

Gabriel Augusto Santos Mendes

**DESENVOLVIMENTO E CONFIABILIDADE DE EQUAÇÕES DE
PREDIÇÃO DA ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSAL DO
QUADRÍCEPS FEMORAL ATRAVÉS DE MEDIDAS
ANTROPOMÉTRICAS**

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais
2021

Gabriel Augusto Santos Mendes

**DESENVOLVIMENTO E CONFIABILIDADE DE EQUAÇÕES DE
PREDIÇÃO DA ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSAL DO
QUADRÍCEPS FEMORAL ATRAVÉS DE MEDIDAS
ANTROPOMÉTRICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado,
à Escola de Educação Física, Fisioterapia e
Terapia Ocupacional da Universidade Federal
de Minas Gerais como requisito obrigatório para
obtenção do título de Bacharel em Educação
Física.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz

RESUMO

A estimativa de medidas das áreas de secção transversa (AST) dos músculos é uma ferramenta útil para quantificar de forma confiável o volume muscular e consequentemente, o monitoramento de alterações desta reposta ao longo do tempo. O presente estudo tem como objetivo avaliar uma equação preditiva de medidas do quadríceps femoral já existente na literatura avaliando a sua confiabilidade, além de desenvolver novas equações utilizando como parâmetro o público do sexo feminino em dois comprimentos musculares: 50% e 70% do fêmur. O estudo contou com a participação de 40 voluntárias com idade entre 18 e 34 anos. As mesmas foram submetidas aos procedimentos de coleta de dados antropométricos (dobra cutânea e circunferência da coxa) e exame de ressonância magnética (RM). Em relação a equação já existente na literatura, quando feito a avaliação dos resultados para analisar a sua confiabilidade, foram verificadas diferenças significativas entre os valores de AST_{real} (obtido por RM) e $AST_{predita}$ (obtido pelo resultado da equação de predição) confirmando a necessidade de criação de equações de predição da AST dos músculos do quadríceps femoral para o público feminino. O resultado das equações desenvolvidas neste estudo não demonstraram diferenças significativas entre AST_{real} e $AST_{predita}$ ($T_{77} = 0,001$; $P = 0,999$). Portanto entende-se que as equações desenvolvidas apresentam resultados satisfatórios para mensurar de forma confiável a estimativa da AST dos músculos quadríceps em mulheres para os comprimentos 50% e 70%. Entretanto, achados do presente estudo mostram necessidade para avaliar a precisão e confiabilidade dessas equações quando o objetivo for monitorar as alterações relativas de AST induzidas por treinamento.

Palavras-chave: Quadríceps femoral. AST. Sexo feminino. Área de secção transversa. Equação preditiva.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da amostra	8
Tabela 2 – Comparação das medidas de ASTreal e ASTpredita a 50% do fêmur na equação de Housh et al., (1995).....	13
Tabela 3 – Comparação das medidas de ASTreal e ASTpredita a 70% do fêmur na equação de Housh et al., (1995).....	13
Tabela 4 – Comparação das medidas absolutas de ASTreal e ASTpredita nas equações desenvolvidas	14
Tabela 5 – Comparação da variação das medidas relativas de ASTreal e ASTpredita nas equações desenvolvidas	15

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 MATERIAIS E MÉTODOS	7
2.1 Delineamento do estudo.....	7
2.2 Amostra.....	8
2.3 Procedimentos	9
2.4 Exames de Ressonância Magnética	9
2.5 Conversão de dados de espessuras de gordura em dobras cutâneas	11
2.6 Equação de predição avaliada	11
2.7 Análise estatística	12
3 RESULTADOS.....	13
4 DISCUSSÃO	15
5 CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1 INTRODUÇÃO

Hipertrofia muscular é o processo de aumento da massa muscular (MOREIRA,2010). Obtém-se este crescimento do volume das fibras musculares em resposta ao treinamento (CEOLA; TUMELERO, 2008). O treinamento de força é considerado um ótimo estímulo para a hipertrofia muscular, mas é extremamente importante analisar se a atividade na qual o indivíduo está sendo direcionado pelo profissional da área, tem alcançado a sua finalidade. Sendo assim, visualiza-se que a realização da medida de hipertrofia muscular é necessária para avaliar se o indivíduo que pratica a atividade física está atingindo os objetivos desejados (CEOLA, TUMELERO, 2008). Entretanto, os profissionais encontram dificuldades quando é necessário fazer a avaliação da medida de hipertrofia (MOREIRA, 2010).

