

**APLICAÇÃO DO TREINAMENTO DE FORÇA MÁXIMA DINÂMICA PARA MELHORAR DE FORMA AGUDA AÇÕES MUSCULARES RÁPIDAS: UMA REVISÃO DA LITERATURA**

João Paulo Limongi França Guilherme<sup>1</sup>,  
Cosme Franklin Buzzachera<sup>2</sup>,  
Richard Diego Leite<sup>3</sup>,  
Tácito Pessoa de Souza Júnior<sup>2</sup>

**RESUMO**

O presente estudo revisou os mecanismos fisiológicos e as maneiras de aplicar atividades de força máxima dinâmica, de forma que esta potencialize de forma aguda as ações musculares subsequentes realizadas rapidamente, como os saltos ou corridas curtas em velocidade máxima. Após a aplicação do movimento de força máxima, mudanças moleculares e alterações no recrutamento motor pelo sistema nervoso, fazem com que a atividade de força rápida seja potencializada, fenômeno conhecido como potencialização pós-ativação. Ao realizar este método de treinamento, a força máxima e a força rápida podem ser treinadas em uma mesma sessão de treino (microciclo), com ambas sendo otimizadas. Após revisar as publicações mais relevantes sobre o assunto, este artigo propõe como adotar esta metodologia na prática. A aplicação deste método é importante para atletas que utilizam a força rápida em suas modalidades, tais como: futebol, basquete, vôlei, entre outras, ou para aqueles que desejam incluir este treino dentro de alguma etapa na montagem do seu programa de treinamento (periodização).

**Palavras-chave:** Periodização, Microciclo, Força máxima, Força rápida, Métodos de treino.

1-Departamento de Biologia Celular e do Desenvolvimento, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo

2-Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná

3-Laboratório de Pesquisa Clínica e Experimental em Biologia Vascular (BioVasc), Departamento de Ciências Fisiológicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

**ABSTRACT**

Application of maximum dynamic strength training to improve acutely quick muscle action: a review of literature

This study reviewed the physiological mechanisms and ways to implement maximum dynamics strength training for potentiate subsequent muscle actions carried out quickly, such as jumping or running on maximum speed. After the application of resistance exercise involving the maximum strength, molecular changes and alterations in motor recruitment by nervous system makes the exercise of quick strength become more efficient, a phenomenon known as post-activation potentiation. When performing this training method, the quick and maximum strength can be trained in one training session (microcycle), with both being optimized. After reviewing the more relevant publications on the subject, this paper proposes how to adopt this methodology in practice. The application of this method is important for athletes who use the quick strength on its modalities, such as soccer, basketball, volleyball and others or for those who wish to include this training within a certain stage in the assembly of your training program (periodization).

**Key words:** Periodization; Microcycle; Maximum strength; Quick strength; Training methods.

E-mail:  
tacitojr@ufpr.br

Endereço para correspondência:  
Tácito Pessoa de Souza Júnior  
Universidade Federal do Paraná (UFPR),  
Setor de Ciências Biológicas - Departamento  
de Educação Física, Rua Coração de Maria  
92, CEP: 80215-370 - Curitiba - Paraná

## INTRODUÇÃO

Ao treinar um atleta, buscamos o aumento progressivo do desempenho físico, distribuindo o seu treinamento em um processo longo, estruturado e organizado em etapas, cada qual com um objetivo específico. Sendo que, os treinos são seqüenciais, o estímulo de hoje é importante e serve de base para as próximas sessões de treino. Todo este processo é chamado de periodização (Pereira e Souza Júnior, 2002).

Existem vários componentes da aptidão física a serem treinados, por exemplo: capacidade e potência aeróbia, força, potência e velocidade, flexibilidade, entre outras. Dependendo do momento em que o atleta se encontra na periodização e da modalidade por ele praticada, uma capacidade deve ser mais treinada do que as outras.

Com base na teoria da periodização e obedecendo a alguns princípios biológicos, como o princípio sobrecarga, da supercompensação, da variabilidade, entre outros (Souza Júnior e Pereira, 2010), são programados os dias de treinamento (microciclos). Ao organizar os microciclos é importante considerar que cargas com diferentes orientações, apresentam uma relação entre si, podendo uma influenciar a outra, de forma positiva ou negativa, conceito denominado de interconexão (Gomes, 2002).

Por exemplo, Gomes (2002) cita que um exercício de carga anaeróbia-alática praticado depois de tarefas anaeróbias láticas pode não ser interessante (interconexão negativa). Assim como, conteúdos anaeróbios-láticos, após exercícios aeróbios, também não, acarretando em menores ganhos na segunda atividade. Contudo, atividades anaeróbias-láticas após conteúdos anaeróbio-aláticos, levam a uma interconexão positiva, favorecendo os ajustes orgânicos em resposta ao treinamento.

Existe um conceito já bem demonstrado, que exercícios de força máxima (alta carga e poucas repetições) favorecem de forma aguda os exercícios de salto e velocidade (força rápida) (Villarreal e colaboradores, 2007), mostrando haver uma interconexão positiva entre estas cargas (Fatouros e colaboradores 2000).

Isto é interessante para treinadores e atletas que utilizam à força rápida (FR), tais como: jogos coletivos (futebol, basquete e

vôlei, por exemplo), lutas, atletismo, entre outros.

A prática de uma atividade de força máxima (FM) pode conduzir a ações musculares mais eficientes em exercícios subsequentes de FR. Este fenômeno é conhecido como potencialização pós-ativação (PPA) (Sale, 2002).

