

ESTIMATIVA DO VOLUME MUSCULAR DE ATLETAS DE POLO AQUÁTICO EM MEMBROS DOMINANTE E NÃO DOMINANTE

Thaís Camasmie Chrispino¹
Thiago Torres da Matta²
Lilium Fernandes de Oliveira³

RESUMO: Introdução. Uma das variáveis utilizadas para a estimativa da força muscular é o volume muscular (VM), medido indiretamente por imagens de ultrassonografia em modelos matemáticos. O polo aquático é um esporte com característica assimétrica de utilização dos membros. **Objetivo.** Comparar os VM estimados dos flexores e extensores de cotovelo e extensores de joelho entre os dimídiós em atletas de elite e não atletas através de diferentes equações de predição de VM. **Métodos.** Foram avaliados atletas da Seleção Brasileira Masculina de Polo Aquático (N=22) e um grupo controle (N=7). A espessura muscular (EM) foi verificada por ultrassonografia e aplicada em sete equações de regressão para estimativa do VM. Foi aplicado o *test-t Student* para dados antropométricos, teste ANOVA *two-way* para comparação de VM e teste *post hoc* de Tukey para identificação das diferenças, $p < 0,05$. **Resultados.** Os VM dos Atletas foram significativamente maiores do que os do Controle, somente para os grupamentos musculares do braço. O VM dos extensores de cotovelo dos Atletas foi significativamente maior do que seus flexores. Não houve diferença significativa entre os VM dos lados dominante e não dominante para nenhum grupamento analisado, em ambos os grupos. As equações de regressão apresentaram valores de VM significativamente diferentes para a mesma região estudada, em todos os grupamentos. **Conclusão.** A simetria das EM e dos VM dos grupamentos estudados, independente da dominância, sugere adequação do programa de preparação física dos atletas. As diferenças entre os valores estimados pelas diferentes equações apontam para a necessidade de ajustes para estimativa do VM de grupos específicos.

Palavras-Chave: Biomecânica, Sistema Musculoesquelético, Ultrassonografia.

Estimation Of Muscle Volume Of Water Polo Athletes Of Dominant And Non-Dominant Limbs

ABSTRACT: Introduction. One of the parameters used to estimate the muscle strength is the muscle volume (MV), measured indirectly ultrasound images have been used in mathematical models. The water polo is a sport characterized by an asymmetric demand of limbs. **Purpose.** Compare the estimated MV groups for flexion and extension of elbow and knee extensors with respect to the limb dominance in elite athletes. Different equations for predicting MV will be applied. **Methods.** Athletes of the Brazilian Men's Water Polo (N=22) and a control group (N=7) were tested. Muscle thickness (MT) was measured by ultrasound and seven regression equations were applied to estimate the MV. The statistics included

¹ Instituição/Afiliação: Universidade Federal do Rio de Janeiro

² Instituição/Afiliação: PPGEF/ Universidade Federal do Rio de Janeiro

³ Instituição/Afiliação: Universidade Federal do Rio de Janeiro

Student t-test for anthropometric data, and ANOVA two-way with post hoc Tukey test to identify the differences, when comparing MV, with a $p < 0.05$. **Results.** Athlete's MVs were significantly higher than those of control, only to muscle groups of the arm. The MV of the elbow extensors of athletes was significantly higher than their respective flexors. There was no significant difference between the MV side dominant and non-dominant for any muscle group analyzed. The regression equations showed significantly different values of MV for the same region studied in all groups. **Conclusion.** The symmetry of the MT and MV groups, independent of dominance, suggest adequacy of the athlete's physical conditioning program. The differences among MV values resulted from different equations indicate the necessity for parameters adjustment for specific groups.

Keywords: Biomechanics, Musculoskeletal System, Ultrasound.

INTRODUÇÃO

Uma das variáveis mais utilizadas para a estimativa da força muscular é o volume muscular (VM), medido diretamente por imagens de ressonância magnética (IRM) e tomografia computadorizada (TC), consideradas análises padrão-ouro (MITSIOPOULOS, 1998), porém são técnicas de difícil acesso e alto custo. As imagens de ultrassonografia (US) bidimensional têm sido utilizadas em modelos matemáticos que estimam o VM (FUKUNAGA, 2001; MIYATANI, 2000; MIYATANI, 2002; MIYATANI, 2004) para exames de larga escala. A partir das imagens de US, equações de regressão foram validadas por comparação cruzada entre técnicas com IRM e TC para estimativa do VM.