Atualmente, são conhecidos procedimentos considerados padrão ouro de se medir hipertrofia muscular, sendo eles exames de imagem, como a ressonância magnética e a tomografia computadorizada, porém estas são economicamente inviáveis para permitir avaliações regulares necessárias no processo de controle e diagnóstico do treinamento (DE FREITAS *et al.*, -2010). Uma outra possibilidade de mensuração para a hipertrofia muscular é a utilização das medidas antropométricas, que são rápidas e de baixo custo, porém não são tão precisas. (DE FREITAS *et al.*, -2010). Mesmo não sendo um procedimento de alta precisão se comparado a ressonância magnética e tomografia computadorizada, o método antropométrico foi o mais aceito e utilizado, sendo considerado clinicamente prático e não evasivo (HEYMSFIELD, 1982). Para sua utilização estima-se a área muscular do segmento, após medir a espessura da dobra cutânea e circunferência do mesmo com uma fita. (JELLIFFE *et al.*, -1969). Como forma de aumentar a precisão dos valores de hipertrofia, foram criadas equações de predição baseadas nestes dados antropométricos (DE FREITAS, 2010). Uma dessas equações teve uma abordagem utilizando a ressonância magnética para o desenvolvimento de uma equação de regressão múltipla, baseada em antropometria para estimar a área de secção transversa do músculo quadríceps (HOUSH *et al.*, -1995). Essa equação demonstra alta correlação intraclasse (CCI = 0,995), subestima o tamanho do musculo comparado a tomografia computadorizada, entretanto foi capaz de demonstrar aumento da musculatura com o padrão semelhante a tomografia (DE FREITAS,

2010). A vantagem desta equação se destaca basicamente por ser um método simples, barato e confiável para estimar as mudanças induzidas pelo treinamento de hipertrofia (DE FREITAS, 2010). Contudo, a equação foi desenvolvida utilizando o sexo masculino como amostra, tornando-se limitada ao gênero, afinal sabe-se que o tamanho da camada de gordura difere entre os sexos (MCRAE *et al.*, -2010). Sendo assim, esperasse proporções diferentes entre os sexos na relação entre tecido muscular e tecido adiposo, tornando-se necessário a análise das equações de predição em diferentes públicos para avaliar sua confiabilidade e validar resultados.

Adicionalmente, ressaltasse que não foram encontrados procedimentos possíveis de serem realizados pelo profissional de educação física na sua atuação que permitissem a avaliação da hipertrofia muscular em diferentes regiões musculares. Este fato se torna importante, pois alguns estudos têm verificado que a resposta de hipertrofia muscular pode variar ao longo do comprimento muscular (WAKAHARA *et al.*, -2015).

Dessa forma, é importante o desenvolvimento e confiabilidade de equações de predição da área seccional transversal do quadríceps femoral através de medidas antropométricas, utilizando comprimentos diferentes da musculatura. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a confiabilidade das equações de predição da área de secção transversa dos quadríceps femoral já existentes na literatura tendo como referência os indivíduos do sexo feminino. Adicionalmente, um outro objetivo deste estudo é desenvolver novas equações de predição da AST do quadríceps femoral para esse público específico, considerando os comprimentos de 50% e 70% do comprimento do fêmur.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Delineamento do estudo

O estudo abordado conta com um delineamento experimental intra-inter voluntários. (DANCEY; REIDY,2006). Foram adotados os métodos de medidas antropométricas baseadas em circunferências e dobras cutâneas, além de exames de

ressonância magnética computadorizada para delimitação da área de sessão transversa (AST) dos músculos da coxa com base em comprimentos musculares a 50% e 70% do comprimento do fêmur. Algumas voluntárias foram submetidas a protocolos de treinamento durante o período de 10 semanas e outras se mantiveram sem realização de treinamentos de força pelo mesmo período. Após as 10 semanas, os exames de ressonância magnética foram novamente realizados. Como o objetivo do estudo não está relacionado a análise do treinamento realizado, o mesmo não será apresentado, mas pode ser consultado em Diniz et al. (2020).

