

WAGNER DE MATOS RIBEIRO

**EQUAÇÕES PREDITIVAS PARA ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSA DO TRÍCEPS
BRAQUIAL EM DUAS REGIÕES BASEADAS EM ANTROPOMETRIA**

Belo Horizonte

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

2021

WAGNER DE MATOS RIBEIRO

**EQUAÇÕES PREDITIVAS PARA ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSA DO TRÍCEPS
BRAQUIAL EM DUAS REGIÕES BASEADAS EM ANTROPOMETRIA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Educação Física
de Escola de Educação Física,
Fisioterapia e Terapia Ocupacional da
Universidade Federal de Minas Gerais
como requisito para obtenção do título de
bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo César
Ribeiro Diniz

Belo Horizonte

2021

RESUMO

A possibilidade de se estimar as medidas da área de secção transversa (AST) dos músculos é de extrema utilidade para se quantificar de forma confiável a hipertrofia muscular. O objetivo deste estudo foi elaborar novas equações preditivas para o público do sexo masculino para se mensurar a AST do tríceps braquial em dois comprimentos musculares, a 50% e 80% do úmero. Participaram do estudo voluntários do sexo masculino com idades entre 18 e 35 anos, que foram submetidos ao exame de ressonância magnética (RM) e à coleta de dados antropométricos (circunferência e dobras cutâneas) do braço. A literatura não apresenta equações preditivas para o músculo tríceps braquial em específico. Os resultados das equações de predição da AST obtidas neste estudo foram satisfatórios para determinação de medidas absolutas, contudo, os valores dos erros de padrão de medida relativos (EPMr) de 166,3% e 64,6%, para 50% e 80% do comprimento do úmero, respectivamente, inviabilizam sua utilização com este intuito. Em vista disso, conclui-se que as equações preditivas aqui desenvolvidas, fornecem valores confiáveis para a determinação de medidas absolutas e não relativas. Estudos futuros devem realizar validação cruzada das equações propostas para se avaliar a confiabilidade e também deve-se considerar realizar a avaliação de outros grupos do sexo masculino.

Palavras-chave: Área de secção transversa. AST. Músculos. Tríceps braquial. Equação preditiva. Antropometria. Ressonância magnética. Sexo masculino.

1	Sumário	
1.	Introdução.....	5
2.	Objetivos.....	7
3.	Materiais e métodos.....	7
3.1.	Delineamento do estudo.....	7
3.2.	Amostra.....	8
3.3.	Procedimentos.....	9
3.4.	Exame de Ressonância Magnética.....	9
3.5.	Protocolos de treinamento	12
3.6.	Conversão de dados de espessura de gordura em dobras cutâneas.....	13
3.7.	Análise estatística	14
4.	Resultados.....	15
5	Discussão.....	17
6	Conclusão.....	20

1. Introdução

O aumento da capacidade de produzir força é uma das adaptações geradas do treinamento de força que tem relação com a quantidade de massa muscular (DEFREITAS et al., 2010). Essa capacidade de produzir força pode beneficiar a performance de atletas de modalidades como o levantamento de peso olímpico (STONE et al., 2005), corredores de longa e curta distância (MAUGHAN et al., 1983), ou até mesmo nas ações funcionais cotidianas em homens e mulheres idosos (AVLUND et al., 2007). Assim, estabelecer procedimentos para a determinação da massa muscular pode afetar de forma direta a atuação do profissional de educação física. Contudo, são necessários procedimentos que determinem de forma fidedigna a mudança dessa área muscular, como consequência de um período ou programa de treinamento (DOXEY et al., 1989; KATCH et al., 1990; DEFREITAS et al., 2010).

