

Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício 2017;16(5);293-303

## REVISÃO

### Potencialização pós-ativação: uma revisão integrativa

#### *Post-activation potentiation: an integrative review*

Matheus Gagliardi Madeira Blum Kuntz\*, Marianna Jacobina Ribeiro\*, Mateus Medeiros Leite\*\*, Alessandro de Oliveira Silva, D.Sc.\*\*\*, Maurílio Tiradentes Dutras, M.Sc.\*\*\*\*, Diogo Vilela Ferreira, M.Sc.\*\*\*\*

\*Especialista em Musculação e Treinamento de Força, Faculdade de Educação Física, Universidade de Brasília (UnB), Brasília/DF, \*\*Graduando em Educação Física, Faculdade de Ciências da Educação e da Saúde, Centro Universitário de Brasília, UniCEUB, Brasília, DF, \*\*\*Professor da Faculdade de Ciências da Educação e da Saúde, Centro Universitário de Brasília, UniCEUB, Brasília, DF, \*\*\*\*Faculdade de Educação Física, UnB, Brasília/DF

Recebido em 12 de julho de 2017; aceito em 27 de outubro de 2017.

**Endereço para correspondência:** Mateus Medeiros Leite, Centro Universitário de Brasília, SEPN 707/907 campus do UniCEUB Asa Norte 70790-075 Brasília DF, E-mail: mateus.edf@outlook.com; Matheus Kuntz: blumkuntz@gmail.com; Marianna Ribeiro: mariannajribeiro@gmail.com; Alessandro Silva: silva.alessandro.oliveira@gmail.com; Maurílio Dutras: mauriliotiradentes@gmail.com; Diogo Ferreira: ferreira.diogov@gmail.com

## Resumo

**Introdução:** A Potencialização Pós-Ativação (PPA) é um fenômeno que pode ser definido como uma melhora temporária no desempenho muscular através de um prévio aquecimento utilizando exercícios de força ou exercícios pliométricos. **Objetivo:** O objetivo desta revisão integrativa é analisar as teorias que suportam a existência da PPA, a fim de avaliar sua existência e sua eficiência como método de treinamento para ganho de potência. **Método:** Trata-se de um estudo de revisão integrativa. Para a busca de artigos foram utilizadas as bases de dados Google acadêmico, Pubmed e Scielo. A busca foi restrita a trabalhos publicados no período de 2007 a 2014 e foram encontrados 17 artigos que se encaixavam nos critérios de inclusão. **Resultados:** Ainda há controvérsias em relação à real ocorrência da PPA. No entanto, estudos apontam três fortes teorias de como esse fenômeno aconteceria. Aparentemente, a PPA é um fenômeno ligado ao princípio da individualidade biológica e, por enquanto, não há uma explicação exata de como ocorre. Os diferentes protocolos usados nos estudos estão entre as causas dos resultados controversos relatados na literatura. **Conclusão:** A PPA pode ser classificada como um fenômeno de existência comprovada, mesmo não se sabendo ao certo como este fenômeno acontece.

**Palavras-chave:** Potencialização-Pós-Ativação, força, potência, hipertrofia.

## Abstract

**Introduction:** Post-Activation Potentiation (PAP) is a phenomenon defined as a temporary improvement without muscular performance through a previous warm up using strength exercises or plyometric exercises. **Objective:** The aim of this integrative review is to analyze the theories that support the existence of PAP, in order to evaluate its efficiency as a training method for power gain. **Methods:** This is an integrative review of the literature. Databases used for articles search was Google Scholar, Pubmed and Scielo. The search was restricted to papers published from 2007 to 2014 and 17 articles were found to fit in the inclusion criteria. **Results:** There is still controversy regarding the actual occurrence of PAP. However, studies point to three strong theories of how this fact would happen. Apparently, PAP is a phenomenon linked to the principle of biological individuality, and, currently, there is no exact explanation of how it occurs. The different protocols used in the studies are among the causes of the controversial results reported in the literature. **Conclusion:** PAP can be classified as a fact of proven existence, even if it is not known for sure how it happens.

**Key-words:** Potentiation-Post-Activation, strength, power, hypertrophy.

## Introdução

Potencialização pós-ativação (PPA) é o aumento transitório no desempenho contrátil do músculo depois de uma atividade contrátil prévia, como um aquecimento utilizando exercícios de força ou exercícios pliométricos [1]. Mais especificamente, pode ser definida como o aumento na capacidade de produção de potência muscular (PM) observada após a realização de estímulos voluntários máximos ou próximos ao máximo, sendo assim postulado que movimentos explosivos podem ser aprimorados se precedidos por um exercício de resistência intenso [1-4]. Nesse sentido, a pliometria se refere a exercícios elaborados para o aumento de massa muscular, sobretudo através do treino de saltos, podendo ser realizados de várias formas, dependendo dos propósitos de um programa de treinamento [5-9].

