

Artigo Original

Confiabilidade das medidas de arquitetura do músculo Vasto Lateral pela ultrassonografiaKelly Mônica Marinho e Lima
Liliam Fernandes de Oliveira*Laboratório de Biomecânica Muscular, Escola de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

Resumo: As medidas de confiabilidade das análises da arquitetura muscular pela ultrassonografia são importantes referências para estudos aplicados de mecânica muscular. O objetivo deste estudo foi determinar a confiabilidade das medidas de espessura muscular (EM), ângulo de penação (AP) e comprimento da fibra (CF) do músculo Vasto Lateral (VL). As imagens de ultrassom foram obtidas em um grupo (N=14; 22 ± 1,75 anos) em duas visitas (sessenta medidas por indivíduo). Foi calculado o coeficiente de correlação intraclasse (CCI), coeficiente de variação (CV) e erro típico da medida (ETM). Os resultados demonstram alta confiabilidade: CCI AP (0,83 a 0,99), EM (0,96 a 0,99) e CF (0,80 a 0,99); CV AP (3,68 a 6,34%), EM (3,12 a 3,84%) e CF (3,98 a 6,33%) e ETM AP (0,18 a 0,59°); EM (0,014 a 0,15mm) e CF (0,07 a 1,47mm). Essas medidas devem ser consideradas em estudos que analisam o impacto na arquitetura muscular em programas de condicionamento do Vasto Lateral.

Palavras-chave: Confiabilidade. Vasto Lateral. Ultrassom. Arquitetura Muscular.

Reliability of the measurements of architecture of the Vastus Lateralis muscle by ultrasonography

Abstract: Reliability of the measurements of the muscle architecture variables by ultrasound are important references for applied studies of muscle mechanics. The aim this study was to analyze the reliability of measurements of Vastus Lateralis (VL) muscle thickness (MT), pennation angle (PA) and fiber length (FL). Ultrasound images were obtained in two days (N=14, 22 ± 1,75 years) with a total of sixty measurements in each subject. Reliability was determined by intraclass correlation coefficient (ICC), coefficient of variation (CV) and typical error of measurement (TEM). Results show high reliability: MT (0,96 a 0,99), PA (0,83 a 0,99) and FL (0,80 a 0,99) ICC; MT (3,12 a 3,84%), PA (3,68 a 6,34%) and FL (3,98 a 6,33%) CV; MT (0,014 a 0,15mm), PA (0,18 a 0,59°) and FL (0,07 a 1,47mm) TEM. These measures should be considered in studies of the impact of conditioning programs in the architecture of the vastus lateralis muscle.

Keywords: Reliability. Vastus Lateralis. Ultrasound. Muscle Architecture.

Introdução

O arranjo estrutural das fibras musculares é um importante parâmetro funcional para a análise da mecânica da unidade músculo-tendínea (DE BOER et al., 2008, LIEBER, 2010). A organização dessas fibras é denominada arquitetura muscular e ocorre a nível macroscópico, influenciando a capacidade de geração de força do músculo. Sabe-se que o mesmo possui características plásticas (BLAZEVICH et al., 2007a), podendo modificar sua arquitetura através de estímulos como treinamento de força (AAGAARD et al., 2001, REEVES et al., 2004, BLAZEVICH et al., 2007a), envelhecimento (NARICI;MAGANARIS, 2007, MORSE et al., 2005, FRONTERA et al., 2000) e destreino (KAWAKAMI et al, 2001). As principais variáveis analisadas na arquitetura muscular são: área de secção transversa anatômica (ASTA) e fisiológica (ASTF), comprimento da fibra (CF), espessura muscular

(EM) e ângulo de penação (AP) (LIEBER, 2010, KAWAKAMI, 2005). A variável AP se refere à angulação das fibras em relação à linha de ação de força do músculo. Se este for penado, como o músculo Vasto Lateral, contém um maior número de fibras em paralelo (KAWAKAMI 2005) e, conseqüentemente, mais material contrátil (BLAZEVICH et al., 2007a), fato que o torna adequado para produzir força (FINNI, 2006, BLAZEVICH et al., 2007a). O CF determina a amplitude de movimento e velocidade de encurtamento muscular (BLAZEVICH et al., 2007b, LIEBER, 2010) e nem sempre equivale ao comprimento do músculo (CM). Quanto maior o valor da relação CF/CM, maior a capacidade de amplitude de movimento e velocidade de encurtamento muscular (LIEBER, 2010).