Um dos parâmetros frequentemente utilizados para se inferir sobre a massa muscular é a determinação da área de secção transversa (AST) muscular. Atualmente, o padrão ouro para a AST muscular é a imagem por ressonância magnética (RM), (DEFREITAS et al., 2010). Contudo, a imagem por RM, apesar de produzir imagens bastante detalhadas das extremidades, podendo até fornecer informações sobre musculatura, tecido adiposo, ligamentos e vasos, apresenta limitações quanto ao seu acesso, por se tratar de um procedimento de alto custo e feito em ambiente laboratorial com disponibilidade limitada para a maior parte dos alunos e dos profissionais de educação física (HOUSH et al., 1995). Portanto, procedimentos mais acessíveis para se estimar a AST são essenciais, e a antropometria se mostra um método simples, rápido, não invasivo e de baixo custo para este intuito (HEYMSFIELD et al., 1982; MARTINE

et al., 1997). O uso da antropometria para se avaliar a composição corporal tanto no cotidiano profissional quanto no ambiente laboratorial é notório, porém, seu uso para se estimar a AST regional em extremidades é menos explorado em ambos ambientes (DOXEY et al., 1989; DEFREITAS et al., 2010). No entanto, a antropometria tem sido questionada quanto a sua precisão para se determinar a AST muscular, por isso, em vários estudos foram desenvolvidas equações de predição de AST baseadas em métodos de imagem dos músculos do braço (HEYMSFIELD et al., 1982; FORBES et al., 1988; DOXEY et al., 1989; RICE et al., 1990; MARTINE et al., 1997) e em músculos do compartimento da coxa como quadríceps e isquiossurais (HOUSH et al., 1995; DEFREITAS et al., 2010). No entanto, as equações referentes aos músculos do braço fornecem uma estimativa da AST de todo compartimento muscular, logo não existe equação específica para o músculo tríceps braquial, que está presente em vários gestos esportivos, principalmente em modalidades que incluem empurrar, socar, arremessar, lançar e levantar, dos quais podemos destacar as lutas, esportes olímpicos e os levantamentos de peso tanto básico quanto olímpico.

Adicionalmente, estudos que elaboraram equações de previsão da AST têm apresentado uma limitação, pois sua medição é feita em apenas um ponto do comprimento muscular, o que não pode mostrar a resposta hipertrófica do músculo inteiro (WAKAHARA et al., 2013). Por exemplo, Wakahara et al. (2012) mostraram uma diferença na resposta hipertrófica do músculo tríceps braquial ao longo de seu comprimento e nas suas diferentes cabeças.

Portanto, visto que a hipertrofia acontece de forma não uniforme ao longo do comprimento muscular, elaborar equações preditivas para o músculo tríceps braquial em dois comprimentos do úmero (50% e 80% do comprimento total) permitiria uma melhor

estimativa do seu tamanho e conseqüentemente permitiria uma avaliação da hipertrofia deste músculo de forma mais confiável e acessível.

2. Objetivos

Objetivo 1 - Desenvolver equações preditivas para se avaliar a área de secção transversa nos comprimentos de 50% e 80% do úmero, para o músculo tríceps braquial.

3. Materiais e métodos

3.1. Delineamento do estudo

O estudo foi realizado com um delineamento experimental multigrupos que realizou pré-teste e pós-teste (PORTNEY; WATKINS, 2009). A amostra foi dividida em três grupos, os quais dois realizarão diferentes protocolos de treinamento de força (Protocolo A: maior número de repetições e menor duração da repetição; Protocolo B: Menor número de repetições e maior duração da repetição), e, por último, um grupo controle, que não foi submetido a nenhum protocolo. No presente estudo, foi utilizado o supino realizado no aparelho guiado para a realização dos testes e dos protocolos de treinamento. Na primeira semana, foram feitas as medidas antropométricas dos voluntários, consistindo em estatura e massa corporal, além disso, todos os indivíduos foram submetidos a uma ressonância magnética, para aferir a área de secção transversa (AST) de diferentes regiões do músculo tríceps braquial. Da 3^a até a 12^a semana foram realizados os protocolos de treinamento pelos voluntários, com exceção do grupo controle, que foi solicitado que não fizessem nenhum tipo de treinamento de força ou nenhuma alteração as suas rotinas de exercícios previamente estabelecida. Na 13^a semana, os grupos realizaram novos exames de RM.

3.2. Amostra

A amostra do presente estudo foi constituída de voluntários do sexo masculino, com idades entre 18 e 35, divididos igualmente entre os protocolos. Os indivíduos selecionados não realizaram treinamento de força pelos últimos 6 meses e também apresentaram histórico negativo para lesões musculotendíneas no ombro, cotovelo ou punho. Foi instruído para os voluntários também não realizar o uso de recursos ergogênicos farmacológicos ou nutricionais, além de se abster de treinamentos de força adicionais, no período do estudo.

