

Victor Rangel Vargas

**CORRELAÇÃO ENTRE DESEMPENHO EM TESTES DE
FORÇA E HIPERTROFIA REGIONALIZADA**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2019

Victor Rangel Vargas

CORRELAÇÃO ENTRE DESEMPENHO EM TESTES DE FORÇA E HIPERTROFIA REGIONALIZADA

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Vitor Lima

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2019

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi verificar a existência de correlação entre desempenho nos testes de força, 1 RM e CIVM em diferentes posições (alta, média e baixa), e o aumento da área de secção transversa (AST) em regiões específicas (20%, 50% e 80%) dos músculos peitoral maior e tríceps braquial. O grupo A realizou 12 repetições com duração de 3 segundos por repetição, enquanto o grupo B realizou 6 repetições com duração de 6 segundos, equiparando o tempo sob tensão. Os protocolos foram realizados por 10 semanas por 33 voluntários destreinados. Foi realizado o exame de ressonância magnética (RM) pré e pós testes para determinar a AST. Foi utilizado a correlação de Pearson entre AST em cada corte (região) dos músculos analisados e o desempenho em ambos os testes de força, com os dados pré e pós testes. Os resultados indicaram que em ambos os protocolos de treinamento, não houve correlação significativa entre hipertrofia regionalizada e desempenho nos testes de força para o peitoral maior. Em relação ao tríceps braquial houve correlação significativa nos cortes de 50% ($r=0,684$, $p=0,02$) e 80% ($r=0,769$, $p=0,006$) com a CIVM alta no protocolo A, enquanto que no protocolo B houve correlação significativa no corte de 50% com CIVM alta ($r=0,808$, $p=0,003$) e 80% com 1RM ($r=0,637$, $p=0,035$). Dessa forma, foi evidenciada a presença de hipertrofia regionalizada correlacionada a testes de força máxima, mas vale considerar que foi encontrada em indivíduos destreinados e em apenas um dos músculos analisados.

Palavras Chave: Correlação Força e Hipertrofia. Hipertrofia Regionalizada. Tempo sob tensão.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. MÉTODOS.....	6
2.1. Amostra	6
2.2.Procedimentos.....	8
3. ANÁLISE ESTATÍSTICA	16
4. RESULTADOS	17
5. DISCUSSÃO	18
6. LIMITAÇÕES DO ESTUDO	21
7. CONCLUSÃO e RECOMENDAÇÕES.....	21
REFERÊNCIAS.....	24

1. INTRODUÇÃO

A musculação é um meio de treinamento utilizado para atingir diferentes objetivos. Alguns desses objetivos são, por exemplo, o aumento da força e da massa muscular, que acontecem por meio de adaptações neurais e morfológicas ao longo do processo de treinamento (EARP *et al.*, 2015; TANIMOTO; ISHII, 2006). Esse processo é contínuo, exigindo mudanças ao longo dos treinamentos visando respeitar os princípios do treinamento esportivo, como a carga variável e a sobrecarga, a fim de potencializar os ganhos do indivíduo. O aumento da força está associado à capacidade do músculo de recrutar diferentes unidades motoras (UM), de realizar a sincronização dessas unidades, a interação com outros músculos co-participantes de um determinado movimento e a frequência de estimulação dada as essas UM's (HUNTER *et al.*, 2004; SUZUKI *et al.*, 2002).

A força pode ser avaliada por diferentes testes, que são frequentemente utilizados para comparar uma situação pré e pós de um período de treinamento, verificando a efetividade da carga de treinamento utilizada para o processo de ganho de força. Comumente são usados dois testes: 1 Repetição Máxima (1RM), realizado dinamicamente e o teste de Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM), que é realizado de forma isométrica. No teste de 1 RM é estipulado um peso inicial na qual o indivíduo deve ser capaz de executar apenas uma única repetição. A cada tentativa a carga do exercício (peso) é aumentada, de modo que em determinada tentativa o indivíduo não seja capaz de levantar aquele peso. Assim, o peso levantado na tentativa anterior é considerado como o valor de 1RM. O tempo de pausa entre as tentativas varia de 3 a 5 minutos, com no máximo 6 tentativas (EARP *et al.*, 2015; LACERDA *et al.*, 2016). Esse valor é importante para determinar a intensidade relativa a ser utilizada pelo indivíduo durante os seus treinamentos. Já o teste de CIVM é realizado com o indivíduo mantendo a posição determinada de um exercício pelo tempo estipulado de forma isométrica, ou seja, estática.

Juntamente ao processo de ganho de força, pode ser observada também a hipertrofia, que é o aumento da massa muscular magra. O processo de hipertrofia depende da magnitude do estresse mecânico, relacionado com a tensão muscular, que pode ser administrada tanto por sua magnitude quanto por sua duração (GONZÁLEZ-BADILLO *et al.*, 2014; LACERDA *et al.*, 2016). A manipulação da tensão na carga de treinamento pode

interferir no processo de hipertrofia muscular (MARTINS-COSTA, 2017), podendo resultar em hipertrofia distinta entre diferentes protocolos de treinamento. É importante ressaltar que o estresse mecânico pode não ser igualmente distribuído ao longo do comprimento muscular (EARP *et al.*, 2015), sendo que um alto estresse mecânico nas fibras musculares causa alterações metabólicas no músculo, podendo implicar em hipertrofia de determinadas regiões de maneira diferenciada (KUBO *et al.*, 2006). Essas alterações metabólicas estariam ligadas a mudanças no pH do músculo, na liberação de GH e nos níveis de concentração de lactato. Sendo assim, sugere-se que o estresse mecânico é diretamente influenciado pela carga de treinamento a qual o indivíduo é submetido e que esse estresse não ocorre de maneira homogênea ao longo do comprimento de um músculo (EARP *et al.*, 2015; MARTINS-COSTA, 2017).

Tem-se verificado uma associação entre CIVM em uma determinada posição ou treinamentos dinâmicos com amplitude de movimento (ADM) reduzida com o aumento de força próxima ao comprimento em que o músculo está sendo treinado (KUBO *et al.*, 2006; NOORKOIV *et al.*, 2014). Isso leva a adaptações neurais relacionadas a angulação específica que foi treinada. Porém, segundo Noorkoiv *et al.* (2014) as adaptações neurais por si só não explicam o aumento dos níveis de força.

Acreditava-se na hipertrofia de modo homogêneo ao longo do músculo, porém estudos recentes têm mostrado que a hipertrofia não ocorre de modo homogêneo (WAKAHARA *et al.*, 2015) e isto pode ser devido ao fato de não ocorrer ativação homogênea em todo o comprimento do músculo (EARP *et al.*, 2015; NOORKOIV *et al.*, 2014; WAKAHARA *et al.*, 2012; 2013; 2015; WATANABE *et al.*, 2014; 2015). Algumas possíveis explicações são levantadas na tentativa de elucidar a hipertrofia não homogênea. Segundo Earp *et al.* (2015), uma possibilidade seria a presença de diferentes tipos de fibras ao longo do mesmo músculo, mas que segundo ele essa situação não é observada com frequência e por causa disso, talvez não seja o fator que mais contribua para esse fenômeno. Outra possibilidade destacada pelo autor seria uma ativação seletiva de determinadas regiões do músculo para uma determinada tarefa a ser desempenhada. Por fim, o autor destaca a possibilidade de uma tensão não homogênea durante a contração. Segundo Noorkoiv *et al.* (2014), análise de eletromiografia (EMG) e de imagens de ressonância magnética indicam que não há uma ativação homogênea ao longo do comprimento muscular e com isso, a

resposta de hipertrofia também não ocorre de maneira uniforme. Sendo assim, a configuração do treinamento realizado pode implicar em uma maior ou menor hipertrofia em determinada região de um mesmo músculo. Isso pode acontecer pela associação da tarefa a capacidade do músculo ativar mais UM's em determinadas regiões.