Estas variáveis podem ser determinadas em músculos humanos *in vitro* através da dissecação de cadáveres (FRIEDERICH; BRAND, 1990,

[WARD](#) et al., 2009), ou, *in vivo*, com técnicas de imagem, como a ressonância magnética (RM) ([MIYATANI](#) et al., 2004, [AKIMA](#) et al., 2000, [VORONOV](#), 2003) e a ultrassonografia (US). A US vem ganhando importância por ser considerada uma técnica de medida confiável e de baixo custo para aquisição de imagens do tecido muscular, ósseo e adiposo ([BEMBEM](#), 2002, [MIYATANI](#) et al., 2002, [NOORKOIV](#) et al., 2010, [GOMES](#) et al., 2010). Dos músculos que têm sido avaliados, destacam-se os dos membros inferiores como Gastrocnêmios ([MORSE](#) et al., 2005), Bíceps Femoral ([CHLEBOUN](#) et al., 2001), Reto Femoral ([SEYMOUR](#) et al., 2009, [BEMBEM](#), 2002) e Vasto Lateral (VL). O VL é um músculo penado, superficial e de arquitetura pouco complexa ([BLAZEVIICH](#) 2007a). Dessa forma, é frequentemente analisado em estudos com US ([KAWAKAMI](#) et al., 2001; [KUBO](#) et al., 2003; [REEVES](#) et al., 2004; [KAWAKAMI](#), et al., 2006; [MAGANARIS](#) et al., 2006; [BLAZEVIICH](#) et al., 2007a; [BLAZEVIICH](#) et al., 2007b; [BRANCACCIO](#) et al., 2008; [DE BOER](#) et al., 2008; [REEVES](#) et al., 2009; [BLAZEVIICH](#) et al., 2009).

A confiabilidade das medidas é um meio importante para revelar a experiência do pesquisador em localizar corretamente os sítios anatômicos e manusear cuidadosamente o instrumento de medida. A confiabilidade feita em trabalhos de intervenção, por exemplo, aumenta a credibilidade dos resultados e reduz as chances de erros embutidos nas medidas. Algumas variáveis individuais podem influenciar a precisão das medidas, como o relaxamento adequado da musculatura a ser analisada, o tempo transcorrido desde a última sessão de atividade física realizada e as características do músculo ([GOMES](#) et al., 2010). Existem estudos envolvendo a confiabilidade de algumas variáveis da arquitetura muscular através da US, como a EM dos extensores e flexores de joelho de atletas ([KUBO](#) et al., 2006) e indivíduos saudáveis ([GOMES](#) et al., 2010), CF do VL em indivíduos ativos ([BLAZEVIICH](#) et al., 2007a, [NOORKOIV](#) et al., 2010), AP do VL em homens atletas ([BRANCACCIO](#) et al., 2008) e ASTA do Reto Femoral ([BEMBEM](#), 2002) e VL através do ultrassom panorâmico ([AHTIAINEN](#) et al., 2010). No entanto, poucos estudos abordam a confiabilidade como objetivo principal e informam todos os dados estatísticos importantes como o coeficiente de variação (CV), erro típico da

medida (ETM) e intervalo de confiança intraclasse (CCI) para revelar uma boa confiabilidade.

O objetivo do estudo foi analisar a confiabilidade das medidas de EM, AP e CF do músculo Vasto Lateral.

Métodos

Amostra

O grupo foi composto por 14 indivíduos jovens (10 mulheres e 4 homens; idade $22 \pm 1,75$ anos, peso $62,69 \pm 13,30$ Kg e altura $1,65 \pm 0,10$ m), voluntários, saudáveis. Os testes foram realizados em dois dias com intervalo mínimo de 48 horas ([GOMES](#) et al., 2010). O grupo foi informado sobre o procedimento de coleta das imagens e todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O projeto foi aprovado pelo CEP do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (número de protocolo 023/11) HUCFF (03107). Cada indivíduo foi orientado a não praticar nenhum tipo de atividade física envolvendo os membros inferiores anteriormente às medidas e não excederem o nível de atividade rotineira entre o período dos testes.

