



Áreas de secção transversa do braço: implicações técnicas e aplicações para avaliação da composição corporal e da força dinâmica máxima

Fernando A.M.S. Pompeu¹, Daniele Gabriel¹, Bianca Gama Pena¹ e Pedro Ribeiro¹

RESUMO

As áreas do tecido muscular (A_{MB}) e do anel de gordura do braço (A_{GB}), podem ser estimadas por medidas antropométricas. **Objetivo:** Investigar a validade e o erro intertestador da antropometria para inferência A_{MB} e do A_{GB} . Secundariamente, estudou-se a previsão da força dos membros superiores e tronco através da A_{MB} . **Métodos:** Foram voluntários para este estudo 40 adultos masculinos jovens (25 ± 6 anos; $72,6 \pm 9,4$ kg), divididos aleatoriamente nos grupos de validade interna (VI, $n = 30$) e validade externa (VE, $n = 10$). Determinou-se para VI, através de conceitos geométricos, a área total do braço (A_{TB}), A_{MB} , A_{GB} e área percentual de gordura do braço. O somatório de oito dobras cutâneas (Σ_{DCB}) foi empregado como índice da adiposidade corporal. A força dos membros superiores e do tronco foi medida através da carga máxima alcançada no exercício supino reto livre (1-RM). As medidas antropométricas foram realizadas por dois avaliadores independentes. Os dados foram tratados por meio da análise de regressão, coeficiente de correlação intraclasse (ICC) e teste *t* de Student pareado ($\alpha \leq 0,05$). **Resultados:** A variância do Σ_{DCB} pode ser explicada em 93% (EPE = 14,6mm) a partir da A_{GB} e do peso corporal. A A_{MB} explicou em 66,1% (EPE = 9kg) a 1-RM. Não se observou diferença significativa, para o grupo VE, entre os valores medidos ($84,2 \pm 16,2$ kg) e preditos ($78,4 \pm 14,2$ kg) de 1-RM. Observou-se pouca variação entre os avaliadores para A_{MB} (ICC = 0,99), A_{GB} (ICC = 0,96) e A_{TB} (ICC = 0,99). **Conclusão:** A antropometria pode ser empregada para inferência da A_{MB} e do A_{GB} , com boa concordância entre avaliadores, para estimativa da adiposidade corporal e da força dos membros superiores e tronco.

RESUMEN

Area de sección transversa del brazo: implicaciones técnicas y aplicaciones para evaluación de la composición corporal y de la fuerza dinámica máxima

Las áreas del tejido muscular (A_{MB}) y del de grosor del brazo (A_{GB}), pueden ser estimadas por medidas antropométricas. **Objetivo:** Investigar la validación de el error inter-testeo de la antropometría para inferencia del A_{MB} y del A_{GB} . Secundariamente, se estudió la previsión de la fuerza de los miembros superiores y del tronco a través de la A_{MB} . **Métodos:** Fueron voluntarios para este estudio 40 jóvenes masculinos (25 ± 6 años; $72,6 \pm 9,4$ kg), divididos aleatoriamente en los grupos de validación interna (VI, $n = 30$) y de validación externa (VE, $n = 10$). Se determinó para VI, a través de conceptos geométricos, el área total del brazo (A_{TB}), A_{MB} , A_{GB} y el área porcentual de gordura de el brazo. La sumatoria de ocho pliegues cutáneos (Σ_{DCB}) fue empleado como índice de la adiposi-

Palavras-chave: Área muscular do braço. Área percentual de gordura do braço. Adiposidade corporal. Força voluntária máxima. Supino reto.