O presente estudo visa esclarecer a existência de correlação entre o aprimoramento da força e a hipertrofia regionalizada na musculatura do peitoral maior e tríceps braquial. Isso pode elucidar se há ou não uma relação entre hipertrofia em determinada porção do músculo com a força que o indivíduo é capaz de produzir em determinadas angulações ou na ADM completa na musculatura analisada. Com isso, o objetivo do presente estudo é analisar a correlação entre os testes de força (1RM e CIVM) e hipertrofia regionalizada nos músculos peitoral maior e tríceps braquial no exercício supino na barra guiada.

2. MÉTODOS

2.1. Amostra

O estudo teve a participação de 38 voluntários do sexo masculino com idades entre 18 e 35 anos. Para estar apto a participar do estudo, os indivíduos não deveriam ter realizado atividades que envolvessem treinamento de força nos últimos 6 meses e não apresentar histórico de lesões músculo-tendíneas nas articulações do ombro, cotovelo e punho. Além disso, não deveriam fazer uso de qualquer recurso ergogênico nutricional ou farmacológico, ou realizar treinamento de força durante o período de realização da pesquisa. Durante o período do estudo, houve uma perda amostral de 5 voluntários (2 por motivos pessoais, 2 perdas por lesão não relacionadas à coleta e 1 voluntário foi afastado por relatos de dor no ombro). Desse modo, 33 sujeitos completaram a pesquisa. Foram alocados 11 sujeitos para cada um dos três grupos que serão esclarecidos em sequência. A tabela 1 contém a caracterização da amostra.

Tabela 1: Caracterização da amostra

Variável	Grupo	Média ± DP	Mín-Máx
Idade (anos)	Protocolo A	24,9 ± 4,4	20,2 - 34,3
	Protocolo B	25,6 ± 5,1	18,4 - 33,7
	Controle	21,8 ± 5,0	18,0 - 35,1
Massa (kg)	Protocolo A	73,4 ± 10,2	64,5 - 88,2
	Protocolo B	75,3 ± 9,0	64,7 - 81,1
	Controle	79,2 ± 12,2	73,0 - 104,5
Estatura (cm)	Protocolo A	174,4 ± 5,2	168,0 - 181,0
	Protocolo B	173,5 ± 5,9	166,0 - 183,0
	Controle	178,9 ± 8,1	172,0 - 195,0
1RM (kg)	Protocolo A	60,4 ± 12,4	44,7 - 78,1
	Protocolo B	60,9 ± 12,7	42,9 - 78,4
	Controle	60,2 ± 9,6	48,7 - 76,5

Legenda: DP – Desvio padrão; Mín - Mínimo; Máx – Máximo; Protocolo A - Menor duração da repetição e maior número de repetições; Protocolo B - Maior duração da repetição e menor número de repetições. 1RM – teste de uma repetição máxima.

Fonte: Martins-Costas (2017).

Os voluntários foram divididos de forma balanceada em três grupos: protocolo A, protocolo B e grupo controle. No estudo foi utilizado o exercício supino guiado. A divisão dos grupos se deu com base no desempenho no teste de 1RM. Os dois grupos que realizaram protocolos de treinamento, o fizeram por 10 semanas, enquanto que o grupo controle não foi submetido a nenhum tipo de treinamento. No protocolo A foi realizado o maior número de repetições e menor duração da repetição, enquanto que no protocolo B foi realizado o menor número de repetições e maior duração da repetição. O grupo controle foi instruído a não realizar nenhum treinamento de força ou que alterasse a rotina de exercícios que eram realizados habitualmente durante o período do estudo.

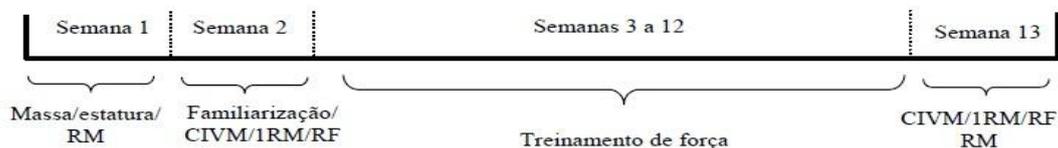
Na primeira semana foram submetidos procedimentos para medição antropométrica (massa e estatura) e a exames de ressonância magnética (RM). A RM foi utilizada para determinar qual a AST dos músculos peitoral maior e tríceps braquial em diferentes regiões desses músculos.

Na segunda semana, foram realizados os testes de 1RM e CIVM em diferentes amplitudes de movimento. Foi realizada uma sessão de familiarização para todos os procedimentos utilizados no estudo. A divisão dos grupos foi feita de forma balanceada, com base no desempenho dos indivíduos no teste de 1RM.

Da terceira a décima segunda semana os voluntários realizaram os protocolos, exceto o grupo controle.

Na décima terceira semana, os grupos foram avaliados novamente no teste de RM e em seguida foram repetidos os testes de força. O resumo do desenho experimental do estudo foi representado na Figura 1.

Figura 1- Desenho experimental do estudo



Legenda: 1RM: teste de uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; RF: teste de resistência de força; RM: ressonância magnética.

Fonte: Martins-Costa (2017).

Todos os voluntários que realizaram o protocolo A ou B cumpriram as 30 sessões de treinamento, numa frequência de três vezes por semana, com pausa mínima de 24 horas entre as sessões. As sessões foram realizadas ao longo de 10 semanas. Os voluntários foram instruídos quanto aos objetivos, processo metodológico, benefícios e risco da participação na pesquisa. Cada participante deu seu consentimento por escrito e estavam cientes de que poderiam deixar a pesquisa a qualquer momento. Os dados foram coletados no Laboratório de Treinamento em Musculação (LAMUSC) da EEEFTO/UFMG, com exceção dos testes de RM que foram realizados na clínica (Ecoar Medicina Diagnóstica Ltda) especializada em diagnóstico de imagens. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da UFM através do parecer de número 648.458 do dia 14/05/2014.