Instrumentação

As imagens da EM, AP e CF do músculo VL foram obtidas pelo aparelho de Ultrassom modelo EUB-405 (Hitachi, Japão), com transdutor linear de 80 mm, matriz de 512 elementos e frequência de excitação de 7,5MHz. As imagens gravadas (câmara Sony AC-L25A, 50 a 60Hz) foram analisadas pelo aplicativo *ImageJ* (National Institute of Health, USA, versão 1.42), largamente utilizado para este fim ([BLAZEVIICH](#) et al., 2007a; [REEVES](#) et al., 2009; [BLAZEVIICH](#) et al. 2009)

Procedimento

As imagens foram adquiridas por um mesmo examinador experiente e previamente treinado. O músculo analisado pertencia ao dimídio direito. Primeiramente, foi medido o comprimento da coxa (distância entre o trocânter maior do fêmur a interlinha articular do joelho), e em seguida, marcada a região de 50% deste comprimento ([ABE](#) et al., 2001; [KAWAKAMI](#) et al., 2001; [KAWAKAMI](#) et al., 2006; [BLAZEVIICH](#) et al., 2007a; [BLAZEVIICH](#) et al., 2009), lateralmente à coxa.

Após a marcação em ortostatismo, os indivíduos foram posicionados em decúbito dorsal com os membros inferiores em extensão e relaxados, permanecendo aproximadamente 10 minutos de repouso nesta posição. Para

aquisição das imagens do VL, o transdutor foi posicionado longitudinalmente ao segmento, na região marcada. Para o acoplamento acústico na superfície da pele, foi usado gel (Ultrex-gel, Farmativa Indústria e Comércio Ltda.).

Os participantes realizaram duas visitas com o intervalo de no mínimo 48 horas e duas imagens por visita, totalizando quatro por indivíduo. Em cada uma dessas imagens, foram feitas cinco medidas da EM, CF e AP pelo *ImageJ*, o que resultou em um total de sessenta medidas por indivíduo, trinta relativas a cada visita. A EM

(figura 1) foi considerada a distância longitudinal entre a aponeurose profunda e superficial do músculo. O CF foi medido pela distância da fibra entre a aponeurose profunda e superficial. O AP foi avaliado pela angulação formada entre uma fibra muscular e a aponeurose profunda. Quando o CF se estendia além da imagem, a porção não visualizada era estimada com um prolongamento linear partindo da extremidade do primeiro até a interseção da aponeurose superficial (BLAZEVICH et al., 2007a; BLAZEVICH et al., 2009; REEVES et al., 2009).

