









Impacto de diferentes protocolos de treinamento no sinergismo muscular em testes de força máxima e submáxima no exercício supino reto

Impact of different training protocols on muscle synergism in maximal and submaximal strength tests in bench press exercise

Daniel Cesar Teixeira¹ , André Gustavo Pereira de Andrade¹ , Hugo Cesar Martins-Costa^{1,2} , Lucas Tulio Lacerda¹ , Mateus Camargos Gomes¹ , Mauro Heleno Chagas¹ , Rodrigo César Ribeiro Diniz¹ , Fernando Vitor Lima¹ 

1. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil
2. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

RESUMO

Objetivo: Este estudo analisou a ativação dos músculos peitoral maior (PM) e tríceps braquial (TB) em testes de força no supino após 10 semanas de treinamento. **Métodos:** Trinta e três indivíduos não treinados foram divididos em dois grupos experimentais e um grupo controle. Os protocolos foram equiparados em termos de intensidade (50-55% de uma repetição máxima - 1RM), frequência (3 vezes por semana), pausa entre as séries (3 minutos), número de séries (3 a 4 séries) e tempo sob tensão em cada série (36 segundos), mas com número de repetições e duração diferentes (12 repetições vs. 3 segundos / 6 repetições vs. 6 segundos). **Resultados:** No teste de resistência de força, ambos os grupos experimentais aumentaram a amplitude do sinal eletromiográfico (EMG) em comparação com o grupo controle, mas sem diferença entre eles. A ativação foi maior para o tríceps braquial do que para o peitoral maior e, portanto, a relação de ativação do peitoral maior/tríceps braquial diminuiu significativamente em ambos os grupos, mas sem diferença entre eles. Nos testes de 1RM e de contração isométrica voluntária máxima, a amplitude do sinal EMG, a relação de ativação e a análise de correlação cruzada não apresentaram nenhuma alteração na comparação entre os grupos experimental e de controle. **Conclusão:** Os resultados mostraram que o fato de os protocolos utilizarem ações dinâmicas, bem como o mesmo tempo sob tensão (TST) e as diferenças entre os testes de repetição única e múltipla, determinaram as respostas verificadas.

Palavras-chave: eletromiografia; força muscular, músculos peitorais; músculo esquelético.

ABSTRACT

Objective: This study analyzed the activation of pectoralis major and triceps brachii muscles in strength tests in bench press after 10 weeks of training. **Methods:** Thirty-three untrained individuals were divided into two experimental and one-control groups. Protocols were matched by intensity (50-55% of one repetition maximum - 1RM), frequency (3 times a week), pause between sets (3 minutes), number of sets (3 to 4 sets), and time under tension in each set (36 seconds), but with different repetition number and duration (12 repetitions vs. 3seconds / 6repetitions vs. 6seconds). **Results:** In strength endurance test both experimental groups increased amplitude of Electromyography (EMG) signal in comparison to control group, but with no difference between them. Activation was higher for triceps brachii than for pectoralis major and thus the pectoralis major/triceps brachii activation ratio significantly decreased for both groups, but with no difference between them. In the 1RM and maximum voluntary isometric contraction tests, EMG signal amplitude, activation ratio and analysis of cross-correlation did not exhibited any changes when comparing the experimental and control groups. **Conclusion:** The results showed that the fact that the protocols used dynamic actions, as well as the same time under tension (TUT), and the differences between single and multiple repetition tests, determined the responses verified.

Keywords: electromyography; muscle strength, pectoralis muscles; skeletal muscle.

Introdução

Entre os determinantes do desempenho de força, a ativação sinérgica de dois ou mais músculos pode ser ajustada para maior eficiência em situações de desempenho esportivo e reabilitação. Esses determinantes devem ser considerados de acordo com o exercício [1,2], o status de treinamento [3,4], os graus de liberdade do exercício [5], as variáveis relacionadas ao treinamento [6,4] e a técnica do exercício [1]. Marchetti *et al.* [1] analisaram a relação de ativação entre as porções superior e inferior do músculo reto do abdome durante a flexão isométrica do tronco e do quadril com intensidade máxima e submáxima e encontraram valores mais altos com a flexão do tronco. Kristiansen *et al.* [7] compararam a EMG do peitoral maior (PM) e do tríceps braquial (TB) em três séries a 60% de 3RM, entre levantadores de peso e indivíduos não treinados, e sugeriram que diferentes cargas de treinamento e técnicas de exercício podem resultar em mudanças na ativação muscular de diversas maneiras.

Diferentes tempos sob tensão (TST) podem produzir diferentes resultados na EMG [8] e isso tem sido manipulado alterando-se o número e a duração das repetições em programas de treinamento desenvolvidos por treinadores e em protocolos de reabilitação física. No exercício supino reto, os músculos PM e TB podem apresentar padrões de ativação diferentes e isso pode ser verificado entre as séries ao realizar esse exercício com o mesmo TST, mas com número e duração de repetições diferentes [9,8]. Sakamoto *et al.* [10] demonstraram que os músculos PM e TB podem diferir na ativação em diferentes intensidades e durações de repetição no exercício supino.

