

UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS - UNIEVANGÉLICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MOVIMENTO HUMANO E
REABILITAÇÃO- PPGMHR

**ESTRATÉGIA DE POTENCIALIZAÇÃO DA SAÚDE E O DESEMPENHO DE
FORÇA: UM ESTUDO SOBRE OS EFEITOS DAS MIOCINAS E UM
EXPERIMENTO DE POTENCIALIZAÇÃO DO RENDIMENTO FÍSICO**

SILVIO ROBERTO BARSANULFO JUNIOR

Anápolis, GO

2023

UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS - UNIEVANGÉLICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MOVIMENTO HUMANO E
REABILITAÇÃO- PPGMHR

SILVIO ROBERTO BARSANULFO JUNIOR

**ESTRATÉGIA DE POTENCIALIZAÇÃO DA SAÚDE E O DESEMPENHO DE
FORÇA: UM ESTUDO SOBRE OS EFEITOS DAS MIOCINAS E UM
EXPERIMENTO DE POTENCIALIZAÇÃO DO RENDIMENTO FÍSICO**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Movimento Humano e Reabilitação da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA para qualificação no Mestrado em Movimento Humano e Reabilitação.

Orientador: Dr. Alberto Souza de Sá Filho

Coorientador: Dr. Marcelo Magalhães Sales

Anápolis, GO

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

B282

Barsanulfo Junior, Silvio Roberto.

Estratégia de potencialização da saúde e o desempenho de força: um estudo sobre os efeitos da miocinas e um experimento de potencialização do rendimento físico / Silvio Roberto Barsanulfo Junior - Anápolis: Universidade Evangélica de Goiás, 2023.

31 p.; il.

Orientador: Prof^o. Dr. Alberto Souza de Sá Filho.

Coorientador: Prof^o. Dr. Marcelo Magalhães Sales.

Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Movimento Humano e Reabilitação - Universidade Evangélica de Goiás, 2023.

1. Treinamento Resistido 2. Força 3. Condicionamento 4. Resistência Muscular I. Sá Filho, Alberto Souza de. II. Sales, Marcelo Magalhães. III. Título

CDU 615.8

Catálogo na Fonte
Elaborado por Hellen Lisboa de Souza CRB1/1570

FOLHA DE APROVAÇÃO

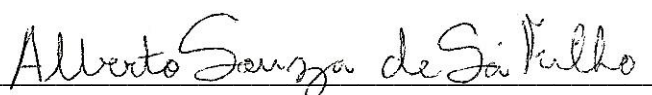
ESTRATÉGIA DE POTENCIALIZAÇÃO DA SAÚDE E O DESEMPENHO DE FORÇA: UM ESTUDO SOBRE OS EFEITOS DAS MIOCINAS E UM EXPERIMENTO DE POTENCIALIZAÇÃO DO RENDIMENTO FÍSICO

SILVIO ROBERTO BARSANULFO JUNIOR

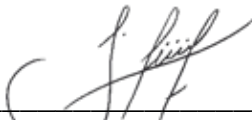
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Movimento Humano e Reabilitação -PPGMHR da Universidade Evangélica de Goiás - UniEVANGÉLICA como requisito parcial à obtenção do grau de MESTRE.

Aprovado em 24 de março de 2023.

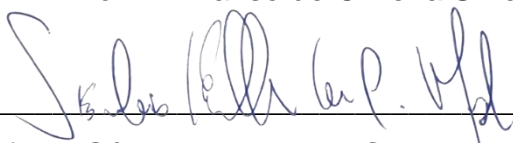
Banca examinadora



Prof. Dr. Alberto Souza de Sá Filho



Prof. Dr. Iransé de Oliveira Silva



Prof. Dr. Sérgio Eduardo de Carvalho Machado

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das características dos voluntários.....	18
Figura 1 - Volume de treino em cinco condições experimentais.....	19
Tabela 2- Números de RM em cada série no supino para cada condição experimental.....	18
Figura 2- Percentual de mudança no volume de treino em diferentes condições experimentais	20
Figura 3- Percentual de mudança no volume de treino em relação aos níveis de força relativos.....	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- 1RM – 1 Repetição máxima;
- SR- Supino reto;
- IR- Intervalo de recuperação;
- VT- Volume de treino;
- PAP- Potencialização pós ativação;
- CC- Condição condicionante;
- AP- Atividade principal

SUMÁRIO

ARTIGO 1- Efeito da pré-ativação em diferentes intervalos de repouso sobre o desempenho de repetições máximas (RM) entre grupos com diferentes níveis de força muscular	08
INTRODUÇÃO.....	09
MÉTODOS.....	10
<i>Abordagem experimental.....</i>	<i>11</i>
<i>Participantes.....</i>	<i>11</i>
Procedimentos experimentais.....	12
<i>Teste de 1 RM.....</i>	<i>12</i>
<i>Exercício supino.....</i>	<i>12</i>
Análise estatística.....	13
RESULTADOS.....	13
DISCUSSÃO.....	16
APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	20
CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS.....	22
ARTIGO 2- Miocinas: Uma Conversa Entre Produção de Lactato, Exercício e Saúde Mental.....	25
REFERÊNCIAS.....	30
ARTIGO ANEXO.....	31

A presente Dissertação será apresentada no formato de artigos. O estudo I, intitulado “Efeito Agudo de Diferentes Intervalos de Repouso Entre a Pré-Ativação e o Desempenho em Supino em Homens Treinados Recreativamente.” foi submetido no periódico internacional Journal of Strength and Conditioning Research e o estudo II, intitulado “Miocinas: Uma Conversa Entre Produção de Lactato, Exercício e Saúde Mental” foi aceito no periódico internacional CNS Neurological Disorder Drug and Target. O estudo III, intitulado “Comparison between nonperiodized resistance training and nonlinear periodization on muscular peak power in Brazilian soccer players” foi publicado no periódico nacional Manual Therapy Posturology & Rehabilitation (disponível em ANEXO).

ARTIGO 1

EFEITO AGUDO DE DIFERENTES INTERVALOS DE REPOUSO ENTRE A PRÉ-ATIVAÇÃO E O DESEMPENHO EM SUPINO EM HOMENS TREINADOS RECREATIVAMENTE.

RESUMO

Introdução: O PPA como estratégia para otimizar a realização de exercícios básicos, como o supino, em não atletas. Com ajustes nos intervalos entre as séries. **Objetivos:** O objetivo deste estudo foi investigar o efeito da pré-ativação sobre a resistência à força no supino (SR). **Métodos:** Em quatro das sessões, foi utilizada uma série com um conjunto de 1 RM previamente determinado como forma de pré-ativação. Essas quatro sessões diferiram apenas no intervalo de duração entre a pré-ativação (1x1 R M) e a atividade-alvo (3x R M s com 85% de 1 R M). Os intervalos de duração foram de 5, 10, 15 e 20 minutos. Uma das cinco sessões foi utilizada como controle em que nenhuma atividade precedeu a realização da variável dependente. Para os intervalos de controle, 5, 10, 15 e 20 minutos, respectivamente, os resultados de RM do primeiro conjunto foram $7,6 \pm 1,8$; $8,2 \pm 2,0$; $8,9 \pm 2,3$; $7,5 \pm 1,8$; $7,1 \pm 1,7$, e o volume de treinamento (TV) foi de $1751,6 \pm 412,7$; $1848,5 \pm 444,9$; $2030,1 \pm 485,1$; $1725,3 \pm 516,5$; $1606,8 \pm 447,0$. Houve aumento do VT no intervalo de 10 minutos em relação aos intervalos controle, de 15 e 20 minutos. O desempenho foi melhorado no intervalo de 10 minutos em comparação com os intervalos de controle, 15 e 20 minutos na primeira série; os intervalos de 15 e 20 minutos no segundo set; e o controle, intervalos de 15 e 20 minutos no terceiro set. **Conclusões:** Os resultados demonstraram um aumento da resistência à resistência. O intervalo de 10 minutos entre a pré-ativação e a variável dependente foi a melhor estratégia para aumentar o rendimento da PA.

Palavras-chave: Treinamento Resistido, Força, Condicionamento, Resistência Muscular

INTRODUÇÃO

Realizar exercícios de aquecimento antes de participar de um esporte ou atividade recreativa é uma prática comum em centros de treinamento. Os objetivos desses exercícios são aumentar o rendimento e supostamente prevenir lesões, preparando o corpo para a tarefa subsequente. Em geral, a intensidade do aquecimento é uma característica submáxima [1]. No entanto, vários estudos têm verificado o efeito da pré-ativação com cargas máximas sobre o desempenho [2-11]. Esse tipo de estratégia baseia-se no aprimoramento do desempenho de força após uma contração condicionante de alta intensidade (CC) conhecida como potenciação pós-ativação (PAP) [12-14].

Alguns estudos investigaram o efeito agudo do CC sobre o desempenho da parte superior do corpo encontrando melhora [3,4,15] ou ausência de alteração do rendimento. Vários autores têm estudado o efeito da pré-ativação sobre o desempenho de potência [12,14,16,17], taxa de desenvolvimento de força [2], corrida [17,18], contrações rápidas e curtas [8,19] e resistência [20,21]. Muitos desses estudos avaliaram o aumento do rendimento pós-ativação da parte inferior do corpo [1,9,22,23]. Os resultados desses estudos são controversos devido às diferentes estratégias metodológicas utilizadas. Três variáveis parecem influenciar diretamente a resposta à PAP: 1- o tipo, volume e intensidade do CC; 2- o intervalo de repouso entre o CC e a atividade-principal (AP) (ou seja, o exercício a ser melhorado); e 3- o tipo, volume e intensidade da AP. Outros fatores que afetam as respostas ao PAP são o nível de treinamento do indivíduo, o nível de força, a idade e o sexo.