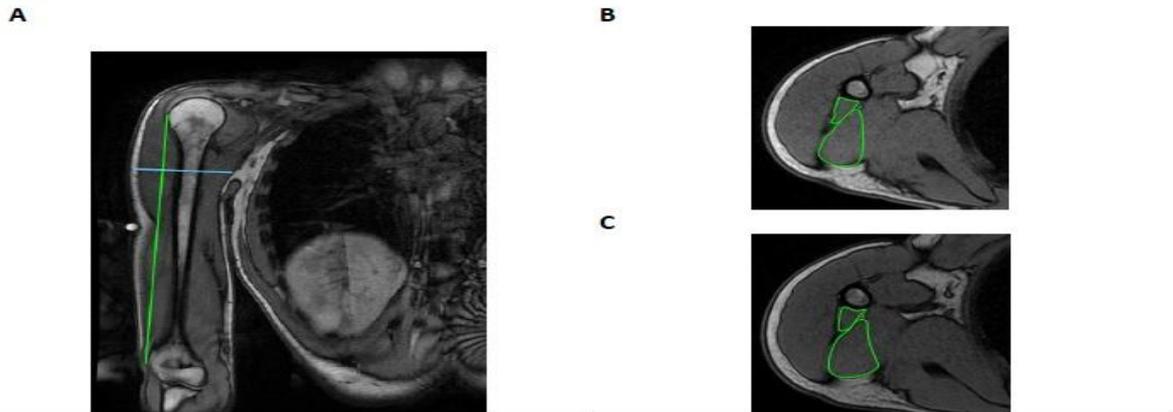
2.2.Procedimentos

Na primeira semana, cada voluntário respondeu ao PAR-Q (ACSM,2014) e a uma anamnese, que foi aplicada com o intuito de verificar alguma possível limitação para aplicação da pesquisa. Para as medidas de estatura e massa, foi utilizada uma balança com estadiômetro acoplado (FRIZOLA, Brasil), com precisão de 0,1 kg para a massa e 0,5 cm para a estatura. Por fim, nessa sessão inicial, houve a padronização da posição dos indivíduos

para a realização do exercício supino guiado. Na segunda sessão, os voluntários foram submetidos a um exame de RM em uma clínica especializada a fim de mensurar a AST dos músculos tríceps braquial e peitoral maior. As imagens de RM foram realizadas em um aparelho Sigma HDX 1,5 Tesla (GE Medical System, Estados Unidos) com ponderações *in phase/out phase*, tempo de repetição de 120 ms, tempo de eco de 2 ms, campo de visão de 400 mm, resolução de 320 x 224 pixels e espessura dos cortes de 8.0mm realizados de forma contínua. Antes dos procedimentos, os indivíduos ficaram sentados sem realizar atividades físicas por 15 minutos. Após esse tempo, os indivíduos deitavam em uma maca com os músculos relaxados por pelo menos 5 minutos até que se desse início aos exames. Durante o exame, foi solicitado que os indivíduos ficassem em decúbito dorsal, com os membros superiores estendidos ao lado do tronco e que não realizassem movimentos durante a realização das imagens. Além disso, foi solicitada a realização de apneia em algumas partes do procedimento com o intuito de se obter uma imagem com maior qualidade. O escaneamento foi realizado em dois blocos de medidas a fim de diminuir os efeitos de distorção do campo magnético. Foi coletada uma sequência de imagens em três planos do lado direito de cada indivíduo.

Para a determinação da AST do tríceps braquial, foi utilizado o software (Osirix 6.0, Suíça), que permitiu a identificação da distância entre o tubérculo maior e o epicôndilo lateral do úmero. Essa distância foi considerada 100% da distância analisada. Com base nessa distância, foi determinada a distância de 20%, 50% e 80% para cada voluntário. Após esse procedimento, com o mesmo software, foi realizado um contorno manual das imagens para o cálculo da AST do tríceps braquial (cm²). Esse procedimento também foi utilizado em outro estudo que analisou a mesma musculatura a fim de verificar a influência do treinamento de força sobre o aumento da AST (OGASAWARA *et al.*, 2013). As figuras 2, 3 e 4 são um exemplo dos procedimentos utilizados para a análise da AST do tríceps braquial. Esse procedimento foi usado no pré e no pós teste.

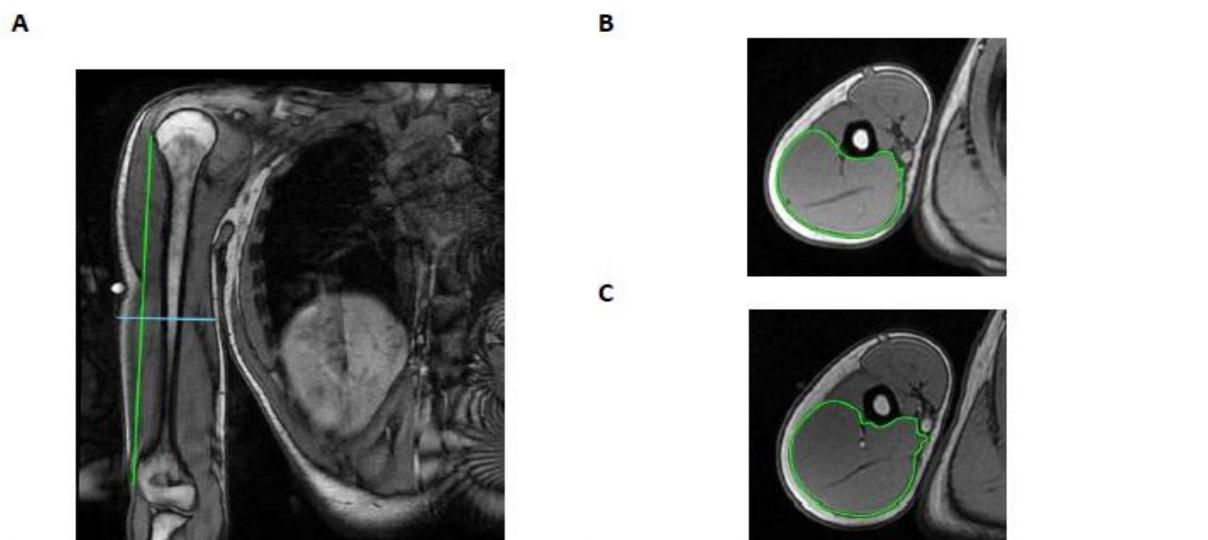
Figura 2 – Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região proximal do tríceps braquial



Legenda: A- Imagem coronal com indicação de corte axial a 20% da distância entre tubérculo maior e epicôndilo lateral do úmero; B- Imagem axial com delimitação tríceps braquial no pré-teste. C- Imagem axial com delimitação tríceps braquial no pós-teste (Indivíduo do Protocolo A)

Fonte: Martins-Costa (2017).

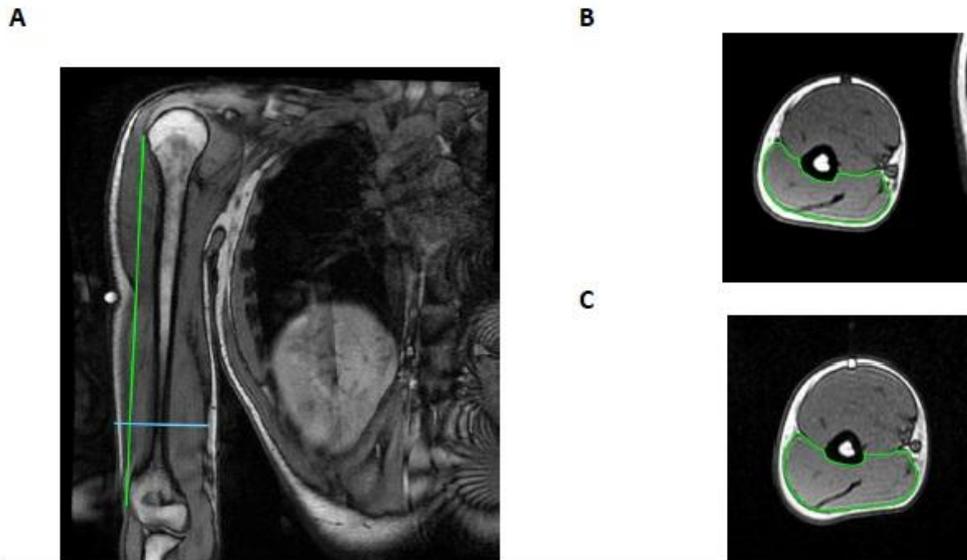
Figura 3 – Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região média do tríceps braquial



Legenda: A- Imagem coronal com indicação de corte axial a 50% da distância entre tubérculo maior e epicôndilo lateral do úmero; B- Imagem axial com delimitação tríceps braquial no pré-teste. C- Imagem axial com delimitação tríceps braquial no pós-teste (Indivíduo do Protocolo A)

Fonte: Martins-Costa (2017).