2.2 Amostra

Participaram do estudo 40 voluntárias do sexo feminino com idades entre 18 e 34 anos. A TAB.1 apresenta a caracterização de massa corporal, estatura e percentual de gordura.

Tabela 1 - Caracterização da amostra

Variável	Média ± DP	Min – Max
Idade (anos)	21,1±2,4	18 – 27
Massa corporal (kg)	59,2 ±8,1	43,8 – 78,5
Estatura (cm)	161,8 ±5,6	152,5 – 171,5
Percentual de gordura (%)	25,1 ± 5	18,7 – 39,7

Legenda: Desvio padrão (± DP); Min – Mínimo; Max – Máximo; n = 40.

As voluntárias foram recrutadas a partir de avisos fixados nos murais da EEEFTO e da UFMG e por meio de contatos pessoais com as mesmas. Estas voluntárias não realizavam nenhuma atividade física há pelo menos seis meses ou mantinham atividades de corrida, caminhada, yoga, pilates, capoeira, natação, futebol,

handebol ou passeio de bicicleta com objetivos recreacionais e frequências menores que três vezes por semana.

Antes de iniciarem a participação neste estudo, todas as voluntárias receberam todas as informações quanto aos objetivos e aos procedimentos metodológicos do estudo. Elas deram seu consentimento por escrito para participação neste estudo 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 Apreciação Ética número 30594714.0.1001.5149. A coleta de dados foi realizada no Laboratório do Treinamento em Musculação (LAMUSC) da EEFETO da UFMG e os exames de ressonância magnética foram realizados na Clínica Ecoar.

2.3 Procedimentos

Inicialmente, as voluntárias receberam as informações sobre o estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sendo em seguida caracterizadas com relação a sua massa corporal, percentual de gordura e estatura. A massa corporal foi obtida por meio de uma balança digital (FILIZOLA, Brasil) com precisão de 0,1 kg, enquanto a estatura foi registrada pelo estadiômetro acoplado, com precisão de 0,5cm (FILIZOLA, Brasil). O cálculo do percentual de gordura foi realizado de acordo com o protocolo descrito por Jackson e Pollock (1978) para 7 dobras cutâneas. Nesta mesma sessão, foi registrada a circunferência da coxa através de uma fita métrica (precisão 0,1 cm) a 50% do comprimento entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur. Na porção anterior (acima do músculo reto femoral), foi determinada a plicometria do comprimento de 50% do fêmur.

2.4 Exames de Ressonância Magnética

Antes e após o período de 10 semanas, as voluntárias foram direcionadas para o exame de ressonância magnética computadorizada na Clínica de Diagnóstico

de Imagens Ecoar, a qual possui médicos e técnicos especializados neste tipo de procedimento. Ao chegar à clínica, as voluntárias ficaram sentadas sem realizar nenhuma atividade por pelo menos 20 min. Posteriormente, as voluntárias ficavam deitadas em uma maca com os músculos relaxados por pelo menos 5 minutos antes que os exames fossem realizados. O procedimento de ressonância magnética foi realizado em um aparelho Sigma HDX 1,5 Tesla (GE Medical System, USA) com tempo de repetição de 600 ms, tempo de eco de 8,4 ms, com espessura do corte de 6 mm, intervalo de corte de 0,6mm, campo de visão de 240 mm e resolução de 320 x 256 pixels. No aparelho, as voluntárias tinham seus membros inferiores unidos para evitar rotação e foram instruídas a permanecerem relaxadas e evitarem movimentos dentro do aparelho durante a aquisição da imagem. Inicialmente, foram realizadas três imagens coronais próximas ao fêmur. Com base nestas imagens coronais, foi possível detectar e realizar imagens axiais da coxa direita entre o trocãter maior até epicôndilo lateral do fêmur de cada voluntária. As imagens axiais e coronais foram arquivadas para posterior análise.