O principal mecanismo fisiológico proposto para explicar a PAP tem sido a fosforilação da cadeia leve reguladora da miosina que resulta da ativação da quinase de cadeia leve da miosina em uma reação dependente da formação do complexo Ca^{2+} - Calmodulina [24-26]. A fosforilação da cadeia leve da miosina torna as proteínas contráteis mais sensíveis à ativação do Ca^{2+} mioplasmático, causando um desvio da curva de relação força- pCa^{2+} para a esquerda e, assim, permitindo maior produção de força durante esse período de diminuição dos níveis de Ca^{2+} [23,27]. Este aumento de força pós-ativação levanta a hipótese de que o

PAP desempenha um papel na resistência da força. No entanto, poucos estudos avaliaram essa qualidade física.

Dentre as variáveis que podem interferir diretamente nas respostas ao PAP, o IR parece ser decisivo. Desde então, estudos sugerem que a resposta do PAP pode diferir em diferentes IR. Assim, mesmo que um determinado CC seja do tipo, volume e intensidade adequados, capazes de induzir um aumento no desempenho do AM, seus efeitos podem não se manifestar devido ao IR. Por outro lado, embora saibamos um pouco sobre a relação entre o nível de força [31], pode haver diferenças significativas entre o tempo de intervalo necessário para fortalecer membros inferiores ou membros superiores, o que merece investigação. Portanto, o objetivo deste estudo foi comparar o efeito da pré-ativação em diferentes IR's sobre o desempenho de repetições máximas (RM) no supino reto (BP), entre grupos com diferentes níveis de força muscular (baixa força x alta força grupo). Acreditamos que os grupos apresentaram diferentes respostas de potencialização entre os diferentes IR's.

MÉTODOS

O presente estudo tomou como referência os pressupostos descritos pelo International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) e respeitou todos os itens propostos nas diretrizes do "CONSORT".

Participantes

O estudo incluiu 30 voluntários saudáveis do sexo masculino com um mínimo de 2 anos de experiência em treinamento de força, que realizaram exercícios de SR no mínimo duas vezes por semana. Os critérios de exclusão consistiram na presença de qualquer lesão, alergia, cirurgia nas articulações envolvidas no estudo, uso de suplementos e esteroides anabolizantes ou quaisquer outras drogas que pudessem interferir nos resultados dos testes. A descrição dos sujeitos é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Características descritivas dos voluntários (n = 30).

Variáveis	DP ± médio
Idade (anos)	25,0 ± 5,8
Massa (kg)	78,5 ± 11,2
Altura (cm)	174,8 ± 8,8
Gordura corporal (%)	16,1 ± 5,0
Massa corporal magra (kg)	65,6 ± 7,8
Supino 1 RM (kg)	113,8 ± 19,6

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Pesquisa da Universidade Evangélica de Goiás (nº 5.466.875).

Protocolo Experimental

Após três sessões iniciais de familiarização, foram concluídas cinco sessões experimentais nas quais os sujeitos executaram três séries de RM com 85% de 1 RM como AT. Em quatro sessões, um conjunto de 1 RM (previamente determinado) foi realizado como CC, precedendo os três conjuntos de RMs, diferindo apenas na duração entre o CC e o AP, que foi de 5, 10, 15 ou 20 minutos. Uma quinta sessão em que o CC não foi realizado serviu de controle. Todas as sessões foram realizadas em ordem aleatória e separadas por intervalos de 72 a 96 horas. Durante o tratamento experimental, foram utilizados os mesmos procedimentos e controles de segurança que os testes de 1 RM. Durante a sessão experimental, nenhuma atividade prévia foi realizada antes do CCU. Da mesma forma, no controle, nenhum aquecimento foi realizado antes do AP.

Teste de 1 RM

Para diminuir os efeitos de aprendizagem, foram realizados três testes de 1 RM; dois foram realizados para familiarização, a fim de estabelecer a carga de trabalho máxima para o SR. Os testes foram separados por um intervalo mínimo de 72 horas e um intervalo máximo de 96 horas. Os indivíduos mantiveram sua rotina de treinamento, mas evitaram treinar ou exercitar especificamente os músculos

envolvidos no SR (peitoral maior, deltoide anterior e tríceps) nas 48 horas anteriores ao teste. Uma atividade de aquecimento precedeu os 50% de 1 RM estimados pelo indivíduo. É importante ressaltar que o aquecimento específico foi utilizado apenas para o teste de 1 RM. Devido à interferência que os exercícios de flexibilidade podem desempenhar no desempenho de força, nenhum alongamento foi feito antes do teste (29). Para estabelecer a máxima resistência dinâmica, os procedimentos recomendados por Kraemer et al. (23) foram utilizados no protocolo. Visando maior acurácia no estabelecimento da carga mobilizada, a massa de todas as placas e barras utilizadas durante o estudo foi previamente medida em escala de Filizola® (Brasil) com precisão de 0,1 kg.

Exercício de supino

O participante foi instruído a posicionar-se no banco em decúbito dorsal com os pés no chão. O supino foi realizado com barra de 180 cm. Dois investigadores foram posicionados em ambos os lados da bancada e responsáveis por tirar a barra do suporte e iniciar o teste. A barra foi recebida com os cotovelos estendidos. O voluntário então iniciou o exercício, realizando a fase de extensão do movimento até que a flexão do cotovelo atingisse um ponto em que os braços estivessem paralelos ao solo. A partir daí, o sujeito retornou à sua posição inicial e, em seguida, uma repetição foi registrada. Um terceiro investigador foi responsável por garantir que o voluntário estava realizando a extensão horizontal do ombro dentro da faixa estabelecida.

Ao sinal de fadiga concêntrica, os investigadores intercederam, devolvendo a barra ao suporte. Só foi considerada uma repetição completa se o movimento fosse realizado de forma contínua. A ocorrência de 3 segundos de isometria invalidou a repetição.

Análise estatística

A normalidade e a homogeneidade da variância foram testadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Como os dados apresentaram distribuição gaussiana, eles foram expressos como média \pm desvio padrão (DP). Para comparar o número de RM realizadas por conjunto nas condições experimentais, foi realizada ANOVA para medidas repetidas. A ANOVA para

medidas repetidas também foi utilizada para determinar as diferenças nos volumes de carga de trabalho realizados ao final de cada condição, que foi calculada como a soma da RM realizada ao final dos três conjuntos multiplicada pela carga referente a 85% de 1 RM. Além disso, a ANOVA para medidas repetidas foi utilizada para determinar as diferenças na variação percentual (%) da potenciação.

Para verificar a influência dos níveis de força na potencialização, os sujeitos foram divididos em dois grupos: primeiro pela força absoluta e segundo pela força em relação à massa corporal. Para cada grupo, os sujeitos foram divididos por tercils, e o segundo tercil foi descartado das análises. O grupo denominado baixa força (Baixa; $n = 10$) foi composto por indivíduos do primeiro tercil, e o grupo denominado alta força (Alta; $n = 10$) foi composto por sujeitos do terceiro tercil. ANOVA (2 x 5, nível de força x condição experimental) para medidas repetidas foi realizada para verificar a influência dos níveis de força nas diferenças no volume de carga de trabalho. Para determinar se os níveis de força influenciaram a magnitude da potencialização, foi realizada ANOVA (2 x 4, nível de força x condição experimental) para medidas repetidas. Essas duas análises foram realizadas quanto à força absoluta e relativa. Para comparar as diferenças encontradas em todas as análises, foi utilizado o teste post hoc de Bonferroni. Adotou-se um nível de significância de $p \leq 0,05$. Todos os dados foram analisados no programa SPSS versão 22.0.

RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta o número de RM realizadas nas 3 séries para cada condição. O IR de 5 e 10 min possibilitou o desempenho de um número significativamente maior de RM do que a condição de controle ($p = 0,007$). A Figura 1 demonstra que o IR de 10 minutos realizou uma VT significativamente maior que o controle (2030,13 kg \pm 485,10 vs. 1751,58kg \pm 412,72; $p = 0,009$; respectivamente).

Tabela 2 – Número de RM nos conjuntos no supino para cada condição experimental. Os valores são relatados como média ± DP.

Condição	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3
Controle	7,6 ± 1,8	6.1 ± 1.6	4.3 ± 1.1
5 minutos	8,2 ± 2,0*	6,3 ± 1,8*	4,5 ± 1,5
10 minutos	8,9 ± 2,3*	6,8 ± 1,9*	5.2 ± 1.3*
15 minutos	7,5 ± 1,8	5,6 ± 1,9	4,6 ± 1,9
20 minutos	7.1 ± 1.7	5,5 ± 1,7	4,0 ± 1,8

* diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

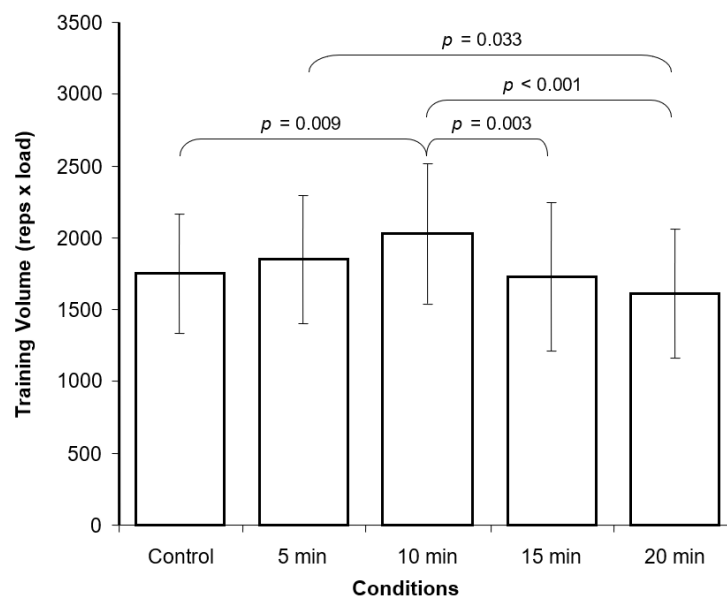


Figura 1 – volume de treinamento (soma das repetições nas três séries x carga de trabalho) em cinco condições experimentais. Os valores são reportados como média ± desvio padrão.