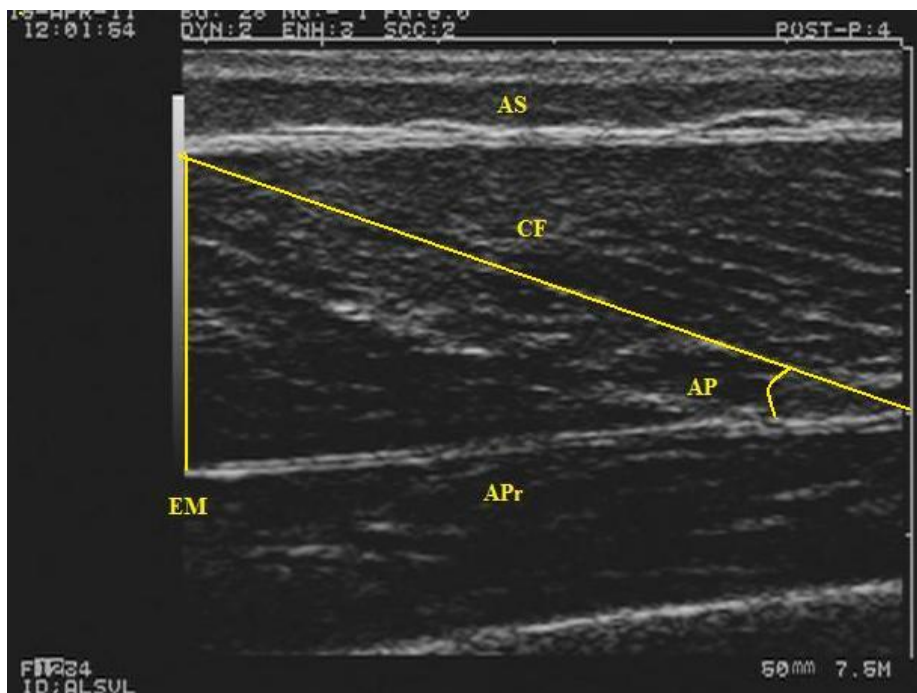


Figura 1. Imagem de US mostrando as aponeuroses superficial (AS) e profunda (APr) e as medidas de EM, CF e AP do músculo Vasto Lateral (VL), feitas pelo programa *ImageJ* (NIH, USA, versão 1.42), a 50mm de profundidade.

Análise Estatística

A distribuição normal dos dados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Para analisar as diferenças entre as medidas, imagens e dias foi aplicada a análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas. A confiabilidade das medidas foi determinada calculando os valores do coeficiente de variação (CV), erro típico da medida (ETM) e coeficiente de correlação intraclasse (CCI) (ATKINSON; NEVILL, 1998) entre as imagens e dias. As cinco medidas realizadas em cada imagem foram comparadas pelo CCI. O ETM foi calculado como $ETM = DP / \sqrt{2}$, sendo que o DP é o desvio padrão relativo as diferenças entre os pares. O CV foi determinado para cada indivíduo. O CV médio foi calculado a partir da média dos CV individuais. O índice de

significância adotado foi de $p < 0,05$. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o aplicativo Statistica (Statsoft, Inc., Tulsa, OK) versão 7.0.

Resultados

De acordo com os resultados, não foram encontradas diferenças significativas entre as medidas, imagens e dias da EM, AP e CF ($p > 0,05$), como pode ser observado na tabela 1. As médias das medidas feitas em cada indivíduo apresentaram a seguinte variação: EM de $17,3 \pm 0,8$ mm a $29,0 \pm 1,2$ mm; AP de $17,0 \pm 0,8^\circ$ a $29,7 \pm 2,3^\circ$ e CF de $48,4 \pm 2,9$ mm a $64,9 \pm 4,2$ mm. As médias gerais para a EM, AP e CF foram equivalentes a $22,3 \pm 3,5$ mm; $21,8 \pm 2,8^\circ$ e $56,2 \pm 6,2$ mm, respectivamente.

Tabela 1. Valores das medidas das variáveis EM, AP e CF entre as imagens (i1 e i2) e dias (d1 e d2).

	i1d1	i2d1	i1d2	i2d2
EM (mm)	22,2 ±3,4	22,2±3,51	22,5±3,7	22,3±4,0
AP (°)	21,5±4,0	21,7±2,9	21,7±3,2	22,4±2,5
CF (mm)	55,3±7,1	57,0±6,4	56,6±7,8	56,0±8,1

A confiabilidade das medidas foi determinada para cada parâmetro da arquitetura muscular e pode ser observada com detalhes na tabela 2. Sabe-se que os valores de CCI superiores a 0,9 representam uma alta confiabilidade e entre 0,7 a 0,8, razoável (ATKINSON; NEVILL, 1998). Neste estudo, os valores do CCI variaram no AP de 0,83 a 0,99; na EM de 0,96 a 0,99 e no CF de 0,80 a 0,99. O ETM utiliza a unidade de medida da variável analisada e o seu valor mínimo (mais próximo de zero) representa uma pequena variabilidade entre as medidas (ATKINSON; NEVILL, 1998). O ETM do AP variou de 1,03 a 1,66°; da EM, de 0,97 a 1,07mm e do CF, de 3,09 a 4,66mm. O CV ideal deve ser o menor possível, preferencialmente igual ou abaixo de 10% (ATKINSON; NEVILL, 1998). O CV do AP foi de 3,68 a 6,34%; da EM, 3,12 a 3,84% e do CF, de 3,98 a 6,33%.

Tabela 2. Valores do erro típico da medida (ETM), coeficiente de correlação intraclassa (CCI) e coeficiente de variação (CV) da EM, AP e CF do VL, entre as visitas. Legenda: 5m (5 medidas), i1 (imagem 1), i2 (imagem 2), d1 (dia 1), d2 (dia 2).