Através da visualização das imagens coronais no software *Osirix* 10.0, determinou-se a distância entre o trocãter maior até epicôndilo lateral do fêmur, sendo esta considerada 100% do fêmur. Posteriormente, determinou-se a imagem feita em um corte axial que mais se aproximava dos comprimentos de 50% e 70% do fêmur de cada voluntária. Nestas imagens, foram marcadas manualmente com a ajuda do software *Osirix* as áreas de secção transversa (AST) dos músculos do quadríceps (Reto femoral, vasto lateral, vasto intermédio e vasto medial). E também as circunferências da coxa nestes pontos e espessuras da camada de gordura acima da metade do comprimento do reto femoral.

Durante a análise das imagens, nem sempre a delimitação clara dos músculos foi possível devido à falta de septo Inter porções observáveis. Nestes casos, foi traçada uma linha a partir da extremidade da fáscia observável para um ponto de referência obtido em outras imagens nas quais as fáscias eram mais nítidas. Para análise estatística, foram considerados os seguintes parâmetros:

- AST do quadríceps considerando o comprimento de 50% do fêmur = Somatório das médias das duas AST do quadríceps mais próximas do ponto médio de fêmur

- Comprimento da coxa a 50% do fêmur
- Espessura da camada de gordura acima do reto femoral a 50% do fêmur
- AST do quadríceps considerando o comprimento de 70% do fêmur = Somatório das médias das duas AST mais distais do quadríceps.
- Comprimento da coxa a 70% do fêmur
- Espessura da camada de gordura acima do reto femoral a 70% do fêmur

2.5 Conversão de dados de espessuras de gordura em dobras cutâneas

A coleta de medidas antropométricas, de circunferência da coxa e dobras cutâneas, foi realizada em 33 voluntárias no comprimento de 50% do fêmur no período antes do treinamento. Como o objetivo do estudo é também desenvolver uma equação de predição para a região de 70%, os dados de espessura de gordura de cada voluntária (n= 40), obtidos por meio das imagens de RM, foram transformados em dobras cutâneas, para que tenhamos uma aplicabilidade das novas equações de predições de AST que serão desenvolvidas no presente estudo. Essa análise de regressão gerou a equação (1):

$$\text{Dobra Cutânea da Coxa} = (15,007 \times \text{espessura da camada de gordura}) + 10,46 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,66; \text{ Erro padrão da estimativa (EPM)} = 4,3 \text{ mm}$$

2.6 Equação de predição avaliada

A equação de regressão bivariada (2), baseada em antropometria, para prever a AST dos músculos quadríceps formulada por Housh *et al.*, (1995) que foi avaliada para as voluntárias deste estudo é:

$$\text{AST Quadríceps} = (2,52 \times \text{circunferência da coxa em cm}) - (1,25 \times \text{dobra cutânea anterior da coxa em mm}) - 45,13 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,86; \text{ EPM} = 5,2 \text{ cm}^2$$

2.7 Análise estatística

Inicialmente, utilizou-se os dados de dobra cutânea e circunferência na equação de predição 2 de Housh *et al.*, (1995) e foi realizada a análise descritiva da ASTreal e da ASTpredita. Posteriormente, foi realizado um teste T para amostras pareadas, em seguida sendo aplicados os coeficientes de correlação intraclass (CCI), erro padrão de medida absoluto (EPMa) e erro padrão de medida relativizado pela média (EPMr).