A Figura 2 demonstra que as mudanças percentuais positivas ocorreram apenas nos IR de 5 e 10 minutos, com diferença não significativa entre eles, embora marginais ($p = 0,074$). Por outro lado, o IR de 20 minutos produziu uma diminuição no desempenho, enquanto o IR de 15 minutos não produziu mudanças na potenciação.

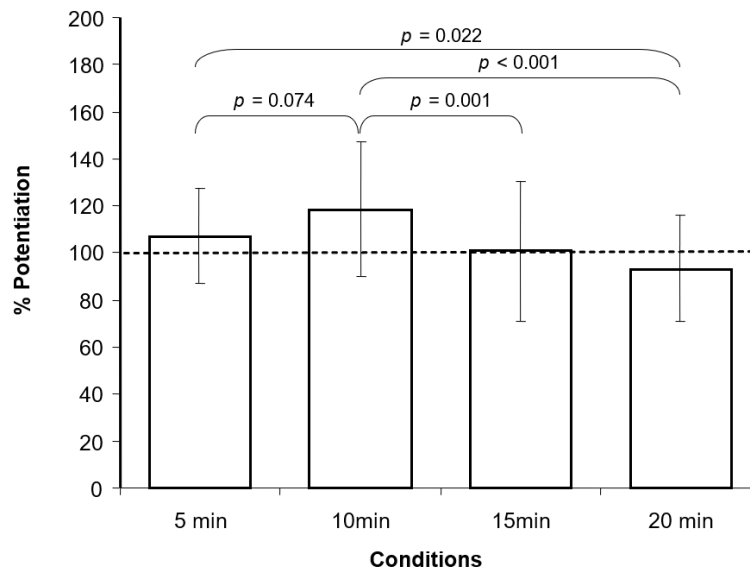


Figura 2 – Variação percentual do volume de treinamento nas diferentes condições experimentais. Os valores são relatados como média \pm desvio padrão.

O grupo de baixa força foi estatisticamente diferente do grupo de alta força quando comparado a força absoluta ($96,18 \pm 6,89$ kg vs. $132,92 \pm 20,52$ kg; $p < 0,001$) e força relativa ($1,24 \pm 0,11$ vs. $1,69 \pm 0,14$; $p < 0,001$). Não houve interação entre o nível de força relativa e as condições experimentais em relação ao VC ($F_{4,72} = 0,1944$; $p = 0,94$) e % de variação na potenciação ($F_{3,54} = 0,8087$; $p = 0,97$). Da mesma forma, não houve interação entre o nível de força absoluta e as condições experimentais em termos de VT ($F_{4,72} = 0,6808$; $p = 0,60$) ou % de variação na potenciação ($F_{3,54} = 0,2241$; $p = 0,87$). Para cada condição experimental, os níveis de força foram comparados em pares e separadamente para as variáveis dependentes VT e % de mudança na potenciação. A Figura 3 demonstra que a variação percentual na potenciação na condição de 5 min do grupo de baixa força mostrou uma diferença não significativa, embora marginal, em relação ao grupo de alta força ($120,61 \pm 16,74\%$ vs. $104,92 \pm 17,90\%$; $p = 0,058$; respectivamente).

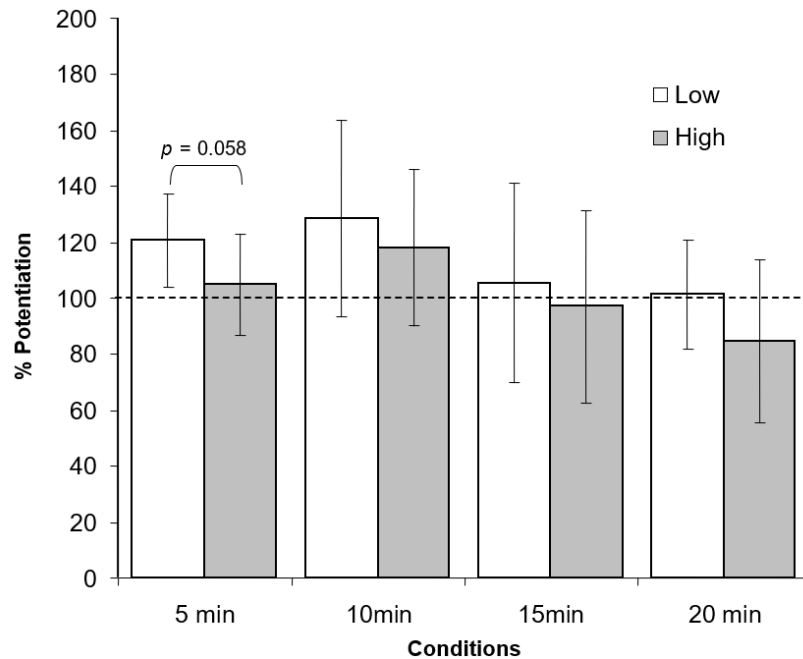


Figura 3 – Variação percentual da TV em relação ao nível de força relativa (carga levantada dividida pela massa corporal). Os valores são relatados como média \pm desvio padrão.

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito agudo da pré-ativação em diferentes IR entre o CC e a AP sobre o desempenho da RM no SR. A hipótese principal foi aceita. Com base em comparações, o CC anterior no IR de 5 e 10 minutos melhorou o desempenho em comparação com o controle, 15 e 20 minutos. Além disso, houve um aumento significativo no número de RM nas duas primeiras séries de PA para IR de 5 e 10 minutos, com apenas o intervalo de 10 minutos aumentando o desempenho até a última série realizada.

Os estudos que verificaram o aprimoramento do desempenho tiveram como objetivo avaliar a manifestação da PAP na contração contrátil (16, 18-20), potência (13, 16) e taxa de desenvolvimento de força (RFD) (4). Esses estudos tentaram estabelecer o melhor método capaz de produzir PAP e determinar o IR entre a pré-ativação e o exercício alvo no qual a PAP se manifestava ou se dissipava (12, 20, 27, 33). Os resultados do presente estudo contrastam com os achados e metodologias de outros estudos com SR. Especificamente, alguns autores avaliaram os efeitos da pré-ativação no desempenho do SR (3, 11, 14). No entanto,

em um desses estudos incluiu a resistência muscular (resistência) como variável dependente. Por exemplo, Requena et al. (28) realizou um estudo, que avaliou diferentes tipos de contração e IR na potência média e no desenvolvimento da potência máxima utilizando o SR e uma máquina que permitia apenas o movimento vertical. Os resultados não demonstraram diferença estatisticamente significativa entre os diferentes protocolos, no entanto, houve um aumento da força explosiva diante de um IR de 8 min entre o CC e o AP, com um tétano de 7 seg de duração (pulso de 0,3 s a 100 Hz). Talvez o pequeno número de sujeitos (12 homens com 4 a 10 anos de experiência em treinamento de força) e a alta variabilidade entre eles mascararam os resultados. No entanto, corrobora parcialmente nossos achados (5-10 min IR). Brandemburgo (11) avaliou o efeito de diferentes cargas (50%, 75% e 100% de 5 RM s) sobre o lançamento do SR com um IR fixo de 4 min entre a pré-ativação e a AP; não foi observada melhora no rendimento. Outro estudo verificou o efeito de 5 RM com um IR fixo de 3 min entre o CC e a AP sobre a taxa de desenvolvimento de força (21) não foi encontrada melhora no rendimento.

Também é interessante notar em nosso estudo que o primeiro conjunto produziu uma tendência a um maior número de repetições no IR de 10 minutos em comparação com o de 5 minutos, que só foi estatisticamente maior do que o IR controle, 15 e 20 minutos. Quando comparamos os aparelhos separadamente, obtivemos resultados de VT diferentes. Algumas das séries não apresentaram diferenças significativas com o IR de 10 minutos. Isso talvez se deva ao fato de que a soma das três séries, que foram próximas de significativamente diferentes se separadas, produziu um rendimento aumentado, maximizando a diferença significativa gerada em IR de 10 minutos versus o controle, 15 e 20 minutos, mas não entre os intervalos de 10 e 5 minutos de repouso. É importante ressaltar, no entanto, que houve alta variabilidade entre os sujeitos em termos de suas respostas à pré-ativação. Alguns voluntários apresentaram melhor rendimento no controle do IR de 5, 15 e 20 min (respondedores), o que implica que treinadores e professores devem testar seus atletas para identificar não apenas o IR adequado, mas também o tipo de pré-ativação e atividade-alvo que apresentam as melhores respostas para cada indivíduo.

Neste estudo, o grupo que descansou por 10 min apresentou PAP, o que

sugere que, diante do IR longo entre o CC e o AP, seus resultados podem ser diferentes. Isso implica que, em relação à coexistência de fadiga e potencialização (25), em até 20 min os efeitos da potencialização aumentam em menor magnitude ou são ofuscados pelos efeitos da fadiga, pois o IR de 20 min teve um desempenho pior (não estatisticamente significativo) que o controle.

Gilbert e Lees (16) observaram melhores respostas com 20 min pós-ativação. Tais diferenças poderiam ser explicadas pelo tipo de pré-ativação utilizada (5 séries de 1 RM) e um volume maior que o do presente estudo (1 série de 1 RM). Parece que a escolha de cada variável, IR, AP, e o tipo de AP é o fator definidor dos resultados da PAP (3, 12, 16). Cada um deles é importante ao escolher qual variável usar, sugerindo que uma combinação dos três fatores pode produzir melhores resultados. Ressalta-se que a potencialização pós-ativação pode se manifestar na forma de força, potência e resistência de força e que diferentes estímulos pré-ativação e intervalos de recuperação podem se manifestar de forma diferente em relação às medidas de potencialização investigadas.