Embora em situações de desempenho de força máxima em exercícios monoarticulares se possa esperar que os músculos atinjam a ativação máxima ou próxima [11], seria necessário entender se o sinergismo pode ser alterado de forma diferente em testes de desempenho de força após o treinamento com diferentes protocolos em exercícios multiarticulares. Além disso, é preciso investigar se o sinergismo pode ser alterado em testes de força máxima dinâmica e isométrica quando apenas uma repetição é realizada em comparação com um teste com várias repetições, em que, em princípio, uma duração mais longa da tarefa poderia permitir ajustes diferenciados das ativações musculares ao longo das séries para produzir o melhor desempenho. Isso é necessário porque o treinamento para melhorar o desempenho da força em diferentes manifestações (máxima e resistência de força), visando à ativação máxima e/ou adequada dos músculos, é realizado com diferentes protocolos de múltiplas repetições, com diferentes números de repetições e duração, e também diferentes configurações de TST. Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito de 10 semanas de treinamento com protocolos combinados pelo TST, mas com número e duração de repetições diferentes, sobre a ativação dos músculos PM e TB em testes de força isométrica e dinâmica.

Métodos

Amostra

Trinta e três homens participaram do estudo (idade $24,1 \pm 4,8$ anos; massa corporal = $75,9 \pm 10,4$ kg; altura $175,6 \pm 6,4$ cm). O cálculo do tamanho da amostra foi realizado com o software *G Power* (versão 3.1.9.2), considerando um tamanho de efeito de 0,48, obtido pelos valores pré e pós-teste do sinal EMG do músculo PM em adultos jovens no estudo de Baker *et al.* [12]. Foram selecionados indivíduos que não realizaram treinamento de força nos últimos seis meses e não apresentavam lesões nas articulações do punho, cotovelo e ombro. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local e recebeu registro e identificação como um estudo clínico (<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/BGJCV>). Todos os procedimentos foram realizados de acordo com a Declaração de Helsinque. Os participantes foram informados sobre os objetivos, procedimentos e riscos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

Desenho experimental

Todos os testes e procedimentos de treinamento foram realizados no exercício supino em uma máquina Smith (MASTER®, Brasil). Um sensor de posição do tipo “rotary-encoder” (BOURNS, Estados Unidos; precisão de 1,2 mm) foi acoplado ao equipamento e os dados obtidos foram transformados de sinais analógicos para digitais por uma placa conversora (BIOVISION, Alemanha), direcionados para o computador (frequência de amostragem de 4.000 Hz), posteriormente filtrados (filtro Butterworth passa-baixa de 10hz, 2ª ordem) e analisados por meio de software específico (DASYLAB 11.0, Estados Unidos). Os voluntários deitaram-se no banco e colocaram as mãos na barra a uma distância correspondente a duas vezes a distância biacromial, usando o dedo médio como referência. Para garantir o mesmo posicionamento em todas as sessões, foram fixadas fitas métricas na barra e no banco, que serviram de referência para reproduzir a localização das mãos e da cabeça.

Teste de resistência de força

O teste de resistência de força (RF) consistiu no número máximo de repetições (NMR) em série única com massa correspondente a 70% de uma repetição máxima (1RM). O teste de 1RM foi realizado de acordo com Lacerda *et al.* [13]. Para determinar a amplitude de movimento (ADM) no teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM), a barra foi fixada em uma posição correspondente a 50% do deslocamento linear máximo, que também correspondia a aproximadamente 90° de flexão do cotovelo; em seguida, o voluntário deveria aplicar força máxima contra a barra durante 5s. Foram realizadas duas contrações máximas, com intervalo de descanso de 2 minutos.

Sessões de treinamento

Os protocolos foram realizados durante 10 semanas, combinados pelo TST em cada série (36s), intensidade (50-55% 1RM), frequência de treinamento (3 vezes por

semana com intervalos de 48 a 72 horas entre as sessões), 3 minutos de descanso entre as séries e duração e número de repetições diferentes (Figura 2). Inicialmente, foram realizadas três séries a 50% de 1RM, acrescentando uma série na quarta semana, e a intensidade de 55% de 1RM foi adotada na sexta semana. O teste de 1RM foi realizado a cada duas semanas para ajustar a intensidade, 10 minutos antes do início do protocolo [14]. O grupo controle foi instruído a não alterar seus hábitos diários durante o estudo.

Eletroniografia

Para o registro da EMG, eletrodos de superfície bipolares (Ag/AgCl) foram posicionados de acordo com os procedimentos descritos por Lacerda *et al.* [9]. No PM, foram posicionados horizontalmente no ponto de maior ventre muscular com o braço posicionado próximo ao tronco [15]. Para o TB, foram seguidas as diretrizes do SENIAM (*Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles*), determinando um ponto correspondente à metade da distância entre a crista posterior do acrômio e o olécrano. Após a aquisição, os dados foram amplificados 500 vezes e, em seguida, armazenados. Posteriormente, eles foram filtrados por um filtro Butterworth de segunda ordem (20-500 Hz) e retificados para calcular a amplitude do sinal com a raiz quadrada média (RMS). No teste de 1RM, foi usado o RMS de toda a repetição e, no teste de CIVM, foi considerado o RMS de 1 s em torno do pico de ativação de cada músculo.

Os valores brutos de EMG_{RMS} dos testes de 1RM e CIVM foram padronizados pela média de EMG_{RMS} de duas tentativas de CIVM de 5s. Para verificar a confiabilidade dessas medidas, os coeficientes de correlação intraclassa (CCI) foram calculados de duas maneiras: ISS intra-sessão (duas tentativas de CIVM intra-sessão) e CCI inter-sessão (média das duas medidas registradas no pré-teste e pós-teste do grupo, juntamente com o erro padrão de medida (EPM) [16], mostrados na tabela I.