Palabras-clave: Area muscular del brazo. Area percentual de grasa del brazo. Adiposidad corporal. Fuerza voluntaria máxima. Supino recto.

dad corporal. La fuerza de los miembros superiores y del e tronco fue medida a través de la carga máxima alcanzada del ejercicio supino recto libre (1-RM). Las medidas antropométricas fueron realizadas por dos evaluadores independientes. Los datos fueron tratados por medio del análisis de regresión, con coeficiente de correlación intraclase (ICC) y el test *t* de Student apareado ($\alpha \leq 0,05$). **Resultados:** La varianza de Σ_{DCB} puede ser explicada en un 93% (EPE = 14,6 mm) a partir de A_{GB} y del peso corporal. La A_{MB} se explico en 66,1% (EPE = 9 kg) a 1-RM. No se observó diferencia significativa, para el grupo VE, entre los valores medidos ($84,2 \pm 16,2$ kg) y predcidos ($78,4 \pm 14,2$ kg) de 1-RM. Se observó poca variación entre los evaluadores para A_{MB} (ICC = 0,99), A_{GB} (ICC = 0,96) y A_{TB} (ICC = 0,99). **Conclusion:** La antropometría puede ser empleada para la inferencia de la A_{MB} y del A_{GB} , con buena concordancia entre evaluadores, para estimar la adiposidad coporal y la fuerza de los miembros superiores del tronco.

INTRODUÇÃO

Diversas técnicas válidas e precisas^(1,2) para inferência da composição corporal vêm sendo desenvolvidas. Estas quantificações dependem de procedimentos laboratoriais complexos e onerosos. Diante destas dificuldades, o estudo acurado da composição corporal ainda é inviável, ou impreciso, para um grande número de profissionais da área desportiva. Torna-se, portanto, necessário o desenvolvimento de técnicas mais simples, menos dispendiosas e com boa precisão, para aplicação no campo. Uma destas técnicas pode ser a estimativa da área tecidual do anel de gordura e da massa muscular do braço. Estas inferências baseiam-se em medidas antropométricas, que tanto possibilitam a resolução de problemas relativos à adiposidade corporal, quanto os relacionados à força muscular⁽²⁾.

Himes *et al.*⁽³⁾ sugeriram que a técnica de inferência das áreas teciduais é eficaz para predição do peso absoluto de gordura corporal, contudo, é ineficiente para a estimativa da densidade corporal e do percentual de gordura. Até o momento, nenhum estudo semelhante foi realizado com a população brasileira. Estes estudos são necessários, pois, as inferências antropométricas da composição corporal são populações-específicas. Permanece, assim, dúvidas quanto à validade do emprego da área percentual de gordura do braço para a estimativa da adiposidade corporal.

A técnica antropométrica de inferência da área muscular e do anel de gordura do braço, parte de abstrações derivadas dos cálculos das áreas de círculos concêntricos. Contudo, como o braço não é um cilindro perfeito e a distribuição da gordura no seu em torno não é homogênea, esta técnica pode não ser satisfatoriamente precisa. Considerando-se também que a variação entre testadores para a técnica das dobras cutâneas na estimativa da adiposidade corporal pode ultrapassar 200%⁽⁴⁾, o estudo da validade e objetivi-

1. Laboratório de Fisiologia do Exercício (LABOFISE) – Departamento de Biociências e Atividade Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Rio de Janeiro.

Recebido em 11/11/03. 2ª versão recebida em 26/4/04. Aceito em 30/4/04.

Endereço para correspondência: Fernando A.M.S. Pompeu, Av. Brigadeiro Trompowski, 212, Cidade Universitária, Ilha do Fundão – 21941-590 – Rio de Janeiro, RJ. Fax: (21) 2562-6801, e-mail: pompeu@eefd.ufrj.br

dade da técnica de determinação das áreas teciduais do braço é muito relevante.

A estimativa acurada da área muscular do braço deverá apresentar uma boa relação com a força voluntária máxima (FVM)⁽⁵⁾. Para medida da FVM pode-se empregar o exercício supino reto livre. A carga máxima deslocada uma vez (1-RM) neste exercício apresenta alta correlação com o mesmo teste realizado para outros grupos musculares dos membros superiores e tronco⁽⁶⁾. No campo da aplicação prática, a estimativa indireta da FVM pode minimizar os riscos de lesões articulares, musculares e outros acidentes possíveis durante a execução de testes de carga máxima nas salas de musculação.