Alguns estudos avaliaram se o nível de força absoluta (6) ou o nível de treinamento (12) dos sujeitos também influenciam o PAP. Gourgoulis et al. (18) verificou que, embora o grupo mais forte (baseado na força absoluta) tenha apresentado resultados superiores, embora os resultados não tenham sido estatisticamente significativos. Duthie et al. (13) implementou uma estratégia diferente para dividir os grupos experimentais, os sujeitos que praticavam esportes, por exemplo, jogadores profissionais de futebol ou triatletas, foram considerados atletas, enquanto aqueles que não praticavam esportes foram considerados não atletas. Ao comparar atletas e não atletas, foram identificadas diferenças significativas que não apareceram antes da divisão. No presente estudo, não foram observadas diferenças quando os sujeitos foram separados por nível de força, embora tenha sido utilizado o nível de força relativa. Os achados em relação à força relativa coincidem com os achados de Gossen e Sale (17), nos quais a divisão dos voluntários pelo nível absoluto de força não revelou diferenças significativas entre os grupos. Em nosso estudo, o fenômeno PAP foi visualizado para o grupo com menor desempenho de força somente após 5 min de intervalo de repouso, contradizendo as observações de Gourgoulis et al. (18). Por outro lado, é importante destacar que Gourgoulis et al. (18) investigaram os efeitos de diferentes

intervalos de recuperação da PAP sobre a potência muscular e não a resistência à força, como no presente estudo. Sugerindo que cada manifestação do desempenho muscular pode ser influenciada pelo tipo de estímulo e IR.

O presente estudo não investigou os mecanismos fisiológicos que pudessem explicar os resultados; no entanto, outros estudos nos permitem levantar algumas hipóteses. Alguns estudos (1, 10, 24, 30) têm sugerido que o principal mecanismo da PAP é a fosforilação da cadeia leve que regula a cabeça da miosina, o que causa alterações na relação força- pCa^{2+} . Isso pode descrever as mudanças que tornam as proteínas contráteis mais ou menos sensíveis às concentrações mioplasmáticas de cálcio. Portanto, um desvio para a esquerda demonstra um aumento da sensibilidade ao cálcio, e um desvio para a direita demonstra uma diminuição. Portanto, para qualquer concentração de cálcio, pode ocorrer um aumento, diminuição ou nenhuma alteração da tensão produzida durante a contração muscular (25, 34). Aumentos transitórios de cálcio podem ativar a quinase de cadeia leve da miosina através da Ca^{2+} -calmodulina, levando à fosforilação da cadeia leve reguladora. Isso, por sua vez, diminui a interação da cabeça da miosina com o filamento espesso, causando uma separação na direção do filamento fino e aumentando a probabilidade de uma interação que facilitaria a formação do complexo actomiosina (34).

Em condições normais, a tensão produzida durante uma contração muscular é proporcional à concentração mioplasmática de Ca^{2+} (33). Conseqüentemente, os níveis de concentração mioplasmática de Ca^{2+} , em relação à tensão, promovem a produção de força. É possível que exista uma relação entre a concentração mioplasmática de Ca^{2+} e a capacidade do músculo de produzir força. Portanto, uma queda nos níveis de Ca^{2+} no mioplasma diminui a tensão produzida. A PAP parece ocorrer sob níveis diminuídos de concentração de Ca^{2+} (35, 36), levando à redução do consumo de energia com o reacúmulo e liberação de Ca^{2+} pelo retículo sarcoplasmático e a um atraso na fadiga nas contrações submáximas (36).

Outro mecanismo que tem sido sugerido parece ser devido a alterações no padrão de ativação neural, levando a um aumento no recrutamento de unidades motoras de maior limiar, ou seja, maior amplitude do reflexo H, melhorando assim o desempenho na atividade principal (5). Portanto, os possíveis eventos fisiológicos que podem estar envolvidos nos resultados do presente estudo são: (a) a

diminuição do consumo de energia (com a liberação e reacumulação de Ca^{2+} do mioplasma para o retículo sarcoplasmático) em relação à tensão necessária para suportar a contração pode ocorrer em níveis sub-ótimos de Ca^{2+} , levando a um atraso na fadiga; (b) devido a um desvio para a esquerda da relação força- pCa^{2+} , a tensão necessária para gerar um número específico de repetições pode ser mantida durante a fadiga. Isso significa que, mesmo com concentrações de Ca^{2+} abaixo do ideal, em função do processo de fadiga explicado anteriormente, possíveis mecanismos de potencialização podem permitir a manutenção da produção de força a longo prazo. Portanto, em qualquer uma das hipóteses acima mencionadas, ocorreria um aumento ou manutenção da força em níveis de Ca^{2+} abaixo do ideal, levando a uma melhora do rendimento.

Portanto, durante a coexistência de fadiga e PAP parece existir um tempo ótimo quando a magnitude da potencialização se sobrepõe à magnitude da fadiga (23). Parece também que esse tempo específico varia de acordo com o tipo de CC, o Ri entre o CC e a AP (o rendimento a ser potencializado) e o tipo de AT. No presente estudo, 1 RM aumentou significativamente o VT em 3 séries de RM com 85% de 1 RM no IR de 10 min em comparação com o IR controle, 15 e 20 minutos. Embora não tenha havido diferenças estatisticamente significantes entre o IR de 10 e 5 minutos, houve maior VT nos 10 minutos. Talvez o intervalo de 5 minutos estivesse a meio caminho entre o ponto ótimo e sub-ótimo de potencialização, superando a fadiga.

Aplicações Práticas

Um dos principais objetivos dos profissionais de educação física, treinadores e atletas amadores é utilizar estratégias que possam potencializar a força, de forma aguda ou contínua, de forma a melhorar a resposta a várias fases de treino. Este estudo mostrou que o desempenho de 1 RM antes da execução da PA pode aumentar a resistência à força, especialmente após 10 minutos de IR. Assim, se o objetivo da sessão de treinamento é aumentar a resistência da força, sugerimos a adoção de um intervalo de recuperação de 5 e 10 minutos. Além disso, embora este estudo tenha investigado apenas respostas agudas pré-ativação, assumimos que, aumentando a força agudamente, com mais treinamento, poderiam resultar em adaptações crônicas positivas a esse tipo de intervenção. No entanto, isso é apenas

uma hipótese, e uma investigação futura é necessária para esclarecer essas questões. Assim, os resultados deste estudo devem ser analisados com alguma cautela.

CONCLUSÕES

Concluimos que o efeito da pré-ativação sobre o desempenho de repetições máximas (RM) no supino reto (BP) foi significativamente superior para os tempos de 5 e 10 min, comparado a controle, 15 e 20 min. Além disso, houve um aumento significativo no número de RM nas duas primeiras séries de PA para IR de 5 e 10 minutos, com apenas o intervalo de 10 minutos aumentando o desempenho até a última série realizada. Por fim, o nível de condicionamento físico influenciou positivamente o fenômeno de potencialização para o grupo com menor desempenho de força somente após 5 min de intervalo.

REFERÊNCIAS

1. Alves RR, Viana RB, Silva MH, Guimarães TC, Vieira CA, Santos DAT e Gentil PRV. A potenciação pós-ativação melhora o desempenho em uma sessão de treinamento de resistência em homens treinados. *Força J Cond Res* 35: 3296-3299, 2021.
2. Augustsson J, Thomee R, Hornstedt P, Lindblom J, Karlsson J e Grimby G. Efeito do exercício pré-exaustão na ativação muscular dos membros inferiores durante um exercício de leg press. *J Força Cond Res* 17: 411-416, 2003.
3. Baker D. Efeito agudo da alternância de resistências pesadas e leves na saída de energia durante o treinamento de potência complexo da parte superior do corpo. *J Força Cond Res* 17: 493-497, 2003.
4. Bazett-Jones DM, Winchester JB e McBride JM. Efeito da potenciação e alongamento na força máxima, taxa de desenvolvimento da força e amplitude de movimento. *J Força Cond Res* 19: 421-426, 2005.
5. Bird SP, Tarpenning KM, e Marino FE. Conceber programas de treino de resistência para melhorar a aptidão muscular: uma revisão das variáveis agudas do programa. *Sports Med* 35: 841-851, 2005.
6. Blazeovich AJ e Babault N. Potencialização pós-ativação versus aprimoramento de desempenho pós-ativação em humanos: perspectiva histórica, mecanismos subjacentes e questões atuais. *Fisiol Frontal* 10: 1359, 2019.
7. Bodden D, Suchomel TJ, Lates A, Anagnost N, Moran MF e Taber CB. Efeitos agudos do supino balístico e não balístico no desempenho pliométrico de flexão. *Esportes (Basileia)* 7, 2019.
8. Borba DA, Ferreira-Júnior JB, Santos LA, Carmo MC e Coelho LG. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 19 : 129-138, 2017.
9. Buallosa D, Beato M, Dello Iacono A, Cuenca-Fernandez F, Doma K, Schumann M, Zagatto AM, Loturco I e Behm DG. Uma Nova Taxonomia para a Potenciação Pós-Ativação no Desporto. *Int J Sports Physiol Perform* 15: 1197-1200, 2020.
10. Buallosa D, Del Rosso S, Behm DG e Foster C. Potenciação pós-ativação (PAP) em esportes de resistência: uma revisão. *Eur J Sport Sci* 18: 595-610, 2018.
11. Brandemburgo JP. Os efeitos agudos do exercício resistido dinâmico prévio usando diferentes cargas no desempenho explosivo subsequente da parte superior do corpo em homens treinados em resistência. *J Força Cond Res* 19: 427-432, 2005.
12. Chiu LZ, Fry AC, Weiss LW, Schilling BK, Brown LE e Smith SL. *J Força Cond Res* 17: 671-677, 2003.
13. Duthie GM, Young WB e Aitken DA. Os efeitos agudos de cargas pesadas no desempenho do agachamento de salto: uma avaliação dos métodos