Este método de treinamento tornou-se mais popular após a publicação do trabalho de Güllich e Schmidtbleicher (1996), no qual foi mostrado uma série de resultados positivos sobre a FR após séries de FM, chamando a atenção da comunidade científica.

Desde então, este tema vem sendo amplamente pesquisado, o que pode ser visto pelo relevante número de trabalhos publicados (Docherty e Hodgson, 2007).

Apesar da simplicidade da idéia (utilizar exercícios de FM antes de uma série de exercícios de FR), existem diversas variáveis a se manipular, como tipo e tempo de intervalo entre os exercícios e séries e múltiplos modelos de tarefas a se aplicar.

Podendo distanciar este embasamento científico da realidade prática de muitos atletas e treinadores. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é revisar este tema e propor como este método de treinamento pode ser aplicado dentro de um microciclo.

Divulgando os protocolos já publicados na literatura, no qual encontraram resposta positiva ao realizar esta metodologia e dessa forma indicar a melhor maneira de induzir a interconexão positiva entre força máxima e força rápida, através da PPA.

Em um primeiro momento, o fenômeno da PPA será definido e exemplificado, em seguida será descrito os mecanismos fisiológicos envolvidos, posteriormente os aspectos relacionados à aplicação prática serão analisados, para então ser proposto como a sessão de exercício deve ser estruturada para haver esta interconexão positiva.

Para a construção do trabalho, foi realizado um levantamento bibliográfico na base de dados Medline e SportDiscus, utilizando as palavras-chave: postactivation potentiation e warm-up, para as pesquisas não disponíveis on-line, estas foram consultadas nos acervos bibliográficos de universidades públicas brasileiras.

Para serem incluídos na revisão, os artigos deveriam envolver ações musculares

dinâmicas em todos os exercícios analisados (por ser de mais fácil aplicação na maioria dos centros de práticas desportivas).

Textos em que o músculo tenha sido estimulado por corrente elétrica ou por alguma forma de exercício de difícil aplicabilidade foram apenas utilizados para explicar mecanismos fisiológicos.

### **Potencialização pós-ativação**

A PPA é definida como um aumento agudo da capacidade do músculo esquelético de gerar força após um estímulo de força, que pode ser aplicado de forma dinâmica, isométrica, ou até mesmo artificial (Sale, 2002).

Este fenômeno acontece da seguinte maneira: após o estímulo, que recebe o nome de atividade condicionante (AC), o músculo apresenta uma ação motora mais eficiente (potencializada), em comparação a uma ação feita sem a aplicação da AC, por exemplo: um exercício de salto realizado após a AC pode ter a sua altura de salto potencializada ou um exercício de corrida curta em velocidade máxima (sprint) pode ter o seu tempo diminuído após a AC.

Esta AC pode ser interpretada como um exercício prévio ou aquecimento. Porém, o conceito de PPA deve ser distinguido do de aquecimento. Ao realizar um aquecimento, ocorre entre outros ajustes, elevação na temperatura periférica, aumentando o desempenho físico. A PPA pode ocasionar melhora na ação muscular por efeito de aquecimento, entretanto a potencialização apresenta mecanismos fisiológicos próprios, como veremos adiante.

Para a AC podem ser utilizadas ações musculares isométricas ou dinâmicas. No entanto, é importante ressaltar que a estrutura do treino pode ser diferente de acordo com a AC adotada (isométrica ou dinâmica), por exemplo, alterando os intervalos de recuperação (Tillin e Bishop, 2009). Contudo, este texto delimitar-se-á a revisar os artigos que utilizaram atividades de força dinâmica como AC, por ser mais usual nos centros de treinamento.

Na prática, a PPA pode ser aplicada dentro de um microciclo de duas formas: a) aplicando uma AC, respeitando um intervalo e exercendo diversos exercícios de FR, método conhecido como treinamento complexo; b) aplicando uma AC a cada exercício de FR,

método conhecido como treinamento de contraste. Este último modo apresenta maior característica de PPA (Duthie, Young e Aitken, 2002).

Ao analisar os artigos utilizados nesta revisão, os resultados por eles mostrados na eficiência da atividade de FR após a AC, em algumas situações apresentam incrementos pequenos (1-3%) e outros casos são vistos aumentos um pouco mais expressivos (8%). Para maiores detalhes sugerimos a leitura de Tillin e Bishop (2009).

Considerando que o processo de aprimoramento físico, demanda um período longo de esforços progressivos, estes discretos aumentos encontrados, somados microciclo a microciclo teoricamente podem conduzir o atleta a uma melhora no rendimento físico depois um determinado período de treinamento. Porém, apesar dos muitos trabalhos abordados sobre o assunto, ainda não existem até o momento, estudos envolvendo a aplicação crônica da PPA.

### **Mecanismos fisiológicos**

Em nível celular, a contração muscular é realizada quando íons cálcio ( $Ca^{2+}$ ) são liberados pelas cisternas do retículo sarcoplasmático para o sarcoplasma adjacente, ligando-se a molécula de troponina C, permitindo a interação entre as proteínas contráteis (actina e miosina), formando o complexo actina-miosina (ou ponte cruzada), resultando na contração do músculo esquelético. Portanto, a sensibilidade com que a célula muscular responde ao  $Ca^{2+}$ , expressa a funcionalidade desta célula ao estímulo.

A sensibilidade ao  $Ca^{2+}$  é o termo usado para expressar o fato de que a atividade celular para uma mesma concentração citoplasmática de  $Ca^{2+}$  ( $[Ca^{2+}]_i$ ) pode variar. Um aumento nesta sensibilidade faz com que um número maior de pontes cruzadas sejam ativadas para a mesma  $[Ca^{2+}]_i$  (Macintosh, 2003).