Tabela 1 – Caracterização da amostra

Variável	Média ± DP	Mín - Máx
Idade (anos)	25,2 ± 4,6	18,4 – 34,2
Massa (kg)	74,7 ± 9,1	64,5 – 89,3
Estatura (cm)	174,2 ± 5,4	166,0 – 183,0
Percentual de gordura (%)	15,4 ± 4,9	8,2 – 23,7

Desvio padrão (± DP); Min – Mínimo; Max – Máximo; n=23.

Os voluntários completaram as 30 sessões durante as 10 semanas do estudo em dois diferentes protocolos. Como o objetivo do estudo é apenas desenvolver equações preditivas mediante os resultados desta amostra, não serão fornecidas informações detalhadas sobre os protocolos de treinamento ou os resultados obtidos que não tenham relação direta com o presente estudo. Contudo estas informações estão disponíveis de forma detalhada no estudo de Martins-Costa (2017).

Todos os voluntários que participaram, antes receberam informações quanto objetivos, processo metodológico da pesquisa e possíveis benefícios ou riscos da sua participação. Os voluntários deram seu consentimento por escrito e estavam cientes de

que a qualquer momento poderiam deixar de participar da pesquisa. Este estudo respeitou as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional em Saúde (Resolução 466/2012) envolvendo pesquisas com seres humanos. Este estudo possui o Certificado de Apresentação para Aprovação Ética número 30594614.0.0000.5149. A coleta de dados foi conduzida do Laboratório de Treinamento em Musculação (LAMUSC), localizado na EEFFTO/UFG, com excessão dos exames de RM foram realizados na clínica especializada em diagnóstico de imagens (Ecoar Medicina Diagnóstica Ltda).

3.3. Procedimentos

Na primeira semana foram realizadas duas sessões experimentais. Na sessão 1, após o esclarecimento, a leitura e a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), os voluntários responderam o questionário do Par-Q (ACSM, 2014) e, posteriormente, submetidos a uma anamnese, para verificar se haviam limitações em relação à participação do indivíduo na pesquisa. Logo após, foram realizadas medidas de estatura e massa por meio de uma balança com estadiômetro acoplado na mesma (FILIZOLA, Brasil), que apresenta precisão de 0,1kg e 0,5cm. Posteriormente, os voluntários tiveram suas medidas a dobra cutânea do bíceps e do tríceps braquial e foi registrada a circunferência do braço numa distância correspondente a 50 e 80% do comprimento do úmero, do acrômio ao olecrano. Estas medidas antropométricas foram posteriormente utilizadas para análise estatística. Durante essa mesma sessão experimental foi padronizada a posição para a execução do supino de cada indivíduo.

3.4. Exame de Ressonância Magnética

Durante a sessão 2, os indivíduos foram submetidos a um exame de RM, realizado em uma clínica especializada, como já mencionado anteriormente. O exame foi repetido