	EM			AP			CF		
	ETM (mm)	CCI	CV (%)	ETM (°)	CCI	CV (%)	ETM (mm)	CCI	CV (%)
5m, i1d1	---	0,99	---	---	0,99	---	---	0,99	---
5m, i2d1	---	0,99	---	---	0,99	---	---	0,99	---
5m, i1d2	---	0,99	---	---	0,98	---	---	0,98	---
5 m, i2d2	---	0,99	---	---	0,99	---	---	0,99	---
i1 e i2, d1	1,07	0,95	3,84	1,51	0,90	5,43	3,09	0,87	3,98
i1 e i2, d2	0,97	0,97	3,12	1,03	0,92	3,68	4,66	0,80	6,33
d1 e d2	0,98	0,96	3,76	1,66	0,83	6,34	3,98	0,81	4,94

Discussão

Os resultados deste estudo apresentaram uma boa confiabilidade, com CCI variando de 0,81 a 0,99 e o CV de 3,12 a 6,33% entre as variáveis analisadas (EM, AP e CF do VL), mostrando que a US é uma técnica de medida confiável para aquisição de imagens *in vivo*.

Blazevich et al. (2007b) determinaram através da US a confiabilidade da EM e AP dos músculos do quadríceps femoral, nas regiões a 22, 39 e 56% do comprimento da coxa (distância entre a espinha íliaca ântero superior a borda superior da patela), numa amostra de indivíduos treinados. Os autores deste estudo encontraram para a EM, um CCI variando de 0,88 a 0,97 e um ETM de

0,74 a 0,97mm e para o AP, um CCI de 0,89 a 0,99 e ETM de 0,24 a 1,22° nos músculos analisados. Comparando ao nosso estudo, os resultados de Blazevich et al (2007b) foram inferiores para o CCI (0,96 a 0,99) e ETM (0,97 a 1,07mm) da EM, bem como para o ETM do AP (1,03 a 1,66°). Os resultados indicaram um menor ETM no estudo de Blazevich et al (2007b), mas a metodologia adotada utilizou diferentes medidas, com a borda superior da patela utilizada como referência ao comprimento da coxa. Esse procedimento pode levar a posicionamentos diferentes no membro de um mesmo indivíduo, pelo deslocamento da patela. Blazevich et al (2007b) afirmam ainda, que o grande volume do VL em relação ao quadríceps (36%) tem soma

importância na produção de força de todo grupamento, justificando os estudos para análise de suas características estruturais. [Brancaccio et al. \(2008\)](#) determinaram a confiabilidade de 20 medidas do VL durante duas semanas, em um único indivíduo, e encontraram um CV de 4,5% para o AP (medido no terço superior da distância entre a espinha ilíaca ântero superior a borda superior da patela). Este valor foi inferior ao nosso estudo (6,34% entre os dias), que, ao contrário, utilizou um grupo de 14 indivíduos, o que naturalmente envolve maior variabilidade das medidas.

[De Boer et al. \(2008\)](#) analisaram o VL com uma metodologia semelhante ao nosso estudo e encontraram um CCI de 0,99 e ETM de 0,2mm para o CF e um CCI de 0,97 e ETM de 0,15° para o AP, numa amostra de dez homens saudáveis. Os valores do CCI do CF do estudo citado foram discretamente superiores ao AP, o que não foi observado em nosso estudo, já que o CF apresentou os menores CCI (0,80 a 0,99) em relação às outras variáveis, supostamente pela estimativa utilizada em fibras muito horizontalizadas, longas e externas ao campo de visão da US. [Gomes et al. \(2010\)](#) concluíram que as medidas pela US da EM dos extensores do joelho, intercaladas por no mínimo três dias, possuem uma boa confiabilidade (CCI=0,92; CV=6,6% e ETM=1,9mm), o que foi ratificado por este estudo em relação ao VL (CCI= 0,96; CV= 3,76% e ETM=0,98mm). Esses últimos valores indicaram uma melhor confiabilidade para a EM quando comparado com as demais medidas, justificada pela fácil visualização das aponeuroses e a ausência de estimativa da medida, como ocorre com o CF.