Dentre os fatores que podem modificar a sensibilidade ao  $Ca^{2+}$ , estão: o comprimento do sarcômero, temperatura, pH da célula e a fosforilação da miosina de cadeia leve (MCL) (Macintosh, 2003).

Na PPA grande destaque se dá a fosforilação da MCL, sendo considerado o seu principal mecanismo (Sale, 2002).

Acontece que, dentre as diversas ações do  $\text{Ca}^{2+}$  liberado na célula, uma delas é a sua capacidade de ligar-se com a calmodulina, formando o complexo cálcio-calmodulina, que por sua vez tem a função de ativar a enzima mediadora deste processo de fosforilação: a miosina de cadeia leve quinase do músculo estriado esquelético (Sweeney, Bowman e Stull, 1993).

Após esta fosforilação, a MCL, responsável pela mobilidade da proteína, se posicionará em uma situação, onde a interação entre a actina e a miosina é favorecida, pois elas estarão mais próximas umas das outras (Szczena e colaboradores, 2002), persistindo assim por alguns minutos após a AC, aumentando a sensibilidade ao  $\text{Ca}^{2+}$  e conseqüentemente o número de pontes cruzadas formadas durante a ação muscular subsequente a AC, facilitando a ação muscular (Abbate e colaboradores, 2000), este processo é facilitando a ação muscular conhecido como regulação da MCL.

No entanto, a PPA pode ocorrer mesmo sem a regulação da MCL, havendo outros fatores que também influenciam fortemente o desenvolvimento da PPA (Rassier, Tubman e Macintosh, 1999), como por exemplo a maior participação do sistema nervoso.

Güllich e Schmidtbleicher (1996) relatam que as atividades condicionantes podem ativar uma série de efeitos no sistema nervoso, sendo que o aumento agudo da FR pode ser atribuído a uma melhora na ativação neural.

Este efeito tem sido avaliado pelo teste do reflexo de Hoffmann ou reflexo-H. Este teste tem sido utilizado para medir a ativação neuromuscular por meio da eletromiografia. Como resposta a ação muscular, duas ondas ou curvas são geradas, a onda-H e a onda-M (Hamada e colaboradores, 2000).

A maior amplitude da onda-H indica que mais unidades motoras são ativadas (Güllich e Schmidtbleicher, 1996) e o maior número de potenciais de ação é visto pela onda-M (Hamada e colaboradores, 2000). Ambas as situações são observadas após a AC (Güllich e Schmidtbleicher, 1996; Hamada e colaboradores, 2000), mostrando a eficiência do recrutamento neural após a potencialização. Entretanto, a PPA pode ocorrer, via regulação da MCL,

independentemente de haver alteração no teste do reflexo-H (ondas-H e -M) (Hodgson, Docherty e Zehr, 2008; Mitchell e Sale, 2011).

Um dos mecanismos responsáveis pela facilitação da atividade neural durante a PPA pode ser a maior excitação das sinapses, através do aumento na quantidade de neurotransmissores após a AC (Güllich e Schmidtbleicher, 1996), facilitando a transmissão do impulso nervoso.

Além disso, unidades motoras maiores podem ser ativadas durante a PPA. Ao se tratar da fisiologia da unidade motora, o mais consistente e fidedigno achado diz respeito ao princípio do tamanho na ordem de recrutamento destas.

Esse princípio mostra que as pequenas unidades motoras são ativadas em baixos limiares de força e as grandes em maiores limiares. Com base neste princípio, o músculo potencializado será capaz de ativar suas unidades motoras de maior limiar de excitabilidade, capazes de realizar mais força e velocidade (Güllich e Schmidtbleicher, 1996).

Baseado no que foi descrito acima é possível compreender que após a AC há uma maior ativação da musculatura agonista. Além disso, já foi descrito que existe também uma alteração na ativação dos proprioceptores musculares, como o fuso muscular e uma maior contribuição da musculatura sinergista, contribuindo na otimização da ação motora (Clark, Bryant e Reaburn, 2006).

Ainda, é possível que o tipo de fibra muscular influencie na PPA. Estudos indicam que indivíduos que apresentam maior porcentagem e área de fibras de contração rápida (tipo II), respondam melhor a PPA (Abbate e colaboradores, 2000; Clark, Bryant e Reaburn, 2006; Hamada e colaboradores, 2003), bem como músculos que apresentam maior proporção de fibras do tipo II são mais susceptíveis a PPA (Miyamoto, Fukunaga e Kawakami, 2009).

Todavia, a potencialização pode ocorrer tanto nas fibras do tipo II, como nas de contração lenta (tipo I) (Abbate e colaboradores, 2000; Sweeney, Bowman e Stull, 1993).

Em síntese, o principal mecanismo fisiológico que leva a PPA é a regulação da MCL, aumentando a sensibilidade da célula muscular ao cálcio ao  $\text{Ca}^{2+}$ , permitindo uma maior formação de pontes cruzadas (actina-miosina), gerando uma maior força e

velocidade de contração. Aliado a isto, existe um maior envolvimento do sistema nervoso central após a AC, incluindo: maior número de potenciais de ação sendo gerados, ativação de maiores unidades motoras, maior acionamento das fibras musculares do tipo II e participação de um maior número de músculos.

#### **Atividade pós-estímulo**

A atividade pós-estímulos mais utilizada é o salto. O mais praticado é o salto com contra-movimento (SCM) (Chiu e colaboradores, 2003; Clark, Bryant e Reaburn, 2006; Comyns e colaboradores, 2006; Gourgoulis e colaboradores, 2003; Güllich e Schmidbleicher, 1996; Hilfiker e colaboradores, 2007; Jensen e Ebben, 2003; Kilduff e colaboradores, 2007; Kilduff e colaboradores, 2008; Mitchell e Sale, 2011; Rixon, Lamont e Bembem, 2007; Young, Jenner e Griffiths, 1998).