Equações para estimativa do VM dos grupamentos musculares de extensores de cotovelo (EC), flexores do cotovelo (FC), extensores de joelho (EJ) e flexores plantares de tornozelo tem sido reportadas (FUKUNAGA, 2001; MIYATANI, 2000; MIYATANI, 2002; MIYATANI, 2004; ESFORMES, 2002; REEVES, 2004). A variável espessura muscular (EM), obtido por US, é usualmente utilizado nestas equações. A análise da estrutura muscular por US pode ser aplicada em diferentes sítios anatômicos, sendo os grupamentos musculares da coxa, perna (MIYATANI, 2002; BLAZEVIK, 2007; CANDOW, 2005; STARKEY, 1996, ALEGRE, 2006; BEMBEN, 2002; ERSKINE, 2009; VORONOV, 2003; MORSE, 2007) e braço (MIYATANI, 2000; CANDOW, 2005; BEMBEN, 2002), as regiões mais estudadas em diferentes grupos como atletas (STARKEY, 1996; VORONOV, 2003; KUBO, 2006; TSEKOURAS, 2005; FRANCHINI, 2007), jovens (BLAZEVIK, 2007; CANDOW, 2005; ALEGRE, 2006; BEMBEN, 2002; ERSKINE, 2009; VORONOV, 2003; MORSE, 2007; AUDENAERT, 2009; MATTA, 2011), adultos (MIYATANI, 2000; MIYATANI, 2002; CANDOW, 2005), idosos (REEVES, 2004; CANDOW, 2005; BEMBEN, 2002) e mulheres em período pós-menopausa (BEMBEN, 2002).

Em relação ao polo aquático, Tsekouras (2005) descrevem que as características inerentes da atividade, juntamente às limitações impostas pelo meio, dificulta tecnicamente as avaliações das capacidades fisiológicas desses jogadores (TSEKOURAS, 2005). O tamanho corporal é um parâmetro importante para o desempenho do jogador, permitindo um melhor posicionamento na piscina e uma vantagem para alcançar e controlar os passes. Além disso, altura e massa do corpo exercem um papel importante no custo total de energia na natação, criando grande variação de porte físico, em que as combinações de variáveis antropométricas e fisiológicas podem contribuir para o desempenho do alto nível de concorrência entre atletas (TSEKOURAS, 2005).

Essa modalidade reúne duas características básicas: a ação de lançar a bola por cima da cabeça, preferencialmente com o membro dominante (PEZARAT-CORREIA, 2010) e a presença de gestos característicos do estilo livre na natação, alternando rajadas de alta intensidade de braçadas, intercaladas com curtos períodos de baixa a moderada intensidade para manutenção da posição corporal na piscina (TSEKOURAS, 2005). Apesar de o polo aquático ser um esporte com característica assimétrica de utilização dos membros superiores e inferiores, a predisposição para uma assimetria dos grupamentos musculares nestes segmentos corporais ainda não está esclarecida.

O objetivo deste estudo foi comparar os volumes musculares estimados dos flexores e extensores de cotovelo e extensores de joelho entre os dimídijs em atletas da Seleção Brasileira Masculina de Polo Aquático com indivíduos não participantes da modalidade (Grupo Controle), através de diferentes equações de estimativas de volume muscular.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Amostra

Foram avaliados 22 atletas da Seleção Brasileira Masculina de Polo Aquático (Grupo Atleta, 24 ± 5 anos de idade, $88,2 \pm 10,2$ kg de massa corporal, $185,1 \pm 7,27$ cm de estatura e $25,7 \pm 2,15$ de índice de massa corporal - IMC) para membros superiores. Destes, 13 foram avaliados também para membros inferiores. Foi selecionado um grupo controle com sete indivíduos do sexo masculino (Grupo Controle, $26,2 \pm 2,5$ anos de idade, $74 \pm 15,7$ kg de massa corporal, $176,1 \pm 11,6$ cm de estatura e $23,7 \pm 3,7$ de índice de massa corporal) não atletas, fisicamente ativos. Todos os indivíduos assinaram

o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o experimento foi aprovado pelo comitê de ética do HUCFF (031/2007).

Instrumentos e Procedimentos

As medidas antropométricas e de EM foram realizadas nos membros superiores e inferiores, direito e esquerdo. Os membros de dominância foram registrados através de uma anamnese prévia. O comprimento do braço (CB) foi medido a partir do processo acromial da escápula ao epicôndilo lateral do cotovelo e demarcado 60% proximal (figura 1.A) dessa distância para medição da EM e circunferência do braço, segundo o protocolo de Fukunaga (2001), o comprimento da coxa (CC) foi medido a partir da palpação do trocânter maior até a linha articular do joelho lateralmente e demarcado 50% dessa distância para as mesmas medições (FUKUNAGA, 2001).

Um aparelho de ultrassom (modelo EUB-405 Hitachi, frequência de excitação de 7,5 MHz, Tóquio, Japão) foi utilizado para as medidas de EM. O transdutor linear foi direcionado transversalmente à pele, com gel para acoplamento acústico, nas faces anteriores e posteriores do braço e da coxa para medição da EM (MIYATANI, 2004), realizada na imagem através do aparelho de ultrassom.

As medidas foram realizadas com o indivíduo de pé, com os membros inferiores estendidos e os membros superiores relaxados ao longo do corpo. Após o congelamento da imagem, o avaliador traçava a distância entre a interface do tecido muscular com o osso e com o tecido adiposo. A EM era fornecido pelo aparelho de US. Foram realizadas duas medidas consecutivas de EM e a média dos valores foi utilizada para posterior análise. A figura 1.B apresenta um exemplo para a medida de EM do tríceps braquial no US.