Posteriormente, foram realizadas equações de regressão bivariada para determinação da AST do quadríceps considerando as informações de circunferência e dobra cutânea (estimada através da equação de regressão 1 da camada de gordura apresentada na metodologia) para as regiões de 50% e 70%, considerando tanto os dados de 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 determinadas as alterações relativas obtidas pelas voluntárias e estas foram comparadas às alterações relativas reais verificadas pelas imagens de ressonância. Posteriormente, foi realizado um teste T para amostras pareadas entre as medidas relativas reais e preditas, em seguida, sendo aplicados os coeficientes de correlação intraclass (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).

3 RESULTADOS

Inicialmente foi aplicado a equação de regressão bivariada de Housh *et al.*, (1995) nos dados de circunferência e dobras cutânea para avaliar a sua confiabilidade nesta amostra.

Para o comprimento de 50%, foi verificado entre as medidas de ASTreal e ASTpredita um CCI = 0,888, um EPMA = 2,37cm² e um EPMr = 5,18%. Adicionalmente, foi realizado um teste T de amostras pareadas entre as médias de ASTreal e a ASTpredita, verificando diferença significativa entre os dois valores. Os valores médios e desvio padrão das ASTreal e ASTpredita no teste T estão apresentados na TAB. 2.

Tabela 2 – Comparação das medidas de ASTreal e ASTpredita a 50% do fêmur na equação de Housh *et al.*, (1995)

ASTreal ± DP (cm ²)	ASTpredita ± DP (cm ²)	T77	P
50,48 ± 8,144	41,22 ± 7,651	21,892	< 0,001

Legenda: AST = Área de Secção Transversa. DP = Desvio Padrão. T = Teste T pareado (n-1). **Fonte:** Dados extraídos da pesquisa.

Contudo, para o comprimento de 70%, foi verificado entre as medidas de ASTreal e ASTpredita um CCI = 0,751, um EPMA = 5,91 cm² e um EPMr = 19,35%. Adicionalmente, foi realizado um teste T de amostras pareadas entre as médias de ASTreal e a ASTpredita, verificando diferença significativa entre os dois valores. Os valores médios e desvio padrão das ASTreal e ASTpredita no teste T estão apresentados na TAB. 3.

Tabela 3 – Comparação das medidas de ASTreal e ASTpredita a 70% do fêmur na equação de Housh *et al.*, (1995)

ASTreal ± DP (cm ²)	ASTpredita ± DP (cm ²)	T77	P
38,50 ± 7,062	22,59 ± 6,880	28,571	< 0,001

Legenda: AST = Área de Secção Transversa. DP = Desvio Padrão. T = Teste T pareado (n-1). **Fonte:** Dados extraídos da pesquisa.

Os resultados dessa comparação demonstraram a necessidade do desenvolvimento de outras equações de predição para o público deste estudo. Dessa forma, através da análise de regressão linear bivariada (apresentada na metodologia) foram criadas equações de predição da AST através da dobra cutânea e circunferência para 50% (equação 3) e 70% (equação 4) do comprimento do fêmur, conforme descritas abaixo:

$$\text{AST Quadríceps (50\% do fêmur)} = (2,413 \times \text{circunferência da coxa em cm}) - (-1,263 \times \text{dobra cutânea da coxa em mm}) - 30,061 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,794$$

$$\text{AST Quadríceps (70\% do fêmur)} = (1,912 \times \text{circunferência da coxa em cm}) - (-0,694 \times \text{dobra cutânea da coxa em mm}) - 21,486 \quad (4)$$

$$R^2 = 0,607$$

Através das equações desenvolvidas, o teste T pareado não demonstrou diferenças significativas entre as ASTreal e ASTpredita ($t_{77} = 0,001$; $p = 0,999$) a 50% e 70% do comprimento do fêmur ($t_{77} = 0,001$; $p > 0,999$). Os valores médios e o desvio padrão das ASTreal e ASTpredita, o EPMa e o EPMr nas equações desenvolvidas para os comprimentos de 50% e 70% do fêmur, estão apresentados na TAB. 4.