Contudo, o salto agachado (SJ, que vem do termo inglês squat jump) (Chiu e colaboradores, 2003; Hilfiker e colaboradores, 2007) e o salto em profundidade (DJ, que vem do termo inglês drop jump) com alturas de queda de trinta centímetros (Güllich e Schmidbleicher, 1996) também já foram aplicados.

Foram estudados o uso de duas (Gourgoulis e colaboradores, 2003), três (Chiu e colaboradores, 2003; Comyns e colaboradores, 2006; (Hilfiker e colaboradores, 2007; Radcliffe e Radcliffe, 1996), cinco (Jensen e Ebben, 2003; Rixon, Lamont e Bembem, 2007; Young, Jenner e Griffiths, 1998), seis (Clark, Bryant e Reaburn, 2006), sete (Kilduff e colaboradores, 2007) e oito (Güllich e Schmidbleicher, 1996; Kilduff e colaboradores, 2008) repetições de saltos em uma mesma série.

Tendo o número de séries variadas entre uma (Comyns e colaboradores, 2006; Gourgoulis e colaboradores, 2003; (Güllich e Schmidbleicher, 1996; Hilfiker e colaboradores, 2007; Jensen e Ebben, 2003; Kilduff e colaboradores, 2007; Kilduff e colaboradores, 2008; Radcliffe e Radcliffe, 1996; Rixon, Lamont e Bembem, 2007; Young, Jenner e Griffiths, 1998), duas (Chiu e colaboradores, 2003) e quatro (Clark, Bryant e Reaburn, 2006), com um (Chiu e colaboradores, 2003) e três (Clark, Bryant e Reaburn, 2006) minutos entre as séries. Sendo que, no estudo Clark, Bryant e Reaburn

(2006) e Young, Jenner e Griffiths (1998) foram utilizadas cargas de 20 e 19 kg no SCM. Com exceção de um estudo (Comyns e colaboradores, 2006), todos os demais utilizaram o movimento de forma bilateral.

Ao se comparar os diferentes saltos, foi verificado que a potencialização saltado apenas com o trabalho muscular concêntrico (SJ) e o utilizando a fase excêntrica e concêntrica (SCM) foram semelhantes, sugerindo que a PPA contribuiu da mesma forma em ambos os saltos (Chiu e colaboradores, 2003). Contudo, o SCM pode ser mais susceptível a PPA do que o SJ (Smilius e colaboradores, 2005).

Além dos saltos foram analisados também o sprint, nas distâncias de 100 metros (Linder e colaboradores, 2010), 40 metros (Mcbride, Nimphius e Erickson, 2005; Rahimi, 2007), 30 metros (Chatzopoulos e colaboradores, 2007) e 10 metros (Bevan e colaboradores, 2010) e 10 segundos de velocidade máxima na bicicleta (Smith e colaboradores, 2001).

Com relação aos membros superiores foram avaliados após AC os seguintes movimentos: sete movimentos no supino com 40% da carga máxima (Chatzopoulos e colaboradores, 2007), um movimento realizando somente a fase concêntrica do exercício de supino com carga de 50 kg (Baker, 2003); arremesso de medicine ball (3 kg) sentado (Evans e colaboradores, 2000) e cinco movimentos rápidos no supino com 30 segundos de intervalo entre cada movimento (Güllich e Schmidbleicher, 1996).

Em síntese, as atividades pós-estímulo mais utilizadas são os saltos, principalmente o SCM, que além de ser o mais praticado e o que parece ser mais susceptível a PPA. Porém, o SJ e DJ com altura de queda de 30 centímetros também já foram avaliados com sucesso.

Nestes saltos, são utilizados de 1-4 séries, envolvendo 2-8 repetições, tendo 1-3 minutos de intervalo entre as séries. A maioria dos exercícios utiliza o salto bilateralmente, mas ele também pode ser realizado unilateralmente, além de poder ser realizado com o uso de sobrecarga.

Além dos saltos, pode-se utilizar como atividade pós-estímulo os sprints em distâncias curtas (até 40 metros), mas principalmente nas distâncias de 5 e 10 metros.

Para os membros superiores, pode-se utilizar o supino (séries com até 40% da capacidade máxima em velocidade de movimento rápida) ou o arremesso da medicine ball.

#### **Atividade condicionante**

Como AC em membros inferiores, o exercício mais praticado é o agachamento (Chatzopoulos e colaboradores, 2007; Chiu e colaboradores, 2003; Comyns e colaboradores, 2006; Gourgoulis e colaboradores, 2003; Jensen e Ebben, 2003; Kilduff e colaboradores, 2007; Kilduff e colaboradores, 2008; Rahimi, 2007; Rixon, Lamont e Bembem, 2007; Smith e colaboradores, 2001; Young, Jenner e Griffiths, 1998). Porém, o DJ (Hilfiker e colaboradores, 2007) e o SCM (Clark, Bryant e Reaburn, 2006) também foram utilizados. McBride, Nimphius e Erickson (2005) avaliaram tanto o SCM como o agachamento, concluindo que o agachamento foi mais eficiente em potencializar o desempenho no sprint (40 metros). Com relação aos membros superiores o exercício que tem sido utilizado para induzir potencialização é o supino (Baker, 2003; Evans e colaboradores, 2000; Güllich e Schmidtbleicher, 1996; Kilduff e colaboradores, 2007).