Tabela I - Confiabilidade das medições do CIVM

	N	CCI	EPM (mV)
Confiabilidade pré-treinamento			
Peitoral Maior CIVM	66	0,94	0,04
Tríceps Braquial CIVM	66	0,97	0,02
Confiabilidade pós-treinamento			
Peitoral Maior CIVM	66	0,94	0,04
Tríceps Braquial CIVM	66	0,98	0,02
Confiabilidade em 10 semanas			
Peitoral Maior CIVM	11	0,96	0,04
Tríceps Braquial CIVM	11	0,97	0,02

n = número de medições (2 tentativas de CIVM); CCI = coeficiente de correlação intraclassa; EPM(mV) = erro padrão de medição em milivolts; CIVM = teste de contração isométrica voluntária máxima

No teste de RF foi utilizado um procedimento de normalização dinâmica com duas repetições de 4 s cada (2s concêntrica: 2s excêntrica) e intensidade de 70% 1RM, de acordo com o procedimento realizado por Sakamoto e Sinclair [10] e Lacerda *et al.* [9,13]. O EMG médioRMS das repetições foi usado como referência para as medições realizadas durante o teste. Para verificar se os valores de EMG_{RMS} entre as sessões eram reprodutíveis, a confiabilidade entre as sessões durante o teste de normalização realizado na segunda e na décima terceira semana foi verificada calculando-se o coeficiente de correlação intraclassa (CCI) juntamente com o SEM [16]. Os dados de confiabilidade e SEM são mostrados na tabela II. Considerando que nesse teste cada voluntário realizou um NMR diferente, para realizar a análise do EMG normalizado $_{RMS}$, foram usadas a primeira, a mediana e a última repetição de cada voluntário.

Tabela II - Confiabilidade do EMG_{RMS} medidas interseccionais do teste de normalização no exercício de supino reto

	N	CCI	EPAM (mV)
PM	33	0,93	0,03
TB	33	0,78	0,04

n = número de medições; CCI = coeficiente de correlação intraclassa; EPAM(mV) = erro padrão absoluto de medição; PM = peitoral maior; TB = tríceps braquial

Variáveis medidas

A análise da amplitude EMG pré e pós-treinamento foi realizada para identificar a ativação muscular durante os testes de força. A relação PM/TB foi determinada com uma relação matemática, dividindo os valores normalizados de EMG_{RMS} do PM pelo TB. A análise de correlação cruzada correlacionou dois sinais variáveis de tempo comparando um ao outro. Esse processo envolve o deslocamento repetido de um sinal para frente e para trás no tempo com o outro sinal fixo, com cada variação de tempo de um dos sinais gerando uma comparação e um valor R para correlação. Ao decompor esses valores, obtém-se um valor final de correlação ou similaridade entre os dois sinais [17].

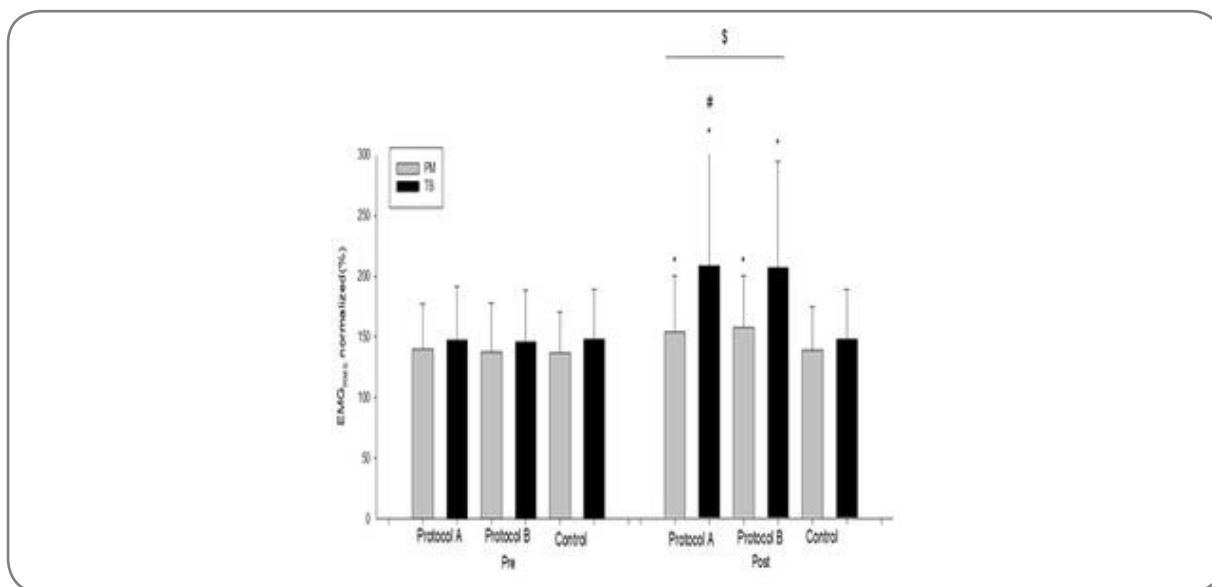
Análise estatística

Inicialmente, foi realizada uma análise descritiva dos dados. A normalidade e a homogeneidade foram verificadas por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente, e todas as variáveis do estudo foram apresentadas como média e desvio padrão. A análise dos valores de amplitude do sinal EMG do PM e do TB foi realizada com uma ANOVA de três vias mista com medidas repetidas (Fator 1 - Tempo; Fator 2 - Músculo; Fator 3 - Protocolo). Duas outras ANOVAs de duas vias com medidas repetidas (fatores 1 - Tempo e 2 - Protocolo) foram realizadas, uma para a razão de ativação (PM/TB) e outra para a análise de correlação cruzada. Na presença de um valor significativo de F, foi aplicado o post hoc de Bonferroni. Para cada ANOVA, foi determinado o eta ao quadrado (η^2). Os procedimentos estatísticos utilizados foram feitos com o pacote estatístico SPSS (versão 22.0). O nível de significância adotado para todas as análises foi $p < 0,05$.