Figura 4 – Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região distal do tríceps braquial

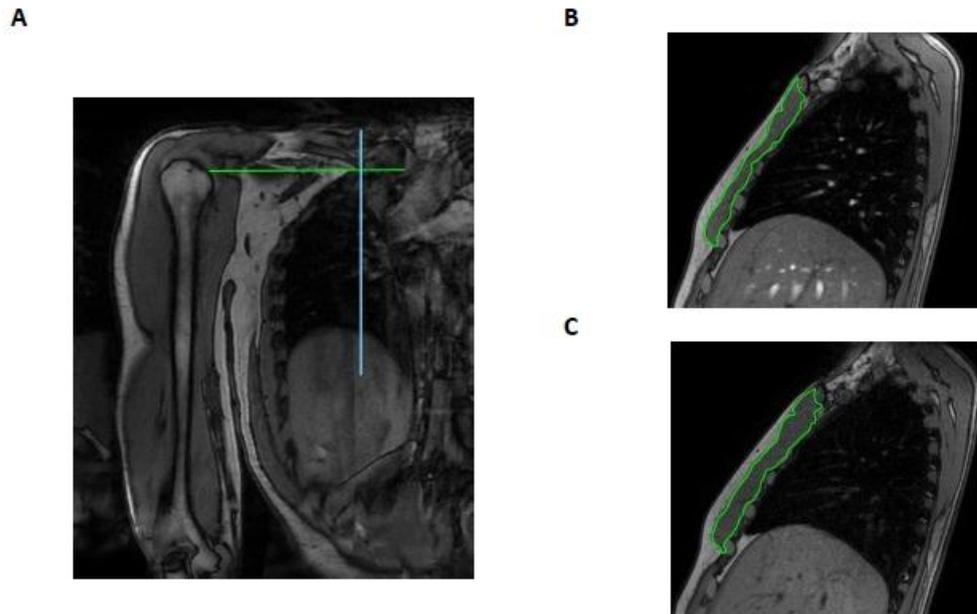


Legenda: A- Imagem coronal com indicação de corte axial a 80% da distância entre tubérculo maior e epicôndilo lateral do úmero; B- Imagem axial com delimitação tríceps braquial no pré-teste. C- Imagem axial com delimitação tríceps braquial no pós-teste (Indivíduo do Protocolo A)

Fonte: Martins-Costa (2017).

Para análise do peitoral maior, foi utilizado o mesmo software citado anteriormente para o tríceps braquial. A referência anatômica utilizada para o peitoral maior foi a distância entre a epífise medial da clavícula e o início da cabeça do úmero. Essa distância foi considerada 100% e com base nela foram também determinadas as distâncias 20%, 50% e 80%, sendo que cada uma delas foi contornada manualmente a fim de calcular a AST do músculo peitoral maior (cm²). Foi consultada referência anatômica para a análise do peitoral maior (HEUCK *et al.*, 2012). As figuras 5, 6 e 7 são um exemplo dos procedimentos utilizados para a análise da AST do peitoral maior. Esse procedimento foi usado no pré e no pós teste.

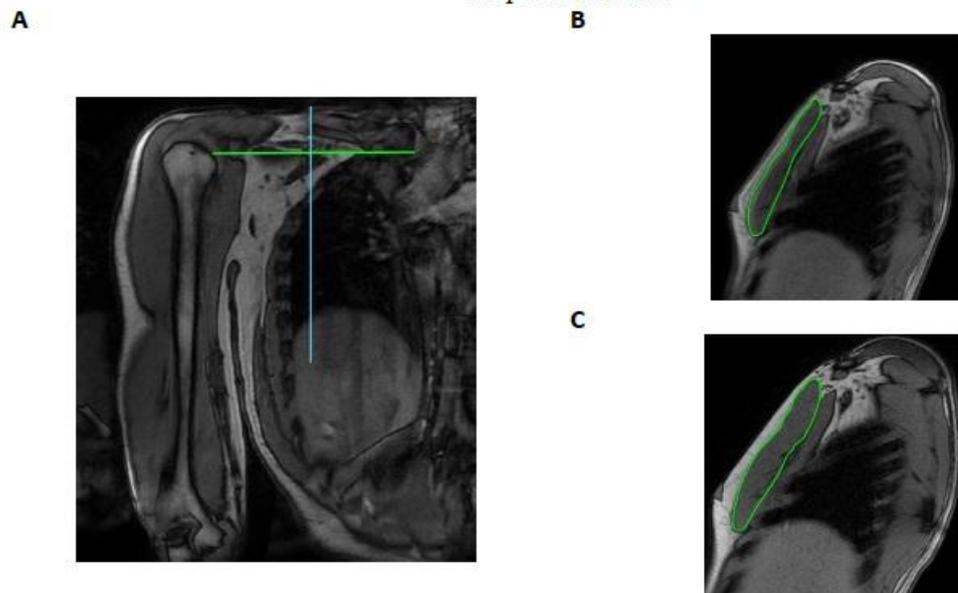
Figura 5 – Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região medial do peitoral maior



Legenda: A- Imagem coronal com indicação de corte sagital a 20% da distância entre a epífise medial da clavícula e a cabeça do úmero; B- Imagem sagital com delimitação do peitoral maior no pré-teste. C- Imagem sagital com delimitação do peitoral maior no pós-teste (Indivíduo do Protocolo B)

Fonte: Martins-Costa (2017).