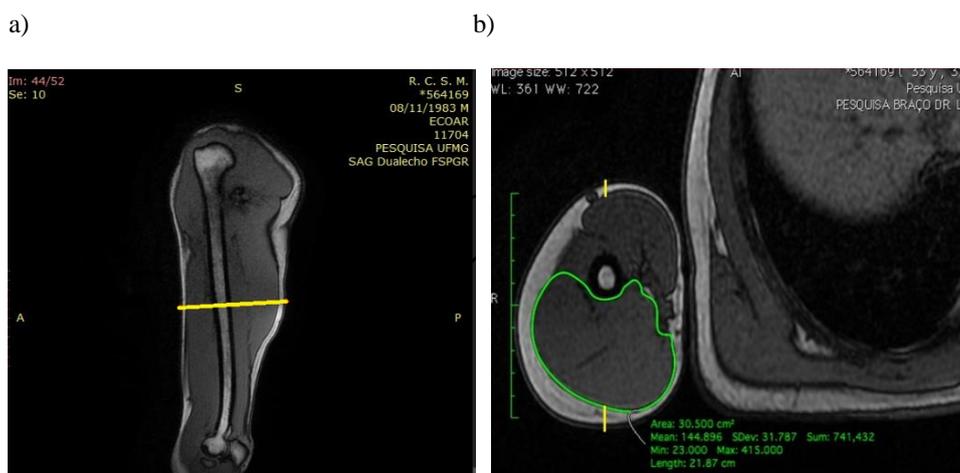
na última semana do estudo como parte das medidas de pós-teste. A clínica possui médicos e técnicos especializados em realizar esse tipo de procedimentos. O procedimento para a medição era o seguinte: os voluntários permaneceram aproximadamente 15 minutos sem realizar nenhum tipo de atividade física, após esse período, eram deitados numa maca e permaneceram imóveis por no mínimo mais 5 minutos, para que os músculos estivessem relaxados antes do exame. Os exames de RM foram realizados num 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. As imagens foram feitas com os voluntários em decúbito dorsal com seus membros superiores estendidos paralelos ao tronco. Os membros superiores foram fixados e os sujeitos foram instruídos a permanecer imóveis durante a aquisição das imagens. Foram obtidas sequências de imagens coronais do lado direito dos voluntários, esse procedimento teve como objetivo identificar os pontos anatômicos para a definição das regiões musculares que foram analisadas. Imagens axiais foram feitas entre o processo acromial da escápula e o olécrano do cotovelo, com escaneamento realizado em dois blocos de medidas para minimizar os efeitos de distorção do campo magnético.

Primeiramente, para a determinação da AST do tríceps braquial, foi feita a visualização das imagens em um *software* específico (Osirix 10.0, Suíça), que permite a identificação da distância entre o tubérculo maior e o epicôndilo lateral do úmero, sendo que essa foi considerada 100% da distância analisada. Para cada indivíduo determinou-se os pontos nas imagens em corte axial que correspondiam a 50% e 80% da distância total. Em seguida foram contornadas manualmente com o mesmo *software*, permitindo o cálculo da AST do tríceps braquial em cm². Procedimentos semelhantes foram utilizados

em outros estudos que também analisaram a influência do treinamento de força em alterações das AST do tríceps braquial. Também nestes pontos foram medidas as circunferências do braço, além das espessuras das camadas de gordura do compartimento anterior e posterior do braço presentes na imagem referente ao plano sagital que melhor proporcionava a visualização de todo úmero. As informações sobre a camada de gordura foram posteriormente relacionadas as dobras cutâneas do bíceps e tríceps, respectivamente.

Figura 1 – Área de secção do transversa a 50% do comprimento do úmero.

- a) Vista sagital com cortes a 50% do comprimento do úmero.
- b) AST do músculo tríceps braquial e da espessura da camada de gordura a 50%.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 2 – Área de secção do transversa a 80% do comprimento do úmero.

a) Vista sagital com cortes a 80% do comprimento do úmero.

b) AST do músculo tríceps braquial e da espessura da camada de gordura a 80%.

a)



b)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante a análise das imagens, nem sempre havia uma delimitação clara das fáscias musculares. Se isso ocorrer, será traçada uma linha da extremidade observável da fáscia para um ponto de referência obtido em outras imagens com fáscias mais nítidas. Para que fosse feita a análise estatística foram levados em conta os seguintes parâmetros:

- AST do músculo tríceps braquial no comprimento correspondente a 50% do úmero=
Somatório das medidas de todas AST do tríceps braquial (cabeças longa, lateral e medial).

-AST do músculo tríceps braquial no comprimento correspondente a 80% do úmero=
Somatório das medidas de todas AST do tríceps braquial (cabeças longa, lateral e medial).

3.5. Protocolos de treinamento

Os voluntários realizaram os seus respectivos protocolos de treinamento A ou B durante 10 semanas, todas as sessões foram supervisionadas e realizadas no LAMUSC. Esses protocolos foram equiparados pelo tempo sob tensão (TST) em cada série de 36 segundos, com intensidade entre 50-55% 1RM, frequência semanal de 3 vezes na semana com 48 à 72 horas de intervalo entre elas, pausa entre as séries de exercício de 3 minutos

e o número de séries variando de 3 a 4, sendo assim, as únicas diferenças entre os protocolos eram apenas a duração e o número das repetições entre os grupos. O protocolo A teve 12 repetições por série com 3 segundos de duração (1,5s para cada ação muscular, concêntrica e excêntrica), e o protocolo B teve 6 repetições por série com 6 segundos de duração (3s para cada ação muscular). O controle da duração foi auxiliado por meio de um metrônomo.