Esperava-se encontrar em nosso estudo uma menor confiabilidade entre os dias, pois um maior intervalo de captação das medidas possibilita maiores chances de mudanças na musculatura advindas de alguma atividade física praticada pelos indivíduos ou de erros pelo examinador em localizar corretamente os acidentes ósseos. Contudo, os valores de confiabilidade foram menores entre os dias apenas no CCI do AP (0,83).

Diversos estudos utilizaram a US como técnica de medida da arquitetura muscular do VL, com protocolos similares ao adotado neste trabalho. A EM foi analisada em alguns estudos ([ABE et al., 2000](#); [ABE et al., 2001](#); [KAWAKAMI et al., 2006](#)) e

os valores encontrados nos mesmos se aproximam dos resultados do nosso estudo (22,3±3,5mm), como [KAWAKAMI et al. \(2006\)](#) (23±6 mm) e os grupos controles de [Abe et al. \(2000\)](#) (23,2±2,2mm) e [Abe et al. \(2001\)](#) (21,5±2,9mm). Os valores do AP foram 19±4° ([KAWAKAMI et al., 2006](#)), 20,1±3,5° ([ABE et al., 2001](#)) e 19,5±3,6° ([ABE et al., 2000](#)) nos grupos controles, aproximando dos resultados do nosso estudo (21,8±2,8°). Já os valores do CF, foram 75,3±11,1mm ([BLAZEVIICH et al., 2009](#)), 80±9mm na região de 50% do comprimento da coxa em uma amostra de 10 homens (28±5 anos) ([NOORKOIV et al., 2010](#)) e 56,2±6,2mm em nosso estudo. Os valores do CF, neste estudo, foram menores provavelmente devido ao maior número de mulheres na amostra (N=10 mulheres e N=4 homens), visto que as mesmas geralmente possuem os CF inferiores aos homens, como [O'Brien et al. \(2010\)](#), que observaram uma diferença significativa do CF do VL entre homens e mulheres (85,3mm e 72,2mm, respectivamente) na região distal do comprimento da coxa (borda superior da patela à espinha ilíaca ântero superior).

Como conclusão, a US se mostrou uma técnica confiável de medida das variáveis da arquitetura do músculo VL. O protocolo apresentado resultou em valores de CCI, ETM e CV melhores para a EM (0,96 a 0,99; 0,97 a 1,07mm e 3,12 a 3,84%, respectivamente) e piores pra o CF (0,81 a 0,99; 3,09 a 4,66mm e 3,98 a 6,33%, respectivamente). Estas medidas devem ser consideradas em estudos que analisam o impacto de intervenções terapêuticas na arquitetura muscular do Vasto Lateral.

Referências

- AAGAARD, P., ANDERSEN, J., DYHRE-POULSEN, P., Leffers, A.M., WAGNER, A., MAGNUSSON, S.P., HALKJAER-KRISTENSEN, J., SIMONSEN, E.B. A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. **Journal of Physiology**, Cambridge, v.534, n.2, p.613–623, 2001.
- ABE, T.; DEHOYOS, D.; POLLOCK, M.; GARZARELLA, L. Time course for strength and muscle thickness changes follow upper and lower body resistance training in men and women. **European Journal of Applied Physiology**, v.81, n.3, p.174-180, 2000.