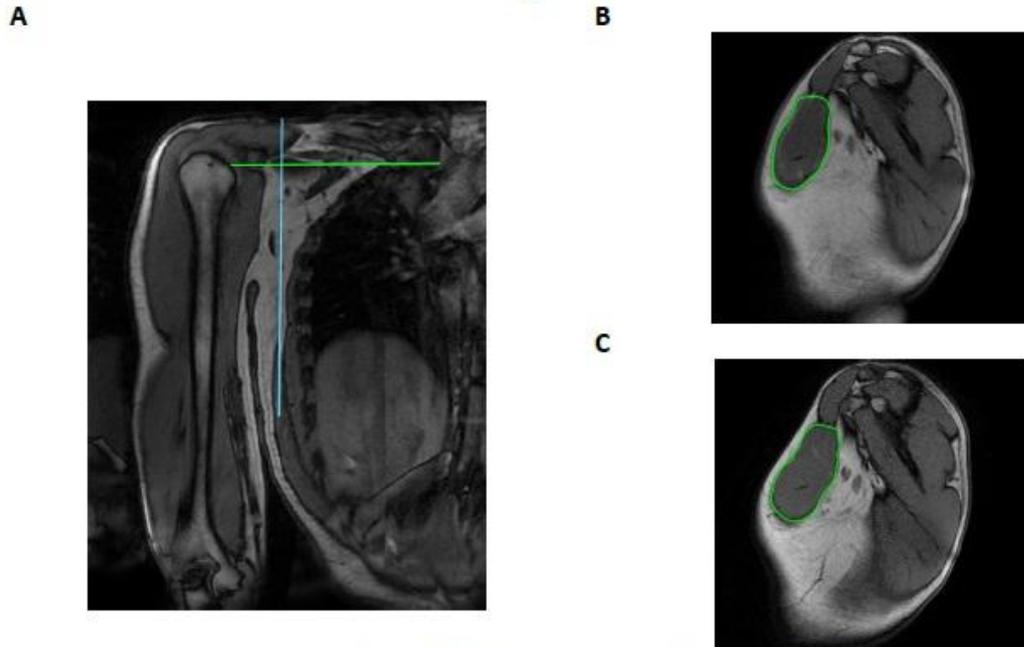
Figura 6 – Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região média do peitoral maior



Legenda: A- Imagem coronal com indicação de corte sagital a 50% da distância entre a epífise medial da clavícula e a cabeça do úmero; B- Imagem sagital com delimitação do peitoral maior no pré-teste. C- Imagem sagital com delimitação do peitoral maior no pós-teste (Indivíduo do Protocolo B)

Fonte: Martins-Costa (2017).

Figura 7 – Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região lateral do peitoral maior



Legenda: A- Imagem coronal com indicação de corte sagital a 80% da distância entre a epífise medial da clavícula e a cabeça do úmero; B- Imagem sagital com delimitação do peitoral maior no pré-teste. C- Imagem sagital com delimitação do peitoral maior no pós-teste (Indivíduo do Protocolo B)

Fonte: Martins-Costa (2017).

As imagens do estudo foram analisadas por um único avaliador. Foram selecionadas imagens de 12 voluntários (aleatoriamente selecionados nos diferentes grupos) para serem mensuradas após com um intervalo de três a quatro semanas, permitindo análise da confiabilidade dos procedimentos citados (Confiabilidade 3-4 semanas). A confiabilidade do grupo Controle também foi analisada a partir das imagens obtidas no pré-teste e pós-teste ($n = 11$), com intervalo de 10 semanas entre as medidas (Confiabilidade 10 semanas). A Tabela 2 representa os dados de confiabilidade.

Tabela 2: Confiabilidade das medidas de área de secção transversa dos músculos peitoral maior e tríceps braquial

Músculo (% região muscular)	n	CCI	EPM (cm ²)	EPM (%)	CV (%)
Confiabilidade 3-4 semanas					
Peitoral maior (20%)	12	0,937	1,1	5,2	3,4
Peitoral maior (50%)	12	0,931	1,3	4,8	3,4
Peitoral maior (80%)	12	0,991	1,0	3,3	2,3
Tríceps braquial (20%)	12	0,970	0,8	6,4	3,4
Tríceps braquial (50%)	12	0,998	0,4	1,2	0,9
Tríceps braquial (80%)	12	0,999	0,1	0,8	0,6
Confiabilidade 10 semanas					
Peitoral maior (20%)	11	0,976	0,9	3,4	2,5
Peitoral maior (50%)	11	0,893	1,5	5,3	3,7
Peitoral maior (80%)	11	0,910	7,5	9,0	5,2
Tríceps braquial (20%)	11	0,803	1,5	11,7	8,6
Tríceps braquial (50%)	11	0,949	1,6	5,7	4,2
Tríceps braquial (80%)	11	0,849	1,5	9,0	5,8

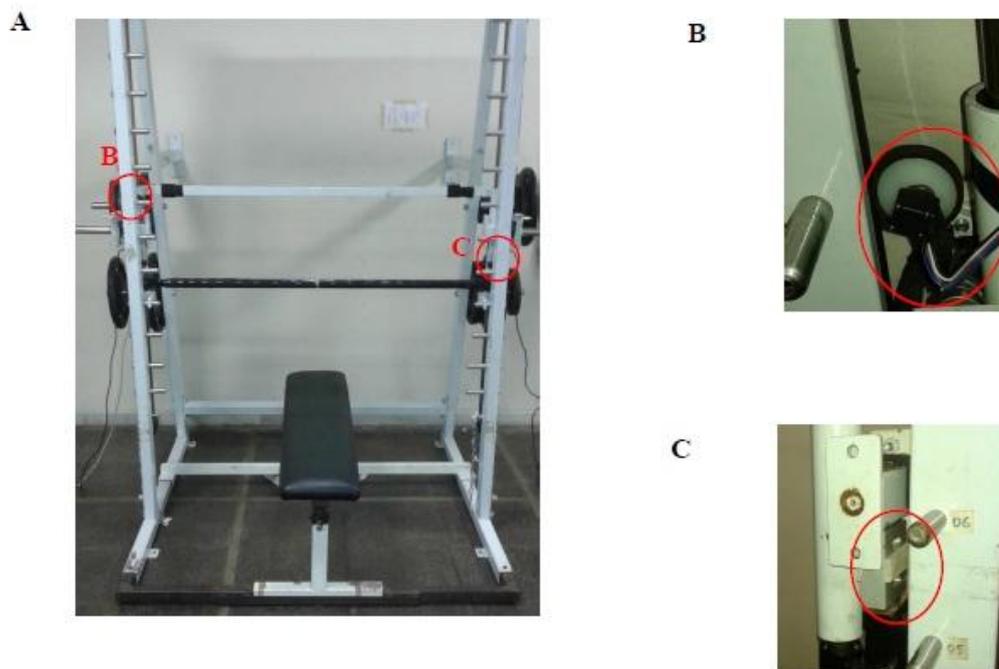
Legenda: n – número de sujeitos analisados; CCI – Coeficiente de correlação intraclassa (3,1); EPM (cm²) – Erro padrão da medida absoluto; EPM (%) – Erro padrão de medida relativo; CV (%) – Coeficiente de variação.

Fonte: Martins-Costa (2017).

Na segunda semana foram realizados os testes de força. Ocorreram em duas sessões com um intervalo mínimo de 72h. Os testes foram realizados em um supino guiado (MASTER, Brasil) que estava equipado com um sensor de posição do tipo *encoder* rotatório (BOURNS, Estados Unidos; precisão 1,2 mm) e uma célula de carga de tração-compressão posicionada à esquerda da barra (TEDEA, Alemanha; capacidade 500kg). Para se obter o valor de força total desenvolvido pelos voluntários, a célula de carga foi previamente calibrada, seu valor multiplicado por dois e somado o peso da barra (83,38 N). A figura 8 mostra os equipamentos utilizados. Foi padronizada a posição dos indivíduos no banco do equipamento, de modo que a barra tocasse aproximadamente a metade da distância entre o manúbrio e o processo xifóide do esterno ao final da ação excêntrica. Foi também calculada a distância percorrida pela barra (ADM) por meio da execução de 5 repetições, onde o indivíduo deveria tocar (a borracha acoplada a barra) no esterno e depois fazer uma extensão completa dos cotovelos. Com isso, foram definidas as posições da barra para a realização da CIVM, mensurada em newtons (N), sendo essas posições 10%, 50% e 90% da distância anteriormente estabelecida, o que correspondem as posições baixa, média e alta, respectivamente. O valor de 100% corresponde a extensão completa dos cotovelos. Foram realizadas duas contrações máximas de 5s para cada posição, com uma pausa de 2min entre

as duas tentativas da mesma posição e 3min de pausa entre cada uma das posições. Os voluntários foram orientados a realizar o máximo de força possível em cada tentativa. A sequência de avaliação das posições ocorreu de forma aleatória para cada voluntário. A média dos valores de força máxima alcançadas pelos indivíduos em cada posição foi utilizada para análise posterior.