Este estudo, portanto, teve como objetivos: a) determinar e avaliar a relação entre a área de gordura do braço (A_{GB}), e outras variáveis antropométricas com a adiposidade corporal (Σ_{BDC}), b) verificar se a inclusão da dobra cutânea bicipital no cálculo de A_{GB} aprimora a relação desta área com a adiposidade corporal, c) avaliar a relação entre a área muscular do braço (A_{MB}) e a força dos membros superiores e tronco e d) testar a objetividade da técnica na inferência da área muscular do braço (A_{MB}) e área de gordura do braço (A_{GB}).

MÉTODOS

Foram sujeitos deste estudo 40 voluntários hígidos, do sexo masculino e estudantes do curso de Educação Física (EEFD/UFRJ) que possuíam experiência com exercícios de contra-resistência. Estes indivíduos foram divididos aleatoriamente em dois grupos: sendo 30 encaminhados para o grupo VI (validação interna) e 10 para o grupo VE (validação externa). Cada indivíduo preencheu um termo de consentimento, no qual descreveram-se todos os procedimentos adotados e os possíveis riscos inerentes ao estudo.

Antropometria

Dois avaliadores independentes (A e B) mediram o peso, estatura, dobras cutâneas e a circunferência do braço direito. O perímetro do braço foi medido no ponto médio entre o acrômio e o olécrano, estando o indivíduo na posição ortostática e com o membro superior estendido e relaxado. Mediram-se também, as dobras cutâneas de peitoral, bicipital, tricipital, axilar média, subcapular, supra-iliaca, abdominal, crural anterior e sural, seguindo-se a padronização proposta por Pollock *et al.*⁽⁷⁾. O peso e a estatura foram medidos segundo Gordon *et al.*⁽⁸⁾ Empregou-se, para as duas últimas medidas, uma balança mecânica (FILIZOLA®, Br), para a circunferência do braço utilizou-se uma trena metálica (SANNY®, Br) e para dobras cutâneas, um plicômetro (LANGE®, USA).

A adiposidade corporal foi estimada através do somatório de dobras cutâneas citadas acima. Não se empregaram, para este cálculo, as dobras bicipital e tricipital (Σ_{TDC}), ou somente a tricipital (Σ_{BDC}), quando estas foram incluídas no cálculo da área segmentar do braço.

Cálculo da área de secção transversa do braço (A_{TB}) e de seus componentes

Os cálculos das A_{TB} , A_{MB} , A_{GB} e A_{PB} , basearam-se nos procedimentos descritos por Frisancho^(9,10), assim:

$$A_{TB} = C^2 \div (4 \times \pi) \quad (\text{Eq. 1})$$

Sendo:

A_{TB} = área transversa total do braço (cm²)

C = circunferência do braço (cm)

Para o cálculo da área muscular do braço (A_{MB}) temos:

$$A_{MB} = [C - (T \times \pi)]^2 \div (4 \times \pi) \quad (\text{Eq. 2})$$

Sendo:

A_{MB} = área muscular transversa do braço (cm²)

C = perímetro do braço (cm)

T = dobra cutânea de tríceps (cm)

Para o cálculo da área de gordura do braço (A_{GB}) empregou-se:

$$A_{GB} = A_{TB} - A_{MB} \quad (\text{Eq. 3})$$

Sendo:

A_{GB} = área transversa de gordura do braço (cm²)

A_{TB} = área transversa total do braço (cm²)

A_{MB} = área transversa muscular do braço (cm²)

Finalmente, para o cálculo da área percentual de gordura do braço (A_{PB}), utilizou-se:

$$A_{PB} = (A_{GB} \div A_{TB}) \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

Sendo:

A_{PB} = área percentual de gordura do braço (%)

A_{GB} = área transversa de gordura do braço (cm²)

A_{TB} = área transversa total do braço (cm²)

Neste estudo, também aplicou-se, na Eq. 2 para determinação da A_{MB} , a soma das medidas das dobras cutâneas de tríceps e bíceps. Quando foi realizado este procedimento, não se empregaram estas duas medidas no somatório de dobras cutâneas para representar a adiposidade corporal.