- ABE, T.; FUKASHIRO, S.; HARADA, Y.; KAWAMOTO, K. Relationship between sprint performance and muscle fascicle length in female sprinters. **Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science**, Tokyo, v.20, n. 2, p.141-147, 2001. Disponível em: http://www.jstage.jst.go.jp/article/jpa/20/2/141/_pdf. Acesso em: 06 jul. 2010
- AHTIAINEN, J.P.; HOFFREN, M.; HULMI, J.J., PIETIKÄINEN, M.; MERO, A.A.; AVELA, J.; HÄKKINEN, K. Panoramic ultrasonography is a method to measure changes in skeletal muscle cross-sectional area. **European Journal of Applied Physiology**, Maastricht, v.108, n.2, p.273-279, 2010. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/k9575r0254861418/fulltext.pdf>. Acesso em 13 mar. 2010.
- AKIMA, H., KUNO, S., TAKAHASHI, H., FUKUNAGA T, KATSUTA S. The use of magnetic resonance images to investigate the influence of recruitment on the relationship between torque and cross-sectional area in human muscle. **European Journal of Applied Physiology**, Maastricht, v.83, n.6, p.475-480, 2000.
- ATKINSON, G.; NEVILL, A.M. Statistical Methods for Assessing Measurement Error (Reliability) in Variables Relevant to Sports Medicine. **Sports Medicine**, Nova Zelândia, v.26, n.4, p.217-238, 1998.
- BEMBEM, M.G. Use of Diagnostic Ultrasound for Assessing Muscle Size. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Storrs-Mansfield, v.16, n.1, p.103-108, 2002.
- BLAZEVICH, A.; CANNAVAN, D.; COLEMAN, D.; HORNE, S. Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, V.103, N.5, p. 1565–1575, 2007a.
- BLAZEVICH, A.J.; GILL, N.D.; DEANS, N.; ZHOU, S. Lack of human muscle architectural adaptation after short-term strength training. **Muscle Nerve**, Virginia, v.35, n.1, p.78-86, 2007b.
- BLAZEVICH, A.J.; COLEMAN, D.R.; HORNE, S.; CANNAVAN, D. Anatomical predictors of maximum isometric and concentric knee extensor moment. **European Journal of Applied Physiology**; Maastricht, v.105, n.6, p.869-78, 2009. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/m26763w5286p1q98/fulltext.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2010.
- BRANCACCIO, P.; LIMONGELLI, F.; D'APONTEA, A.; NARICI, M.; MAFFULLI, N.. Changes in skeletal muscle architecture following a cycloergometer test to exhaustion in athletes. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Sydney, v.11, n.6, p.538-541, 2008.
- CHLEBOUN, G.S.; FRANCE, A.R.; CRILL, M.T.; BRADDOCK, H.K.; HOWELL, J.N. In vivo Measurement of Fascicle Length and Pennation Angle of the Human Biceps femoris Muscle. **Cells Tissues Organs**, Basiléia, v.169, n.4, p.401–409, 2001.
- DE BOER, M.D.; SEYNNES, O.R.; DI PRAMPERO, P.E.; PISOT, R., MEKJAVIĆ, I.B.; BIOLO, G.; NARICI, M.V. Effect of 5 weeks horizontal bed rest on human muscle thickness and architecture of weight bearing and non-weight bearing muscles **European Journal of Applied Physiology**, Maastricht, v.104, n.2, p.401–407, 2008.
- FINNI, T. Structural and functional features of human muscle–tendon unit. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, Oxford, v.16, n.3, p.147–158, 2006.
- FRIEDERICH, J.; BRAND, R. Muscle Fiber Architecture in the Human Lower Limb. **Journal of Biomechanics**, Eindhoven, v.23, n.1, p.91-95, 1990.
- FRONTERA, W.R.; HUGHES, V.A.; FIELDING, R.A.; FIATARONE, M.A.; EVANS, W.J.; ROUBENOFF, R. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.88, n.4, p.1321-1326, 2000.
- GOMES, P.S.C.; MEIRELLES, C.M.; LEITE, S.P.; MONTENEGRO, C.A.B. Confiabilidade da Medida de Espessuras Musculares pela Ultrassonografia. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.16, n.1, p.73-77, 2010.
- KAWAKAMI, Y.; AKIMA, H.; KUBO, K.; MURAOKA, Y.; HASEGAWA, H., KOUZAKI, M., IMAI, M., SUZUKI, Y., GUNJI A, KANEHISA H, FUKUNAGA T. Changes in muscle size, architecture, and neural activation after 20 days of bed rest with and without resistance exercise. **European Journal of Applied Physiology**, Maastricht, v.84, n.1-2, p.7-12, 2001.
- KAWAKAMI, Y. The Effects of Strength Training on Muscle Architecture in Humans. **Journal of Sport and Health Science**, Xangai, v.3, p.208-217, 2005.
- KAWAKAMI Y, ABE T, KANEHISA H, FUKUNAGA T. Human Skeletal Muscle Size and Architecture: Variability and Interdependence. **American Journal of Human Biology**, Cambridge, v.18, n.6, p.845-848, 2006.

KUBO, K.; KANEHISA, H.; AZUMA, K.; ISHIZU, M.; KUNO, S.Y.; OKADA, M., FUKUNAGA, T. Muscle Architectural Characteristics in Women Aged 20-79 Years. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Natick, v.35, n.1, p.39-44, 2003.