Tabela 4 – Comparação das medidas absolutas de ASTreal e ASTpredita nas equações desenvolvidas

Comprimento do fêmur	ASTreal Média ± DP (cm²)	ASTpredita Média ± DP (cm²)	EPMa (cm²)	EPMr
50%	50,48 ± 8,144	50,48 ± 7,258	3,74 cm ²	7,4%
70%	38,50 ± 7,062	38,50 ± 5,502	4,49 cm ²	11,7%

Legenda: AST = área de secção transversa. DP = Desvio Padrão. EPMa = Erro Padrão de Medida absoluto. EPMr = Erro Padrão de Medida relativo. **Fonte:** Dados extraídos da pesquisa.

Através das equações desenvolvidas, calculou-se o percentual de variação [(pós teste-pre teste) /pre teste] de AST por elas foi obtido comparando os a variação com os dados reais e a variação com os dados estimados. Posteriormente, verificou-se um CCI = 0,301, adicionalmente foi realizado um teste T pareado onde não demonstrou diferenças significativas entre as ASTreal e ASTpredita ($t_{38} = 1,330$; $p = 0,192$) no comprimento de 50% do fêmur. A 70% do comprimento do fêmur, foi obtido um CCI = 0,254 referente as comparações relativas preditas e reais. Entretanto, foram encontradas diferenças significativas entre as medidas de AST real e AST predita a 70% do comprimento do fêmur ($t_{37} = 2,640$; $p = 0,012$). Os valores médios e o desvio padrão das ASTreal e ASTpredita, o EPMa e o EPMr nas equações desenvolvidas para os comprimentos de 50% e 70% do fêmur, estão apresentados na TAB. 5.

Tabela 5 – Comparação da variação das medidas relativas de ASTreal e ASTpredita nas equações desenvolvidas

Comprimento do fêmur	ASTreal Média ± DP (cm²)	ASTpredita Média ± DP (cm²)	EPMa (cm²)	EPMr
50%	3,396 ± 3,933	2,392 ± 4,040	2,85cm ²	98,5%
70%	4,193 ± 4,005	2,321 ± 3,098	2,91cm ²	89,37%

Legenda: AST = área de secção transversa. DP = Desvio Padrão. EPMa = Erro Padrão de Medida absoluto. EPMr = Erro Padrão de Medida relativo. **Fonte:** Dados extraídos da pesquisa.

4 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo elaborar e verificar a confiabilidade das equações de predição baseadas em medidas antropométricas, para estimar a AST do musculo do quadríceps femoral. A análise comparativa entre as médias de AST predita e real com os dados de Housh et al. (1995) demonstraram a necessidade da elaboração de novas equações para público feminino. Segundo Heyward e Stolarczyk (2000), fatores como sexo, idade e nível de atividade física podem provocar uma variabilidade em medidas de dobras cutâneas entre indivíduos. Estes fatores corroboram com achados de Mcrae et al., (2010) que afirmam existir diferenças entre

o tamanho da camada de gordura entre homens e mulheres. Após analisar a confiabilidade da equação produzida por Housh *et al.*, (1995) desenvolvida para o público masculino, observa-se através dos resultados que a predição de AST dos músculos do quadríceps não é confiável para a amostra feminina. Após aplicar os dados antropométricos na equação de Housh *et al.*, (1995) apesar de encontrarmos um erro consideravelmente baixo no comprimento de 50% do fêmur (EMPr=5,18%), valores que nos fariam crer que a equação poderia fornecer uma estimativa aceitável. Entretanto, na comparação através do teste T, verificamos que a diferença é significativa ($t_{77} = 21,892$; $p < 0,001$). A 70% do comprimento do fêmur o erro foi maior (EMPr = 19,35%), além de encontramos também diferenças expressivas nas comparações feitas através do teste T ($t_{77} = 21,571$; $p < 0,001$). Portanto, conclui-se a necessidade de elaboração de equações distintas de predições da AST dos músculos do quadríceps, para serem utilizadas por públicos específicos.