3.6. Conversão de dados de espessura de gordura em dobras cutâneas

A coleta de medidas antropométricas, circunferência do braço e dobras cutâneas, foi realizada em 23 voluntários no comprimento de 50% do úmero antes do período de treinamento. O objetivo do estudo também é desenvolver uma equação de predição da AST na região de 80% do úmero, os dados de espessura de gordura de cada voluntário (n=23), obtidos também por meio de RM, foram transformadas em dobras cutâneas, para que haja aplicabilidade das novas equações de predição para a AST que foram desenvolvidas no presente estudo. Assim, foi realizado um procedimento de regressão cúbica com o intuito de converter os dados de espessura da camada de gordura em medidas de plicometria, conforme pode ser verificado nas equações (1) e (2)

$$\begin{aligned} \text{Dobra Cutânea da Tríceps} = & (0,023592 \times \text{espessura da camada de gordura do} \\ & \text{Tríceps}^3) + (0,658641 \times \text{espessura da camada de gordura do Tríceps}^2) - \\ & (4,139093 \times \text{espessura da camada de gordura do Tríceps}) + 13,565987 \quad (1) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,70; \text{ Erro padrão da estimativa (EPM)} = 2,76 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Dobra Cutânea da Bíceps} = & (0,09551 \times \text{espessura da camada de gordura do} \\ & \text{Bíceps}^3) - (1,915553 \times \text{espessura da camada de gordura do Bíceps}^2) - \\ & (12,81838 \times \text{espessura da camada de gordura do Bíceps}) - 23,364651 \quad (2) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,36; EPM = 1,81 \text{ mm}$$

3.7. Análise estatística

Foi realizada uma análise descritiva de todas as variáveis do estudo. Os dados foram representados pela média e pelo desvio padrão. A normalidade da distribuição e a homogeneidade das variâncias das respostas relativas foram verificadas pelo teste Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente.

Posteriormente, foram realizadas equações de regressão linear bivariada para a determinação da AST do tríceps braquial, tendo como base as informações de circunferência e dobra cutânea (estimada pelas equações de regressão 1 e 2 da espessura da camada de gordura apresentada na metodologia) para as regiões de 50% e 80%, considerando dados tanto antes quanto depois do treinamento. Para cada uma dessas estimativas também foi realizado um teste T para amostras pareadas entre as medidas de AST reais e estimadas. Posteriormente, baseado nos resultados de AST preditas obtidas pelas equações de regressão, foram determinados os ganhos relativos obtidos pelos voluntários e estes foram comparados aos ganhos relativos reais verificados pelas imagens de RM. Posteriormente, foi realizado um teste T para amostras pareadas entre as medidas relativas reais e preditas, em seguida sendo aplicados os coeficientes de correlação intraclasse (CCI), erro padrão de medida absoluto (EPMa) e erro padrão de medida relativizado pela média (EPMr). O nível de significância adotado para todas as análises foi de 0,05. Todos os cálculos foram feitos no software SPSS para Windows versão 22.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA).

4. Resultados

Primeiramente, através da análise de regressão linear foram criadas equações de predição da AST através da dobra cutânea (bíceps e tríceps) e circunferência para 50% (equação 3) e 80% (equação 4) do comprimento do úmero, conforme descrita abaixo:

$$\begin{aligned} \text{AST Tríceps braquial (50\% do úmero)} = & (1,616807 \times \text{circunferência} \\ & \text{do braço em cm}) - (0,50229 \times \text{dobra cutânea do Tríceps em mm}) - \\ & (0,872959 \times \text{dobra cutânea do Bíceps em mm}) - 11,870399 \end{aligned} \quad (3)$$

$$R^2 = 0,59$$

$$\begin{aligned} \text{AST Tríceps braquial (80\% do úmero)} = & (1,795816 \times \text{circunferência} \\ & \text{do braço em cm}) - (0,539131 \times \text{dobra cutânea do Tríceps em mm}) - \\ & (0,631649 \times \text{dobra cutânea do Bíceps em mm}) - 25,192292 \end{aligned} \quad (4)$$

$$R^2 = 0,81$$

Através das equações desenvolvidas nesse estudo, o teste T pareado não demonstrou diferenças significativas entre a ASTreal e a ASTpredita ($t_{63} < 0,001$; $p > 0,999$) no comprimento de 50% do úmero. Além disso, também não foram encontradas diferenças significativas entre a ASTreal e a ASTpredita ($t_{63} = -0,001$; $p > 0,999$) a 80% do comprimento do úmero.