Figura 8 – Equipamentos utilizados para testes de força e treinamento



Legenda: A- Barra guiada com um banco reto, equipada com sensores de posição e células de carga. B- Detalhe do sensor de posição. C- Detalhe da célula de carga

Fonte: Martins-Costa (2017).

O teste de 1RM foi realizado 10min após os testes de CIVM com base em estudos que adotaram esse procedimento (LACERDA *et al.*, 2016). O teste se inicia com a realização de uma ação excêntrica seguida de uma ação concêntrica. Foi realizado no máximo 6 tentativas, com pausa de 3min entre elas. O aumento da resistência externa ocorreu gradativamente (diferença mínima de 2kg entre as tentativas) até que o voluntário não conseguisse mais executar a ação concêntrica daquela tentativa. Assim, o valor de 1RM foi considerado a maior massa levantada pelo indivíduo.

Da terceira até a décima segunda semana de estudo, os voluntários realizaram os protocolos de treinamento por 10 semanas. Os protocolos foram equiparados em diferentes aspectos: intensidade (50-55% 1RM), Tempo sob Tensão (TST) por série (36s), frequência de treino (3 vezes por semana com diferença de 48h a 72h entre cada sessão), pausa entre séries de 3min e pelo número de séries (3 a 4 séries). O único aspecto que variou entre os protocolos foi a duração da repetição e o número de repetições. O protocolo A foi realizado com duração de 3s por repetição (1,5s para ação excêntrica e para a concêntrica) e 12 repetições. Já o protocolo B foi realizado com duração de 6s por repetição (3s para ação excêntrica e para a concêntrica) e 6 repetições. O controle da duração foi feito através da utilização de um metrônomo.

Os dois protocolos tiveram as mesmas progressões ao longo do estudo. Os indivíduos iniciaram realizando três séries a 50% 1RM. Já a partir da 4ª semana, uma série foi acrescentada. Na 6ª semana do estudo adotou-se a intensidade de 55% 1RM. A cada 2 semanas, 10 minutos antes da realização do protocolo de treinamento, os indivíduos realizaram o teste de 1RM. Esse procedimento foi adotado para que a intensidade fosse continuamente ajustada (WAKAHARA *et al.*, 2012, 2013a). Quando isso ocorria, o teste de 1RM era realizado conforme descrito anteriormente.

Na décima terceira semana do estudo, os voluntários realizaram novos exames de RM e testes de força. O grupo controle também realizou os mesmos procedimentos. Os exames de pós-teste foram realizados em horários próximos ao horário dos exames de pré-teste. Os exames de RM foram realizados antes dos testes de força e com um intervalo entre 72h e 96h após a última sessão de treino. Os testes de força foram realizados com um intervalo entre 72h e 120h após a última sessão de treino.

3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados utilizando o software IBM SPSS Statistics 22 (IBM Corp), por meio do coeficiente de correlação de Pearson. Foram considerados dados significativos aqueles que apresentarem valores de correlação com $r \geq 0,6$.

Foi realizado o cálculo do delta do desempenho nos testes de força. O delta representa a relação entre os dados pós teste e os dados pré teste. O seu cálculo se dá pelo resultado dos valores encontrados no pós teste subtraído pelos valores de pré teste. O

resultado disso é dividido pelos dados pré teste, ou seja, $((\text{pós} - \text{pré}) / \text{pré}) \times 100$. O valor encontrado através da utilização desse cálculo representa o delta. Com base nos valores de delta, foi analisada a correlação entre os testes de 1RM e o de CIVM em suas diferentes posições (alta, média e baixa), com os cortes a 20%, 50% e 80% da distância total (100%) dos músculos peitoral maior (epífise da clavícula até a cabeça do úmero) e tríceps braquial (tubérculo maior até borda lateral do braço de cada voluntário). Esses procedimentos foram realizados para os dois protocolos de treinamento utilizados no estudo.

4. RESULTADOS

O protocolo A não apresentou correlação significativa para nenhuma posição de CIVM nos três cortes de peitoral. Além disso, no teste de 1RM, não foi constatado valor de correlação significativa para nenhum corte do peitoral.

Para o músculo tríceps braquial dos indivíduos que realizaram o protocolo A, foram encontrados valores de correlação significativos de $r = 0,684$ e $p = 0,02$ e $r = 0,769$ e $p = 0,006$ para os cortes de 50% e 80%, respectivamente, ambos na CIVM média. Para o teste de 1RM não foram encontradas correlações significativas para nenhum dos três cortes.

Para o protocolo B, em relação ao delta para o músculo peitoral, não foi encontrada nenhuma correlação significativa tanto para o teste de CIVM quanto para o teste de 1RM. Em relação ao músculo tríceps braquial, foi encontrada uma correlação significativa de valor $r = 0,808$ e $p = 0,003$ para o corte de 50% com a CIVM alta. Os demais cortes nas diferentes posições de CIVM não apresentaram valores significativos. Para o delta do teste de 1RM do tríceps braquial, foi encontrada correlação significativa no corte de 80% com valor de $0,637$ e p de $0,035$. A Tabela 3 representa os resultados das correlações significativas encontradas pelo presente estudo.

Tabela 3: Resultados significativos para a correlação das variáveis

Músculo	Corte	Teste	Correlação(r)	Valor de P
Tríceps Braquial	50%	CIVM(alta)	0,808	0,003
Tríceps Braquial	80%	1RM	0,637	0,035
Tríceps Braquial	50%	CIVM (média)	0,684	0,002
Tríceps Braquial	80%	CIVM (média)	0,769	0,006

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, em relação ao grupo controle, não foram encontradas correlação significativa entre as variáveis analisadas.

5. DISCUSSÃO

No presente estudo foi constatado que o músculo peitoral maior não apresentou valores de correlação significativa em ambos os protocolos no que se refere a comparação entre pós e pré (delta). Já o músculo tríceps braquial apresentou correlação significativa apenas em alguns cortes nos diferentes testes e nos diferentes protocolos. Para o protocolo A foi significativo apenas no teste de CIVM em posição média nos cortes de 50% e 80%, enquanto que o protocolo B apresentou correlação significativa para CIVM alta no corte 50% e em 1RM no corte de 80%. Os resultados sugerem que pode existir uma correlação entre desempenho de testes de força e hipertrofia regionalizada, ou seja, à medida que o desempenho de força aumenta, há também um aumento da AST em cortes distais do músculo tríceps braquial.