Teste de força voluntária máxima

Os equipamentos empregados para o teste de uma repetição máxima (1-RM) foram: um banco com apoio para a barra; outro banco para o apoio dos pés, um halter de barra longa (HBL) e anilhas (WEIDER®, USA). Os dois últimos equipamentos foram previamente pesados com a finalidade de se confirmar o peso anunciado pelo fabricante. Previamente ao início do teste, realizou-se um aquecimento específico para região a ser mobilizada. Empregaram-se posteriormente, para o reconhecimento e correções do exercício, as execuções de algumas repetições apenas com a barra. O exercício solicitado consistiu em deslocar o HBL, empunhado na largura dos ombros, com as mãos em pronação, até o processo xifóide e elevá-lo novamente até a extensão completa dos cotovelos. Permitiram-se até três tentativas para a determinação da carga máxima, empregando-se o intervalo de dois minutos para recuperação entre as tentativas.

Análise estatística

Empregou-se estatística descritiva com média e desvio padrão; teste *t* de Student para amostras independentes, para comparação entre os grupos. Empregou para o grupo VE teste *t* de Student pareado, a fim de comparar o resultado de 1-RM medida com a predita a partir da fórmula deduzida para o grupo VI. Para o estudo da objetividade da A_{MB} , A_{GB} e A_{TB} , e inclusão da dobra de bíceps no método, empregou-se a análise de regressão linear e múltipla e o cálculo do coeficiente de correlação intraclasse (ICC). O nível de significância adotado neste estudo foi de $\alpha \leq 0,05$. Os cálculos para este estudo foram realizados empregando o aplicativo SPSS for Windows®.

RESULTADOS

Não se observaram diferenças significativas entre as variáveis antropométricas e carga de 1-RM dos grupos VI e VE (tabela 1 e 3). Foi apresentada na tabela 2 uma matriz de correlação para os parâmetros estudados no grupo VI. A adiposidade corporal, determinada pelas oito dobras cutâneas, foi explicada em 84% pela área de gordura do braço (figura 1). Esta predição pode ser aprimorada através da inclusão da variável peso, o que elevou o coeficiente de determinação para 88,2% (Eq. 5). A inclusão de outra variável não aprimorou significativamente este modelo.

$$\Sigma_{BDC} = -22,477 + 3,505 (A_{GB}) + 0,786 (\text{peso}) \quad (\text{Eq. 5})$$
$$r = 0,93 \text{ e } EPE = 14,6\text{mm}$$

Aplicando-se a equação acima (eq. 5) para os dados do grupo VE, observaram-se diferenças não significativas entre os valores medidos ($104,1 \pm 31,3\text{mm}$) e preditos ($95,4 \pm 18,7\text{mm}$).

TABELA 1
Dados antropométricos do grupo de validade interna (VI)

Variáveis	n	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Idade (anos)	30	18	45	25	6
Peso (kg)	30	52,9	94,6	72,7	10,0
Estatura (cm)	30	161,5	197,0	173,8	8,0
CIRC (cm)	30	24,0	34,5	30,3	2,6
1-RM (kg)	30	50,0	112,0	81,6	15,6
Σ_{8DC} (mm)	30	40	184	89	38
Σ_{7DC} (mm)	30	38	175	85	38
A_{TB} (cm ²)	30	45,8	94,7	73,5	12,5
A_{MB} (cm ²)	30	41,1	82,1	57,9	9,3
A_{GB} (cm ²)	30	4,7	38,2	15,6	8,3
A_{PGB} (%)	30	9,9	41,7	20,5	8,7

Sendo: CIRC = circunferência de braço, 1-RM = uma repetição máxima no supino reto livre, Σ_{7DC} = somatório das dobras cutâneas subescapular, supra-iliaca, abdômen, axilar, peito, coxa, perna, Σ_{8DC} = somatório das dobras cutâneas subescapular, supra-iliaca, abdômen, axilar, peito, coxa, perna, A_{TB} = área total do braço, A_{MB} = área muscular do braço, A_{GB} = área de gordura do braço e A_{PGB} = área percentual de gordura do braço.