Nas situações em que o exercício de agachamento foi utilizado como AC, tem sido usada uma série de três movimentos (Bevan e colaboradores, 2010; Kilduff e colaboradores, 2008; McBride, Nimphius e Erickson, 2005; Rixon, Lamont e Bembem, 2007) ou cinco séries (2 minutos de intervalo) de um movimento (Chiu e colaboradores, 2003) ou dez séries (2 a 3 minutos de intervalo) de um movimento com carga de 90% de 1 repetição máxima (RM) (Chatzopoulos e colaboradores, 2007; Smith e colaboradores, 2001) ou uma série de três (Kilduff e colaboradores, 2007), quatro (Linder e colaboradores, 2010) ou cinco repetições máximas (Comyns e colaboradores, 2006; Jensen e Ebben, 2003; Mitchell, Sale, 2011; Young, Jenner e Griffiths, 1998).

Gourgoulis e colaboradores (2003) realizaram um protocolo com cargas progressivas (20, 40, 60, 80 e 90% de 1 RM, com dois movimentos a cada carga e pausando cinco minutos entre cada série.

No intuito de verificar qual a intensidade mais adequada para utilizar no agachamento (duas séries de quatro

repetições) e potencializar o sprint (40 metros), Rahimi (2007) observou que a intensidade de 85% de 1 RM foi a mais eficiente (-2,98% no tempo total), isto comparando as intensidades de 60% (-1,09%) e 70% (-1,77%).

Para o SCM foram utilizados seis movimentos com carga de 40 kg (Clark, Bryant e Reaburn, 2006) ou três saltos com 30% de 1 RM (McBride, Nimphius e Erickson, 2005). No DJ foram aplicadas 5 quedas da altura de 60 cm (Hilfiker e colaboradores, 2007).

Radcliffe e Radcliffe (1996) verificaram o uso de quatro séries em quatro movimentos do exercício de arranque com carga de 75 a 85% de 1 RM.

Com relação aos membros superiores foram aplicadas três (Kilduff e colaboradores, 2007) ou cinco (Evans e colaboradores, 2000) repetições máximas em série única ou uma, duas ou três séries de um movimento com 100% de 1 RM, respeitando cinco minutos de intervalo entre séries (Güllich e Schmidtbleicher, 1996).

Curiosamente, em oposição aos autores anteriores que trabalharam com intensidades próximas da capacidade máxima, Baker (2003) empregou com eficiência seis movimentos com 65% de 1 RM em série única. Isto pode ter ocorrido pelo fato de que os membros superiores talvez sejam mais sensíveis a potencialização devido à maior distribuição de fibras do tipo II ou a AC ter induzido um efeito de aquecimento.

Com base nas respostas mais convincentes, pode-se utilizar como AC nos membros inferiores o exercício de agachamento, com 1-5 séries de 1-5 repetições com carga de 85% ou 90% da carga máxima ou 1 série de 3-5 repetições máximas. Para os membros superiores, pode-se utilizar o supino com 1 série de 3-5 repetições máximas. Antes de realizar estas cargas intensas é interessante realizar um aquecimento que pode ser feito no próprio equipamento que será realizado a AC, partindo de cargas menores e progredindo até atingir a carga desejada.

#### **Intervalo de recuperação**

O intervalo de recuperação entre AC e a atividade pós-estímulo é determinante na estruturação do protocolo (Sale, 2002). A AC pode inibir o desempenho da atividade pós-estímulo dependendo do intervalo entre eles (Comyns e colaboradores, 2006).

Logo depois de realizar a AC o desempenho físico do indivíduo é comprometido negativamente, pois há um período de depressão da atividade muscular (relaxamento) (Trimble e Harp, 1998), neste momento algumas unidades motoras não estão ativas (Klein e colaboradores, 2001), sendo que quanto maior for a intensidade da AC, maior será este relaxamento pós-estímulo (Trimble e Harp, 1998). Este efeito foi observado após dez (Jensen e Ebben, 2003; Kilduff e colaboradores, 2007), quinze (Kilduff e colaboradores, 2008) e trinta segundos (Comyns e colaboradores, 2006) da AC.

Porém, existe um intervalo considerado ótimo, pois rende o melhor desempenho. No estudo de Comyns e colaboradores (2006) o intervalo ótimo foi de dois e quatro minutos para mulheres e homens, respectivamente. Os dados de Jensen e Ebben (2003) mostram que ocorre uma otimização na altura do salto conforme avançava o tempo após AC, sendo que, nos quatro minutos de intervalo aconteceram os melhores resultados. Para Chatzopoulos e colaboradores (2007) e Güllich e Schmidbleicher (1996) as melhores PPA foram pronunciadas aos cinco minutos de intervalo.

Em contraste à maioria dos estudos, Kilduff e colaboradores (2007) verificaram que para maximizar a potência pico, o intervalo ótimo pode ser entre oito e doze minutos nos membros inferiores e doze minutos nos membros superiores. Sugerindo que, em membros inferiores e superiores, aos quatro minutos os valores de potência pico eram maiores que os valores basais, mas ainda não eram máximos.

Para confirmar esta hipótese, no ano seguinte Kilduff e colaboradores (2008) analisaram o efeito da PPA, em membros inferiores, de quatro em quatro minutos, até os 24 minutos após a AC. Os melhores resultados, na média, foram vistos aos 8 minutos. No entanto, houve muita variação individual, em que catorze indivíduos (70%) tiveram suas melhores marcas aos 8 minutos, enquanto três mostraram aos 12 minutos e três aos 4 minutos.