Como dito anteriormente, o presente estudo não encontrou correlação significativa entre desempenho nos testes de força e hipertrofia regionalizada para o músculo peitoral maior. Uma possibilidade para esse resultado pode ser o valor de correlação encontrado, sendo considerado baixo para o presente estudo. Chillibeck et al. (1997) encontraram

correlação entre ganho de massa magra no tronco e ganho de força no supino entre pré e pós-treinamento, com $r = 0,50$ e $p < 0,05$. O valor de r encontrado por esses autores demonstra uma correlação, onde esse dado, por exemplo, não constaria nos resultados do presente estudo por ser considerado baixo.

De encontro parcial ao que foi encontrado no presente estudo, Ogasawara et al. (2013) obtiveram como resultado um aumento da AST do peitoral maior e do tríceps braquial, assim como o aumento no desempenho dos testes de força. No presente estudo apenas o tríceps braquial apresentou correlação significativa e nas suas porções mais distais. Uma possível explicação para os diferentes achados são os protocolos utilizados nos estudos. O volume e a intensidade utilizados em cada protocolo foram diferentes, podendo levar a adaptações distintas.

É sabido que antes de haver hipertrofia muscular é necessário que ocorram adaptações neurais no músculo, como por exemplo, sincronização e recrutamento de UM. Sendo assim, certo tempo de treinamento é necessário para que ocorra hipertrofia. No trabalho realizado por Chilibeck et al. (1997), foi comparado a correlação existente entre o aumento da força e da massa muscular nos músculos flexores de cotovelo, nos músculos do tronco e dos extensores e flexores de joelho, por meio dos exercícios rosca direta, supino e leg press, respectivamente. O autor encontrou correlação entre o aumento de massa magro na coxa e ganho de força no exercício leg press entre o meio e o final do treinamento, com $r = 0,51$ e $p < 0,05$ e também correlação entre ganho de massa magra no tronco e ganho de força no supino entre pré e pós-treinamento, com $r = 0,50$ e $p < 0,05$. O protocolo utilizado foi de 5 séries e 6-10 repetições para membros superiores (MMSS) e 10-12 repetições para membros inferiores (MMII) com 75-90% de 1RM, durante 20 semanas. No exercício supino foi constatado aumento no desempenho do teste de força (1RM) e aumento na massa muscular do tronco.

No presente estudo, foi encontrada correlação significativa somente para o tríceps braquial nas partes mais distais. Uma justificativa para isso seria o tempo de treino a qual os indivíduos foram submetidos. No presente estudo foram apenas 10 semanas de treino, enquanto que no estudo de Chilibeck et al. (1997) foram 20 semanas, em que foram constatados um aumento maior da massa muscular somente após as dez semanas iniciais de treino. Além do mais, por contar com indivíduos destreinados, o processo de aprendizagem e

da capacidade de recrutamento total das fibras demanda um tempo maior em relação a indivíduos que já estão acostumados com o treino de força.

Outro fator que pode interferir nos resultados é a estrutura dos músculos demandados e o comprimento deles quando se é submetido ao ponto de maior torque de resistência aplicado, que se dá pelo maior valor possível da distância perpendicular entre o eixo de rotação da articulação e a massa da resistência externa, durante a execução de um exercício. É necessária a realização de um elevado valor de força aplicada para que esse ponto seja superado. Isso poderia implicar em uma maior demanda de determinadas porções do músculo (EARP *et al.*, 2015; NOORKOIV *et al.*, 2014). Essa variação é diferente entre o teste de força de 1RM e de CIVM em diferentes posições, o que pode explicar a correlação significativa encontrada somente a 50% e 80% do tríceps no teste de CIVM média para o grupo do protocolo A e de 50% na CIVM alta e 80% em 1RM no grupo do protocolo B.

É sabido que existem comprimentos ótimos para a geração de força proporcionada pela sobreposição dos filamentos de actina e miosina, onde é gerado o maior número possível de pontes cruzadas (NEUMANN, 2010). Esse comprimento ótimo ocorre quando ele é maior que o comprimento de repouso, o que corrobora com os achados desse estudo, onde no teste de CIVM, foi encontrada correlação significativa entre força e hipertrofia na posição média e alta, onde o tríceps braquial está em uma posição intermediária (CIVM média) e em uma posição mais próxima a encurtada (CIVM alta).

A literatura também apresenta outros estudos em que o aumento da AST foi menor que o aumento da força (DAVIES *et al.* 1988; HAKKINEN *et al.*, 1981; NARICI *et al.*, 1989). No estudo de Narici *et al.* (1989), onde foram avaliadas mudanças no quadríceps, o aumento na AST foi de 8,5% e da CIVM foi de 20,8%. Como dito anteriormente, outros fatores além da hipertrofia podem ser responsáveis pelos resultados apresentados, como por exemplo, diferentes adaptações neurais. Outro fator que pode interferir nos resultados segundo Narici *et al.* (1989) seria a arquitetura muscular ou até a seleção de fibras tipo IIB.

O músculo é composto pelos diferentes tipos de fibras existentes e a distribuição delas ocorre de forma não padronizada, conforme a arquitetura muscular (BLAZEVIČH *et al.*, 2006) nas suas diferentes porções (ex.: proximal, medial e distal), baseado em uma grande influência genética em sua distribuição ao longo de seu comprimento. As fibras tipo IIB são

recrutadas em situações onde são exigidos altos níveis de força e onde há uma alta frequência de estimulação (NEUMANN, 2010; SMITH, 1997). Sendo assim, uma determinada porção de um músculo pode ser composta por uma maior quantidade de fibras do tipo IIb, o que implicaria em uma maior correlação de participação dessas porções no aumento da força e da AST. Sendo assim, uma alta frequência de ativação poderia estar relacionada a predominância de fibras do tipo IIb. É possível que no presente estudo isso tenha ocorrido nas porções mais distais do tríceps braquial (50% e 80%). Porém, Hakkinen et al., (1981) constataram em seu estudo que o aumento da força muscular do quadríceps não foi dependente da distribuição das fibras mesmo durante a fase inicial do estudo, onde ocorreu o maior aumento da força muscular. Com isso, essa possibilidade para explicar os resultados encontrados no presente estudo não seja o fator determinante.

Para Noorkoiv et al., (2015), a variação da diferença na arquitetura muscular ao longo de um músculo estaria ligado a capacidade de cada região contribuir na capacidade de gerar força. Com isso, hipertrofia em determinadas regiões podem contribuir mais no desempenho de força do que outras regiões de um mesmo músculo. No presente estudo, possivelmente as regiões de 50% e 80% do tríceps braquial tiveram maior participação na capacidade desse músculo de gerar força. Para esses autores, algumas regiões do músculo talvez não sejam ótimas para a geração de força em determinadas condições.

6. LIMITAÇÃO DO ESTUDO

Uma possível limitação do presente estudo estaria relacionada com o procedimento de medida da hipertrofia, já que a análise da imagem de ressonância magnética não permite quantificar o número de proteínas contráteis dentro do músculo. Com isso, o aumento da AST pode ocorrer por outros motivos e assim, a correlação entre força e hipertrofia pode acabar diminuindo. A realização de uma biópsia poderia permitir uma análise mais precisa dessa correlação.

7. CONCLUSÃO e RECOMENDAÇÕES

O presente estudo verificou a existência de correlação entre os testes de força CIVM e 1RM e hipertrofia regionalizada por meio da execução do exercício supino guiado, apenas nas partes média e distal (50% e 80%) do músculo tríceps braquial para ambos os protocolos,

enquanto que o músculo peitoral maior não apresentou correlação entre seus diferentes cortes e os dois testes de força, para ambos os protocolos.

