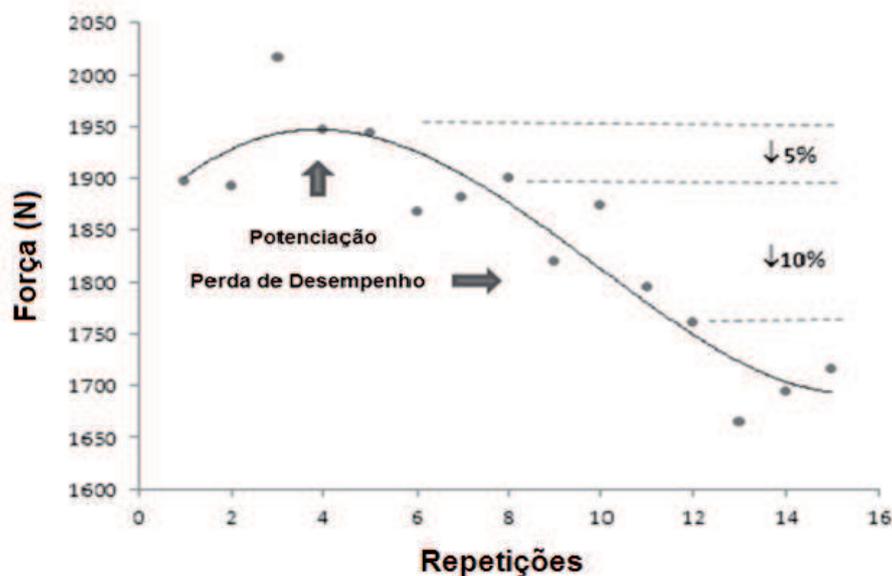


FIGURA 6 - Evolução do pico de força isométrica em 10 indivíduos que realizaram 15 repetições máximas de agachamento.

Uma variação frequentemente utilizada em fisiculturistas avançados foi proposta por POLIQUIN⁹⁸. Sugere-se trabalhar com cargas altas (85-92% de 1RM), realizando 3-5 séries com cinco repetições e pausas de 10-30 segundos entre repetições e 3-5 minutos entre séries. Nesta mesma intensidade de carga (5-6 RM) surgiram algumas propostas onde recuperações são inseridas entre os blocos de repetições ("cluster"). Nesta linha, THIBAudeau¹⁰⁵ propõe a realização de duas séries-exercício com protocolos similares ao exemplo a seguir: 5 repetições (em carga para 6 RM) com 10-15 segundos recuperação + 2 repetições (em carga para 6 RM) com 10-15 segundos recuperação + 1 repetição (em carga para 6 RM) com recuperação 2-3 minutos e repetir novamente a série.

VERKHOSHANSKY e VERKHOSHANSKY¹⁰⁶ propõem, em cada exercício, séries de 15 repetições com o seguinte protocolo (Verkhoshansky Extended Set): 8 repetições de 8 RM com 30 segundos de recuperação, + 3 repetições (em carga para 8 RM)

recuperando 30 segundos, + 2 repetições (em carga para 8 RM) com 40 segundos de intervalo + 1 repetição (em carga para 8 RM) com 45 segundos de recuperação, terminando com uma repetição (em carga para 8 RM). Isso significa ser capaz de fazer uma série de 15 repetições com carga na qual, "a priori", só se poderia fazer oito. Assim, acreditamos que as propostas de ISR exigem maior especificidade em função do treinamento a ser realizado assim como as características do atleta. Observar as alterações na mecânica do gesto motor (força, velocidade e potência) será uma estratégia útil para identificar o estado de fadiga muscular ou quantificar a fadiga relativa, ajustando melhor as cargas de treinamento. Como exemplo, a FIGURA 7 mostra a evolução do pico de potência (PP) e velocidade de pico (VP) de estudantes universitários durante a execução de 15 repetições de supino com (IRR) e sem recuperação (RC) entre repetições, em cargas nas quais os indivíduos desenvolveram a máxima potência (OL).