Tabela 2 – Comparação das medidas de ASTreal e ASTpredita nas equações desenvolvidas

Comprimento do úmero	ASTreal Média \pm DP (cm ²)	ASTpredita Média \pm DP (cm ²)	EPMa (cm ²)	EPMr
50%	29,80 \pm 5,89	29,8078 \pm 4,52	3,8 cm ²	12,9%
80%	17,79 \pm 4,31	17,79 \pm 3,90	1,8 cm ²	10,6%

Legenda: AST = área de secção transversa. DP = Desvio Padrão. EP_{Ma} = Erro Padrão de Medida absoluto. EP_{Mr} = Erro Padrão de Medida relativo. **Fonte:** Dados extraídos da pesquisa.

Adicionalmente, foram comparados os valores relativos obtidos pelas equações de regressão em cada comprimento e pelas medidas reais. Através das equações desenvolvidas calculou-se o percentual de variação por elas, foi obtido um CCI= -0,217, com erro padrão de medida absoluto 9,98% e erro padrão de medida relativo 166,33%. Posteriormente, foi realizado um teste T pareado para comparar as médias de variação relativas entre as medidas das fórmulas e da medida real, estes valores podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação das medidas relativas de AST_{real} e AST_{predita} a 50% do comprimento do úmero

Comprimento do úmero	AST_{real} Média ± DP (cm²)	AST_{predita} Média ± DP (cm²)	T₃₁	p
50%	7,89± 11,42	4,11± 8,16	1,377	1,78

Legenda: AST = área de secção transversa. DP = Desvio Padrão T = Teste T pareado **Fonte:** Dados extraídos da pesquisa.

Além disso, também foram comparados valores relativos pelas equações de regressão no comprimento de 80% pelas medidas reais. Por meio das equações desenvolvidas, foi obtido um CCI= 0,533, com erro padrão de medida absoluto 7,18% e com erro padrão de medida relativo 64,57%. Após isso, foi feito um teste T pareado para comparar as médias de variação relativas entre as medidas das fórmulas e da medida real, estes valores podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Comparação das medidas relativas de AST_{real} e AST_{predita} a 80% do comprimento do úmero

Comprimento do úmero	AST_{real} Média ± DP (cm²)	AST_{predita} Média ± DP (cm²)	T₃₁	p
80%	14,97± 14,06	7,27± 12,01	3,445	0,02

Legenda: AST = área de secção transversa. DP = Desvio Padrão. T = Teste T pareado **Fonte:** Dados extraídos da pesquisa.

5 Discussão

O objetivo do presente estudo foi elaborar equações de predição da AST do músculo tríceps braquial em duas regiões do comprimento do úmero 50% e 80%. As equações de predição que existem para se estimar a AST da musculatura do braço, estimam a AST de todos os músculos da região juntamente, além de muitas vezes levar em conta também a área ocupada por osso no cálculo final da AST (HEYMSFIELD et al., 1982; DEKONING et al., 1986; FORBES et al., 1988). Dessa forma, considerando que é possível ter respostas de hipertrofia diferentes entre os músculos do braço (SIMÃO et al., 2012), deve-se destacar que o presente estudo apresenta uma evolução nesta perspectiva.

Os resultados médios das equações de predição desenvolvidas (equações 3 e 4), aplicando os dados antropométricos dos voluntários, se aproximaram das medidas reais de AST que foram obtidas por meio da RM nos comprimentos de 50% e 80% do úmero. Esses resultados não podem ser corroborados com outros estudos pois, como já mencionado anteriormente, outros estudos que elaboraram equações de predição para a AST de toda musculatura do compartimento braquial utilizando imagens provenientes de ultrassonografia e tomografia computadorizada (HEYMSFIELD et al., 1982; FORBES et al., 1988; DOXEY et al., 1989; RICE et al., 1990; HOUSH et al., 1995; MARTINE et al., 1997).