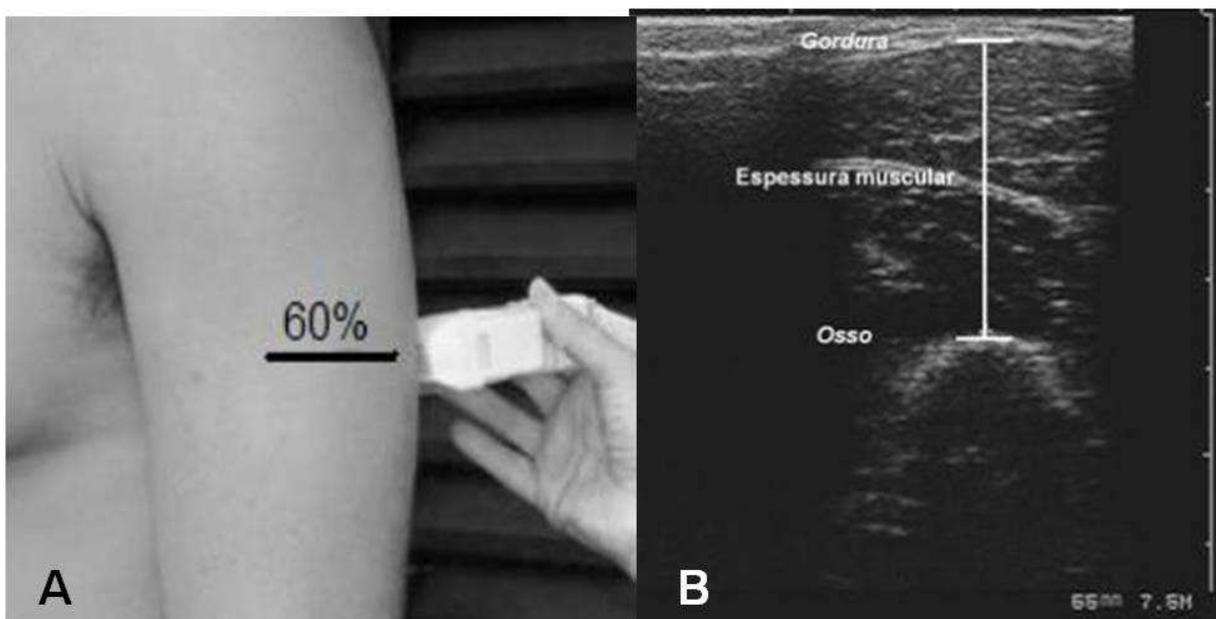


Figura 1. A) Demarcação de 60% proximal do comprimento do braço para obtenção da imagem pelo ultrassom dos extensores do cotovelo; B) Imagem de ultrassom referente à espessura muscular do músculo tríceps braquial.

As estimativas de VM (cm³) de cada grupamento, dos membros superiores e inferiores, foram obtidas por diferentes equações:

A. Miyatani (2000):

Flexores e extensores de cotovelo (Eq.1):

$$VM = CB \times \pi \times (EM/2)^2$$

B. Fukunaga (2001):

Flexores de cotovelo (Eq. 2):

$$VM = 2,586 \times (Alt - 1,259) \times (P + 7,057) \times (Ci + 0,524) \times [CB \times EM^2] - 447,46$$

Extensores de cotovelo (Eq. 3):

$$VM = 3,478 \times (Alt - 0,18) \times (P + 6,674) \times (Ci + 0,382) \times [CB \times EM^2] - 559,36$$

C. Miyatani (2002):

Extensores de joelho (Eq. 4):

$$VM = (EM \times 311,732) \times (CC + 53,346) - 2058,529$$

D. Miyatani (2004):

Flexores de cotovelo (Eq. 5):

$$VM = (EM \times 117,9) + (CB \times 12,6) - 494,0$$

Extensores de cotovelo (Eq. 6):

$$VM = (EM \times 98,1) + (CB \times 31,9) - 984,4$$

Extensores de joelho (Eq. 7):

$$VM = (EM \times 320,6) + (CC \times 110,9) - 4437,9$$

Onde:

VM é o volume muscular; EM é a espessura muscular calculada pelo equipamento de US; CB é o comprimento do braço; CC é o comprimento da coxa; Alt é a altura corporal; P é o peso corporal; Ci é a circunferência do braço; $\pi = 3,14159$.

Análise estatística

Para análise dos dados, foi inicialmente aplicado o teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov para todas as variáveis dependentes. Foi aplicado o *test-t Student* para amostras independentes para comparação dos dados de idade, estatura, peso e IMC entre os grupos. Para comparação dos dados antropométricos de comprimento de braço e coxa, circunferência de braço e EM foi aplicado teste ANOVA com medidas repetidas (2x2) para grupo e dominância.

Para comparação do VM entre FC e EC entre as três equações do membro dominante e não dominante, e grupos, foi utilizado o teste ANOVA com medidas repetidas (3x2x2). Para comparação de VM entre as duas equações para extensores de joelho, dominância e grupos, foram utilizadas a ANOVA com medidas repetidas (2x2x2). O teste *post hoc* de Tukey foi aplicado para identificação das possíveis diferenças.