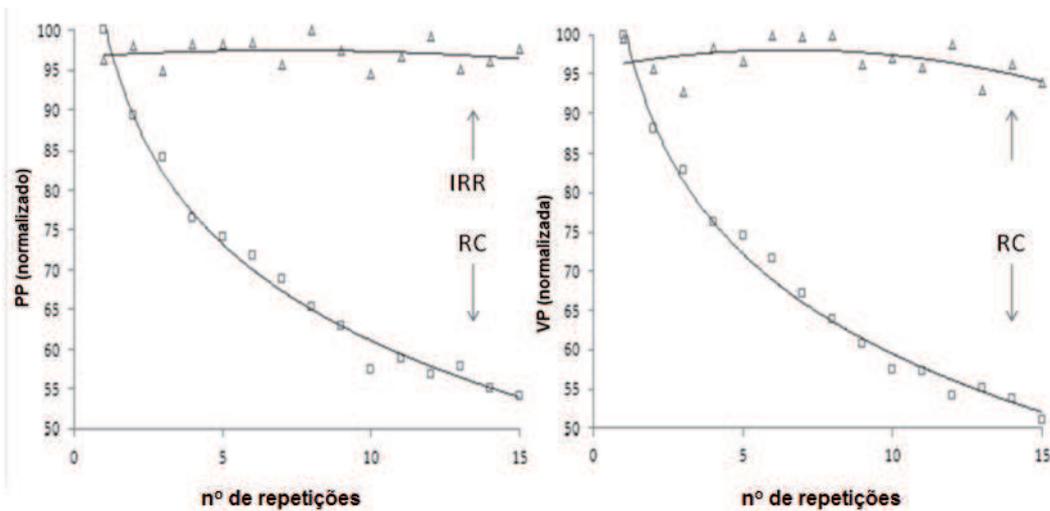


FIGURA 7 - Evolução do pico de potência e velocidade pico em 15 repetições de supino, com (CRE) e sem recuperação entre repetições (IRR), sobre a intensidade de carga na qual 15 estudantes de Educação Física desenvolveram a máxima potência (OL).

Analisando a FIGURA 7 é possível observar a perda de velocidade e potência desde a primeira repetição nas séries contínuas (RC). No entanto estas variáveis são mantidas, ao longo da série, quando introduzidas pequenas pausas (20 segundos) entre as repetições (IRR). A recuperação entre as repetições evita a fadiga não afetando, assim, o PP. No método RC houve perda significativa a partir da terceira repetição (15,6%, $p \leq 0,001$). Os valores de PP em ambos os métodos são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) após a terceira repetição (12,33%, $p \leq 0,024$; TE: 1,59) e tendeu a estabilizar no final da série. LAWTON et al.³⁴ observaram

o mesmo comportamento quando se compara os dois métodos (RC e IRR) em série com seis repetições (diferenças entre 21-25%). O comportamento de força (FP), ao longo da série, é diferente conforme observado nos valores de PP e VP (FIGURAS 8 e 9). Esta capacidade física é mais resistente à fadiga. Por exemplo, em nosso trabalho, observamos somente alterações estatisticamente significativas a partir da quinta repetição em séries de repetições contínuas (7%; TE: -0,24, $p = 0,016$). A partir da décima repetição a diminuição da força foi especialmente importante chegando a alcançar reduções de 9,5% ($p = 0,000$, TE: 1,85).