Da mesma forma, Bevan e colaboradores (2010) observaram que aproximadamente 50% dos seus avaliados possuíam a melhor potencialização no sprint em distâncias de 5 e 10 metros aos 8 minutos,

enquanto 27% aos 12 minutos e 13% aos 4 e 16 minutos durante.

Assim sendo, cada sujeito tem as suas potencializações em diferentes tempos, fazendo com que o intervalo ótimo seja diferente para cada pessoa. Ou seja, a prescrição individual da PPA é a estratégia mais correta (Bevan e colaboradores, 2010; Comyns e colaboradores, 2006; Güllich e Schmidbleicher, 1996; Kilduff e colaboradores, 2007; Kilduff e colaboradores, 2008; McBride, Nimphius e Erickson, 2005).

De qualquer forma, existe um tempo de intervalo em que os valores após AC retornam aos valores basais. Para Comyns e colaboradores (2006) aos 6 minutos o efeito da potencialização já tinha passado em ambos os gêneros. Recentemente, Kilduff e colaboradores (2008), mostraram que após o 16º minuto, os valores já eram equivalentes aos de repouso, confirmando os resultados anteriores (Kilduff e colaboradores, 2007; Smith e colaboradores, 2001).

Dessa maneira, concluímos que o intervalo ótimo deve ser determinado individualmente, mas que no geral variam entre 2 e 12 minutos. Pode-se ir monitorando a fadiga do atleta após a AC para verificar o intervalo ótimo individual.

### **Influência do nível de treinamento**

Ao elaborar o protocolo de treinamento é importante salientar que a literatura aponta a possibilidade de indivíduos fisicamente mais desenvolvidos terem efeitos mais nítidos na resposta à potencialização (Baker, 2003; Chiu e colaboradores, 2003; Duthie, Young e Aitken, 2002; Evans e colaboradores, 2000; Gourgoulis e colaboradores, 2003; Jones e Lees, 2003; Kilduff e colaboradores, 2007; Young, Jenner e Griffiths, 1998). Indivíduos destreinados podem até mesmo não apresentar PPA (Jo, Judelson, Brown, Coburn e Dabbs, 2010).

Foram encontradas correlações, entre os valores individuais de força máxima e os melhores ganhos na potencialização, de aproximadamente 0,70 em membros inferiores (Evans e colaboradores, 2000; Young, Jenner e Griffiths, 1998) e 0,59 em membros superiores (Kilduff e colaboradores, 2007). Também foi mostrado correlação de 0,64 entre o desempenho no exercício de salto (altura atingida) e a PPA (Requena e colaboradores, 2011). Indicando que não somente aqueles

mais fortes apresentam melhor potencialização, porém também aqueles mais potentes.

Alguns ajustes obtidos com a prática crônica do treinamento de força capacitam aumentos na PPA, tais quais: a hipertrofia das fibras rápidas, alteração na composição da MCL e o aumento na habilidade de ativar durante a AC unidades motoras de maior limiar de excitabilidade (Sale, 2002).

### Resultados ineficientes

Nem todos os trabalhos encontraram resposta de PPA. Separamos os motivos citados pelos autores para a resposta negativa na melhora da atividade de FR: 1- AC insuficiente (baixa intensidade) para ativar a potencialização (Jones e Lees, 2003; Scott e Docherty, 2004); 2- o aparelho em que o exercício é realizado, pois ao utilizar as barras e pesos livres, maior tensão é gerada (Jones e Lees, 2003); 3- indivíduo não familiarizado com movimento da AC, desse modo a carga estipulada pode ser subestimada (Scott e Docherty, 2004); 4- incorreto intervalo entre AC e atividade pós-estímulo (Brandenburg, 2005); 5-nível de aptidão física insuficiente (Young e Elliot, 2001); 6- falta de especificidade entre AC e atividade pós-estímulo (Young e Elliot, 2001); 7- baixa velocidade de execução (Brandenburg, 2005); 8- variável analisada (potência média versus potência pico) (Brandenburg, 2005); 9- pouco encorajamento verbal (Young e Elliot, 2001). Ao estruturar a sessão para aplicar este conceito, estes itens devem ser considerados.

Como visto anteriormente os estímulos mais intensos podem acarretar, após obedecer a um intervalo ótimo, na PPA. Para atingir tal objetivo alguns estudos aplicaram séries envolvendo a carga máxima como AC, porém, não encontrando potencialização. Nestes estudos o estímulo foi tão intenso, que os atletas ficaram exaustos a ponto de não responder aos estímulos subseqüentes. Por exemplo, no estudo de Farup e Sorensen (2010), foi aplicado 5 séries de 1RM no supino como AC e não foi observada a PPA. Alguns avaliados inclusive não conseguiram completar a AC. Por isso, a AC deve ser intensa, mas não exaustiva.

No estudo de Till e Cooke (2009), as respostas na atividade pós-estímulo variaram entre -7,1% a +8,2%, devido a essa variação individual absurda, os pesquisadores não

encontraram uma resposta significativa da PPA. Mais uma vez confirmando a teoria de que a PPA é um fenômeno individual, portanto a prescrição deve ser feita da forma mais personalizada possível.

### CONCLUSÃO

O presente estudo mostra informações interessantes de como estruturar microciclos de desenvolvimento da força rápida em conjunto com o treinamento da força máxima. Além de melhorar este segundo parâmetro, o primeiro também é otimizado, havendo uma interconexão positiva entre eles, treinando dois componentes da aptidão física na mesma sessão de treino.