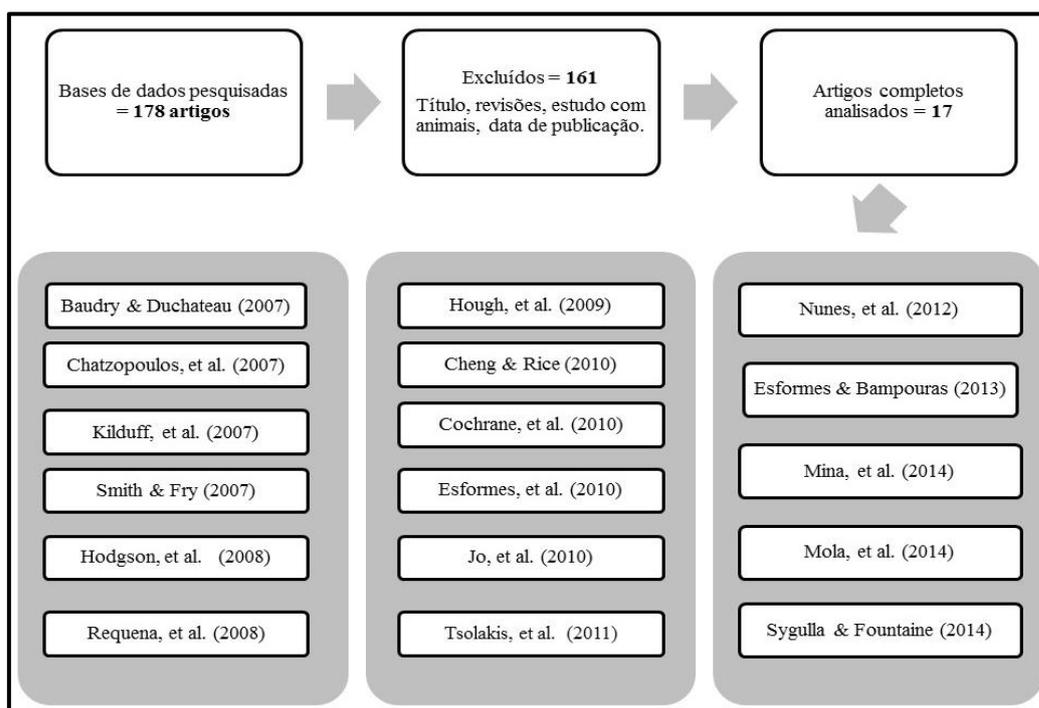
O propósito de muitos praticantes de treinamento de força e/ou pliométrico é o aumento da PM. Nesse sentido, a potência pode ser definida como a taxa ou a velocidade em que o trabalho é realizado, ou somente como o produto entre força e velocidade. Exercícios que trabalham essa capacidade podem ser efetivos para o aumento do desempenho esportivo. Mais além, o treinamento de PM é importante para o desempenho funcional em atividades da vida diária, e também para ganhos de massa muscular, e nesse sentido alguns pesquisadores têm proposto a PPA como um método para aumentar a produção de PM [3,4].

Atualmente, há um consenso na literatura sobre a existência da PPA. A grande questão para os pesquisadores é a respeito do protocolo da atividade condicionante para que essa possa de fato ocorrer e resultar em um aumento do desempenho, já que são muitas as variáveis de treinamento que podem ser manipuladas. Ademais, estudos procuram apontar diferentes teorias sobre os mecanismos fisiológicos envolvidos na ocorrência desse fenômeno. Por isso, alguns estudos têm mostrado resultados conflitantes, dependendo de como a atividade prévia é realizada [10-12]. Tais divergências de resultados podem estar ligadas aos diferentes protocolos que foram utilizados para a estimulação e avaliação da PPA. Além disso, salienta-se na literatura que a má execução do exercício de aquecimento pode gerar fadiga, o que atrapalharia o surgimento da PPA [13,14].

De fato, a PPA tem sido alvo de investigações científicas recentes, seja com atletas ou não atletas, que buscam entender seus mecanismos e os protocolos eficazes em provocar sua ocorrência e, por conseguinte, melhora no desempenho físico. Assim, o objetivo desta revisão integrativa foi analisar a literatura atual acerca do tema e discutir, não somente as teorias que suportam a existência da PPA, mas também a manipulação das variáveis que influenciam a PPA em diferentes populações.

## Métodologia

Realizou-se uma revisão integrativa da literatura. A busca de artigos foi realizada nas seguintes bases eletrônicas: Google acadêmico, Pubmed/Medline (*US National Library of Medicine*) e Scielo (*Scientific Electronic Library Online*), utilizando-se os seguintes termos selecionados: Potencialização pós-tetânica, potencialização pós-ativação e suas respectivas traduções para o idioma inglês. Os critérios de inclusão para a seleção dos artigos foram: 1) estudos publicados em revistas indexadas; 2) estudos publicados em inglês e/ou português; 3) estudos realizados com seres humanos de ambos os sexos; 4) pesquisas originais; 5) estudos publicados a partir de 2007 até 2015. Estudos realizados com modelo animal foram excluídos. Foram encontrados 178 artigos potencialmente selecionáveis para compor a presente revisão. Uma análise inicial foi realizada com base nos títulos dos manuscritos, em seguida, procedeu-se a análise dos resumos e, por fim, foram selecionados os 17 artigos que se encaixaram nos critérios de inclusão, como indicado na Figura 1.



Fonte: elaborado pelos autores, 2016.

**Figura 1** - Metodologia de seleção e revisão de artigos.

## Resultados

Os dezessete estudos selecionados para compor a presente revisão estão presentes resumidamente no Quadro 1.