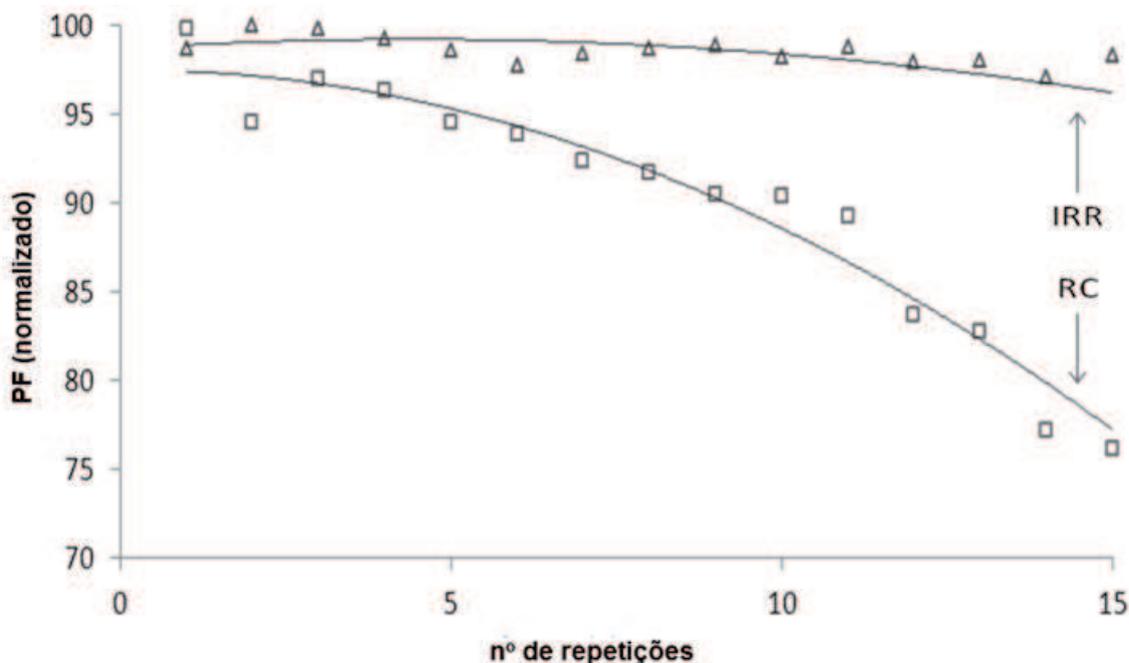


FIGURA 8 - Evolução média do pico de força (normalizado) em 15 repetições de supino pelo método tradicional de RC e método IRR com OL.

Para a correta distribuição de cargas de treinamento, deve-se compreender qual a recuperação ideal para manter como eficiente a execução correta do movimento sem alterações significativas em suas variáveis mecânicas. Nesta linha, decidimos avaliar as mudanças de PP usando recuperações diferentes entre o comprimento de repetição. Como já observado, 20-30 segundos é tempo suficiente para manter o PP durante 15 repetições executadas para desenvolver a máxima potência. Em um segundo estudo foram avaliados indivíduos realizando o mesmo protocolo, mas com recuperações diferentes de 5, 10 e 15 segundos (IRR_{5s} ; IRR_{10s} ; IRR_{15s}).

Como observado na FIGURA 9, na amostra medida, as recuperações mais longas (IRR_{15s}) indicaram pequenas mudanças nas diversas variáveis

medidas (FP, VP e PP). No entanto, as mudanças nos demais protocolos (IRR_{10s} e IRR_{5s}) são evidentes nas primeiras repetições de cada série. Em ambos os casos, o PP diminuiu significativamente após a segunda repetição. Como esperado, estas perdas foram maiores quanto menor o tempo de recuperação entre as repetições ($IRR_{10s} = 13,7 \pm 7,3\%$ vs $IRR_{5s} = 16,8 \pm 11,4\%$).

A maior perda de potência devido à redução da recuperação entre repetições também foi detectada por HARRIS et al.¹⁰. Os mesmos observaram déficit em 15,7% nas séries sem pausa, entre repetições, frente a 5,5% e 3,3%, quando foram realizados intervalos de 20 e 40 segundos entre cada repetição (Rep-1: 4303 ± 567 W, Rep-6: 4055 ± 582 W, Rep-1: 4549 ± 659 W, Rep-6: 4363 ± 476 W).