Resultados

Amplitude do sinal EMG

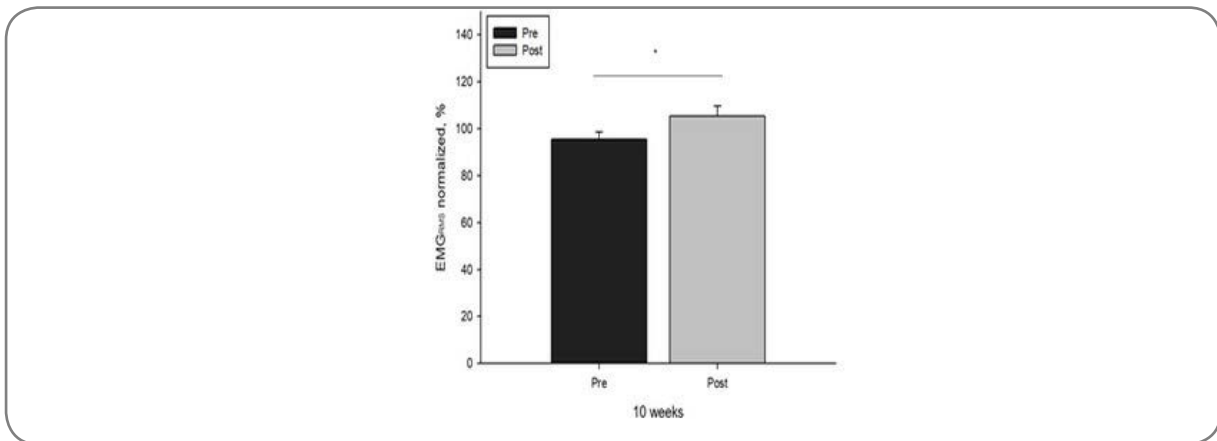
No teste de RF, a ANOVA de três vias com medidas repetidas verificou uma interação entre os fatores: Tempo vs. protocolo vs. músculo ($F_{2,46} = 4,93$, $p = 0,011$, potência = 0,78, $\eta^2 = 0,026$). O post hoc não mostrou diferenças no EMG normalizado_{RMS} entre os grupos experimentais no pré-teste e um aumento significativo no pós-teste, mas sem diferenças entre eles. Os valores foram semelhantes entre os músculos de todos os grupos no pré-teste, enquanto os valores no TB foram maiores do que no PM no pós-teste para os grupos experimentais (Figura 1).



* Pós-teste > Pré-teste; # TB > PM; \$ Protocolos A e B > controle; PM = Peitoral maior; TB = Tríceps braquial; Protocolo A = 12 repetições, 3s; Protocolo B = 6 repetições, 6s

Figura 1 - EMG normalizado_{RMS} do teste de resistência de força entre os protocolos, pré e pós-treino

Os valores de EMG_{RMS} do teste de 1RM não apresentaram alterações nos grupos experimentais nas interações entre os fatores tempo, músculo e protocolo. A análise dos efeitos principais mostraram um efeito significativo do fator Tempo ($F_{1, 9} = 6,10$; $p = 0,036$; $\eta^2 = 0,026$; potência = 0,726) e, de acordo com o post hoc de Bonferroni, o pós-teste foi maior do que o pré-teste, conforme mostrado na Figura 2. Os fatores musculares e de protocolo não apresentaram alterações. Além disso, nenhuma alteração na amplitude do sinal EMG_{RMS} em ambos os músculos em nenhum dos fatores principais nem na interação entre os fatores foi verificada no teste CIWM.

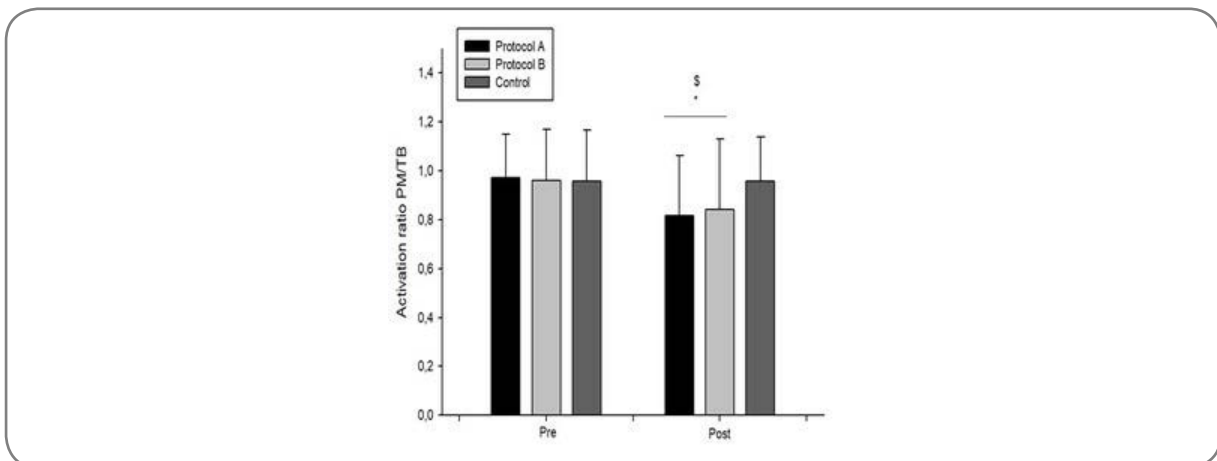


EMG_{RMS} normalizado % = valores de eletromiografia normalizados por meio da raiz quadrada média mostrada em porcentagem; * = valores diferentes entre si com um intervalo de treinamento de 10 semanas ($p < 0,05$)