O índice de significância adotado foi de $p < 0,05$. O aplicativo estatístico utilizado foi Statistic 7.0 (Statsoft, USA).

RESULTADOS

A) Descrições Antropométricas

Os grupos Atletas e Controle apresentaram idade e IMC similares, mas os atletas apresentaram estatura ($p=0,021$) e massa corporal ($p=0,009$) significativamente maiores do que os controles.

Na tabela 1 é descrita a diferença significativa encontrada entre as medidas antropométricas dos membros superiores, dominante e não dominante, entre os grupos Atletas e Controle, mas o mesmo não ocorreu nos membros inferiores, nem mesmo entre dimídios intragrupos que possam apontar assimetrias entre os avaliados.

Tabela 1. Valores de comprimento e circunferência dos membros avaliados (cm).

	Grupo Atletas	Grupo Controle	P
Braço Dominante			
Comprimento	39,20 ± 2,69	33,64 ± 2,92	0,000
Circunferência	35,05 ± 2,57	31,21 ± 4,38	0,028
Braço Não Dominante			
Comprimento	38,90 ± 2,52	33,07 ± 3,12	0,000
Circunferência	34,86 ± 2,55	31,35 ± 4,45	0,053
Coxa Dominante			
Comprimento	45,07 ± 2,67	44,42 ± 4,40	0,971
Circunferência	56,73 ± 3,61	53,07 ± 5,18	0,291
Coxa Não Dominante			
Comprimento	44,73 ± 2,52	44,57 ± 3,58	0,999
Circunferência	56,07 ± 3,60	53,50 ± 5,83	0,590

Dados expressos em média ± desvio padrão; $p < 0,05$, comparação entre grupos.

B) Espessura Muscular

Na tabela 2 observa-se no grupo Atletas que a média da espessura dos músculos EC apresentaram valores significativamente maiores do que os respectivos FC ($p=0,000$), sem alteração no grupo Controle. Os atletas apresentaram EM significativamente maior que os controles para EC, independente da dominância ($p=0,001$). O mesmo não ocorreu para FC, em que os grupos Atletas e Controle apresentaram resultados similares, independente da dominância.

Na mesma tabela, são apresentados os valores de EM de extensores e flexores de joelho (FJ), sem diferenças significativas.

Tabela 2. Valores de espessura muscular medidos (cm) dos membros dominante e não dominante.

	FC	EC	FJ	EJ
Atletas				
Dominante	3,64 ± 0,47	4,56 ± 0,86*	6,66 ± 0,44	6,22 ± 0,83
Não Dominante	3,66 ± 0,47	4,70 ± 0,78*	6,66 ± 0,68	5,93 ± 0,58
Controle				
Dominante	3,54 ± 0,52	3,32 ± 0,78 [†]	6,16 ± 0,68	5,46 ± 0,54
Não Dominante	3,57 ± 0,40	3,46 ± 0,90 [†]	6,18 ± 0,55	5,54 ± 0,66

Dados expressos em média ± desvio padrão; * vs FC, p=0,000; [†] vs Atletas no mesmo grupamento, p=0,001. Onde: FC – Flexores de Cotovelo; EC – Extensores de Cotovelo; FJ – Flexores de Joelho; EJ – Extensores de Joelho.

C) Volume Muscular – Comparação de Equações

A figura 2.A apresenta valores de VM para os FC dos dois grupos estimados nos membros dominante e não dominante pelas três equações disponíveis na literatura. Independente da equação utilizada, os VM de FC foram similares entre Atletas e Controle, apesar da tendência para maiores valores dos atletas. Quando analisadas as três equações, Eq.1, Eq.2 e Eq.5, a Eq.2 apresentou valores significativamente maiores (p=0,014) do que a Eq.1, no grupo de Atletas.

A figura 2.B apresenta valores de VM para os EC dos dois grupos estimados por três equações. Na análise de EC foram encontradas diferenças entre todas as equações, entre os grupos Atletas e Controle. Independente da equação utilizada, os VM de EC foram significativamente maiores nos Atletas (Eq.1 p=0,000; Eq.3 p=0,025; Eq.6 p=0,001). Quando analisadas as três equações intragrupo, nos Atletas, a Eq.6 apresentou valores significativamente maiores (p=0,007) do que a Eq.3. No grupo Controle, as equações resultaram em VM de EC similares.

A figura 2.C apresenta valores de VM para os EJ dos dois grupos estimados pelas duas equações (Eq.4 e Eq.7). Independente da equação utilizada, os VM de EJ foram similares entre os grupos. Quando analisadas as duas equações, para os Atletas

($p=0,000$) e para o Controle ($p=0,041$), a Eq.7 apresentou valores significativamente maiores do que a Eq.4.