**Quadro 1** - Principais características e achados dos estudos que avaliaram a PPA.

Estudo	Amostra	Idade	Mecanismo/ estímulo de ativação	Descanso (minutos)	Resultado
Jo et al. [6]	12 homens	23,0 ± 1,0	Mecânico	5; 10; 15; 20	P
Tsolakis et al. [13]	13 homens 10 mulheres	21,8 ± 3,7 22,7 ± 4,8	Mecânico	4; 8; 12	N.P
Sygulla & Fontaine [14]	29 mulheres	19,9 ± 1,0	Mecânico	5	N.P
Hodgson et al. [15]	13 homens	23,5 ± 2,4	Mecânico/Elétrico	15	P
Baudry & Duchateau [26]	7 homens 3 mulheres	28,3 ± 4,7	Mecânico/Elétrico	2	P
Kilduff et al. [27]	23 homens	24,0 ± 3,4	Mecânico	0.15; 4; 8; 12; 16; 20	P

Cheng & Rice [28]	10 homens	24,4 ± 2,8	Mecânico/Elétrico	2	P
Requena et al. [32]	12 homens	21,4 ± 0,7	Mecânico/Elétrico	Variado	P
Cochrane et al. [33]	6 homens 6 mulheres	22,8 ± 0,7 22,8 ± 1,5	Mecânico	1.5; 5;10	P
Mola et al. [34]	22 homens	23,0 ± 4,5	Mecânico	10	P.I
Chatzopoulos et al. [35]	15 homens	22,0 ± 2,0	Mecânico	3	P
Smith & Fry [36]	11 homens	23,83 ± 3,64	Mecânico	5	N.P
Esformes et al. [37]	13 homes	22,0 ± 3,0	Mecânico	2; 5; 10	P
Esformes & Bampouras [38]	27 homens	18,0 ± 2,0	Mecânico	10	P
Nunes et al. [39]	8 homens	22,0 ± 2,93	Mecânico	5	P
Mina et al. [40]	16 homens	26,0 ± 7,8	Mecânico	5	P
Hough et al. [41]	11 homens	21,0 ± 2,0	Mecânico	0.10 a 0.15	P

M = Mecânico; M.E = Mecânico e elétrico; P = Houve potencialização; N.P = Não houve potencialização; P.I = Potencialização individual.

## Discussão

A partir da análise dos estudos selecionados para compor a presente revisão, optou-se por dividir a análise e discussão dos seus resultados em tópicos, elencados a seguir. Eventualmente, dados de estudos anteriores a 2007 são mencionados no intuito de fundamentar alguns argumentos elencados no texto.

### *Possíveis mecanismos da PPA*

Apesar das investigações sobre a existência da PPA serem limitadas e conflitantes [10,11,15], tem sido postulado na literatura que contrações máximas ou próximas da máxima podem aumentar a capacidade contrátil do músculo em contrações subseqüentes, incrementando sua capacidade de rendimento.

Estudos apontam três fortes teorias e mecanismos principais responsáveis pela ocorrência da PPA [10,12].

O primeiro deles é a fosforilação das cadeias regulatórias leves da miosina. Esse processo começa quando, após uma atividade prévia, há uma maior liberação do cálcio por parte do retículo sarcoplasmático e aumentando a concentração do mesmo no sarcoplasma, levando a um aumento no processo de formação do complexo cálcio/calmodulina, que conseqüentemente aumentaria a ativação da enzima quinase de cadeia leve de miosina, que media a fosforilação e é ativada pela presença de cálcio. Uma contração condicionante pode induzir uma maior liberação desse íon, aumentando a ativação da enzima quinase e conseqüentemente a fosforilação das cadeias regulatórias leves da miosina. Assim, o aumento da sensibilidade ao cálcio em associação com a fosforilação das cadeias regulatórias leves da miosina é considerado o mecanismo primário da PPA [5,16].

A fosforilação das cadeias regulatórias leves de miosina altera a conformação das suas pontes cruzadas, colocando suas cabeças em uma posição mais próxima dos filamentos de actina [10,12]. Isso implica em uma maior probabilidade de interação entre os filamentos e

consequentemente maior tensão no músculo. Mais além, faz com que a interação actina-miosina se torne mais sensível ao cálcio liberado pelo retículo sarcoplasmático e também com que essa interação tenha uma maior duração. Em decorrência dessa maior sensibilidade ao cálcio, um número maior de pontes cruzadas passa a ser ativado, gerando um torque muscular superior ao observado sem a potencialização [17-20].

O segundo mecanismo seria decorrente de alterações no padrão de ativação neural, levando a um aumento do recrutamento de unidades motoras de limiar mais elevado e a elevação da excitabilidade neural [5,11,12,17]. Segundo Tillin & Bishop [10], uma contração condicionante eleva a transmitância de potenciais de excitação através de junções sinápticas na medula espinhal. Como resultado, há um aumento em potenciais pós-sinápticos para o mesmo estímulo pré-sináptico durante a atividade subsequente. Ademais, há outros mecanismos neurais que poderiam ser responsáveis pela PPA, como aumento da excitabilidade, recrutamento e sincronização de unidades motoras, melhora na sincronia dos disparos dos impulsos nervosos, diminuição da influência de mecanismos inibitórios centrais e periféricos e aumento da inibição recíproca da musculatura antagonista e aumento da atividade da musculatura sinergista [11].

De acordo com Batista *et al.* [12], a PPA pode ser avaliada através do Reflexo H, que é um reflexo artificial que tem como finalidade avaliar a excitabilidade da via reflexa a partir de choques em nervos periféricos. A resposta do sistema neuromuscular é registrada por eletromiografia [21]. Nesse sentido, no estudo realizado por Hodgson *et al.* [15], que teve por objetivo quantificar o efeito da PPA sobre a produção de força voluntária e a excitabilidade espinal do reflexo H durante a prática de flexão plantar explosiva, 13 indivíduos do sexo masculino treinados foram avaliados. Os protocolos foram elaborados para quantificar o perfil temporal de PPA, que foi medido por contrações isométricas induzidas e estabilidade neural refletida pelas mudanças de amplitude do Reflexo H. O efeito de PPA foi medido a partir da flexão plantar realizada de maneira explosiva. Os voluntários foram submetidos a uma sessão experimental de aproximadamente duas horas e meia e composta de 5 minutos de aquecimento na bicicleta e de quatro testes experimentais. Esses foram executados em ordem aleatória e separados por 15 minutos de descanso. Cada um dos quatro testes experimentais requereu uma execução de três contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) de 5 segundos de duração com 55 segundos de descanso entre elas. Subsequentemente, respostas do Reflexo H e flexões plantares explosivas foram gravadas. O estudo mostrou que houve um significativo aumento na força da contração muscular seguindo uma série condicionante de CIVM que provocaram pequenos aumentos na taxa de desenvolvimento de força, conforme medido em períodos não contínuos, durante flexões plantares isométricas explosivas. Não houve efeito das CIVM no pico de torque voluntário, na média de taxa de desenvolvimento de força ou no reflexo H.