- complexos e contrastantes de desenvolvimento de potência. *J Força Cond Res* 16: 530-538, 2002.
14. Finlay MJ, Bridge CA, Greig M e Page RM. Aprimoramento do desempenho pós-ativação da parte superior do corpo para desempenho atlético: uma revisão sistemática com meta-análise e recomendações para pesquisas futuras. *Esporte Med* 52: 847-871, 2022.
 15. French DN, Kraemer WJ e Cooke CB. Mudanças no desempenho dinâmico do exercício após uma sequência de ações musculares isométricas de pré-condicionamento. *J Força Cond Res* 17: 678-685, 2003.
 16. Gilbert G e Lees A. Alterações nas características de desenvolvimento de força do músculo após repetidos exercícios de força e potência máxima. *Ergonomia* 48: 1576-1584, 2005.
 17. Gossen ER e Venda DG. Efeito da potencialização pós-ativação no desempenho dinâmico da extensão do joelho. *Eur J Appl Physiol* 83: 524-530, 2000.
 18. Gourgoulis V, Aggeloussis N, Kasimatis P, Mavromatis G e Garas A. Efeito de um programa de aquecimento submáximo de meio-agachamento na capacidade de salto vertical. *J Força Cond Res* 17: 342-44, 2003.
 19. Hamada T, Sale DG e Macdougall JD. Potenciação pós-ativação em atletas do sexo masculino treinados em resistência. *Med Sci Sports Exerc* 32: 403-411, 2000.
 20. Hamada T, Sale DG, MacDougall JD e Tarnopolsky MA. Interação do tipo de fibra, potenciação e fadiga nos músculos extensores do joelho humano. *Acta Physiol Scand* 178: 165-173, 2003.
 21. Houston ME, Green HJ e Stull JT. Fosforilação de cadeia leve de miosina e potencialização isométrica de contração no músculo humano intacto. *Pflugers Arch* 403: 348-352, 1985.
 22. Kontou EI, Berberidou FT, Pilianidis TC, Mantzouranis NI e Methenitis SK. Efeito agudo dos exercícios pós-ativação do corpo superior e inferior no desempenho do arremesso de peso. *J Força Cond Res* 32: 970-982, 2018.
 23. Kraemer WJ e Ratamess NA. Fundamentos do treinamento resistido: progressão e prescrição de exercícios. *Med Sci Sports Exerc* 36: 674-688, 2004.
 24. Mangus BC, Takahashi M, Mercer JA, Holcomb WR, McWhorter JW e Sanchez R. Investigação do desempenho do salto vertical após a conclusão de exercícios pesados de agachamento. *J Força Cond Res* 20 : 597-600, 2006.
 25. McBride JM, Nimphius S e Erickson TM. Os efeitos agudos de agachamentos de carga pesada e contramovimento carregado salta no desempenho do sprint. *J Força Cond Res* 19: 893-897, 2005.
 26. Munshi P, Khan MH, Arora NK, Nuhmani S, Anwer S, Li H e Alghadir AH. Efeitos da vibração pliométrica e de corpo inteiro sobre o desempenho físico

- de jogadores de basquete colegiais: um estudo randomizado cruzado. *Sci Rep* 12: 5043, 2022.
27. O'Leary DD, Hope K e Sale DG. Potenciação pós-tetânica de dorsiflexores humanos. *J Appl Physiol* (1985) 83: 2131-2138, 1997.
 28. Requena B, Zabala M, Ribas J, Erelina J, Paasuke M e Gonzalez-Badillo JJ. Efeito da potencialização pós-tetânica dos músculos peitoral e tríceps braquial no desempenho do supino. *J Força Cond Res* 19: 622-627, 2005.
 29. Rubini EC, Costa AL e Gomes PS. Os efeitos do alongamento no desempenho da força. *Esportes Med* 37: 213-224, 2007.
 30. Venda D. Potenciação pós-ativação: papel no desempenho. *Br J Sports Med* 38: 386-387, 2004.
 31. Seitz LB, de Villarreal ES e Haff GG. O perfil temporal da potencialização pós-ativação está relacionado ao nível de força. *J Força Cond Res* 28: 706-715, 2014.
 32. Smith JC, Fry AC, Weiss LW, Li Y e Kinzey SJ. Os efeitos do exercício de alta intensidade em um teste de ciclo de sprint de 10 segundos. *J Força Cond Res* 15: 344-348, 2001.
 33. Steele DS e Duke AM. Fatores metabólicos que contribuem para a regulação alterada do Ca²⁺ na fadiga muscular esquelética. *Acta Physiol Scand* 179: 39-48, 2003.
 - 34.S weeney HL, Bowman BF e Stull JT. Fosforilação de cadeia leve de miosina no músculo estriado de vertebrados: regulação e função. *Am J Physiol* 264: C1085-1095, 1993.
 35. Vandervoort AA, Quinlan J e McComas AJ. Potenciação da contração após a contração voluntária. *Exp Neurol* 81: 141-152, 1983.
 36. Williams JH. Depressão da potencialização da contração pós-tetânica por baixos antagonistas dos canais de cálcio e cálcio. *J Appl Physiol* (1985) 69: 1093-1097, 1990.
 37. Hojman P, Brolin C, Norgaard-Christensen N *et al.* A liberação de IL-6 dos músculos durante o exercício é estimulada pela atividade da protease dependente de lactato. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 316(5), E940-E947 (2019).
 38. I Hayek L, Khalifeh M, Zibara V *et al.* O lactato medeia os efeitos do exercício na aprendizagem e na memória através da ativação dependente da SIRT1 do fator neurotrófico derivado do cérebro do hipocampo (BDNF). *J Neurosci*, 39(13), 2369-2382 (2019).
 39. Finkbeiner S, Tavazoie SF, Maloratsky A, Jacobs KM, Harris KM, Greenberg ME. CREB: um dos principais mediadores das respostas neuronais da neurotrofina. *Neurônio*, 19(5), 1031-1047 (1997).

ARTIGO DE COMENTÁRIO 2

MIOCINAS: UMA CONVERSA ENTRE PRODUÇÃO DE LACTATO, EXERCÍCIO E SAÚDE MENTAL (CNS Neurological Disorder Drug and Target).

Recente destaque tem sido fornecido pela ciência acerca das respostas derivadas da mecânica da contração muscular, bem como, os subprodutos relacionados a tal fenômeno. O assunto em si parece não inspirar novidade, uma vez que parte dos conhecimentos básicos adquiridos desde os primeiros experimentos de Fletcher e Hopkins em 1907 em modelo animal (sapos) [1], e A. V. Hill posteriormente em 1922 [2], sobre o metabolismo e a mecânica da contração muscular, ainda são presentes hoje. A priori, sob a luz da fisiologia da contração muscular da época, os autores inferiram que ao perturbarmos a homeostase e perpetuarmos uma ação de contração muscular, o suprimento de oxigênio se tornava limitado, incorrendo em efeitos de fadiga, rigor e a manifestação excessiva do produto final derivado do fracionamento da molécula de glicose, o “ácido láctico”. Ao tempo que se restituía o suprimento de oxigênio, o conteúdo de “ácido láctico” era bloqueado e/ou removido.

Ao longo das décadas seguintes, muitos conceitos relacionados a medicina do exercício foi consolidada com base nos pressupostos da teoria da anaerobiose induzida pelo exercício (i.e. limiar anaeróbio), massificando os efeitos do “ácido láctico” como uma resposta deletéria induzida principalmente diante de condições de demanda metabólica desproporcional, acidificação do ambiente interno e gerando hipóxia. Entretanto, contemporaneamente, o elegante “paper” produzido por Robergs, Ghiasvand e Parker em 2004 [3], propôs uma explicação alternativa, de que a molécula produzida pela contração muscular não se trata propriamente de um ácido, um liberador de prótons de H^+ , e sim um sal, capaz de consumir um próton de H^+ , portanto, conferindo função e nomenclatura diferenciada, apenas Lactato.

O fisiologista George Brooks ao longo dos anos tem sido um dos grandes entusiastas na área do metabolismo do lactato, e recentemente intitulou um de seus trabalhos de: “a phoenix rising in contemporary biology” [4], denotando

ressignificação do conceito e diferencial aplicabilidade do comportamento desse biomarcador como regulador de processos nos principais subsistemas corporais, inclusive neurocognitivo. Então, passar de elemento promotor de fadiga e potencial culpado pela acidose metabólica, a elemento energético de destaque, e biomarcador regulador de diferentes vias moleculares, tais como a via neurotróficas, faz com que tenhamos uma ampla reviravolta, sobretudo no contexto de sua aplicação junto a neurociência e saúde mental.

O destaque dos últimos anos dado ao biomarcador lactato, conferiu um posicionamento e importância análoga a um hormônio, isto é, substância biologicamente ativa que é liberada na corrente sanguínea, exercendo uma modificação fisiológica autócrina, parácrina e/ou endócrina, assim como observado por Steensberg et al. [5] a partir das Interleucina-6 (IL-6). Tal variação do conceito clássico de hormônio, forjou o constructo das Exercinas, e posteriormente de Miocina, uma vez que seja reconhecido como substâncias derivadas da manifestação da contração muscular. A partir dos achados iniciais de Steensberg et al. [5], que apresentam a IL-6 como um mensageiro químico regulatório de respostas anti-inflamatórias no cérebro (via transposição da barreira hematoencefálica), outras pesquisas resultaram em um progressivo entendimento acerca do comportamento e da implicação da contração muscular sobre processos neuroregulatórios. Neste sentido, a partir de uma ampla análise da literatura, observamos que a cinética do lactato parece atrelada a diferentes processos químicos e vias moleculares, e um deles se associa diretamente a miocina IL-6, conforme determinado por Hojman et al. [6]. Levando em conta a premissa de que diferentes transtornos mentais exibem elevados processos inflamatórios crônicos, a correção entre lactato e IL-6 [6] nos possibilita admitir um potencial prognóstico terapêutico, uma vez que estudos salientem a forte implicação na restauração de níveis de IL-6 e o tratamento inflamatório da depressão [7].

Consonante a esse cenário, Schiffer et al. [8], realizaram um experimento de infusão de lactato em repouso em oito estudantes treinados (25 ± 4 anos) e mediram tanto a concentração de lactato, quanto os níveis correntes de Brain Derived Neurotrophic Factor (BDNF) até 60 min após a infusão. Como era de se esperar, a concentração de lactato se elevou significativamente (alcançando valores próximos de 15 mmol.L^{-1} ; $p = 0,01$) com a concomitante queda do PH

sanguíneo pós infusão ($p = 0,01$). No entanto, o ponto de maior destaque do estudo se tratou da significativa elevação de BDNF após a infusão de lactato de sódio, 24 min e 60 min após em comparação com os valores basais ($p < 0,05$), sugerindo atuação do lactato como uma espécie de sinalizador, tanto periférico quanto de implicação central.