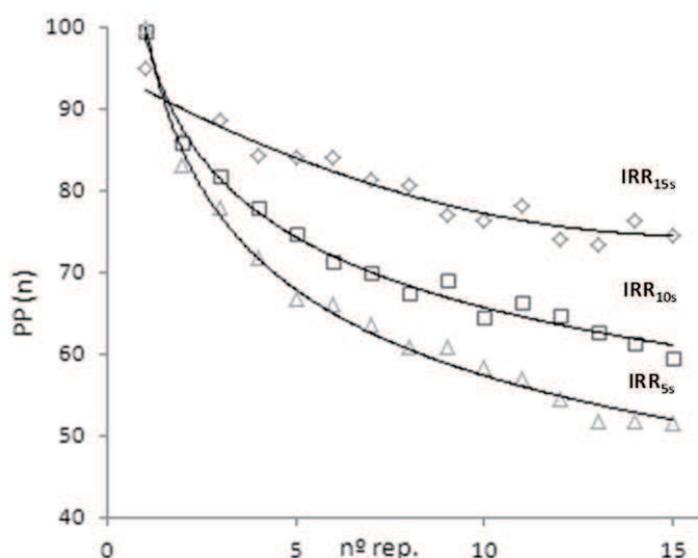


FIGURA 9 - Queda do pico de potência (PP) médio (valores normalizados) de 15 indivíduos que realizaram 15 repetições de supino com a carga na qual desenvolveram a máxima potência utilizando recuperações de diferente duração entre repetições (IRR_{15s} ; IRR_{10s} ; IRR_{5s}).

Recomendações finais

O treinamento de força afeta a resposta mecânica na mesma proporção em que surge a fadiga muscular. Porém, a quantidade de trabalho realizada no treinamento com sobrecarga é um aspecto determinante para a melhora do desempenho. Para evitar que a fadiga seja excessiva e se mantenha a

mecânica motora correta em determinada intensidade e volume de trabalho é necessário manipular as recuperações. À luz dos dados existentes na literatura, parece que a forma mais eficiente para alcançar ambos os objetivos é incorporar a recuperação dentro de cada série (ISR, IRR ou “cluster”).

Abstract

Ability to repeat strength: effects of recovery between repetitions

The progressive training sessions with overloads are the most used strategies to elicit greater adaptive response to specific aims in strength performance. The total work with overload is a relevant factor in performance improvement. However, overload training affects mechanical muscular response, which triggers the onset of fatigue. The muscle fatigue reflects the loads characteristics (volume, intensity and recovery). In order to avoid the excessive fatigue while maintaining appropriate mechanical techniques, it is necessary to manipulate the recovery. Add more time between sets is the most applied strategy. According to the current researches, it seems that the best way to get both goals (less muscle fatigue and equal efficiency volume), is due to intra-set rest (ISR), which may be achieved by adding inter-repetition rest (IRR) in each repetition or cluster of repetitions within sets. These methodological approaches allow us to maintenance of technical characteristics (speed, strength, power) within many repetition-sets.

KEY WORDS: Resistance training; Muscle strength; Muscle contraction; Muscle fatigue.