Outro possível mecanismo é uma alteração na arquitetura do musculoesquelético, mais especificamente no ângulo de penação, que afeta a transmissão de força para tendões e ossos. Segundo Lieber e Fridén [22], embora muita atenção seja dada a fatores como a distribuição do tipo de fibra como determinante da função muscular, não há dúvida que sua função seja mais fortemente determinada pela arquitetura do músculo. Em outras palavras, há uma relação entre o posicionamento das fibras musculares no seu eixo de geração de força e a transmissão de tensão. Quanto maior o seu ângulo de inclinação em relação ao eixo de força, menor a eficiência da transmissão de tensão. Em contrapartida, a produção de tensão pode ser maior quanto menor for o ângulo de inclinação das fibras musculares, pois em musculaturas penadas, um aumento no ângulo de penação resulta no aumento de unidades motoras por área de secção transversa [22]. Nesse sentido, de acordo com Mahlfeld *et al.* [23], o ângulo de inclinação das fibras musculares diminui nos instantes após à realização de contrações voluntárias máximas, uma vez que ângulos de penação menores têm uma vantagem mecânica em relação à transmissão de força para os tendões e espera-se que esta modificação aguda na arquitetura muscular cause alterações positivas após a ativação prévia [10,23]. Ou seja, o ângulo de penação dos músculos seria um fator relevante para o ganho de potência muscular, de maneira que o posicionamento mais oblíquo das fibras musculares em relação ao eixo de produção de força favorece a geração de tensão [10,23].

#### *PPA e taxa de desenvolvimento de força*

O efeito da potencialização parece não aumentar diretamente a força máxima, mas sim a taxa de desenvolvimento de força (TDF), que se refere à capacidade que o músculo tem de

produzir um determinado nível de força em um determinado intervalo de tempo. Como resultado, tem-se uma velocidade maior para uma força específica, ou vice-versa, o que aumenta a potência mecânica e sua associação com o desempenho esportivo [19,20,24]. Assim, estando a TDF intimamente relacionada ao desempenho, poder-se-ia pensar que a PPA é capaz de melhorar o desempenho em esportes e atividades que requerem características explosivas, sendo amplamente utilizada por treinadores e atletas tanto nas fases de treinamento como nas próprias competições como forma de aquecimento [25-27].

#### *Fatores que influenciam a PPA*

A eficácia pela qual a atividade prévia propiciará um aumento agudo do desempenho por estimular os mecanismos da PPA depende do balanço entre potenciação e fadiga, que são processos antagonistas, mas que coexistem por algum tempo depois da contração condicionante. Digno de nota, é geralmente apontado que os músculos com a distribuição predominantemente formada por fibras de contrações lentas têm menor redução de torque e maior duração até a fadiga do que os músculos com menos fibras de contração lenta, como o quadríceps ou tríceps braquial [28]. A fadiga parece dominar os estágios iniciais do descanso após a contração e por isso pode haver uma diminuição ou nenhuma alteração do desempenho nesse período. Assim, existirá desempenho aumentado na execução bem-sucedida somente quando a PPA exceder a fadiga. Se o oposto acontecer, o desempenho diminuirá [16,17,27].

A relação entre esses dois fenômenos e o real efeito no desempenho é influenciada pelas variáveis de treinamento, que determinarão qual dos dois será predominante. Esses fatores incluem desde as características do protocolo de treinamento (volume, intensidade, intervalo de recuperação) até as características genéticas e relacionadas aos tipos de fibras, como força muscular e estado de treinamento. Apesar dos numerosos estudos conduzidos, muitas vezes com resultados conflitantes, não se tem ainda um consenso a respeito do protocolo ideal a ser utilizado em indivíduos não treinados, treinados e atletas, e dos reais benefícios gerados pela PPA. Mais além, a vasta combinação de fatores que afetam a PPA, possibilitando assim a utilização de diversas metodologias, pode justificar os resultados contraditórios encontrados em alguns estudos [8].

Imediatamente, após uma atividade condicionante, a fadiga é superior a potencialização, fazendo com que o desempenho não se altere ou até mesmo diminua nesses instantes iniciais [27,29]. Porém, sabendo que a fadiga diminui em um ritmo mais rápido do que a própria PPA, é possível que em algum ponto posterior do intervalo de recuperação o desempenho possa ser potencializado [10]. Corroborando essa afirmação, foi realizado um estudo com 23 atletas de rugby, sendo 13 deles profissionais, no intuito de determinar o intervalo ideal de descanso necessário para observar um aumento na atuação em uma atividade explosiva depois de um estímulo prévio [27]. Para a avaliação, os atletas realizaram 7 saltos contra movimento e 7 arremessos balísticos de supino após uma série condicionante de 3 RMs. Os voluntários repetiram os saltos e arremessos balísticos 15 segundos, 4, 8, 12, 16 e 20 minutos após a série condicionante. Os achados mostraram que intervalos de recuperação de 8 - 12 minutos culminaram com um aumento no pico de potência em membros superiores e inferiores. Em contrapartida, intervalo de 4 minutos, assim como 16 ou 20 não mostraram diferenças significativas. Os autores concluem que o desempenho muscular pode ser aumentado depois de um exercício de resistência intenso se um intervalo de recuperação suficiente (8 - 12 minutos) for empregado.