Desta forma outro objetivo deste estudo foi desenvolver equações que estimam de maneira mais confiável a AST dos músculos quadríceps para o público de sexo feminino em dois comprimentos musculares do fêmur (50% e 70%). As novas equações elaboradas (3 e 4), apesar de não apresentarem valores de coeficiente de determinação (R^2) muito altos ($R^2 = 0,794$ a 50% e $R^2 = 0,607$ a 70%), ocasionaram erros padrões de medida próximos da literatura para as medidas absolutas e valores médios similares da AST real. (EPMr= 7,4% a 50% do comprimento do fêmur e 11,7% a 70% do comprimento). Os resultados apresentados pelas equações criadas aproximam de resultados de estudos prévios que estimam a AST do braço e coxa. Os resultados de Housh *et al.*, (1995) nas equações desenvolvidas para quadríceps os erros variaram de 7,3%- 19,5% e nas dos músculos totais da coxa os erros foram entre 7,1%-17,7%. Já Heymsfield *et al.*, (1982) com estudos de equações para estimar a área muscular do braço afirma que os resultados das equações representam uma aproximação (cerca de 8%) da área muscular real do braço.

Entretanto, ressalta-se que estas equações não apresentaram boas estimativas para a determinação das variações de AST pre e pós treinamento. Os resultados mostram baixos valores de CCI (0,301 a 50% do comprimento do fêmur e 0,254 a 70% do comprimento do fêmur), além de diferenças significativas entre as medidas de AST real e AST predita a 70% do comprimento do fêmur ($t_{37} = 2,640$; $p =$

0,012). Estudos como de DeFreitas *et al.*, (2010) e Young *et al.*, (1983) contestam a eficácia do monitoramento de alterações da AST em alta precisão onde corroboram que embora os métodos antropométricos forneçam valores válidos para estimar a AST muscular, eles subestimam consistentemente o valor absoluto da AST do músculo, não sendo possível prever alterações a partir desses valores.

Sendo assim, apesar das equações propostas serem relevantes para estimar a AST dos músculos do grupo muscular quadríceps femoral em mulheres no comprimento de 50% e 70% do fêmur, estudos futuros devem realizar uma validação cruzada das equações para validar a confiabilidade e precisão quando o objetivo for o monitoramento de alterações musculares induzidas por programas de treinamento. Vale ressaltar que estudos apontam que à medição de tecido adiposo subcutâneo utilizando pinças de dobras cutâneas podem explicar o tamanho real do músculo superestimado quando se utiliza abordagens antropométricas (Baumgartner *et al.*,1992; Heymsfield *et al.*,1990). Sendo assim, é inerente destacar que para a utilização de uma equação de predição deve-se estar ciente a magnitude do erro esperado ao utilizá-la. Contudo, o baixo custo e técnicas indiretas de fácil acesso para medir a AST muscular devem ser consideradas. Além disso, pesquisas para verificação da confiabilidade das equações de predição propostas com outros grupos do sexo feminino de diferentes idades e níveis de treinamento tornam-se interessantes afim de ampliar a efetividade dos resultados obtidos nesse estudo.

5 CONCLUSÃO

Pela observação dos aspectos analisados, conclui-se que a equação preditiva formulada por Housh *et al.*, (1995) para estimativa da AST dos músculos do quadríceps femoral não foi confiável para utilizar no público feminino. Em contrapartida as equações desenvolvidas neste estudo para estimar a AST dos músculos quadríceps femoral nos comprimentos de 50% e 70% foram confiáveis para o público feminino jovem, apesar de não serem adequadas para a determinação da mudança relativa de AST.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMGARTNER RN, RHYNE RL, TROUP C, WAYNE S, GARRY PJ. Appendicular skeletal muscle areas assessed by magnetic resonance imaging in older persons. *Journal of Gerontology*, v. 47, n. 3, p. 67-72, 1992.