O BDNF é implicado na fisiopatologia de diferentes transtornos mentais [9], e a estratégia de contração muscular induzida pela prática regular de exercícios físicos são importantes promotores da expressão genica de diferentes neurotrofinas e seus próprios receptores (i.e., *tropomyosin kinase receptor B* - TrK-B), daí o jargão observado frequentemente na literatura, “exercise is medicine” [10,11]. Está claro que a expressão de BDNF responde ao volume de exercícios aeróbios realizados, conforme observado em estudos com modelos animais [12] e humanos [13], no entanto, parece ser mais proeminente diante do exercício intervalado de alta intensidade (HIIT), tal como observado no estudo de Saucedo Marquez et al. [14]. Sabemos que o comportamento da concentração de lactato é intensidade-dependente e não dose-dependente, isso porque a velocidade de clivagem da molécula de glicose é superior em elevadas intensidades, e relaciona-se diretamente a tipologia de fibras de contração rápida (tipo II), e a LDH (lactato desidrogenase). Isso nos leva a crer que diferentes mecanismos e vias de sinalização estejam atrelados a expressão de BDNF.

Acredita-se que o cerne da atuação do lactato esteja em concordância com a capacidade de seu sistema *simporter* de transportadores, possibilitando a transposição da barreira hematoencefálica (BBB) via monocarbolilato transportador tipo 2 (MCT-2), expressos essencialmente por astrócitos [15]. Esse mecanismo de expressão de BDNF parece relacionado a ativação das vias das sirtuínas (SIRT 1 e 2), que por sua vez ativam em cascata PGC1- α (peroxisome proliferator-activated receptor- γ coactivator-1 α). Em especial, PGC1- α é conhecido por seu potencial efeito de correção de BDNF ou vice e versa, além da promoção da biogênese mitocondrial. Para completar o mecanismo ligado ao lactato, a proteína de membrana FNDC-5 (fibronectin type III domain-containing protein 5) ao ser clivada, parece promover a secreção de um importante elemento, um pseudohormônio interpretado hoje como uma Exercina, a irisina. O estímulo mecânico proveniente da contração muscular ainda é responsável por induzir vias glutamatérgicas a

estimular o aumento da concentração de Ca^{+} intraneuronal via receptores NMDA, por conseguinte, estimulando o fator de transcrição gênica, *cAMP response element-binding protein* (CREB) que é overexpressed após fosforilação por BDNF [16]. O lactato, segundo Yang et al. [17] também está indiretamente envolvido na modulação da atividade de NMDA, e seu estímulo a expressão de genes relacionados à plasticidade neuronal. Para lembrar, os receptores de NMDA exibem significativo papel de destaque na mediação de funções de neurotransmissão glutamatérgicas e em processos ligados a cognição. Então, ambas as vias promotoras se configurariam como um possível alvo terapêutico. Tais elementos conjuntamente explicariam ao menos parcialmente os efeitos benéficos do exercício sobre a capacidade cognitiva em pacientes com diferentes transtornos de humor, demência e Alzheimer.

Em complemento, corroborando com a literatura, o recente estudo de El Hayek et al. [15] analisaram os efeitos de injeções intraperitoneais de solução salina ou lactato somados a administração de exercício voluntário em água (water maze) em camundongos machos durante 4 semanas. A concentração de lactato hipocampal foi analisada, assim como a expressão genica da BDNF na região de interesse e a atividade hipocampal de SIRT1 também foi medida. Observou-se a elevação significativa dos níveis crônicos de lactato hipocampal comparado ao controle ($p = 0.0366$) induzidos pela administração exógena, o que proporcionou significativa e diferente expressão do gene promotor 1 de BDNF no hipocampo ($p = 0.001$) comparado ao controle (substância salina + exercício). Tal condição sugere que houve efeito adicional independente do exercício, implicando a maior concentração de lactato observada a adicionais ganhos relacionados a expressão do gene promotor 1 de BDNF. Por fim, o lactato parece ter induzido a expressão de BDNF através da atividade da via SIRT1/PGC1 α /FNDC5 conforme já mencionado [15]. Esses resultados propõem uma relevante sustentação para os efeitos dessa miocina e ainda sugerem, em conjunto com a literatura, que principalmente BDNF de origem hipocampal faça a mediação dos efeitos de neuroplasticidade e a melhor retenção da memória.

Por fim, a administração exógena periférica do isômero da miocina lactato (L-lactato) em modelo animal, parecem produzir efeitos antidepressivos que resultam em reversão do comportamento apático induzido pela elevação da

corticosterona, aumento da concentração de lactato extracelular de neurônios hipocâmpais e de proteínas regulatórias, tais como os promotores de genes neurotróficos [18]. Conforme já mencionado anteriormente, a promoção de substâncias neurotróficas no hipocampo tem relação direta com o status cognitivo de pacientes com transtornos mentais, e tal fato ainda pode ser aprimorado conjuntamente a partir da expressão de agentes neurotróficos promotores da vascularização endotelial (VEGF), isto é, promotores de angiogênese. A plasticidade cognitiva em parte, pode ser explicada por uma melhoria do metabolismo regional, mediada pelo consumo de lactato pelo córtex pré-frontal e sistema límbico. Por exemplo, uma vez que pacientes depressivos apresentem significativas assimetrias na ativação do córtex pré-frontal, faz sentido pensar que um maior metabolismo cortical em áreas inibidas altere parcialmente o prognóstico da doença. Estudos meta analíticos sobre a aplicação de *Transcranial Magnetic Stimulation* (TMS) em pacientes depressivos corroboram desta perspectiva, e apontam ainda a restauração da neurotransmissão GABAérgica na região do córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo [19]. Hunt et al. [20] ainda sustentam a ideia de que VEGF é significativamente ante a administração de lactato. Parafraseando os autores, o lactato aumentado somado ao suprimento de oxigênio, transmitiria a necessidade metabólica necessária para a vascularização do cérebro.

REFERÊNCIAS

1. Fletcher WM. Lactic acid in amphibian muscle. *J Physiol*, 35(4), 247-309 (1907).
2. Hill AV. The maximum work and mechanical efficiency of human muscles, and their most economical speed. *J Physiol*, 56(1-2), 19-41 (1922).
3. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 287(3), R502-516 (2004).
4. Brooks GA, Arevalo JA, Osmond AD, Leija RG, Curl CC, Tovar AP. Lactate in contemporary biology: a phoenix risen. *J Physiol*, 600(5), 1229-1251 (2022).
5. Steensberg A, van Hall G, Osada T, Sacchetti M, Saltin B, Klarlund Pedersen B. Production of interleukin-6 in contracting human skeletal muscles can account for the exercise-induced increase in plasma interleukin-6. *J Physiol*, 529 Pt 1(Pt 1), 237-242 (2000).
6. Hojman P, Brolin C, Norgaard-Christensen N *et al.* IL-6 release from muscles during exercise is stimulated by lactate-dependent protease activity. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 316(5), E940-E947 (2019).
7. Ting EY, Yang AC, Tsai SJ. Role of Interleukin-6 in Depressive Disorder. *Int J Mol Sci*, 21(6) (2020).
8. Schiffer T, Schulte S, Sperlich B, Achtzehn S, Fricke H, Struder HK. Lactate infusion at rest increases BDNF blood concentration in humans. *Neurosci Lett*, 488(3), 234-237 (2011).
9. Autry AE, Monteggia LM. Brain-derived neurotrophic factor and neuropsychiatric disorders. *Pharmacol Rev*, 64(2), 238-258 (2012).
10. de Sa AS, Campos C, Rocha NB *et al.* Neurobiology of Bipolar Disorder: Abnormalities on Cognitive and Cortical Functioning and Biomarker Levels. *CNS Neurol Disord Drug Targets*, 15(6), 713-722 (2016).
11. Sa Filho AS, Cheniaux E, de Paula CC *et al.* Exercise is medicine: a new perspective for health promotion in bipolar disorder. *Expert Rev Neurother*, 20(11), 1099-1107 (2020).
12. Gomez-Pinilla F, Vaynman S, Ying Z. Brain-derived neurotrophic factor functions as a metabotrophin to mediate the effects of exercise on cognition. *Eur J Neurosci*, 28(11), 2278-2287 (2008).
13. Seifert T, Brassard P, Wissenberg M *et al.* Endurance training enhances BDNF release from the human brain. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 298(2), R372-377 (2010).
14. Saucedo Marquez CM, Vanaudenaerde B, Troosters T, Wenderoth N. High-intensity interval training evokes larger serum BDNF levels compared with intense continuous exercise. *J Appl Physiol (1985)*, 119(12), 1363-1373 (2015).
15. El Hayek L, Khalifeh M, Zibara V *et al.* Lactate Mediates the Effects of Exercise on Learning and Memory through SIRT1-Dependent Activation of Hippocampal Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF). *J Neurosci*, 39(13), 2369-2382 (2019).
16. Finkbeiner S, Tavazoie SF, Maloratsky A, Jacobs KM, Harris KM, Greenberg ME. CREB: a major mediator of neuronal neurotrophin responses. *Neuron*, 19(5), 1031-1047 (1997).

17. Yang J, Ruchti E, Petit JM *et al.* Lactate promotes plasticity gene expression by potentiating NMDA signaling in neurons. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 111(33), 12228-12233 (2014).
18. Carrard A, Elsayed M, Margineanu M *et al.* Peripheral administration of lactate produces antidepressant-like effects. *Mol Psychiatry*, 23(2), 392-399 (2018).
19. Sonmez AI, Camsari DD, Nandakumar AL *et al.* Accelerated TMS for Depression: A systematic review and meta-analysis. *Psychiatry Res*, 273, 770-781 (2019).
20. Hunt TK, Aslam RS, Beckert S *et al.* Aerobically derived lactate stimulates revascularization and tissue repair via redox mechanisms. *Antioxid Redox Signal*, 9(8), 1115-1124 (2007).