Figura 2 - Efeito principal do tempo de teste de 1RM

Relação de ativação

No teste RE, a ANOVA de três vias com medidas repetidas verificou uma interação entre os fatores protocolo vs. tempo ($F_{2,46} = 4,02$, $p = 0,024$, $\text{power} = 0,69$, $\eta^2 = 0,05$); o post hoc não apontou diferenças significativas no pré-teste entre os grupos; no pós-teste, apenas os grupos experimentais diminuíram significativamente a razão de ativação, mas sem diferenças entre eles (Figura 3). Não houve diferença significativa na relação PM/TB nos pós-testes de 1RM e CIVM. A ANOVA de duas vias não detectou diferenças significativas nos fatores principais e suas interações.

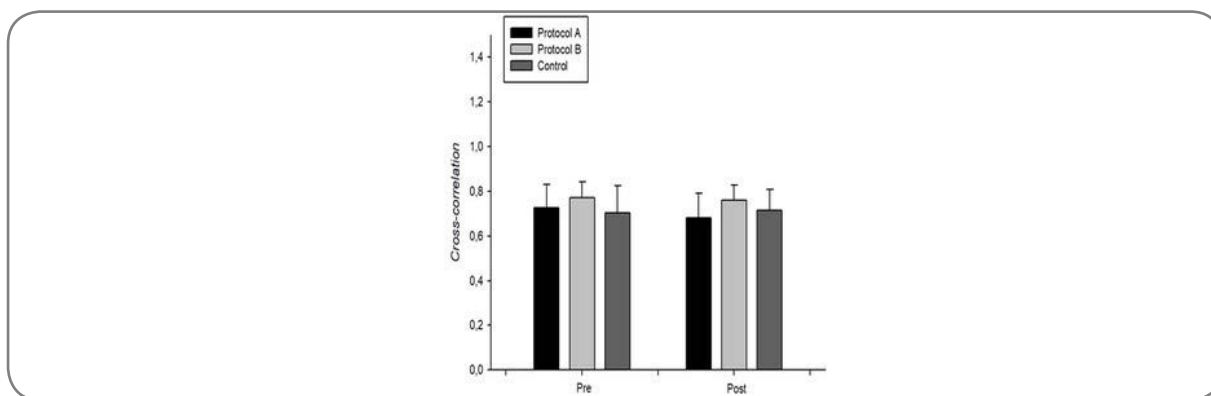


* Relação de ativação PM/TB Pós < Pré; \$ Protocolos A e B < controle; Protocolo A = 12 repetições, 3s; Protocolo B = 6 repetições, 6s

Figura 3 - Relação de ativação PM/TB entre os protocolos pré e pós-treinamento no teste de resistência de força

Correlação cruzada

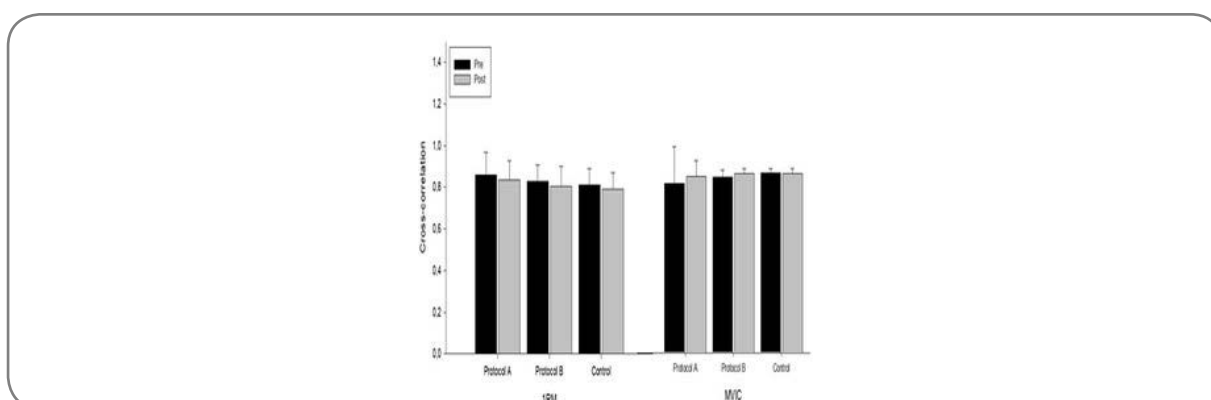
A análise de correlação cruzada no teste SE não encontrou interações entre os fatores: protocolo vs. tempo ($F_{2,20} = 0,998$, $p = 0,386$, $\text{potência} = 0,199$, $\eta^2 = 0,021$). Também não houve efeitos principais do tempo ($F_{1,10} = 0,571$, $p = 0,467$, $\text{potência} = 0,105$, $\eta^2 = 0,007$) e do protocolo ($F_{2,20} = 1,823$, $p = 0,187$, $\text{potência} = 0,335$, $\eta^2 = 0,119$) (Figura 4).