Referências

1. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci.* 2003;21:519-28.
2. Kraemer WJ, Duncan ND, Volek JS. Resistance training and elite athletes: adaptations and program considerations. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28:110-9.
3. Fajardo JT. La valoración de los factores de riesgo de lesión: el análisis neuromuscular. Madrid: Medica Panamericana; 2010. p. 147-64.
4. Moreno-Arrones LJS. El rugby y la capacidad de repetir esfuerzos máximos; entrenamiento y evaluación fuera y durante la acción de juego. [Sevilla]: Universidad Pablo Olavide; 2011.
5. García Manso JM. La Fuerza. 2a ed. Madrid: Gymnos; 2002. p. 612.
6. Williams MH, Kreider RB, Branch JD. Creatine: the power supplement. Champaign: Human Kinetics; 1999. p. 264.
7. Berg K. Endurance training and performance in runners: research limitations and unanswered questions. *Sports Med.* 2003;33:59-73.
8. Clark JF. The role of the creatine kinase/creatine phosphate system studied by molecular biology. In: Conway MW, Clark JF, editors. *Creatine and creatine phosphate: scientific and clinical perspectives.* San Diego: Academic Press; 1996.
9. Greenhaff PL. The nutritional biochemistry of creatine. *J Nutr Biochem.* 1997;8:610-8.
10. Harris RC, Edwards R, Hultman E, Nordesjö L, Ny Lind B, Sahlin K. The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflügers Archiv.* 1976;367:137-42.
11. Haff GG, Whitley A, McCoy LB, O'Bryant HS, Kilgore JL, Haff EE, et al. Effects of different set configurations on barbell velocity and displacement during a clean pull. *J Strength Cond Res.* 2003;17:95-103.
12. Talanian JL, Galloway SD, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *J Appl Physiol.* 2007;102:1439-47.
13. Burgomaster KA, Heigenhauser GJ, Gibala MJ. Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *J Appl Physiol.* 2006;100:2041-7.
14. Burgomaster KA, Cermak NM, Phillips SM, Benton CR, Bonen A, Gibala MJ. Divergent response of metabolite transport proteins in human skeletal muscle after sprint interval training and detraining. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2007;292:R1970-6.
15. Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol.* 2008;586:151-60.
16. Meyer W, Nose M, Schmitz W, Scholz H. Adenosine and adenosine analogs inhibit phosphodiesterase activity in the heart. *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol.* 1984;328:207-9.
17. Edstrom L, Hultman E, Sahlin K, Sjöholm H. The contents of high-energy phosphates in different fibre types in skeletal muscles from rat, guinea-pig and man. *J Physiol.* 1982;332:47-58.