De forma geral, se um intervalo mais longo for selecionado, o desempenho pode melhorar desde que a fadiga se dissipe em um ritmo mais rápido e a potencialização comece a se manifestar [5]. Assim, uma janela de oportunidade para a PPA parece ser curta, de 4 - 11 minutos [30], ou com uma margem menor ainda, de 3 - 5 minutos [12]. Ainda com o objetivo de verificar a influência do intervalo de recuperação, Jo *et al.* [6] não encontraram diferenças na performance quando comparados 5, 15, 10 ou 20 minutos depois do mesmo estímulo condicionante em homens recreacionalmente treinados. Nesse estudo, foi sugerido que além do intervalo, discrepâncias na força individual podem ter influência na potencialização dos sujeitos, de maneira que indivíduos treinados teriam uma melhor resposta de PPA do que indivíduos não treinados.

Desse modo, sugere-se que a resposta à contração condicionante dependa do estado de treinamento do indivíduo. Em uma análise com atletas e indivíduos recreacionalmente treinados no desempenho de salto após um protocolo de 5 séries de 1 repetição a 90% de 1

RM, nenhuma diferença significativa foi encontrada antes e depois do estímulo, comparando o grupo como um todo. Porém, os atletas avaliados tiveram significativo aumento em relação aos parâmetros de força e potência comparados aos não atletas, sugerindo que estimular a PPA pode ser um método viável para aumento agudo do desempenho de força explosiva somente em atletas [25].

Mais além, estudos que encontraram esses mesmos resultados não os atribuem somente ao nível de experiência dos indivíduos, mas também a força individual e maior resistência à fadiga que têm esses sujeitos. Sabe-se então que o nível de força é um importante determinante na resposta da PPA.

A manifestação da PPA é também afetada pelas características das fibras musculares. Indivíduos com alta quantidade de fibras tipo II parecem responder de forma mais eficiente a PPA. O motivo seria pelo efeito combinado de que essas fibras apresentam maior fosforilação das cadeias regulatórias leves da miosina e pelo aumento no recrutamento de unidades motoras de limiar mais elevado. É sabido que há uma relação positiva entre força muscular e quantidade de fibras tipo II. O gastrocnêmio, por exemplo, tendo uma maior porcentagem de fibras tipo II, apresenta maior PPA em comparação ao sóleo. Em contrapartida, nenhuma correlação foi encontrada entre PPA em extensores do joelho e a porcentagem de fibras tipo II em um dos extensores do joelho, o vasto lateral [31]. Em relação ao tipo de contração, foi reportado que a PPA pode ocorrer com contrações dinâmicas ou isométricas [5,30].

Aparentemente, a intensidade e a duração do estímulo condicionante podem influenciar a manifestação da PPA. Baudry e Duchateau [26] observaram que a PPA foi significativa após contrações balísticas que foram realizadas em intensidades baixas como, por exemplo, 20% de 1RM. No entanto, uma pesquisa de Requena et al. [32], que investigou a PPA após uma contração isométrica voluntária máxima induzidas eletricamente nos extensores do joelho, reportou que uma contração isométrica voluntária máxima dos extensores do joelho em 25% de 1 RM não foi suficiente para induzir PPA. Para de fato ser efetiva, postula-se que a atividade condicionante deve ser de alta intensidade, isto é, contrações condicionantes máximas ou próximas da máxima. Estudos que encontram aumentos no desempenho com intensidades mais altas tendem a apoiar o fato de que alguns mecanismos sensíveis à tensão são parcialmente responsáveis pelo fenômeno [25]. Em contrapartida, quanto mais intenso e prolongado for o exercício, maior será a fadiga.

Além disso, o sexo parece ser uma variante em potencial quando se trata de calcular a PPA devido às diferenças na composição das fibras musculares. Homens têm uma maior área da secção transversa de fibras do tipo II em comparação as mulheres; em contrapartida, mulheres exibem maior resistência à fadiga devido a menor taxa na relação contração/espasmo. Entre o número de fatores que podem potencialmente influenciar na magnitude de PPA, o efeito do gênero recebeu pouca atenção. Tsolakis *et al.* [13] realizaram um estudo em que o objetivo primário era examinar o efeito de contrações isométricas e pliométricas no desempenho explosivo de membros superiores e inferiores medidos pelo exercício supino e salto contra movimento em esgrimistas de elite de ambos os sexos. O estudo partiu da premissa de que homens e participantes mais fortes teriam um maior desempenho induzido por PPA comparado a mulheres e participantes mais fracos. Os voluntários realizaram aquecimento e alongamento, 3 saltos contra movimento, 3 séries de leg press 45°, e 3 arremessos de supino com 4 minutos de descanso (tempo escolhido pelos autores do estudo por ser um tempo de descanso comum entre os atletas de esgrima). Os autores observaram que o exercício pliométrico comumente utilizado como parte das rotinas de aquecimento de esgrimistas de elite não oferece nenhuma vantagem de desempenho tanto no salto contra movimento quanto no arremesso de supino em ambos os sexos. Por outro lado, o exercício isométrico de pré-condicionamento resultou em diminuição do pico de força dos membros inferiores apenas nos atletas do sexo masculino, possivelmente devido à maior fadiga muscular gerada por uma maior produção de força nesses indivíduos durante o protocolo de PPA.