Protocolo A = 12 repetições, 3s; Protocolo B = 6 repetições, 6s

Figura 4 - Análise de correlação cruzada do teste de resistência de força mostrada como média e desvio padrão

A Figura 5 mostra os resultados da correlação cruzada dos testes de 1RM e CIVM, respectivamente. Os valores médios de todos os grupos foram de 0,83 (DP = 0,08) no pré-teste e 0,80 (DP = 0,08) no pós-teste de 1RM; e 0,90 (DP = 0,11) no pré-teste e 0,92 (DP = 0,04) no pós-teste de CIVM, sem diferenças em nenhuma das análises. A ANOVA de duas vias não encontrou diferenças significativas nos fatores principais tempo e protocolo e em suas interações no teste de 1RM. Não foram identificadas diferenças significativas nos fatores principais e nas interações no teste CIVM.



Protocolo A = 12 repetições, 3s; Protocolo B = 6 repetições, 6s

Figura 5 - Análise de correlação cruzada dos testes de 1RM e CIVM mostrados como média e desvio padrão; análise da forma do sinal eletromiográfico bruto dos músculos, peitoral maior e tríceps braquial

Discussão

Este estudo investigou as alterações nos sinais EMG em diferentes testes de força após 10 semanas de treinamento com dois protocolos diferentes equiparados pelo TST e diferentes números e durações de repetições.

O teste RF mostrou um aumento significativo nos valores de EMG_{RMS} no pós-teste, sem diferenças entre os protocolos. Nosso estudo observou um aumento significativo na NMR no pós-teste em ambos os protocolos e isso pode resultar em uma maior amplitude EMG, especialmente quando são realizadas repetições até a falha muscular [18]. Para compensar a queda na velocidade de condução do impulso ner-

voso devido à fadiga, mais unidades motoras (UM) tendem a ser recrutadas [18]. Não foram verificadas diferenças na ativação muscular na situação pré-treinamento entre os grupos de indivíduos não treinados para o teste RF, mas o treinamento pode alterá-la independentemente do número e da duração das repetições se o TST for equalizado. No entanto, a ativação no TB aumentou mais do que no PM. Stastny *et al.* [19] demonstraram que o TB é mais sensível do que o PM a mudanças na carga de treinamento, apresentando, portanto, maior variabilidade em sua ativação. Embora Lacerda *et al.* [9] não tenham feito comparações entre os músculos, verificaram variações mais altas no TB do que no PM após três séries no exercício de PA. Van Den Tillaar *et al.* [20] verificaram maior capacidade de produção de força no início da ação concêntrica no exercício supino até atingir o “sticking point”, e o PM não altera a ativação ao longo da ADM, mas o TB apresenta aumento contínuo da ativação. O músculo TB tem ângulos de penação maiores e, conseqüentemente, maior capacidade de produzir torque durante toda a ADM concêntrica [21], e poderia permanecer mais ativado nessa ação muscular. Essa diferença em favor do TB pode explicar a diminuição da relação PM/TB no teste de RF, indicando uma mudança na ativação relativa do TB em comparação com o PM; a relação de ativação é comumente usada para estimar a ativação relativa entre os músculos em um exercício [1,22]. Entretanto, não foi encontrada nenhuma diferença entre os protocolos, sugerindo que o TST semelhante entre os protocolos foi decisivo nessa resposta, apesar do número e da duração diferentes das repetições.

Valores mais altos de EMG_{RMS} no pós-teste de 1 RM corroboram Sampson e Groeller [23], que verificaram, após 12 semanas de treinamento com diferentes durações de repetição, um aumento na EMG no teste de 1RM dos flexores do cotovelo, mas sem diferenças entre os protocolos. Van der Tillaar *et al.* [20] verificaram maior ativação muscular no teste dinâmico de 1RM em comparação com outro teste isométrico, mas ressaltaram que não foi possível explicar esse resultado. Os valores mais altos deste estudo podem estar relacionados ao maior recrutamento e à sincronização da UM para produzir um desempenho de força mais alto no pós-teste. No entanto, isso não ocorreu com o CIVM em ambos os estudos, o que sugere que essas alterações se devem à natureza dinâmica do treinamento e não seriam transferidas para uma ação isométrica. Clark *et al.* [24] também não observaram alterações no sinal EMG no PM e TB durante o CIVM após 5 semanas de treinamento no exercício supino em diferentes amplitudes de movimento.

Não foram verificadas diferenças na relação PM/TB nos testes de 1RM e CIVM. Van der Tillaar *et al.* [20] constataram que a atividade EMG foi maior em 1RM em comparação com o teste agudo isométrico, mas essa foi a única diferença verificada na atividade EMG entre esses dois testes diferentes. Nosso estudo analisou dois músculos em duas articulações diferentes no mesmo exercício. De acordo com Prilutsky [25], a análise do sinergismo deve considerar as diferenças entre exercícios que exigem músculos com ações diferentes em articulações diferentes e outros com mais de um músculo atuando em duas articulações. Esse autor afirma que durante o controle da força exercida em um segmento proximal ou distal, ou quando a resistência

externa é aplicada a duas ou mais articulações, a ativação de músculos multiarticulares parece depender fortemente da direção dos momentos de força nas articulações. Embora o treinamento possa induzir ajustes na ativação coordenada dos músculos visando a uma maior eficiência, esse não parece ser o caso em nosso estudo. Pode-se sugerir que, em apenas uma repetição, dinâmica ou isométrica, haveria pouco tempo para ajustes na coordenação entre os músculos, ainda mais em situações de exigência de força máxima e ativação muscular.