18. Newsholme EA, Beis I, Leech AR, Zammit VA. The role of creatine kinase and arginine kinase in muscle. *Biochem J.* 1978;172:533-7.
19. Ma TS, Friedman DL, Roberts R. Creatine phosphate shuttle pathway in tissues with dynamic energy demands. In: Conway MW, Clark JE, editors. *Creatine and creatine phosphate: scientific and clinical perspectives.* San Diego: Academic Press; 1996.
20. Mujika I, Padilla S. Creatine supplementation as an ergogenic aid for sports performance in highly trained athletes: a critical review. *Int J Sports Med.* 2007;18:491-6.
21. Tiidus PM, Tupling AR, Houston ME. *Biochemistry primer for exercise science.* 4th ed. Champaign: Human Kinetics; 2012.
22. Sahlin K, Ren JM. Relationship of contraction capacity to metabolic changes during recovery from a fatiguing contraction. *J Appl Physiol.* 1989;67:648-54.
23. Sugden P, Newsholme E. The effects of ammonium, inorganic phosphate and potassium ions on the activity of phosphofructokinases from muscle and nervous tissues of vertebrates and invertebrates. *Biochem J.* 1975;150:113.
24. Sahlin K, Broberg S. Adenine nucleotide depletion in human muscle during exercise: causality and significance of AMP deamination. *Int J Sports Med.* 1990;11 Suppl 2:S62-7.
25. Marveev L. *Fundamentos del entrenamiento deportivo.* Moscou: Lib Deportivas Esteban Sanz; 1985.
26. Baker DG, Newton RU. Change in power output across a high-repetition set of bench throws and jump squats in highly trained athletes. *J Strength Cond Res.* 2007;21:1007-11.
27. Stone MH, Fry AC. Increased training volume in strength/power athletes. In: Kreider RB, Fry AC, O'Toole ML, editors. *Overtraining in sport.* Champaign: Human Kinetics; 1997.
28. Viitasalo JT, Hamalainen K, Mononen HV, Salo A, Lahtinen J. Biomechanical effects of fatigue during continuous hurdle jumping. *J Sports Sci.* 1993;11:503-9.
29. García Manso J. Comportamiento de la fuerza isométrica máxima ante contracciones repetidas de corta duración y recuperación semiincompleta: incidencia del sexo, las capacidades condicionales y las características morfológicas. [Las Palmas de Gran Canaria]: Las Palmas de Gran Canaria; 1994.
30. De Ruiter C, Jones D, Sargeant A, De Haan A. Temperature effect on the rates of isometric force development and relaxation in the fresh and fatigued human adductor pollicis muscle. *Exp Physiol.* 1999;84:1137-50.
31. Cairns SP, Knicker AJ, Thompson MW, Sjøgaard G. Evaluation of models used to study neuromuscular fatigue. *Exerc Sport Sci Rev* 2005;33:9-16.
32. Jones DA, de Ruiter CJ, de Haan A. Change in contractile properties of human muscle in relationship to the loss of power and slowing of relaxation seen with fatigue. *J Physiol.* 2006;576(Pt 3):913-22.
33. Izquierdo M, González-Badillo JJ, Häkkinen K, 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.
34. 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.
35. Duffey MJ, Challis JH. Fatigue effects on bar kinematics during the bench press. *J Strength Cond Res.* 2007;21:556-60.
36. Drinkwater EJ, Pritchett EJ, Behm DG. Effect of instability and resistance on unintentional squat-lifting kinetics. *Int J Sports Physiol Perform.* 2007;2:400-13.
37. Sánchez-Medina L, González-Badillo JJ. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43:1725-34.
38. Evangelista R, Pereira R, Hackney A, Machado M. Rest interval between resistance exercise sets: length affects volume but not creatine kinase activity or muscle soreness. *Int J Sports Physiol Perform.* 2011;6:118.
39. Yaggie JA, McGregor SJ. Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83:224-8.
40. Crewther BT, Cronin J, Keogh JW. The contribution of volume, technique, and load to single-repetition and total-repetition kinematics and kinetics in response to three loading schemes. *J Strength Cond Res.* 2008;22:1908-15.
41. Bizid R, Jully JL, Gonzalez G, Francois Y, Dupui P, Paillard T. Effects of fatigue induced by neuromuscular electrical stimulation on postural control. *J Sci Med Sport.* 2009;12:60-6.
42. Paillard T, Maitre J, Chaubet V, Borel L. Stimulated and voluntary fatiguing contractions of quadriceps femoris differently disturb postural control. *Neurosci Lett.* 2010;477:48-51.
43. Mohamad NI, Cronin JB, Nosaka KK. Difference in kinematics and kinetics between high-and low-velocity resistance loading equated by volume: implications for hypertrophy training. *J Strength Cond Res.* 2012;26:269-75.
44. Edwards RH. Biochemical bases of fatigue in exercise performance: catastrophe theory of muscular fatigue. In: Knuttgen HG, Vogel JAP, J., editors. *Biochemistry of exercise.* Champaign: Human Kinetics; 1983.