Tal afirmativa encontra algum respaldo na literatura quando se analisa o estudo de Sygulla e Fountaine [14]. Esses autores realizaram um estudo que envolvia apenas mulheres. Foram recrutadas 29 atletas da segunda divisão de diversos esportes (basquete, softball e voleibol) da *National Collegiate Athletic Association - NCAA* (Associação Nacional de Atletas do Colegial dos Estados Unidos da América). Os testes iniciavam com salto contra movimento e, em seguida, 3 repetições de agachamento realizado a 90% de 1RM e com 5 minutos de descanso. Os autores não observaram PPA em sua amostra e afirmam que a mesma parece estar ligada a individualidade biológica.

Em outro estudo com voluntários de ambos os sexos na amostra, Chochrane *et al.* [33] afirmam que o aumento da temperatura intramuscular pode influenciar no aumento da potência, independente do sexo. O estudo foi realizado com 6 homens e 6 mulheres e teve como objetivo averiguar se as contrações musculares e os reflexos patelares são potencializados simultaneamente após a execução de diferentes exercícios, a saber, agachamento estático com e sem vibração corporal e ciclismo. Os autores afirmam que o aumento de temperatura induzido pelos exercícios provoca a PPA, e que o agachamento realizado com vibração corporal induz maior potencialização comparado aos outros dois protocolos.

No estudo de Mola *et al.* [34], o objetivo também foi determinar o melhor tempo de descanso para provocar PPA depois de um pico de exercício de resistência de alta intensidade em jogadores de futebol profissionais. Vinte e dois atletas jovens de futebol foram aleatorizados em grupo experimental e grupo controle. Os dois grupos executaram um aquecimento padrão e saltos contra movimento preliminares seguidos de 10 minutos de descanso. O grupo controle então executou um salto contra movimento por 15 segundos e tornou a realiza-los em 4, 8, 12, 16 e 20 minutos, enquanto o grupo experimental executou 3 RMs no agachamento e depois o mesmo protocolo de salto contra movimento que o grupo controle. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os grupos para picos de força no salto contra movimento ou na altura do salto. Além disso, não foi observado efeito no tempo para o pico de força ou na altura do salto durante os testes do grupo experimental. Mas alguns atletas responderam ao estímulo e mostraram diferentes perfis de PPA em 4, 12 e 16 minutos depois da contração de condicionamento e aqueles que não responderam não apresentaram diferenças. A série de 3 agachamentos de RM não foi suficiente para potencializar de forma aguda todos os participantes na execução do salto contra movimento. Esse resultado sugere que os profissionais de força e condicionamento precisam individualizar as janelas de recuperação e identificar atletas que respondem a PPA antes de submetê-los a uma complexa intervenção de treinamento [34].

Em relação ao desempenho de velocidade após um estímulo potencialmente indutor de PPA, o estudo de Chatzopoulos *et al.* [35], objetivou investigar se 15 jogadores jovens amadores de diversos esportes (futebol, basquete, voleibol e handebol) teriam um acréscimo na velocidade de corrida depois da realização de um exercício de estímulo forte de resistência (10 repetições de agachamento a 90% de 1 RM). Ao final do estudo, os autores puderam concluir que houve uma melhora na velocidade dos participantes. Por outro lado, Smith e Fry [36] realizaram um estudo que tinha como objetivo avaliar se 10 segundos de CVM (contrações voluntárias máximas) a 70% no vasto lateral seriam o suficiente para induzir a PPA em 11 homens ativos recreacionalmente. Para a avaliação, foram realizadas biópsias antes e depois do estímulo condicionante. Como resultado, não foi constatado diferença em relação a ganhos de força e velocidade, o que indica que não houve potencialização com esse tipo de protocolo. Os resultados discrepantes de Chatzopoulos *et al.* [35] e Smith e Fry [36] reforçam o alerta de que a PPA depende de diversas variáveis para que ocorra, inclusive do tipo de protocolo de exercício condicionante. Vale mencionar, contudo, que Esformes, Cameron e Bampouras [37] afirmam que tanto exercícios resistidos quanto pliométricos podem ser eficientes em induzir PPA.

Em adição, Esformes e Bampouras [38] realizaram outro estudo com 27 jogadores semiprofissionais de rugby que analisou o agachamento com 60-70° de profundidade (denominado pelos autores de agachamento paralelo), comparado ao agachamento realizado com aproximadamente 135° de flexão do joelho para descobrir se ambos causariam a potencialização e qual seria o mais eficiente. Os autores concluem que ambos os exercícios podem ocasionar a PPA, porém, o agachamento paralelo se mostrou mais eficiente para este objetivo na população estudada. Esse resultado é interessante, uma vez que lança luz sobre a variação da amplitude do agachamento e sua potencial influência na manifestação da PPA.

Ainda em relação ao exercício de agachamento, Nunes *et al.* [39] realizaram um estudo para investigar se o uso de resistência variada poderia ser uma boa estratégia para causar a PPA. Neste estudo foram recrutados 8 indivíduos que deveriam fazer o exercício agachamento com 85% de sobrecarga e em outro dia de treino, seriam anexadas correntes à barra, pois quando o indivíduo atingisse a maior amplitude concêntrica, as correntes levantariam e consequentemente haveria uma sobrecarga maior que 85%. A conclusão foi que houve PPA e que treinos com correntes seriam uma boa alternativa para quem deseja uma melhor resposta de potência muscular. Nessa mesma linha, Mina *et al.* [40] também conduziram um estudo em que o objetivo era averiguar se os indivíduos ganhariam potência caso realizassem um aquecimento com resistência variada. Nesse caso, 16 homens foram conduzidos a realizar o

agachamento na barra com *thera band* fixados as laterais da barra. O resultado encontrado foi um ganho de potência, pois, 13 dos 16 voluntários conseguiram levantar de 5% a 10% de carga a mais, fato que indica a possibilidade de emprego de resistência variável com o objetivo de estimular a ocorrência de PPA.