CEOLA, MÁRIO HENRIQUE JORDÃO; TUMELERO, SÉRGIO. Grau de Hipertrofia Muscular em Resposta a Três Métodos de Treinamento de Força Muscular. Curso de Educação Física. Centro Universitário Toledo de Araçatuba – Unitoledo (Brasil). *Revista Digital – Buenos Aires – Ano 13 – Nº 121 – 2008*. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/>>.

DANCEY, C.P.; REIDY, J. Estatística sem matemática para psicologia. Porto Alegre: Artmed, 2006. 608p.

DE FREITAS, JASON M.; BECK, TRAVIS W; STOCK, MATT S.; DILLIN, MICHEL A.; SHERCK, VANESSA D.; STOUT, JEFFREY R.; CRAMER, JOEL T. A Comparison of Techniques for Estimating Training - Induced Changes in Muscle Cross - Sectional Area. Department of Health Exercise Science, University of Oklahoma, Norman. EUA - Oklahoma; 2010. *J Strength Cond Res* 2010 Sep;24(9):2383-9. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181ec86f3.

DINIZ, RODRIGO CÉSAR RIBEIRO; Comparação das Respostas de Hipertrofia Inter e Intramuscular e de Força em Ângulo Específico Após Protocolos de Treinamento e Força Com Diferentes Durações das Ações Musculares. Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Educacional. Belo Horizonte. Belo Horizonte; 2016.

DINIZ, RODRIGO C. R.¹; TOURINO, FRANK DOUGLAS¹; LACERDA, LUCAS T.^{1,2,4,5}; MARTINS-COSTA, HUGO C.^{1,2}; LANZA, MARCEL BAHIA^{1,3}; LIMA, FERNANDO VITOR¹; CHAGAS, MAURO HELENO¹ Does the muscle action duration induce different regional muscle hypertrophy in matched resistance training protocols. *Journal of Strength and Conditioning Research*: December 09,2020 – doi: 10.1519/jsc.0000000000003883.

HEYMSFIELD, STEVEN B.; MD, CLIFFORD MCMANUS; BS, JANET SMITH; MMSC; RD, VICTORIA STEVENS; BS DANIEL; W NIXON, MD. Anthropometric measurement Of Muscle Mass: Revised Equations for Calculing Bone-free Arm Muscle Area. *The American Journal of Clinical Nutrition – American Society for Clinical Nutrition*; EUA; 1982.

HEYMSFIELD SB, LICHTMAN S. New approaches to body composition research: a reexamination of two-compartment model assumptions. *Infusionstherapie*, v. 17, s. 3, p. 4-8, 1990.

HEYWARD V & STOLARCZYK L. Avaliação da Composição Corporal Aplicada. Editora Manole, 2000.

HOUSH, DONA J.; HOUSH, TERRY J.; WEIR, JOSEPH P.; WEIR, LOREE L.; JOHNSON, GLEN O.; STOUT, JEFFREY R.; Anthropometric Estimation of Thigh Muscle Cross – Sectional Area. Department of Oral Biology, College of Dentistry. University of Nebraska Medical Center. Department of Movement Sciences and Education. Teachers College. Columbia University. EUA - New York; 1995.

JELLIFFE EFP, JELLIFFE DB. The arm circumference as a public health index of protein-calorie malnutrition of early childhood. *J Trop Pediatr* 1969;15: 179-92.

MCRAE, MARC P et al. Male and female differences in variability with estimating body fat composition using skinfold calipers. *Journal of Chiropractic Medicine*, [S. l.], p. 157-161, 13 Jul. 2010.

MOREIRA, BRUNA. Hipertrofia Muscular e Nutrição. Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação. Universidade do Porto. Porto. 2010. Disponível em: <https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/54607/3/139063_1054TCD54.pdf>

MORITANI, TAND DEVIES, HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med* 58: 115-130, 1979.

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*, p. n/a-n/a, 2015.

YOUNG A, STOKES M, ROUND JM, EDWARDS RH. The effect of high-resistance training on the strength and cross-sectional area of the human quadriceps. *European Journal of Clinical Investigation*, v. 13, n. 5, p. 411-417, 1983.