45. Fitts R. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev.* 1994;74:49-94.
46. Izquierdo-Gabarren M, Gonzalez De Txabarri Exposito R, Garcia-pallares J, Sanchez-Medina L, De Villarreal ES, Izquierdo M. Concurrent endurance and strength training not to failure optimizes performance gains. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:1191-9.
47. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev.* 2001;81:1725-89.
48. Ross EZ, Goodall S, Stevens A, Harris I. Time course of neuromuscular changes during running in well-trained subjects. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:1184-90.
49. Kidgell DJ, Stokes MA, Castricum TJ, Pearce AJ. Neurophysiological responses after short-term strength training of the biceps brachii muscle. *J Strength Cond Res.* 2010;24:3123-32.
50. Sargeant AJ, Hoinville E, Young A. Maximum leg force and power output during short-term dynamic exercise. *J Appl Physiol.* 1981;51:1175-82.
51. Sakamoto A, Sinclair PJ. Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. *J Strength Cond Res.* 2006;20:523-7.
52. Folland JP, Irish C, Roberts J, Tarr J, Jones DA. Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *Br J Sports Med.* 2002;36:370-3.
53. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN. Single versus multiple sets for strength: a meta-analysis to address the controversy. *Res Q Exerc Sport.* 2002;73:485-8.
54. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, Ball SD. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:456-64.
55. Hatfield FC. *Power: a scientific approach.* Chicago: Contemporary Books; 1989. p. 352.
56. Suárez IR. *Levantamiento de pesas: período competitivo.* Havana: Científico-Técnica; 1986. p. 73.
57. Hoeger WW, Barette SL, Hale DF, Hopkins DR. Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum. *J Strength Cond Res.* 1987;1:11-3.
58. González Badillo JJ. *Halterofilia.* Madrid: Comité Olímpico Español; 1991. p. 276.
59. Drechsler AJ. *The weightlifting encyclopedia: a guide to world class performance.* Flushing: A is A communications; 1998. p. 576.
60. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, et al. American College of Sports Medicine position stand: progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:364.
61. Crewther B, Cronin J, Keogh J. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute mechanical responses. *Sports Med.* 2005;35:967-89.
62. Kaneko M, Fuchimoto T, Toji H, Sueti K. Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scand J Sports Sci.* 1983;5:50-5.
63. Häkkinen K, Alen M, Komi P. Changes in isometric force-and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand.* 1985;125:573-85.
64. Häkkinen K, Komi P, Alen M. Effect of explosive type strength training on isometric force-and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiol Scand.* 1985;125:587-600.
65. Behm DG, Sale DG. Velocity specificity of resistance training. *Sports Med.* 1993;15:374-88.
66. Moss BM, Refsnes PE, Abildgaard A, Nicolaysen K, Jensen J. Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1997;75:193-9.
67. McBride JM, Triplett-McBride T, Davie A, Newton RU. The effect of heavy-vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J Strength Cond Res.* 2002;16:75-82.
68. Malisoux L, Francaux M, Nielens H, Theisen D. Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *J Appl Physiol.* 2006;100:771-9.
69. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:687-708.
70. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing maximal neuromuscular power: Part 1-biological basis of maximal power production. *Sports Med.* 2011;41:17-38.
71. Wilson GJ, Newton RU, Murphy AJ, Humphries BJ. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:1279-86.
72. Widrick JJ, Stelzer JE, Shoepf TC, Garner DP. Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2002;283:R408-16.