Não foram encontradas diferenças significativas na análise de correlação cruzada, tanto entre o pré e o pós-teste quanto entre os protocolos. O efeito de 5 semanas de treinamento sobre o sinergismo de 13 músculos, incluindo PM e TB, no exercício de SR foi analisado e nenhuma diferença foi verificada na correlação cruzada entre os grupos experimental e de controle [4]. Um alto valor de correlação cruzada sem diferenças entre duas tarefas foi verificado em duas porções do músculo reto do abdome, identificando um padrão comum na ativação dessas porções [1]. Da mesma forma, e considerando que a medida de correlação cruzada se refere à variação da ativação ao longo do tempo, em nosso estudo, parece que, independentemente da demanda, quando os músculos estão produzindo força em conjunto, parece haver algum padrão constante de ativação ao longo do tempo e isso acontece independentemente de o desempenho ser curto com apenas uma repetição ou mais longo com várias repetições, e isso pode não ser influenciado por alguns protocolos de treinamento diferentes que induzem ao ganho de força, mesmo em exercícios multiarticulares. Além disso, é preciso considerar que haveria diferenças nos padrões de coordenação muscular dependendo da demanda de força. Por exemplo, em situações de esforço máximo, nem todos os músculos podem ser ativados ao máximo, ou seja, mesmo os músculos que podem contribuir para a produção de força máxima podem não ser ativados em todo o seu potencial [26].

Este estudo mostrou o impacto do treinamento sobre a relação de ativação entre os músculos PM e TB em um teste de força com várias repetições, mas não nos testes de apenas uma repetição. Não se sabe se essas diferenças decorrem da variabilidade dos ajustes nos graus de liberdade do cotovelo durante o movimento, o que poderia ocorrer em várias repetições. Além disso, pode-se considerar que as limitações nos graus de liberdade do equipamento com barra guiada não teriam permitido mudanças significativas nas trajetórias dos cotovelos em ambos os protocolos, seja em séries únicas ou múltiplas, contribuindo também para as menores diferenças verificadas nos resultados. No entanto, em um teste de 1RM, o EMG_{RMS} não registrou diferenças na comparação entre esses dois equipamentos [27]. Em um estudo semelhante, Schick *et al.* [28] analisaram a EMG do MP utilizando a máquina Smith e pesos livres em dois testes de força (70% e 90% 1RM) e não encontraram diferenças nas amplitudes do sinal EMG. Talvez a diferença observada apenas no teste RF esteja mais próxima da similaridade com os protocolos de treinamento do que de uma possível variabilidade no movimento entre as repetições.

Conclusão

Os resultados mostraram que o fato dos protocolos usarem ações dinâmicas, bem como o mesmo TST em ambos os protocolos e as diferenças entre os testes de repetição única e múltipla, parecem desempenhar um papel significativo nas respostas.

A complexidade da compreensão do sinergismo pode exigir análises adicionais além das realizadas no presente estudo. Além disso, o desempenho também pode ser avaliado de diferentes maneiras, bem como em diferentes exercícios com diferentes combinações de grupos musculares. Portanto, é preciso ter cautela ao interpretar esses resultados e que mais estudos devem ser realizados antes de concluir as informações sobre esse tópico.

Afiliação acadêmica

Este artigo representa parte da dissertação de mestrado de Daniel Cesar Teixeira, orientada pelo professor Dr. Fernando Vitor Lima (UFMG)

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fontes de financiamento

Não houve fontes de financiamento externas para este estudo.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho experimental: Teixeira DC, Lima FV, Chagas MH, Martins-Costa HC, Lacerda LT, Diniz RCR; Aquisição de dados: Teixeira DC, Gomes MC; Análise e interpretação dos dados: Teixeira DC, Gomes MC, Andrade AGP, Diniz RCR, Martins-Costa HC; Análise estatística: Teixeira DC, Andrade AGP; Redação do manuscrito: Teixeira DC, Lima FV; Revisão crítica do manuscrito e conteúdo intelectual: Lima FV, Chagas MH

Referências

1. Marchetti PH, Kohn AF, Duarte M. Selective activation of the rectus abdominis muscle during low-intensity and fatiguing tasks (Ativação seletiva do músculo reto abdominal durante tarefas de baixa intensidade e fadiga). *J Sports Sci Med*. 2011;10:322-27.
2. Jabr-zadeh S, Yeo D, Zoghi M. The effect of altering knee position and squat depth on VMO: VL EMG durante exercícios de agachamento. *Physiother Res Int* 2015;21(3):164-73. doi: 10.1002/pri.1631
3. Kutch JJ, Kuo AD, Bloch AM, Rymer WZ. As flutuações de força do ponto final revelam padrões flexíveis, em vez de sinérgicos, de cooperação muscular. *J Neurophysiol*. 2008;100:2455-71. doi: 10.1152/jn.90274.2008
4. Kristiansen M, Samani A, Madeleine P, Hansen EA. Effects of 5 weeks of bench press training on muscle synergies: a randomized controlled study. *J Strength Cond Res*. 2015;30(7):1948-59. doi: 10.1519/JSC.0000000000001282.
5. Kornecki S, Keibel A, Siemiński A. Muscular co-operation during joint stabilization, as reflected by EMG. *Eur J Appl Physiol*. 2001;84:453-61. doi: 10.1007/s004210100401
6. Wong YM, NG G. Resistance training alters the sensorimotor control of vasti muscles. *J Electromyogr Kinesiol*. 2010;20:180-84. doi: 10.1016/j.jelekin.2009.02.006
7. Kristiansen M, Madeleine P, Hansen EAM, Samani A. Inter-subject variability of muscle synergies during bench press in power lifters and untrained individuals. *Scand J Med Sci Sports*. 2013;25:89-97. doi: 10.1111/sms.12167
8. Martins-Costa HC, Diniz RCR, Lima FV, Machado SC, Almeida, RSV, Andrade AGP, Chagas MH. Lon-

ger repetition duration increases muscle activation and blood lactate response in matched resistance training protocols. *Motriz: Rev Educ Fis.* 2016;22(1):35-41. doi:10.1590/S1980-65742016000100005