Os resultados apresentaram valores razoáveis para medidas absolutas, os valores de CCI= -0,217 com erro padrão de medida relativo 166,33% e CCI= 0,533 com erro

padrão de medida relativo 64,57%, a 50% e 80%, respectivamente, mostram, contudo, que a estimativa para dados relativos não teve resultados satisfatórios com valores de EPMr altos e de CCI baixo se comparado a estudos como observado no estudo de DeFreitas (2010), apresentando valores de $CCI > 0,9$. Podemos atribuir tais resultados devido a uma limitação no uso da estatística em que foi utilizada apenas uma regressão linear bivariada, possivelmente, outras formas de transformação podem fornecer uma melhor estimativa. Adicionalmente, pode ser que os parâmetros utilizados nesta equação não sejam suficientes para gerar a estimativa do tríceps braquial, diferentemente do quadríceps femoral que foi investigado no estudo de DeFreitas et al. (2010).

As equações (1) e (2), foram criadas com o propósito de conversão dos dados da espessura da camada de gordura, obtidas pelas imagens de RM, em dobras cutâneas, tal procedimento, possivelmente contribuiu para diminuir os erros nos resultados. Estudos passados que tinham como objetivo estimar a AST dos músculos do braço (HEYMSFIELD et al., 1982; DEKONING et al., 1986; FORBES et al., 1988) superestimaram a AST real do músculo, provavelmente devido ao fato da medição ser realizada com pinças de dobras cutâneas que são menos precisas. Contudo, este procedimento de conversão das espessuras em dobras cutâneas utilizado no presente estudo diminuí a aplicabilidade prática do estudo, visto que ao utilizar as equações preditivas os resultados devem ser baseados apenas nas medidas antropométricas de circunferência e dobras cutâneas. Assim, é necessário, ao se utilizar uma equação preditiva, ter em mente a magnitude do erro no seu uso. Porém, ressalta-se que apesar deste erro, é importante ter alternativas como uso de técnicas indiretas da medição da AST que são acessíveis e de menor custo para profissionais que não tem acesso a exames de imagem feitos em laboratórios que são extremamente caros.

A antropometria tem sua precisão questionada na literatura, quando se necessita monitorar as alterações da AST muscular. DeFreitas et al. (2010) verificaram que os métodos antropométricos, tendo como base a circunferência do membro e a dobra cutânea, forneceram um padrão válido de resposta para a estimativa da AST.

Tais resultados são atribuídos a fatores como nas equações, é subtraído uma constante “média” da área que seria ocupada por osso e outros tecidos não musculares (HEYMSFIELD et al., 1982), possivelmente esse ponto em comum nas equações não consigam incorporar a variabilidade individual da morfologia da amostra. Outra fonte de erro desses resultados pode ser devido ao percentual de gordura dos indivíduos. Forbes (1988) relatou que para indivíduos magros a disparidade entre os valores de AST mais osso preditos pela equação de regressão e os valores calculados oriundos da tomografia computadorizada é pequena, enquanto, para indivíduos que possuem uma maior área ocupada por gordura, os valores de AST são altamente superestimados.

Adicionalmente, a AST do músculo analisado no presente estudo se refere apenas ao tríceps braquial, outras musculaturas da região não entram no valor final da AST. Foi relatado por Housh et al. (1995), erros maiores para equações preditivas da AST dos músculos isquiossurais, e o erro era menor para as equações de predição desenvolvidas para quadríceps e ainda menos quando para a AST da musculatura de toda coxa. Housh et al. (1995), afirmaram que isso era esperado visto que a área ocupada pelos músculos totais da coxa e pelo quadríceps são expressivamente maiores do que a área dos músculos isquiossurais. Possivelmente, essa discrepância entre as áreas musculares ocupadas pelos diferentes músculos do braço pode ter afetado os resultados do presente estudo.