ARTIGO ANEXO

Comparison between nonperiodized resistance training and nonlinear periodization on muscular peak power in Brazilian soccer players

Sandro Legey¹, Sílvio Roberto Barsanulfo², Murilo Lamego¹, Braulio Pinheiro¹, Pedro Augusto Inacio², Sérgio Machado^{3,4}, Alberto Sá Filho^{2,5}.

¹Multidisciplinary Laboratory of Physical Activities, Sports and Physical Education (LAMAFFEE/UVA), Veiga de Almeida University, Cabo Frio - (RJ), Brazil; ²Program at Evangelical University of Goiás (UniEVANGÉLICA), Anápolis - (GO), Brazil; ³Department of Sports Methods and Techniques, Federal University of Santa Maria - (RS), Brazil, ⁴Laboratory of Physical Activity Neuroscience, Neurodiversity Institute, Queimados - (RJ), Brazil, ⁵Department of Physical Education at Paulista University (UNIP), Goiânia - (GO), Brazil.

ABSTRACT

Background: For decades the literature has been investigating the ideal dose-response regarding the frequency, intensity and volume of training that optimize the increase in muscle strength and power in athletes and non-athletes. **Objective:** Evaluate the effects of strength training from a nonlinear (NLP) and non-periodized (NP) model on muscular peak power in soccer players. **Methods:** Twelve male junior football players from a professional team in Cabo Frio (Brazil) were recruited and randomly divided into two groups (6 in each group). The groups were randomly divided into: G1 - (Body mass: 64.7 ± 6.5 kg; Height: 172.3 ± 5.8 cm; % fat: 5.1 ± 2.7; Age: 17.5 ± 1.0 years) performed RT with NLP model; G2 - (Body mass: 66.1 ± 4.7; Height: 177.1 ± 6.1 cm; % fat: 5.1 ± 1.2, age: 17.6 ± 0.5 years) performed RT with NP model. Both groups are subjected to 12 weeks of training. PNL strength training consisted of weight training sessions on alternate days, 3 times a week, the rest intervals were 120s among the exercises and included 10 exercises. NLP distribution was as follows: Day 1 (3x4-6 maximum repetitions [RM] with rest intervals of 120 sec between sets); Day 2 (3x8-10RM with 60-90 rest intervals between sets); and day 3 (3x12-15RM with rest intervals of 60 sec between sets). NP training performed the same duration, weekly frequency, exercises and number of sets (3 sets 8-10RM and 60-90 sec rest intervals). Before and after NP and NLP training, muscle peak, speed and agility were evaluated. **Results:** The ANOVA with mixed model showed no significant interaction between group and moment ($F(1,10) = 0.133$; $p=0.72$), and no significant main effect for group ($F(1,10) = 0.032$; $p=0.86$) in muscular peak power. There was a significant main effect for moment ($F(1,10) = 14.872$; $p=0.003$), where were showed that Post-training presented higher values of muscular peak power compared to Baseline ($p= 0.003$). **Conclusion:** It is concluded that both training organization models are effective and can be used to develop peak muscle power.

Keywords: Strength training; Weight training; Athletic performance; Sports performance.

BACKGROUND

For decades the literature has been investigating the ideal dose-response regarding the frequency, intensity and volume of training that optimize the increase in muscle strength and power in athletes and non-athletes⁽¹⁻³⁾. The use of strength training designed to increase underlying strength and power qualities in elite athletes is common, and there is sufficient evidence for strength training programs to continue to be an integral part of athletic preparation in team sports⁽⁴⁾.

The most common of these plans is linear also termed classic or strength/power periodization (LP) and nonlinear periodization (NLP), and some research indicates greater strength gains with daily nonlinear periodization⁽⁵⁾. Rhea et al. showed that NLP was more effective in eliciting strength gains compared to LP in subjects advanced in resistance training (RT)⁽⁶⁾. However, the meta-analysis determined that there were no differences in the effectiveness of linear vs. undulating periodization on upper-body or lower-body strength, and the authors suggest that the short-term of studies and the previous training history of participants can were identified as potential confounding factors in the interpretation of findings⁽⁷⁾.

To develop and to retain upper-body and lower-body strength and power in athletes are crucial

components to excelling in all sports, and periodized training manner to retain power and develop strength in the upper and lower body should be prescribed (i.e., 3-6 sets of 4-10 repetitions of 70-88% 1RM)⁽⁸⁾. Hartmann reportedly that advanced athletes during the in-season necessity in the habitual use of $\geq 80\%$ 1 RM, and should perform power-based strength training twice per week for to improve to reach peak performance in vertical jump power⁽⁹⁾.

However, Hoffman et al.⁽¹⁰⁾ showed that NLP and LP demonstrated increased in height of vertical jump in American football athletes after 7 weeks of strength training, without difference between periodization models. Thereby, the results do not provide a clear indication as to the most effective training program for strength and power enhancements. Smith et al.⁽¹¹⁾ propose three models of strength training: model prioritized hypertrophy, model prioritized maximum strength, and model prioritized muscular power. No training model showed significant increases in maximum height countermovement vertical jump after ten weeks of training. Ten weeks of training is not enough time to promote improvements in speed, agility and power when there is already a previous adaptation by the athlete.

*Corresponding author: Alberto Sá Filho; e-mail: doutor.alberto@outlook.com

Submission date 12 October 2022; Acceptance date 02 February 2023; Publication date 16 March 2023



Periodization in Brazilian soccer player

Some questions remain inconclusive. First if 12-week strength training bring about improvements in muscular power. Second if is there a difference between NLP and a hypertrophy training model (nonperiodized) on muscular power. Thus, the objective this study was assess the effects of NLP and nonperiodized on muscular peak power, postulating that NLP will enhance muscular power in comparison to nonperiodized.

METHODS

Experimental Approach to the Problem

Twelve male junior football players from a professional team in Cabo Frio (Brazil) were recruited and randomly divided into two groups: Group 1 (G1; n=6 subjects) were underwent 12 weeks of the NLP and group 2 (G2; n=6) were underwent 12 weeks of hypertrophy-based RT (nonperiodized). Before and after the of strength training (NP and NLP), there was visits for determination of anthropometric characteristics and muscular peak power assessment. ANOVA with mixed models were used to estimate differences in muscular peak power with factor within-subjects for moments (Baseline and Post-training) and between-subjects for training groups (NLP and NP).

Subjects

Twelve male junior football players from a professional team in Cabo Frio (Brazil) were recruited and randomly divided into two groups (6 in each group). The Group 1 (G1) (body mass: 64.7±6.5 kg; height: 172.3±5.8 cm; fat percentage: 5.1±2,7; age: 17.5±1.0 years) were underwent 12 weeks of NLP and group 2 (G2) (body mass: 66.1±4,7; height: 177.1±6.1 cm; fat percentage: 5.1±1.2, age: 17.6±0.5 years) were underwent 12 weeks of hypertrophy-based RT (nonperiodized). It is important to note that there were no differences between the training groups in the pre-test ($p > 0.05$) for anthropometric measurements. Inclusion criteria were training experience being at least 4 years, without cardiovascular or osteoarticular diseases. Exclusion criteria included lesions, refusal to voluntarily take part in the study, health status precluding data collection, use of ergogenic and/or food supplements that could alter test results.

Each participant signed a written consent form, and for participant under the age of 18 years parental consent was obtained. The experiment was approved by the institutional ethics committee of the Castelo Branco University, according to the Norms of Conduct in Human Research (CNS resolution 466/2012).

Anthropometric measurements

Body weight with minimal clothing was measured to the nearest 0.1 kg on a lever-type balance

(Filizola model 31, Filizola S.A., São Paulo, Brazil). The height were evaluated with a stadiometer (Sanny ES 2020, São Paulo, Brazil). The body density and body fat percentage were calculated according to the equation of Jackson and Pollock and Siri, respectively^(12,13). Skinfolts were measured with a using Lange's adipometer (Switzerland) of 1-mm precision. Were used the skinfold thickness of triceps, subscapular, mid-axillary, pectoral, abdominal, suprailiac and thigh. All reference points were in accordance with the recommendations of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry⁽¹⁴⁾.

Muscular peak power Assessment

Muscular peak power was assessed with a countermovement jump (CMJ). Each participant performed 3 tests in maximal CMJ performance with 1-minute recovery interval between each test. The height of subject was measured and recorded with the subject passing a chalk on the middle finger of the dominant hand. Standing, with the dominant shoulder at the side of the wall, the subject raises his hand as high as possible and makes the mark on the wall with the dirty finger of chalk. The height of the CMJ was recorded as the difference between the highest chalk mark and the maximum height reached in CMJ. Muscular peak power (MPP) was estimated using the equations developed by Sayers *et al.*⁽¹⁵⁾: $MPP (W) = (60.7) + (\text{jump height [cm]}) + 45.3 \times (\text{body mass [kg]}) - 2055$. Muscular peak power in CMJ is strongly associated with weightlifting ability and can be a valuable tool for assessing weightlifting performance⁽¹⁶⁾. The CMJ procedures adopted were as follows:

- 1) Five minutes of aerobic exercise was performed on the cycloergometer, with an intensity of 60% of the estimated maximum heart rate, as a form of previous warm-up.
- 2) It was allowed the subjects to perform some repetitions as a procedure of prior familiarization with the CMJ.
- 3) The subjects were instructed to perform the CMJ as high as possible, with the maximum possible velocity and at the earliest stage of the transition from the eccentric to the concentric phase;

Training Protocol

NLP strength training consisted of weight training sessions performed on alternate days for 12 weeks, 3 times a week, and which included 10 exercises (hack squat, leg extension, leg curl, hip adduction, calf raise, lat pull down, bench press, shoulder press, abdominal crunch, back extension) performed on fitness equipment (Righetto, Brazil). The rest intervals were 120 s between



exercises. The protocol training was weekly and the same order was used in subsequent weeks. Nonperiodized (NP) strength training was of the same duration, weekly frequency, exercises and number of sets as the NLP strength training. The rest intervals were 120 s between exercises. Exercise intensity was controlled by the OMNI-RES scale⁽¹⁷⁾. The details of the training protocols are shown in the table 1.