KUBO, J.; CHISHAKI, T.; NAKAMURA, N.; MURAMATSU, T.; YAMAMOTO, Y.; ITO, M.; SAITOU, H.; KUKIDOME, T. Differences in fat free mass and muscle thicknesses at various sites according to performance level among judo athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Storrs-Mansfield, v.20, n.3, p.654-7, 2006.

LIEBER, R.L. Skeletal Muscle, Structure, Function, And Plasticity: The Physiological Basis of Rehabilitation. 3^a ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2010. p. 26-41.

MAGANARIS, C.N.; BALTZOPOULOS, V.; TSAOPOULOS, D. Muscle fibre length- to moment arm ratios in the human lower limb determined in vivo. **Journal of Biomechanics**, v. 39, n.9, p.1663-1668, 2006.

MIYATANI, M.; KANEHISA, H.; KUNO, S.; NISHIJIMA, T.; FUKUNAGA, T. Validity of ultrasonograph muscle thickness measurements for estimating muscle volume of knee extensors in humans. **European Journal of Applied Physiology**; Maastricht, v.86, n.3, p.203-208, 2002.

MIYATANI, M.; KANEHISA, H.; ITO, M.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T. The accuracy of volume estimates using ultrasound muscle thickness measurements in different muscle groups. **European Journal of Applied Physiology**, Maastricht, v.91, n.2-3, p.264-272, 2004.

MORSE, C.I.; THOM, J.M.; BIRCH, K.M.; NARICI, M.V. Changes in triceps surae architecture with sarcopenia. **Acta Physiologica Scandinavica**; Berlin, v.183, n. 3, p.291-298, 2005.

NARICI, M.V.; MAGANARIS, C.N. Plasticity of the Muscle-Tendon Complex with Disuse and Aging. **Exercise and Sport Sciences Review**; v.35, n.3, p.126-134, 2007.

NOORKOIV, M.; NOSAKA, K.; BLAZEIVICH, A.J. Assessment of quadriceps muscle cross-sectional area by ultrasound extended-field-of-view imaging. **European Journal of Applied Physiology**, Maastricht, v.109, n.4, p.631-639, 2010.

O'BRIEN, T.D.; REEVES, N.D.; BALTZOPOULOS, V.; JONES, D.A.; MAGANARIS, C.N. Muscle tendon structure and

dimensions in adults and children. **Journal of Anatomy**, Texas, v.216, n.5, p.631-642, 2010.

REEVES, N.D.; MAGANARIS, C.N.; NARICI, M.V. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. **European Journal of Applied Physiology**, Maastricht, v.91, n.1, p.116-118, 2004.

REEVES N., MAGANARIS, C., LONGO, S.; NARICI, M.V. Differential adaptations to eccentric versus conventional resistance training in older humans. **Experimental Physiology**, Dublin, v.94, n.7, p 825-833, 2009.

SEYMOUR, J.M.; WARD, K.; SIDHU, P.S.; PUTHUCHEARY, Z.; STEIER, J.; JOLLEY, C.J., RAFFERTY, G.; POLKEY, M.I.; MOXHAM, J. Ultrasound measurement of rectus femoris cross-sectional area and the relationship with quadriceps strength in COPD. **Thorax**, Londres, v.64, n.5, p.418-423, 2009.

VORONOV, A. Anatomical Cross-Sectional Areas and Volumes of the Muscles of the Lower Extremities. **Human Physiology**, Moscou, v.29, n.2, p. 201-211, 2003.

WARD, S.; ENG, C.M.; SMALLWOOD, L., LIEBER, R.L. Are Current Measurements of Lower Extremity Muscle Architecture Accurate? **Clinical Orthopaedics and Related Research**, Seattle, v.467, n.4, p.1074-1082, 2009.

Endereço:

Liliam Fernandes de Oliveira
Rua Lauro Muller 96 apt 106 Bairro: Botafogo
Rio de Janeiro RJ Brasil
22290-160
e-mail: liliam@eefd.ufrj.br
liliam.oliva@gmail.com

Recebido em: 17 de setembro de 2011.

Aceito em: 13 de março de 2013.



Motriz. Revista de Educação Física. UNESP, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1980-6574 - está licenciada sob [Creative Commons - Atribuição 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)