Sendo assim, o uso dos protocolos equiparados em relação ao tempo sob tensão (A- 12 repetições com duração da repetição de 3s e B- 6 repetições com duração da repetição de 6s) pode resultar em hipertrofia regional das partes média e distal do tríceps braquial por meio da realização do exercício supino guiado em indivíduos destreinados. Estudos futuros podem contribuir para o esclarecimento de algumas questões, como por exemplo, a não correlação entre os três cortes de peitoral maior com os dois testes de força analisados e se a realização de outros protocolos leva a resultados semelhantes ou diferentes encontrados pelo presente estudo.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the correlation between performance in strength tests 1 MR and CIVM in different positions (high, medium and low) and increasing the cross-sectional area (CSA) in specific regions (20% , 50% and 80%) of the pectoralis major muscles and triceps brachii. Group A performed 12 repetitions lasting 3 seconds per repetition, while group B performed 6 repetitions lasting 6 seconds, equating the time under tension. Protocols were performed for 10 weeks by 33 untrained volunteers. A magnetic resonance (MRI) test was performed before and after the tests to determine AST. Pearson's correlation between AST in each cut of the analyzed muscles and the performance in both strength tests, with pre and post test data, was used. The results indicated that in both training protocols, there was no significant correlation between regionalized hypertrophy and performance on strength tests for the pectoralis major. Regarding the brachial triceps significant correlation was found in 50% of cuts ($r = 0.684$, $p = 0.02$) and 80% ($r = 0.769$, $p = 0.006$) with high CIVM in the protocol, while the protocol B was ($r = 0.808$, $p = 0.003$) and 80% with 1RM ($r = 0.637$, $p = 0.035$). In this way, the presence of regionalized hypertrophy correlated to tests of maximum strength was evidenced, but it is worth considering that it was found in untrained individuals and in only one of the analyzed muscles.

Keywords: Correlation Strength and Hypertrophy. Regionalized hypertrophy. Time under tension.

CORRELATION BETWEEN PERFORMANCE IN STRENGTH TESTS AND REGIONALIZED HYPERTROPHY

REFERÊNCIAS

BLAZEVIČH, A J.; GILL, Nicholas D.; ZHOU, S. Intra-and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed in vivo. **Journal of anatomy**, v. 209, n. 3, p. 289-310, 2006.

CHILIBECK, P D. et al. A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 77, n. 1-2, p. 170-175, 1997.

DAVIES, J. et al. Changes in strength and cross sectional area of the elbow flexors as a result of isometric strength training. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 57, n. 6, p. 667-670, 1988.

EARP, J.E.; NEWTON, R.U.; CORMIE, P.; BLAZEVIČH, A.J. Inhomogeneous Quadriceps Femoris Hypertrophy in Response to Strength and Power Training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.47, p.2389-2397, 2015.

GONZÁLEZ-BADILLO, J.; RODRÍGUEZ-ROSELL, D.; SÁNCHEZ-MEDINA, L.; GOROSTIAGA, E.; PAREJA-BLANCO, F. Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. **European Journal of Sports Sciences**, v.14, p. 772-781, 2014.

HAKKINEN, K. Effect of combined concentric and eccentric strength training and detraining on force-time, muscle fiber and metabolic characteristics of leg extensor muscles. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 3, p. 50-58, 1981.

HEUCK, A.; STEINBORN, M.; ROHEN, J.; LUTJEN-DRECOLL, E. **Atlas de ressonância magnética do sistema musculoesquelético**. São Paulo: Manole, 2012.

HUNTER, S. K.; DUCHATEAU, J.; ENOKA, R. M. Muscle fatigue and the mechanisms of task failure. **Exercise and Sport Science Review**, v.32, p.44-49, 2004.

KUBO, K.; OHGO, K.; TAKEISHI, R.; YOSHINAGA, K.; TSUNODA, N.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Effects of isometric training at different knee angles on the muscle-tendon complex in vivo. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.16, n.3, p. 159-67, 2006.

LACERDA, L.; MARTINS-COSTA, H.; DINIZ, R.; LIMA, F.; ANDRADE, A.; TOURINO, F.; BEMBEN, M.; CHAGAS, M. Variations in Repetition Duration, and Repetition Numbers Influence Muscular Activation and Blood Lactate Response in Protocols Equalized by Time Under Tension. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.30, 251-258, 2016.

MARTINS-COSTA, H. C.. **Protocolos de treinamento na musculação equiparados pelo tempo sob tensão provocam alterações similares na força e hipertrofia muscular**. Orientador: Mauro Heleno Chagas. 2017. 88 f. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

NARICI, M V et al. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 59, n. 4, p. 310-319, 1989.

NEUMANN, D A. **Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para reabilitação**. Elsevier Health Sciences, 2010.

NOORKÕIV, M.; NOSAKA, K.; BLAZEVIČH, A. Neuromuscular adaptations associated with knee joint angle-specific force change. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.46, n.8, p. 1525-37, 2014.

NOORKÕIV, M; NOSAKA, K; BLAZEVIČH, A J. Effects of isometric quadriceps strength training at different muscle lengths on dynamic torque production. **Journal of sports sciences**, v. 33, n. 18, p. 1952-1961, 2015.

OGASAWARA, R.; YASUDA, T.; ISHII, N.; ABE, T. Comparison of muscle hypertrophy following 6-month of continuous and periodic strength training. **European Journal of Applied Physiology**, v.113, n.4, p.975-985, 2013.

SMITH, L K. **Cinesiologia clínica de Brunnstrom**. Manole, 1997.

SUZUKI, H.; CONWIT, R.; STASHUK, D.; SANTARSIERO, L.; METTER, E.; Relationships between surface-detected EMG signals and motor unit activation. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v.34, p. 1509-1517, 2002.

TANIMOTO, M.; ISHII, N. Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. **Journal of Applied Physiology**, v.100, p.1150–1157, 2006.

WAKAHARA, T.; MIYAMOTO, N.; SUGISAKI, N.; MURATA, K.; KANEHISA, H.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T.; YANAI, T. Association between regional differences in muscle activation in one session of resistance exercise and in muscle hypertrophy after resistance training. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, n.4, p.1569-1576, 2012.

WAKAHARA, T.. FUKUTANI, A.; KAWAKAMI, Y.; YANAI, T. Nonuniform muscle hypertrophy: Its relation to muscle activation in training session. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.45, n.11, p.2158-65, 2013.

WAKAHARA, T.; EMA, R.; MIYAMOTO, N.; KAWAKAMI, Y. Inter- and intramuscular differences in training-induced hypertrophy of the quadriceps femoris: association with muscle activation during the first training session. **Clinical Physiology and Functional Imaging**. 2015. No prelo.

WATANABE, K.; KOUZAKI, M.; MORITANI, T. Non-uniform surface EMG responses to change in joint angle within rectus femoris muscle. **Muscle and Nerve**, v. 50, n.5, p. 794-802, 2014.

WATANABE, K.; KOUZAKI, M.; ANDO, R.; AKIMA, H.; MORITANI, T. Non-uniform recruitment along human rectus femoris muscle during transcutaneous electrical nerve stimulation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 10, p. 2159-65, 2015.