#### *PPA e estimulação elétrica*

Por fim, alguns autores analisaram os métodos que ocasionam a PPA através de estímulos elétricos. Baudry e Duchateau [26] publicaram um estudo onde tanto o mecanismo mecânico quanto o elétrico foram estudados. O objetivo foi investigar o efeito sobre a taxa de PPA através de contrações induzidas eletricamente (250 Hz) e também através de contrações voluntárias por aduções do polegar. Na conclusão, os autores afirmam que houve uma resposta positiva, isto é, houve potencialização, tanto quando estimulado eletricamente quanto mecanicamente. Os autores afirmam também que a potencialização continua entre 2 e 5 minutos depois do exercício, o que se torna interessante para atividades do dia a dia e pode auxiliar atletas de alto nível.

Requena *et al.* [32] em seu estudo feito com homens de 19 a 25 anos verificou diferentes picos de PPA através de estímulos mecânicos (extensão unilateral do joelho em cadeira dinamométrica) e elétricos (100 Hz) nos músculos extensores do joelho com diferentes intervalos de descanso. Ao final do estudo, os pesquisadores puderam constatar que houve potencialização quando o exercício de condicionamento foi realizado de forma máxima e que não houve potencialização quando o exercício de condicionamento foi realizado de forma submáxima. Em relação ao estímulo elétrico, pode-se constatar o ganho de potencialização, principalmente entre 3 e 10 minutos após o estímulo inicial.

Cheng e Rice [28] realizaram um estudo com 10 homens ativos com idade média de 24 anos com o objetivo de avaliar a PPA após a ação de um estímulo elétrico. O teste consistiu de duas sessões separadas nas quais o tríceps braquial e sóleo foram os músculos estimulados. Para cada sessão de teste, medições foram tomadas antes e depois do exercício e durante o período de recuperação em 1.5, 3 e 5 minutos após a fadiga. As avaliações incluíram picos isométricos de contração voluntária máxima e eletricamente induzida a 50 Hz. Como resultado, os autores observaram menor potencialização no sóleo comparado ao tríceps braquial. Segundo os autores, isso pode ser explicado pela redução de resistência a fadiga no músculo tríceps comparado ao sóleo.

#### *Aplicações práticas*

A partir da análise dos estudos citados, pode-se averiguar a possibilidade de que haja uma melhora de rendimento em treinos de potência quando realizados após um aquecimento usando exercícios de força (alta intensidade e baixo volume) ou pliométricos, que caracterizaria a PPA. Vale ressaltar, também, que até mesmo exercícios de alongamento (estático ou dinâmico) podem desencadear o fenômeno da PPA e refletirem em aumento de potência no desempenho do salto vertical [41]. Porém deve-se ter cuidado com as escolhas dos exercícios, a intensidade, volume e intervalo de recuperação, pois, feitas erroneamente, podem desencadear alguns mecanismos de fadiga e isso atrapalharia na obtenção dos resultados benéficos da PPA. É de extrema necessidade manipular corretamente as variáveis de treino, como os intervalos de descanso, pois os estudos mostram que este fenômeno ocorre predominantemente com intervalos que variam de 3 a 12 minutos. As variáveis ligadas a fatores intrínsecos ao indivíduo também devem ser consideradas com o propósito de se alcançar a PPA em diferentes populações.

Está descrito na literatura que uma execução de movimentos com cargas até 60% de 1RM com até 8 repetições podem desencadear a PPA, por conta da velocidade alta de execução e coordenação intramuscular, e que quando aumentamos a carga para cerca de 80% de 1RM, entre 1 e 5 series, e com repetições variando entre 3 e 5, pode-se desencadear a PPA, por conta de princípio do tamanho para o recrutamento de unidades motoras [42,43,44].

#### **Conclusão**

A PPA pode ser classificada como um fenômeno de existência real, desde que a manipulação adequada e intencional das variáveis intervenientes seja considerada. A

combinação ideal das variáveis de treinamento para indução da PPA não foi identificada, e isso se deve, provavelmente, à influência das características individuais que também interferem na PPA. A literatura ainda carece de esclarecimentos quanto aos mecanismos fisiológicos responsáveis por sua ocorrência, embora haja algumas teorias a esse respeito. Mais estudos devem ser realizados visando esclarecer melhor os mecanismos da PPA e as estratégias mais eficientes para a explorar.