Table 1. Training protocols for the nonperiodized, and nonlinear periodization groups.

	Day 1	Day 2	Day 3
NLP	3x4-6RM (120")	3x8-10RM (60-90")	3x12-15RM (60")
Nonperiodized	3x8-10RM (60-90")	3x8-10RM (60-90")	3x8-10RM (60-90")

*Note: RM= repetitions maximum;"=rest intervals between sets in seconds.

Experimental Procedures

On the first occasion, the subjects were invited and signed a written consent form, and were submitted to an anthropometric assessment. After the anthropometric assessment, twelve male junior football players from a professional team in Cabo Frio (Brazil) were randomly divided into two groups: Group 1 (G1; n=6 subjects) were underwent 12 weeks of the NLP and group 2 (G2; n=6) were underwent 12 weeks of hypertrophy-based RT (nonperiodized). Before and after the of strength training (NP and NLP), there was visits for determination of muscular peak power assessment. For muscular peak power assessment, each participant performed 3 tests in maximal CMJ performance with 1-minute recovery interval between each test. Before and after the 12-week study, the players were subjected to the assessments conducted by the same qualified investigator. Subjects were also informed to maintain their regular food diet routine before performing the visits.

Statistical Analyses

Data normality for each anthropometric variable was assessed through Shapiro-Wilk test. ANOVA with mixed models were used to estimate differences in muscular peak power with factor within-subjects for moments (Baseline and Post-training) and between-

subjects for training groups (NLP and NP). In case of significant F values, a post hoc test, with an adjustment by Bonferroni, was used for multi-comparison purposes. The level of significance was set at $p \leq 0.05$, and data were presented as mean \pm SD. Statistics were performed using the Statistical Package for the Social Sciences 23.0 (SPSS).

Effect size analysis was conducted to report the magnitude of pre-post differences within each group for muscular peak power. Was used the equation proposed by Cohen⁽¹⁸⁾: mean differences of moments (post - pre) divided by root square of the sum of standards deviation and classification was in according with the proposed by Rosenthal⁽¹⁹⁾. Effect sizes were classified as trivial ($d < 0.19$), small ($d = 0.20-0.49$), moderate ($d = 0.50-0.79$), large ($d = 0.80-1.29$) and very large (> 1.30).

RESULTS

In baseline, the data of muscular peak power demonstrated homogeneity and homoscedasticity ($p > 0.05$). ANOVA with mixed model showed no significant interaction between Group and Moment ($F_{(1,10)} = 0.133$; $p = 0.72$), and no significant main effect for Group ($F_{(1,10)} = 0.032$; $p = 0.86$) in muscular peak power. There was a significant main effect for moment ($F_{(1,10)} = 14.872$; $p = 0.003$). Post-hoc analysis showed that Post-training presented higher values of muscular peak power compared to Baseline ($p = 0.003$) (Figure 1).

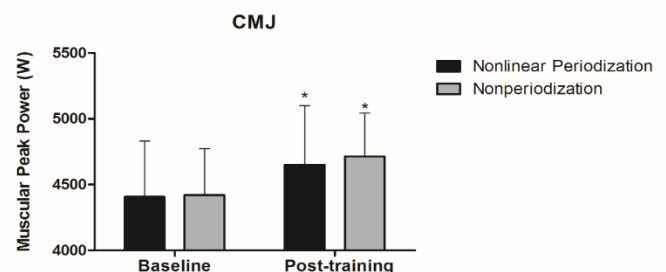


Figure 1. Chronic effects of nonperiodized and nonlinear periodization strength training on muscular peak power (MPP). *Post-training > Baseline ($p = 0.003$).

Effect size analysis showed that NP induced large pre-post improvements in muscular peak power. In contrast, in the NLP there were moderate pre-post improvements in muscular peak power (Table 2).

Table 2. Baseline vs. Post-training for muscular peak power (MPP). Data are expressed as the mean \pm SD in watts.

Outcome	Nonlinear Periodization			Nonperiodization		
	Baseline	Post-training	ES	Baseline	Post-training	ES
MMP	4407.3 \pm 423.0	4650.7 \pm 449.2	0.55	4420.2 \pm 353.3	4714.5 \pm 328.5	0.86





DISCUSSION

The goal of this study was to assess the effects of NLP and NP strength training on muscular peak power. Our results suggest that NLP and NP strength training may be effective to improve muscular peak power.

In a previous recommendation, it was suggested that in order to improve muscular power, there is a need to include strength training aimed at muscular power twice a week. In addition, the training load should be above 80% of 1RM for significant gains in muscle power to occur⁽⁹⁾. Our results are contrary to these recommendations. Both forms of strength training (NLP and NP) were effective in improving muscle power. Nevertheless, NP strength training showed a greater effect size compared to NPL strength training (NP= 0.86 vs NLP= 0.55).

Another important point is the level of training of subjects. The previous training history of participants may have influenced the results of the study⁽⁷⁾. In our research the subjects were in the middle of the competition season, but we had as limitation of the study not to assess the level of strength training by the subjects. Perhaps this limitation may explain the possible result found. However, Hoffman et al⁽¹⁰⁾. used subjects experienced resistance trained and showed that NLP and LP demonstrated increased in height of vertical jump in American football athletes after 7 weeks of strength training, without difference between periodization models. However, both in linear and non-linear periodization, specific power exercises were used, which may justify the positive result on muscular power. In the LP subjects performed a 4-week power phase, and NLP would alternate from a power workout (3–5 RM in the power exercises and 1–2 RM in Olympic movement exercises, with a 3-minute rest between each set) to a hypertrophy workout (9–12 RM in the power exercises and 5–6 RM in the Olympic movement exercises, with a 1-minute rest between sets). Moreover, during the last 5 weeks of training, all subjects participated in a 3-d.wk⁻¹ speed and agility training program⁽¹⁰⁾. The specificity of training may have influenced the improvement of muscle power, even in short-term training.

In our strength training proposal, no specific exercise of muscle power was used. We use basic character strength exercises and commonly used in gym settings. In addition, training time is relatively short (12 weeks) for improvements in muscle power. In athletes with previous adaptation, Smith et al.⁽¹¹⁾ suggest that ten weeks of training is not enough time to promote improvements in speed, agility and power. Even so, both forms of strength training were effective in increasing

muscle power, without no difference between training (NLP vs NP).

A major limitation of our study was that we did not verify the strength training level of the subjects. The tests performed were extremely practical and applied, however, the use of more sophisticated tests becomes increasingly important in the field of strength and conditioning. Perhaps these factors were decisive for the results found. Another important point was not to have quantified the training of speed and agility. It may be that this type of training influenced our findings.

PRATICAL APPLICATIONS

This study suggests that strength training be beneficial to improve muscular peak power in short time (12 weeks). The fact that we do not use power-based strength training suggest the potential benefit of hypertrophy-based strength training and nonlinear periodization strength training. Although recommendations indicate the need for performed power-based strength training twice per week for to improve to reach muscular peak power in CMJ, it is always necessary for strength training to be accomplished, and this is very important for the knowledge of technicians and physical trainers.

Disclosure of interest

The authors declare that they have no competing interest.

Authors' contribution: Sandro Legey, Sílvia Roberto Barsanulfo and Sérgio Machado contributed equally in all phases of the project; Murilo Lamego; Bráulio Pinheiro and Pedro Augusto Inacio participated in the collection and part of the writing of the final document; Alberto Sá Filho participated in multiple revisions and the writing of the final document.

Financial support: There was no external funding.

Conflict of interest: We declare that there are no conflicts of interest.

REFERENCES

1. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association.* 2004;18(2):377-382.
2. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association.* 2005;19(4):950-958.



3. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, Ball SD. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and science in sports and exercise*. 2003;35(3):456-464.
4. McGuigan MR, Wright GA, Fleck SJ. Strength training for athletes: does it really help sports performance? *International journal of sports physiology and performance*. 2012;7(1):2-5.
5. Fleck SJ. Non-linear periodization for general fitness & athletes. *Journal of human kinetics*. 2011;29A41-45.
6. Rhea MR, Ball SD, Phillips WT, Burkett LN. A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2002;16(2):250-255.
7. Harries SK, Lubans DR, Callister R. Systematic review and meta-analysis of linear and undulating periodized resistance training programs on muscular strength. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2015;29(4):1113-1125.
8. McMaster DT, Gill N, Cronin J, McGuigan M. The development, retention and decay rates of strength and power in elite rugby union, rugby league and American football: a systematic review. *Sports medicine*. 2013;43(5):367-384.
9. Hartmann H, Wirth K, Keiner M, Mickel C, Sander A, Szilvas E. Short-term Periodization Models: Effects on Strength and Speed-strength Performance. *Sports medicine*. 2015;45(10):1373-1386.
10. Hoffman JR, Ratamess NA, Klatt M et al. Comparison between different off-season resistance training programs in Division III American college football players. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2009;23(1):11-19.
11. Smith RA, Martin GJ, Szivak TK et al. The effects of resistance training prioritization in NCAA Division I Football summer training. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2014;28(1):14-22.
12. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr*. 1978;40(3):497-504.
13. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961.
14. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. Potchefstroom, South Africa. *International standards for anthropometric assessment: ISAK*. 2006.
15. Sayers SP, Harackiewicz DV, Harman EA, Frykman PN, Rosenstein MT. Cross-validation of three jump power equations. *Medicine and science in sports and exercise*. 1999;31(4):572-577.
16. Carlock JM, Smith SL, Hartman MJ et al. The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2004;18(3):534-539.
17. Robertson RJ, Goss FL, Rutkowski J et al. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 2003;35(2):333-341.
18. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. Hillside. NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 1988.
19. Rosenthal JA. Qualitative descriptors of strength of association and effect size. *Journal of social service Research*. 1996;21(4):37-59.