É possível não só aplicar os protocolos descritos, mas também explorar novas maneiras de aplicar a PPA, especialmente com relação às atividades pós-estímulo, buscando atender às diversas exigências de cada modalidade. Já foram avaliados nestes estudos praticantes de rugby, futebolistas, judocas, velocistas, entre outros. Dessa maneira, atletas das mais diversas modalidades podem fazer o uso desta metodologia, independente do gênero, basta basear-se nas informações descritas nesta revisão em conjunto com conceitos básicos de treinamento desportivo, biomecânica e fisiologia do exercício.

### REFERÊNCIAS

- 1-Abbate, F.; Sargeant, A. J.; Verdijk, P. W.; Haan, A. Effects of high-frequency initial pulses and posttetanic potentiation on power output of skeletal muscle. *J Appl Physiol*, Vol.88, Núm.1, p.35-40. 2000.
- 2-Baker, D. Acute effect of alternating heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training. *J Strength Cond Res*, Vol.17, Núm.3, p.493-7. 2003.
- 3-Bevan, H. R.; Cunningham, D. J.; Tooley, E. P.; Owen, N. J.; Cook, C. J.; Kilduff, L. P. Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *J Strength Cond Res*, Vol.24, Núm.3, p.701-5. 2010.
- 4-Brandenburg, J. P. The acute effects of prior dynamic resistance exercise using different

- loads on subsequent upper-body explosive performance in resistance-trained men. *J Strength Cond Res*, Vol.19, Núm.2, p.427-32. 2005.
- 5-Chatzopoulos, D. E.; e colaboradores. Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *J Strength Cond Res*, Vol.21, Núm.4, p.1278-81. 2007.
- 6-Chiu, L. Z.; Fry, A. C.; Weiss, L. W.; Schilling, B. K.; Brown, L. E.; Smith, S. L. Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *J Strength Cond Res*, Vol.17, Núm.4, p.671-7. 2003.
- 7-Clark, R. A.; Bryant, A. L.; Reaburn, P. The acute effects of a single set of contrast preloading on a loaded countermovement jump training session. *J Strength Cond Res*, Vol.20, Núm.1, p.162-6. 2006.
- 8-Comyns, T. M.; Harrison, A. J.; Hennessy, L. K.; Jensen, R. L. The optimal complex training rest interval for athletes from anaerobic sports. *J Strength Cond Res*, Vol.20, Núm.3, p.471-6. 2006.
- 9-Docherty, D.; Hodgson, M. J. The application of postactivation potentiation to elite sport. *Int J Sports Physiol Perform*, Vol.2, Núm.4, p.439-44. 2007.
- 10-Duthie, G. M.; Young, W. B.; Aitken, D. A. The acute effects of heavy loads on jump squat performance: an evaluation of the complex and contrast methods of power development. *J Strength Cond Res*, Vol.16, Núm.4, p.530-8. 2002.
- 11-Evans, A. K.; Hodkins, T. D.; Durcham, M. P.; Berning, J.; Adams, K. J. The acute effects of a 5 RM bench press on power output. *Med Sci Sports Exerc*, Vol.32, Núm.5, p.S312. 2000.
- 12-Farup, J.; Sorensen, H. Postactivation potentiation: upper body force development changes after maximal force intervention. *J Strength Cond Res*, Vol.24, Núm.7, p.1874-9. 2010.
- 13-Fatouros, I. G.; e colaboradores. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res*, Vol.14, Núm.4, p.470-476. 2000.
- 14-Gomes, A. C. Treinamento desportivo: estruturação e periodização. Porto alegre: Artmed. 2002.
- 15-Gourgoulis, V.; Aggeloussis, N.; Kasimatis, P.; Mavromatis, G.; Garas, A. Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *J Strength Cond Res*, Vol.17, Núm.2, p.342-4. 2003.
- 16-Güllich, A.; Schmidtbleicher, D. MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies in Athletics*, Vol.11, Núm.4, p.67-81. 1996.
- 17-Hamada, T.; Sale, D. G.; Macdougall, J. D.; Tarnopolsky, M. A. Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol*, Vol.88, Núm.6, p.2131-7. 2000.
- 18-Hamada, T.; Sale, D. G.; Macdougall, J. D.; Tarnopolsky, M. A. Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. *Acta Physiol Scand*, Vol.178, Núm.2, p.165-73. 2003.
- 19-Hilfiker, R.; Hubner, K.; Lorenz, T.; Marti, B. Effects of drop jumps added to the warm-up of elite sport athletes with a high capacity for explosive force development. *J Strength Cond Res*, Vol.21, Núm.2, p.550-5. 2007.
- 20-Hodgson, M. J.; Docherty, D.; Zehr, E. P. Postactivation potentiation of force is independent of h-reflex excitability. *Int J Sports Physiol Perform*, Vol.3, Núm.2, p.219-31. 2008.
- 21-Jensen, R. L.; Ebben, W. P. Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *J Strength Cond Res*, Vol.17, Núm.2, p.345-9. 2003.
- 22-Jo, E.; Judelson, D. A.; Brown, L. E.; Coburn, J. W.; Dabbs, N. C. Influence of recovery duration after a potentiating stimulus on muscular power in recreationally trained