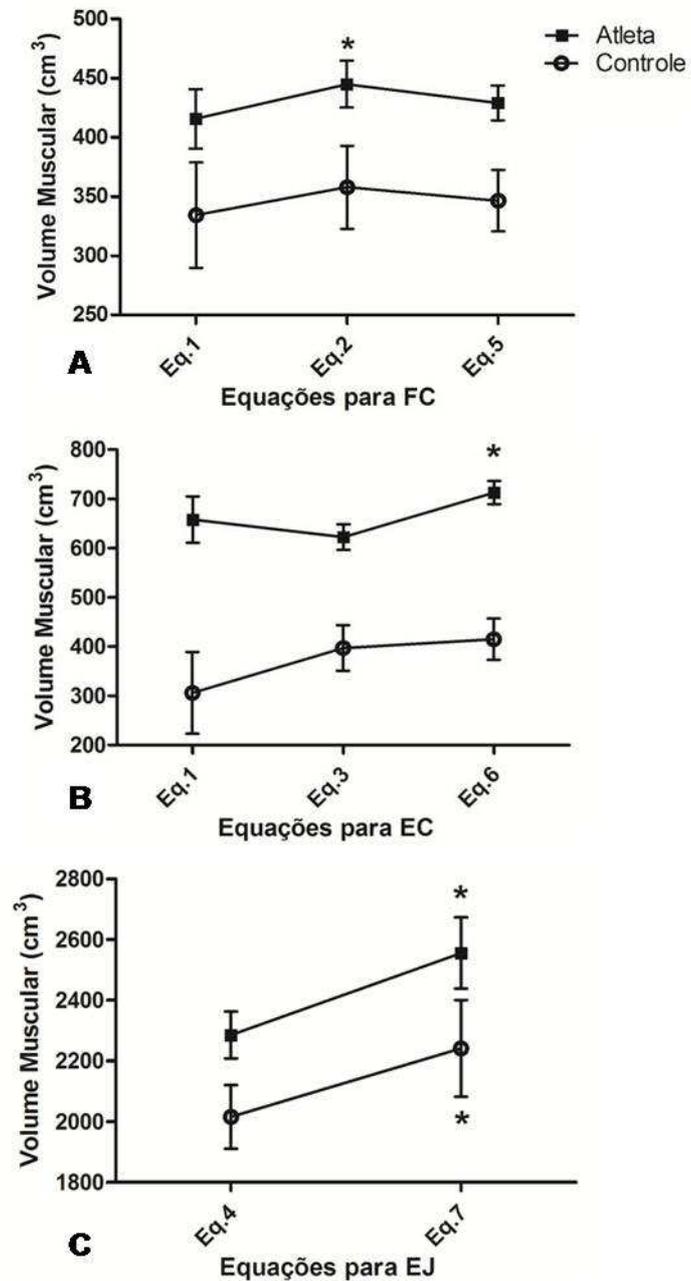


Figura 2. Dados expressos em média \pm erro padrão. Comparação de equações de volume muscular, em membro dominante, em ambos os grupos, para grupamento de: A) FC: flexores de cotovelo, * vs Eq.1 mesmo grupo; B) EC: extensores de cotovelo, * vs Eq.3 mesmo grupo; C) EJ: extensores de joelho, * vs Eq.4 mesmo grupo.

D) Volume Muscular – Comparação das Equações

Para os VM estimados por todas as equações utilizadas, não houve diferença significativa nos resultados entre o membro dominante e não dominante, nos dois grupos. A tabela 3 apresenta os valores médios para os volumes estimados de FC (Eq.5), EC (Eq.6) e EJ (Eq.7), membro dominante e não dominante, utilizando as equações de Miyatani (2004) por serem as mais recentes e com menor dispersão de dados.

Assim como na análise da EM entre grupamentos, a mesma diferença significativa ocorreu no VM entre FC e EC (tabela 3). No grupo Atletas a média do VM dos EC apresentou valores significativamente maiores do que os respectivos FC ($p=0,000$), e no grupo Controle não houve diferenças. Os atletas apresentaram VM significativamente maior que os controles somente para os EC, independente da dominância ($p=0,000$).

Tabela 3. Valores de volume musculares calculados (cm^3) dos membros dominante e não dominante.

	FC	EC	FJ	EJ
Atletas				
Dominante	428,9 ± 19,13	713,2 ± 19,13*	-	2556,5 ± 117,09
Não Dominante	427,8 ± 19,13	718,2 ± 19,13*	-	2425,0 ± 117,09
Controle				
Dominante	347,0 ± 33,92	414,7 ± 33,92 [†]	-	2240,4 ± 159,56
Não Dominante	343,7 ± 33,92	410,1 ± 33,92 [†]	-	2279,8 ± 159,56

Dados expressos em média ± desvio padrão; * vs FC, $p=0,000$; [†] vs Atletas no mesmo grupamento, $p=0,000$. Onde: FC – Flexores de Cotovelo; EC – Extensores de Cotovelo; FJ – Flexores de Joelho; EJ – Extensores de Joelho.