73. Henneman E, Clamann HP, Gillies JD, Skinner RD. Rank order of motoneurons within a pool: law of combination. *J Neurophysiol.* 1974;37:1338-49.
74. Schmidtbleicher D, Haralambie G. Changes in contractile properties of muscle after strength training in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1981;46:221-8.
75. Schmidtbleicher D, Buehrle M. Neuronal adaptation and increase of cross-sectional area studying different strength training methods. In: Jonhson B, editor. *Biomechanics XB.* Champaign: Human Kinetics; 1987.
76. Sale DG. Influence of exercise and training on motor unit activation. *Exerc Sport Sci Rev.* 1987;15:95-151.
77. Hakkinen K, Kallinen M, Izquierdo M, et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol.* 1998;84:1341-9.
78. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol.* 2002;93:1318-26.
79. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:1566-81.
80. Thorstensson A, Karlsson J, Viitasalo JH, Luhtanen P, Komi PV. Effect of strength training on EMG of human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand.* 1976;98:232-6.
81. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:674-88.
82. Willardson JM, Burkett LN. The effect of rest interval length on the sustainability of squat and bench press repetitions. *J Strength Cond Res.* 2006;20:400-3.
83. Willardson JM, Burkett LN. The effect of rest interval length on bench press performance with heavy vs. light loads. *J Strength Cond Res.* 2006;20:396-9.
84. 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;18:846-9.
85. Rahimi R. Effect of different rest intervals on the exercise volume completed during squat bouts. *J Sports Sci Med.* 2005;4:361-6.
86. Bottaro M, Machado SN, Nogueira W, Scales R, Veloso J. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99:257-64.
87. 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.
88. Fry AC, Kraemer WJ. Resistance exercise overtraining and overreaching. *Sports Med.* 1997;23:106-29.
89. Pasquet B, Carpentier A, Duchateau J, Hainaut K. Muscle fatigue during concentric and eccentric contractions. *Muscle Nerve.* 2000;23:1727-35.
90. Izquierdo M, Hakkinen K, Gonzalez-Badillo JJ, Ibanez J, Gorostiaga EM. Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur J Appl Physiol.* 2002;87:264-71.
91. Abdessemed D, Duche P, Hautier C, Poumarat G, Bedu M. Effect of recovery duration on muscular power and blood lactate during the bench press exercise. *Int J Sports Med.* 1999;20:368-73.
92. Denton J, Cronin JB. Kinematic, kinetic, and blood lactate profiles of continuous and intraset rest loading schemes. *J Strength Cond Res.* 2006;20:528-34.
93. Haff GG, Stone MH, Dumke C. The effects of carbohydrate supplementation on leukocyte and lymphocyte responses to multiple resistance training bouts. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38:S410-1.
94. Willardson JM, Burkett LN. The effect of different rest intervals between sets on volume components and strength gains. *J Strength Cond Res.* 2008;22:146-52.
95. Iglesias-Soler E, Carballeira E, Sánchez-Otero T, Mayo X, Jiménez A, Chapman M. Acute effects of distribution of rest between repetitions. *Int J Sports Med.* 2012;33:351-8.
96. Byrd R, Hopkins-Price P, Boatwright JD, Kinley KA. Prediction of the caloric cost of the bench press. *J Strength Cond Res.* 1988;2:7-8.
97. Fleck SJ, Kraemer WJ. *Designing resistance training programs.* 3rd ed. Champaign: Human Kinetics; 2004. p. 378.
98. Poliquin C. *Modern trends in strength training.* 2nd ed. CharlesPoliquin.net; 2001. v. 1: sets and reps, p. 58.
99. Verkhoshansky YV, Siff MC. *Supertraining.* 6th ed. Moscow: Verkhoshansky; 2009. p. 578.
100. Lawton T, Cronin J, Drinkwater E, Lindsell R, Pyne D. The effect of continuous repetition training and intra-set rest training on bench press strength and power. *J Sports Med Phys Fitness.* 2004;44:361-7.

101. Simão R, Polito M, Miranda H, et al. Análisis de diferentes intervalos entre las series en un programa de entrenamiento de fuerza. *Fitness Performance J.* 2008;5:290-4.
102. Willardson JM. A brief review: factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. *J Strength Cond Res.* 2006;20:978-84.
103. Haff GG, Hobbs RT, Haff EE, Sands WA, Pierce KC, Stone MH. Cluster training: a novel method for introducing training program variation. *Strength Cond J.* 2008;30:67-76.
104. Hardee JP, Triplett NT, Utter AC, Zwetsloot KA, McBride JM. Effect of interrepetition rest on power output in the power clean. *J Strength Cond Res.* 2012;26:883-9.
105. Thibaudeau C, Schwartz T, Lemieux P, Boutet J. *The black book of training secrets: enhanced edition.* London: F. Lepine; 2006. p. 259.
106. Verkhoshansky Y, Verkhoshansky N. *Special strength training: manual for coaches.* Moscou: Verkhoshansky.com; 2011. p. 292.

ENDEREÇO

Marzo Edir Da Silva-Grigoletto
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Universidade Federal de Sergipe
Av. Marechal Rondon, s/n - Jd. Rose Elze
49100-000 - São Cristóvão - SE - BRASIL
e-mail: pit_researcher@yahoo.es

Recebido para publicação: 05/05/2013

Aceito: 04/06/2013