- individuals. *J Strength Cond Res*, Vol.24, Núm.2, p.343-7. 2010.
- 23-Jones, P.; Lees, A. A biomechanical analysis of the acute effects of complex training using lower limb exercises. *J Strength Cond Res*, Vol.17, Núm.4, p.694-700. 2003.
- 24-Kilduff, L. P.; e colaboradores. Postactivation potentiation in professional rugby players: optimal recovery. *J Strength Cond Res*, Vol.21, Núm.4, p.1134-8. 2007.
- 25-Kilduff, L. P.; Owen, N. J.; Bevan, H. R.; Bennett, M. A.; Kingsley, M. I.; Cunningham, D. J. Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *J Sports Sci*, Vol.26, Núm.8, p.795-802. 2008.
- 26-Klein, C. S.; Ivanova, T. D.; Rice, C. L.; Garland, S. J. Motor unit discharge rate following twitch potentiation in human triceps brachii muscle. *Neurosci Lett*, Vol.316, Núm.3, p.153-6. 2001.
- 27-Linder, E. E.; Prins, J. H.; Murata, N. M.; Derenne, C.; Morgan, C. F.; Solomon, J. R. Effects of preload 4 repetition maximum on 100-m sprint times in collegiate women. *J Strength Cond Res*, Vol.24, Núm.5, p.1184-90. 2010.
- 28-Macintosh, B. R. Role of calcium sensitivity modulation in skeletal muscle performance. *News Physiol Sci*, Vol.18, p.222-5. 2003.
- 29-Mcbride, J. M.; Nimphius, S.; Erickson, T. M. The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. *J Strength Cond Res*, Vol.19, Núm.4, p.893-7. 2005.
- 30-Mitchell, C. J.; Sale, D. G. Enhancement of jump performance after a 5-RM squat is associated with postactivation potentiation. *Eur J Appl Physiol*, 2011.
- 31-Miyamoto, N.; Fukunaga, T.; Kawakami, Y. Evidence for intermuscle difference in postactivation potentiation in the human triceps surae: a mechanomyographic study. *Muscle Nerve*, Vol.39, Núm.5, p.703-6. 2009.
- 32-Pereira, B.; Souza Júnior, T. P. Dimensões biológicas do treinamento físico. São Paulo: Phorte. 2002.
- 33-Radcliffe, J. C.; Radcliffe, J. L. Effects of different warm-up protocols on peak power output during a single response jump task. *Med Sci Sports Exerc*, Vol.28, Núm.5, p.S189. 1996.
- 34-Rahimi, R. The acute effects of heavy versus light-load squats on sprint performance. *Physical Education and Sports*, Vol.5, Núm.2, p.163-169. 2007.
- 35-Rassier, D. E.; Tubman, L. A.; Macintosh, B. R. Staircase in mammalian muscle without light chain phosphorylation. *Braz J Med Biol Res*, Vol.32, Núm.1, p.121-9. 1999.
- 36-Requena, B.; Saez-Saez De Villarreal, E.; Gapeyeva, H.; Ereline, J.; Garcia, I.; Paasuke, M. Relationship between postactivation potentiation of knee extensor muscles, sprinting and vertical jumping performance in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, Vol.25, Núm.2, p.367-73. 2011.
- 37-Rixon, K. P.; Lamont, H. S.; Bembem, M. G. Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *J Strength Cond Res*, Vol.21, Núm.2, p.500-5. 2007.
- 38-Sale, D. G. Postactivation potentiation: role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev*, Vol.30, Núm.3, p.138-43. 2002.
- 39-Scott, S. L.; Docherty, D. Acute effects of heavy preloading on vertical and horizontal jump performance. *J Strength Cond Res*, Vol.18, Núm.2, p.201-5. 2004.
- 40-Smilios, I.; Piliandis, T.; Sotiropoulos, K.; Antonakis, M.; Tokmakidis, S. P. Short-term effects of selected exercise and load in contrast training on vertical jump performance. *J Strength Cond Res*, Vol.19, Núm.1, p.135-9. 2005.
- 41-Smith, J. C.; Fry, A. C.; Weiss, L. W.; Li, Y.; Kinzey, S. J. The effects of high-intensity exercise on a 10-second sprint cycle test. *J Strength Cond Res*, Vol.15, Núm.3, p.344-8. 2001.

42-Souza Júnior, T. P.; Pereira, B. Modelos quantitativos e qualitativos do treinamento físico-esportivo: sobrecarga, adaptação e ajustamento. *Brazilian Journal of Sports and Exercise Research*, Vol.1, Núm.2, p.150-157. 2010.

Recebido para publicação 22/05/2012  
Aceito em 21/06/2012

43-Sweeney, H. L., Bowman, B. F. & Stull, J. T. Myosin light chain phosphorylation in vertebrate striated muscle: regulation and function. *Am J Physiol*, Vol.264, p.C1085-95. 1993.

44-Szczesna, D.; Zhao, J.; Jones, M.; Zhi, G.; Stull, J.; Potter, J. D. Phosphorylation of the regulatory light chains of myosin affects Ca<sup>2+</sup> sensitivity of skeletal muscle contraction. *J Appl Physiol*, Vol.92, Núm.4, p.1661-70. 2002.

45-Till, K. A.; Cooke, C. The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *J Strength Cond Res*, Vol.23, Núm.7, p.1960-7. 2009.

46-Tillin, N. A.; Bishop, D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Med*, Vol.39, Núm.2, p.147-66. 2009.

47-Trimble, M. H.; Harp, S. S. Postexercise potentiation of the H-reflex in humans. *Med Sci Sports Exerc*, Vol.30, Núm.6, p.933-41. 1998.

48-Villarreal, E. S. S. D.; Gonzalez-Badillo, J. J.; Izquierdo, M. Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *Eur J Appl Physiol*, Vol.100, Núm.4, p.393-401. 2007.

49-Young, W.; Elliot, S. Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Res Q Exerc Sport* Vol.72, Núm.3, p.273-279. 2001.

50-Young, W.; Jenner, A.; Griffiths, K. Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *J Strength Cond Res*, Vol.12, Núm.2, p.82-84. 1998.