## Referências

1. Marques ACDB. A indução da potencialização pós-ativação nos saltos: vertical e pliométrico. [TCC]. Rio Claro: Instituto de Biociências- Universidade Estadual Paulista; 2012.
2. 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.
3. Hazell T, Kenno K, Jacobi J. Functional benefit of power training for older adults. *J Aging Phys Act* 2007;15:349-59.
4. Nogueira W, Gentil P, Mello SNM, Oliveira RJ, Bezerra AJC, Bottaro M. Effects of power training on muscle thickness of older men. *Int J Sports Med* 2009;30:200-04.
5. Sale DG. Postactivation potentiation: role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev* 2002;30:138-43.
6. Jo E, Judelson DA, Brown LE, Coburn JW, Dabbs NC. On muscular power in recreationally trained individuals. *J Strength Cond Res* 2010;24:343-47.
7. Drinkwater EJ, Lane T, Cannon J. Effect of an acute bout of plyometric exercise on neuromuscular fatigue and recovery in recreational athletes. *J Strength Cond Res* 2009;23:1181-6.
8. Hodgson M, Docherty D, Robbins D. Post-activation potentiation. *Sports Med* 2005;35:585-95.
9. Villarreal ES, Kellis E, Kraemer WJ, Izquierdo M. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *J Strength Cond Res* 2009;23:495-506.
10. Tillin NA, Bishop D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Med* 2009;39:147-66.
11. Scott SL, Docherty D. Acute effects of heavy preloading on vertical and horizontal jump performance. *J Strength Cond Res* 2004;18:201-15.
12. Batista MAB, Roschel H, Barroso R, Ugrinowitsch C, Tricoli V. Potencialização Pós-Ativação: possíveis mecanismos fisiológicos e sua aplicação no aquecimento de atletas de modalidades de potência. *Revista da Educação Física* 2010;21:161-74.
13. Tsolakis C, Bogdanis GC, Nikolaou A, Zacharogiannis E. Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. *J Sports Sci Med* 2011;10:577-83.
14. Sygulla KS, Fountaine CJ. Acute post-activation potentiation effects in NCAA division II female athletes. *Int J Exerc Sci* 2014;7:212-9.
15. Hodgson MJ, Docherty D, Zehr EP. Postactivation potentiation of force is independent of h-reflex excitability. *Int J Sports Physiol Perform* 2008;3:219-31.
16. Rassier DE, Macintosh BR. Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Braz J Med Biol Res* 2000;33:499-508.
17. Brandenburg JP. 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* 2005;19:427-32.
18. Rixon KP, Lamont HS, Bembem MG. Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *J Strength Cond Res* 2007;21:500-5.
19. Docherty D, Hodgson MJ. The application of postactivation potentiation to elite sport. *Int J Sports Physiol Perform* 2007;2:439-44.
20. Batista MAB, Coutinho JPA, Barroso R, Tricoli V. Potencialização: a influência da contração muscular prévia no desempenho da força rápida. *Rev Bras Ciênc Mov* 2003; 11:7-12.

21. Palmieri RM, Ingersoll CD, Hoffman MA. The Hoffmann reflex: methodologic considerations and applications for use in sports medicine and athletic training research. *J Athl Train* 2004;39:268-77.
22. Lieber R, Fridén J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve* 2000;23:1647-66.
23. Mahlfeld K, Franke J, Awiszus F. Postcontraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. *Muscle Nerve* 2004;29:597-600.
24. Andersen LL, Aagaard P. Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *Eur J Appl Physiol* 2005;96:46-52.
25. Chiu LZ, Fry AC, Weiss LW, Schilling BK, Brown LE, Smith SL. Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *J Strength Cond Res* 2003;17:671-77.
26. Baudry S, Duchateau J. Post activation potentiation in a human muscle: effect on the rate of torque development of tetanic and voluntary isometric contractions. *J Appl Physiol* 2007;102:1394-401.
27. Kilduff LP, Bevan HR, Kingsley MIC, Owen NJ, Bennett MA, Bunce PJ, et al. Postactivation potentiation in professional rugby players: optimal recovery. *J Strength Cond Res* 2007;21:1134-38.
28. Cheng AJ, Rice CL. Fatigue-induced reductions of torque and shortening velocity are muscle-dependent. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:1651-59.
29. Jensen RL, Ebben WP. Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2003;17:345-49.
30. Güllich Arne, Schmidtbleicher D. MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Stud Athlet* 1996;11:67-84.
31. Hamada T, Sale DG, MacDougall JD, Tarnopolsky MA. Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol* 2000;88:2131-37.
32. Requena B, Gapeyeva H, García I, Erelina J, Pääsuke M. Twitch potentiation after voluntary versus electrically induced isometric contractions in human knee extensor muscles. *Eur J Appl Physiol* 2008;104:463-72.
33. Cochrane DJ, Stannard SR, Firth EC, Rittweger J. Acute whole-body vibration elicits post-activation potentiation. *Eur J Appl Physiol* 2010;108:311-19.
34. Mola JN, Bruce-Low SS, Burnet SJ. Optimal recovery time for postactivation potentiation professional soccer players. *J Strength Cond Res* 2014;28:1529-37.
35. Chatzopoulos DE, Micalidis CJ, Giannakos AK, Alexiou KC, Patikas DA, Antonopoulos CB, et al. Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *J Strength Cond Res* 2007;21:1278-81.
36. Smith JC, Fry AC. Effects of a ten-second maximum voluntary contraction on regulatory myosin light-chain phosphorylation and dynamic performance measures. *J Strength Cond Res* 2007;21:73-6.
37. Esformes JI, Cameron N, Bampouras TM. Postactivation potentiation following different modes of exercise. *J Strength Cond Res* 2010;24:1911-6.
38. Esformes JI, Bampouras TM. Effect of back squat depth on lower-body postactivation potentiation. *J Strength Cond Res* 2013;27:2997-3000.
39. Nunes J, Rosa SM, Del Vecchio FB. Treinamento de força com uso de correntes e potencialização pós-ativação do salto vertical. *Rev Bras Cienc Esporte* 2012;34: 1017-33.
40. Mina MA, Blazevich AJ, Giakas G, Kay AD. Influence of variable resistance loading on subsequent free weight maximal back squat performance. *J Strength Cond Res* 2014;28:2988-95.
41. Hough PA, Ross EZ, Howatson G. Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. *J Strength Cond Res* 2009;23:507-12.
42. Verkhoshanski YV. Força: Treinamento da Potência Muscular. 1a ed. Londrina: Centro de Informações Desportivas; 1996. p.39-41.
43. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing maximal neuromuscular power: training considerations for improving maximal power production. *Sports Med* 2011;41(2):125-46.
44. Hughes S, Gossen ER, Sale DG. Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. *Can J Appl Physiol* 2001;26:486.