DISCUSSÃO

A tentativa de estimar o volume muscular a partir de medidas obtidas em imagens de ultrassom se iniciou há aproximadamente 12 anos (MIYATANI, 2000). Desde então, vários grupos têm sido estudados, como atletas de diferentes modalidades esportivas (STARKEY, 1996; VORONOV, 2003; KUBO, 2006; TSEKOURAS, 2005; FRANCHINI, 2007). A primeira equação de regressão para a estimativa de VM, a partir

de imagens de US da espessura muscular, foi determinada para o membro superior (MIYATANI, 2000), tanto para os flexores (FC) quanto para os extensores de cotovelo (EC) e foi validada por bioimpedância elétrica, resultando na equação Eq.1. Os mesmos autores, em 2001, validaram com a IRM, duas novas equações para o grupamento muscular dos FC (Eq.2) e EC (Eq.3), que incluíam, além da EM por ultrassom, medidas antropométricas como a altura, o peso e a circunferência do braço (FUKUNAGA, 2001).

Para o membro inferior, a primeira equação para o grupamento de extensor de joelho (EJ) (Eq.4), foi determinada utilizando IRM com grupo de validação cruzada (MIYATANI, 2002). E o estudo mais recente propõe equações para grupamentos musculares de braço, FC (Eq.5) e EC (Eq.6); coxa, EJ (Eq.7); e perna, flexores plantares de tornozelo (MIYATANI, 2004). A estimativa do volume muscular dos flexores de joelho (FJ) a partir de imagens de US, não é disponível na literatura.

No presente estudo, no grupo Controle, não houve diferença significativa entre os valores de EM dos dimídios para FC e EC, mas os valores de FC foram maiores que seus extensores. Nos Atletas, a EM dos EC foram superiores à dos FC, destacando que essa hipertrofia muscular de extensores está intrinsecamente ligada à biomecânica do arremesso da bola no polo aquático. Em relação ao VM, os maiores valores dos EC em relação aos FC para os atletas, ratificam os resultados Fukunaga (2001) que encontraram para EC e FC, volumes de $423 \pm 70\text{cm}^3$ e $337 \pm 58\text{cm}^3$, respectivamente (FUKUNAGA, 2001). Já os valores de VM, por US, de membros superiores do grupo Controle estão acima dos relatados por Miyatani (2000) (FC: $273,6 \pm 15,4\text{cm}^3$; EC: $387,9 \pm 30,9\text{cm}^3$). Nos grupamentos de músculos coxa, o comportamento da EM foi semelhante entre ambos os grupos, sendo os valores de FJ similares aos de EJ. Este fato é interessante uma vez que se sabe que o potencial de produção de torque dos extensores de joelho é maior que dos flexores, expresso em termos do índice isquiotibiais/quadríceps (I/Q), em testes no dinamômetro isocinético (AQUINO, 2007).

Durante a prática esportiva, assimetrias e desequilíbrios musculares na produção de torque estão associados ao aumento de 45% da incidência de lesões ligamentares e musculares. Em esportistas com desequilíbrios entre flexores e extensores maiores que 10%, o risco de lesão é de 3 a 20 vezes maior do que atleta sem desequilíbrio (DVIR, 2002).

O fato da similaridade entre as EM dos FJ e EJ alerta para o fato de esta medida não apresentar significância funcional e aponta para a necessidade de futuros estudos determinando a relação da espessura com o volume muscular dos flexores de joelho. Outro fato que merece atenção é a média da EM dos EJ do membro dominante apresentar valores aproximadamente 5% maiores do que o membro não dominante (tabela 2). Apesar de não significativa, esta diferença aponta para uma tendência de assimetria não verificada para os membros superiores. Entretanto, os dados de circunferência da coxa dos atletas não apontam esta tendência, o que demonstra o potencial da medida da EM para o acompanhamento das respostas musculares específicas de grupos antagonistas em um mesmo segmento.

O presente estudo foi baseado na análise dessas equações, com o intuito de comparar os resultados de volume muscular dos membros dominante e não dominante do grupo Controle e de atletas de polo aquático, de nível internacional, participantes da equipe Brasileira. Por apresentarem um biótipo diferente dos indivíduos não praticantes de atividades esportivas semelhantes, com hipertrofia de membros superiores e alta estatura, o grupo Atletas apresentou menores valores de comprimento e circunferência de braços e de estatura. Já o grupo controle possui características morfológicas parecidas com as amostras dos outros estudos, composto de não atletas.

No grupo Atletas, não foram observadas assimetrias nas espessuras musculares e nos volumes estimados, entre membros dominantes e não dominantes, rejeitando-se a hipótese de diferença quanto à dominância, pela utilização assimétrica de membros superiores e inferiores no gesto específico do esporte. Este fato sugere que treinamento físico dentro e fora do meio aquático está sendo adequado para manutenção do equilíbrio muscular entre os dimídios. O mesmo foi observado no grupo Controle. Conforme esperado, os atletas de elite apresentaram um volume maior de membros superiores quando comparados aos indivíduos Controle.