9. Lacerda L, Martins-Costa H, Diniz R, Lima F, Andrade A, Tourino F, et al. Variations in repetition duration, and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. *J Strength Cond Res.* 2016;30:251-58. doi: 10.1519/JSC.0000000000001044

10. Sakamoto A, Sinclair PJ. Muscle activations under varying lifting speeds and intensities during bench press. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:1015-25. doi: 10.1007/s00421-011-2059-0

11. Noorkoiv M, Nosaka K, Blazevich, AJ. Neuromuscular adaptations associated with knee joint angle-specific force change. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(8):1525-37. doi: 10.1249/MSS.0000000000000269

12. Baker D, Wilson G, Carlyon R. Periodização: The effect on strength of manipulating volume and intensity. *J Strength Cond Res.* 1994;8(4):235-42. doi: 10.1519/00124278-199411000-00006

13. Lacerda L, Marra-Lopes R, Diniz RCR, Lima FV, Rodrigues SA, Martins-Costa H, et al. Is performing repetitions to failure less important than volume for muscle hypertrophy and strength? *J Strength Cond Res.* 2020;34(5):1237-48. doi: 10.1519/JSC.0000000000003438

14. Wakahara T, Miyamoto N, Sugisaki N, Murata K, Kanehisa H, Kawakami, et al. Association between regional differences in muscle activation in one session of resistance exercise and in muscle hypertrophy after resistance training. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:1569-76. doi: 10.1007/s00421-011-2121-y

15. Lagally KM, McCaw ST, Young GT, Medema HC, Thomas DQ. Ratings of perceived exertion and muscle activity during the bench press exercise in recreational and novice lifters. *J Strength Cond Res.* 2004;18(2):359-364. doi: 10.1519/R-12782.1

16. Portney LG, Watkins MP. Foundations of clinical research: applications to practice. 3rd ed. Upper Saddle River: F.A. Davis Company; 2008.

17. Wren TAL, Do KP, Rethlefsen, SA, Healy, B. Cross-correlation as a method for comparing dynamic electromyography signals during gait. *J Biomech.* 2006;39:2714-18. doi: 10.1016/j.jbiomech.2005.09.006

18. Looney DP, Kraemer WJ, Joseph MF, Comstock BA, Deneger CR, Flanagan SD, Newton RU. Electromyographical and perceptual responses to different resistance intensities in a squat protocol: does performing sets to failure with light loads produce the same activity? *J Strength Cond Res.* 2015;30(3):792-99. doi: 10.1519/JSC.0000000000001109

19. Stastny P, Golas A, Blazek D, Maszczyk A, Wilk M, Pietraszewski P, et al. A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press movement task. *PlosOne* 2017;12. doi: 10.1371/journal.pone.0171632

20. Van Den Tillar R, Saeterbakken AH, Ettema G. Is the occurrence of the sticking region the result of diminishing potentiation in bench press? *J Sports Sci.* 2012;30(6):591-99. doi: 10.1080/02640414.2012.658844

21. Murray WM, Buchanan TS, Delp SL. The isometric functional capacity of muscles that cross the elbow. *J Biomech.* 2000;33(8):943-52. doi: 10.1016/s0021-9290(00)00051-8

22. Matheson JW, Kernozek TW, Fater DC, Davies GJ. Electromyographic activity and applied load during seated quadriceps exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(10): 1713-25. doi: 10.1097/00005768-200110000-00016

23. Sampson JA, Groeller H. Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength? *Scand J Med Sci Sports.* 2016;24(4):375-83. doi: 10.1111/sms.12445

24. Clark RA, Humphries B, Hohmann E, Bryant AL. The influence of variable range of motion training on neuromuscular performance and control of external loads. *J Strength Cond Res.* 2011;25(3):704-11. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c6a0ff

25. Prilutsky BI. Coordination of two- and one-joint muscles: functional consequences and implications for motor control. *Motor Control* 2000;4:1-44. doi: 10.1123/mcj.4.1.1

26. Wakeling JM, Blake OM, Wong I, Rana M, Lee SSM. Movement mechanics as a determinate of muscle structure, recruitment and coordination. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2011;366(1570):1554-64. doi: 10.1098/rstb.2010.0294

27. Saeterbakken AH, Van Den Tillaar R, Fimland MS. A comparison of muscle activity and 1-RM strength of three chest-press exercises with different stability requirements. *J Sports Sci.* 2011;29(5):533-38. doi: 10.1080/02640414.2010.543916

28. Schick EE, Coburn, JW, Brown LE, Judelson DA, Khamoui AV, Tran TT, Uribe BP. A comparison of muscle activation between a Smith machine and free weight bench press. *J Strength Cond Res.* 2010;24(3):779-84. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cc2237