6 Conclusão

Dessa forma, visto que a literatura não apresenta equações preditivas para a AST do músculo tríceps braquial em nenhum comprimento, o presente estudo as desenvolveu em duas regiões distintas do úmero. As equações elaboradas no presente estudo podem ser usadas quando métodos de imagem não estiverem disponíveis, mas devem ser utilizadas para determinação de medidas absolutas e não relativas com consciência da magnitude do erro dos resultados para a estimativa da AST do músculo tríceps braquial nos comprimentos de 50% e 80% do úmero.

REFERÊNCIAS

- AVLUND, K.; SCHROLL, M.; DAVIDSEN, M.; LYSBORG, B.; RANTANEN, T. Maximal isometric muscle strength and functional ability in daily activities among 75-year old men and women. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 1994: v. 4, n. 1: p. 32-40, Munksgaard, 1994.
- DEFREITAS, J.M. ; BECK, T.W.; STOCK, M.S.; DILLON, M.A.; SHERK, V.D.; STOUT, J.R.; CRAMER, J.T. A comparison of techniques for estimating training induced changes in muscle cross-sectional area. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 24, n. 9: p. 2383- 2389, 2010.
- DOXEY, G.E.; Assessing arm muscularity with anthropometric and real time ultrasonic techniques. *Journal of Applied Sport Science Research*, v 3, n 1: p. 1-6, 1989.
- FORBES, G.B.; BROWN, M.R.; GRIFFITHS, H.J.L. Arm muscle plus bone area: anthropometry and CAT scan compared. *American Journal of Clinical Nutrition*; v. 47, n. 6: p. 929-31, 1988.
- HEYMSFIELD S.B.; McMANUS C.; SMITH J.; STEVENS V.; NIXON D.W. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.36, n. 4: p. 680-90, 1982.
- HOUSH, D.J.; HOUSH, T.J.; WEIR, J.P.; WEIR, L.L.; JOHNSON, G.O.; and STOUT, J.R.
Anthropometric estimation of thigh muscle cross-sectional area. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 27, n. 5: p. 784–791, 1995.
- KATCH, F.I.; HORTOBYI, T. Validity of surface anthropometry to estimate upper-arm muscularity, including changes with body mass loss. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.52, n. 4: p. 591-595, 1990.

MARTINE, T.; CLAESSENS, A.L.; VLIETINCK, R.; MARCHAL, G.; BEUNEN, G. Accuracy of Anthropometric Estimation of Muscle Cross-Sectional Area of the Arm in Males. *American Journal of Human Biology*, v. 9, n. 1: p. 73–86, 1997.

MAUGHAN, R.J.; WATSON, J.S.; WEIR, J. Relationships between Muscle Strength and Muscle Cross-Sectional Area in Male Sprinters and Endurance Runners. *European Journal of Applied Physiology*, v. 50, n. 3: p. 309-318, 1983.

PORTNEY, L.; WATKINS, M. Foundations of Clinical Research: Applications to Practice. 3rd edition. Prentice Hall, 2009.

RICE, C.L.; CUNNINGHAM, D.A.; PATERSON, D.H.; LEFCOE, MS. Arm and leg composition determined by computed tomography in young and elderly men. *Journal of Clinical Physiology*. v. 9, n. 3: p. 207-220, 1989.

RICE, C.L.; CUNNINGHAM, D.A.; PATERSON, D.H.; LEFCOE, MS. A comparison of anthropometry with computed tomography in limbs of young and aged men. *Journal of Gerontology*, v. 45, n. 5: p. 175-179, 1990.

SIMÃO, R.; SPINETI, J.; FREITAS, BF. Comparison between nonlinear and linear periodized resistance training: hypertrophic and strength effects. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 26, n. 6: p. 1389-1395, 2012.

STONE, M.H.; SANDS, W.A.; PIERCE, K.C.; CARLOCK, J.; CARDINALE, M.; NEWTON, R.U. Relationship of Maximum Strength to Weightlifting Performance. *American College of Sports Medicine*, v. 37, n. 6: p. 1037-43, 2005.

WAKAHARA, T.; MIYAMOTO, N.; SUGISAKI, N. et al. 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. 1569–76, 2012.

WAKAHARA, T.; FUKUTANI, A.; KAWAKAMI, Y.; YANAI, T. Nonuniform Muscle Hypertrophy: Its Relation to Muscle Activation in Training Session. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 45, n.11: p. 2158- 65, 2013.