Miyatani (2000) relatam valores de EM para membros superiores (FC: $3,3 \pm 0,1$ cm; EC: $3,8 \pm 0,2$ cm) de 26 homens fisicamente ativos não atletas (MIYATANI, 2000), similares aos encontrados no nosso grupo Controle. Fukunaga (2001) encontraram em atletas de diversas modalidades (n=99), circunferência de braço ($29,9 \pm 2,9$ cm), comprimento de braço ($33,2 \pm 2,3$ cm) e EM de flexores (FC: $3,44 \pm 0,4$ cm; EC: $3,71 \pm 5$ cm) (FUKUNAGA, 2001), próximos aos valores encontrados neste estudo para o grupo Controle. Esta diferença pode estar relacionada com a diversidade de

modalidades esportivas dos indivíduos que compunham o grupo de Atletas, não especificamente os que utilizam gestos de arremesso ou lançamento.

Mais recentemente, Kubo (2006) avaliaram 69 atletas de elite de judô de diferentes nivelamentos e mensuraram a EM de diversos grupamentos. Na equação utilizada pelos autores, os valores absolutos da EM foram normalizados pela altura média dos mesmos. Comparando os valores absolutos da EM desses judocas com os atletas de polo aquático, houve semelhança e superioridade (FC: 3,83cm; EC: 5,05cm; FJ: 6,79cm; EJ: 6,09cm) aos nossos resultados para grupo Atletas (KUBO, 2006), sendo o único estudo encontrado com valores superiores.

No estudo de origem das equações empregadas (Eq.5, Eq.6 e Eq.7) nas comparações entre grupos, em Miyatani (2004) o grupo analisado possuía membros superiores (CB: $32,4 \pm 1,6$ cm) e inferiores (CC: $39,8 \pm 2,3$ cm) mais curtos que os Atletas e Controles previamente apresentados, o que pode influenciar diretamente na estimativa de volume, pela inclusão da variável “comprimento do membro” nas equações de regressão. Comparando os resultados de espessura dos autores, os FC ($3,3 \pm 0,4$ cm), EC ($3,9 \pm 0,8$ cm) e os EJ ($6,0 \pm 0,9$ cm) foram próximos aos dois grupos (Atletas e Controle). Para o volume estimado, os valores foram inferiores em ambos os grupos para FC ($311,5 \pm 68,5$ cm³) e EJ ($1825,3 \pm 428,0$ cm³), e semelhante ao Controle para EC ($427,0 \pm 112,2$ cm³), mas menores que Atletas (MIYATANI, 2004). Os resultados descritos mostram a superioridade, em volume e espessura, dos atletas de elite de polo aquático quando comparados a grupos de atividade física moderada, reforçando a necessidade de estudos comparativos entre atletas de elite e a adequação da fórmula para tal. Lacerda (2008) comparando resultados de VM calculados com duas equações de regressão distintas encontraram diferença estatística entre atletas e sedentários e sugerem ajustes dos coeficientes para aplicação em atletas treinados (LACERDA, 2008).

Não foram encontrados estudos relacionando o volume muscular com a dominância de membros superiores e inferiores em atletas com gestos esportivos assimétricos. Nos nossos resultados não foram verificadas diferenças significativas entre as espessuras e os volumes musculares estimados, dos grupamentos flexores e extensores de cotovelo e joelho. Este resultado aponta para uma simetria muscular entre os dimídios, independente da dominância.

CONCLUSÃO

A ultrassonografia mostrou-se uma ferramenta útil para identificação de características musculares específicas entre grupamentos musculares, não detectadas pelo método de perimetria. Os resultados para volume muscular apontam para a necessidade de ajustes nas equações regressão para diferentes grupos, como atletas de elite. Foi verificada uma simetria muscular, entre dimídios, dos flexores e extensores de cotovelo e joelho, independente da dominância, em atletas de elite de polo aquático, o que sugere adequação da preparação física dos atletas em face às demandas assimétricas dos gestos específicos desta modalidade esportiva. Como esperado, os dados da arquitetura muscular apresentaram maiores valores para os extensores do cotovelo.

REFERÊNCIAS

ALEGRE, L. M.; JIMENEZ, F.; GONZALO-ORDEN, J. M.; MARTIN-ACERO, R.; AGUADO, X. Effects of dynamic resistance training on fascicle length and isometric strength. **J Sports Sci**. v. 24, n. 5, p. 501-8, mai. 2006.

AQUINO, C. F.; VAZ, D. V.; BRÍCIO, R. S.; SILVA, P. L. P.; OCARINO, J. M.; FONSECA, S. T. A utilização da dinamometria isocinética nas ciências do esporte e reabilitação. **R bras Ci e Mov**. v. 15, n. 1, p. 93-100, 2007.

AUDENAERT, E. A.; DE ROO, P. J.; MAHIEU, P.; COOLS, A.; BAELE, N.; D'HERDE, K.; VERDONK, R. Deltoid muscle volume estimated from ultrasonography: in vitro validation and correlation with isokinetic abduction strength of the shoulder. **Med Biol Eng Comput**, v. 47, n. 5, p. 557-63, mai. 2009.

BEMBEN, M. G. Use of diagnostic ultrasound for assessing muscle size. **J Strength Cond Res**, v. 16, n. 1, p. 103-8, fev. 2002.

BLAZEVIČH, A. J.; GILL, N.D.; DEANS, N.; ZHOU, S. Lack of human muscle architectural adaptation after short-term strength training. **Muscle Nerve**, v. 35, n. 1, p. 78-86, jan. 2007.

CANDOW, D. G.; CHILIBECK, P. D. Differences in size, strength, and power of upper and lower body muscle groups in young and older men. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 60, n. 2, p. 148-56, fev. 2005.

DVIR, Z. Isocinética: Avaliações Musculares, Interpretações e Aplicações Clínicas. 2 ed. São Paulo: Ed. Manole, 2002.

ERSKINE, R. M.; JONES, D. A.; MAGANARIS, C. N.; DEGENS, H. In vivo specific tension of the human quadriceps femoris muscle. **Eur J Appl Physiol**, v. 106, n. 6, p. 827-38, ago. 2009.

ESFORMES, J. I.; NARICI, M. V.; MAGANARIS, C. N. Measurement of human muscle volume using ultrasonography. **Eur J Appl Physiol**, v. 87, n. 1, p. 90-2, mai. 2002.

FRANCHINI, E.; NUNES, A. V.; MORAES, J. M.; DEL VECCHIO, F. B. Physical fitness and anthropometrical profile of the Brazilian male judo team. **J Physiol Anthropol**, v. 26, n. 2, p. 59-67, mar. 2007.

FUKUNAGA, T.; MIYATANI, M.; TACHI, M.; KOUZAKI, M.; KAWAKAMI, Y.; KANEHISA, H. Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. **Acta Physiol Scand**, v. 172, n. 4, p. 249-55, ago. 2001.

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. **J Strength Cond Res**, v. 20, n. 3, p. 654-7, ago. 2006.

LACERDA, R. G.; ALVES, D. S.; OLIVEIRA, L. F.; NADAL, J. Estimativa do volume muscular por ultra-sonografia através de modelo matemático. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, 2008, Salvador. **Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica, 2008. v. 1. p. 1-4.

MATTA, T.; SIMAO, R.; DE SALLES, B. F.; SPINETI, J.; OLIVEIRA, L. F. Strength training's chronic effects on muscle architecture parameters of different arm sites. **J Strength Cond Res**. v. 25, n. 6, p. 1711-7, jun. 2011.

MITSIPOULOS, N.; BAUMGARTNER, R. N.; HEYMSFIELD, S. B.; LYONS, W.; GALLAGHER, D.; ROSS, R. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. **J Appl Physiol**, v. 85, n. 1, p. 115-22, jul. 1998.

MIYATANI, M.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Validity of bioelectrical impedance and ultrasonographic methods for estimating the muscle volume of the upper arm. **Eur J Appl Physiol**, v. 82, n. 5-6, p. 391-6, ago. 2000.

MIYATANI, M.; KANEHISA, H.; ITO, M.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T. The accuracy of volume estimates using ultrasound muscle thickness measurements in different muscle groups. **Eur J Appl Physiol**. V. 91, n. 2-3, p. 264-72, mar. 2004.

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. **Eur J Appl Physiol**, v. 86, n. 3, p. 203-8, jan. 2002.

MORSE, C. I.; DEGENS, H.; JONES, D. A. The validity of estimating quadriceps volume from single MRI cross-sections in young men. **Eur J Appl Physiol**, v. 100, n. 3, p. 267-74, jun. 2007.

PEZARAT-CORREIA, P. Perfil Muscular do Ombro de Atletas Praticantes de Acções de Lançamento. **Revista Portuguesa de Fisioterapia no Desporto**, v. 4, n. 1, p. 34-42, jan. 2010.

REEVES, N. D.; MAGANARIS, C. N.; NARICI, M. V. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. **Eur J Appl Physiol**, v. 91, n. 1, p. 116-8, jan. 2004.

STARKEY, D. B.; POLLOCK, M. L.; ISHIDA, Y.; WELSCH, M. A.; BRECHUE, W. F.; GRAVES, J. E.; FEIGENBAUM, M. S. Effect of resistance training volume on strength and muscle thickness. **Med Sci Sports Exerc**, v. 28, n. 10, p. 1311-20, out. 1996.

TSEKOURAS, Y. E.; KAVOURAS, S. A.; CAMPAGNA, A.; KOTSIS, Y. P.; SYNTOSI, S. S.; PAPAZOGLU, K.; SIDOSSIS, L. S. The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. **Eur J Appl Physiol**, v. 95, n. 1, p. 35-41, set. 2005.

VORONOV, A. V. Anatomical cross-sectional areas and volumes of the lower extremity muscles. **Fiziol Cheloveka**.v. 29, n. 2, p. 81-91, mar-abr. 2003.

Agradecimentos

À Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos, pela disponibilidade e atenção da comissão técnica e atletas da Seleção Brasileira de Polo Aquático para a realização desse estudo.

<p>Contatos dos Autores:</p> <p>"Thaís Camasmie Chrispino" tchrispino@gmail.com</p> <p>"Thiago Torres da Matta" ttmatta@yahoo.com.br</p> <p>"Liliam Fernandes de Oliveira" liliam.oliva@gmail.com</p>	<p>Data de Submissão:</p> <p>25/11/2011</p> <p>Data de Aprovação:</p> <p>29/08/2012</p>
---	---