TABELA 2
Matriz de correlação para os dados do grupo VI

	Idade	Peso	Estatura	CIRC	1-RM	Σ_{7DC}	Σ_{8DC}	A_{TB}	A_{MB}	A_{GB}	A_{PGB}
Idade	1,00	0,20	-0,27	0,30	-0,11	0,33	0,32	0,33	0,13	0,34	0,23
Peso		1,00	0,51**	0,71**	0,24	0,72**	0,74**	0,71**	0,33	0,69**	0,60**
Estatura			1,00	0,00	-0,04	0,10	0,12	-0,00	-0,04	0,05	0,07
CIRC				1,00	0,62**	0,61**	0,62**	0,99**	0,75**	0,66**	0,48**
1-RM					1,00	-0,09	-0,11	0,60**	0,81**	-0,01	-0,15
Σ_{7DC}						1,00	0,99**	0,61**	0,01	0,90**	0,87**
Σ_{8DC}							1,00	0,62**	0,01	0,92**	0,88**
A_{TB}								1,00	0,74**	0,67**	0,48**
A_{MB}									1,00	0,00	-0,22
A_{GB}										1,00	0,97**
A_{PGB}											1,00

** Correlação significativa para o nível de 0,01 (2-talhada). Sendo: CIRC = circunferência de braço, 1-RM = uma repetição máxima no supino reto livre, Σ_{7DC} = somatório das dobras cutâneas subescapular, supra-iliaca, abdômen, axilar, peito, coxa, perna, Σ_{8DC} = somatório das dobras cutâneas subescapular, supra-iliaca, abdômen, axilar, peito, coxa, perna, A_{TB} = área total do braço, A_{MB} = área muscular do braço, A_{GB} = área de gordura do braço e A_{PGB} = área percentual de gordura do braço.

TABELA 3
Dados antropométricos do grupo de validação externa (VE)

Variáveis	n	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Idade (anos)	10	21	24	23	1
Peso (kg)	10	62,9	81,8	71,9	7,1
Estatura (cm)	10	158,5	183,5	173,2	7,5
CIRC (cm)	10	26,5	33,5	29,8	1,9
1-RM (kg)	10	68,0	112,0	84,2	16,2
Σ_{8DC} (mm)	10	60	156	104	31
A_{TB} (cm ²)	10	55,9	89,3	73,1	10,5
A_{MB} (cm ²)	10	39,9	74,8	55,7	10,6
RM_p (kg)	10	57,2	104,6	78,8	14,2
A_{GB} (cm ²)	10	10,1	27,2	17,4	6,0
A_{PGB} (%)	10	14,1	39,2	24,8	8,0
$\Sigma_{8DC_{P1}}$ (mm)	10	66,4	137,6	96,9	25,1
$\Sigma_{8DC_{P2}}$ (mm)	10	77,4	122,4	95,4	18,7

Sendo: CIRC = circunferência de braço em cm, 1-RM = uma repetição máxima no supino reto livre, Σ_{7DC} = somatório das dobras cutâneas subescapular, supra-iliaca, abdômen, axilar, peito, coxa, perna, Σ_{8DC} = somatório das dobras cutâneas subescapular, supra-iliaca, abdômen, axilar, peito, coxa, perna, A_{TB} = área total do braço, A_{MB} = área muscular do braço, A_{GB} = área de gordura do braço e A_{PGB} = área percentual de gordura do braço, $\Sigma_{8DC_{P1}}$ = Somatório de 8 dobras cutâneas previstas a partir da A_{GB} , $\Sigma_{8DC_{P2}}$ = Somatório de 8 dobras cutâneas previstas pela A_{GB} e peso corporal.

A inclusão da dobra cutânea de bíceps (A_{GBTB}) não aprimorou significativamente ($n = 30$, $r = 0,90$, $EPE = 16\text{mm}$, $\Sigma_{7DC} = 23,972 + 3,974A_{GBTB}$) o poder de previsão do somatório das sete dobras cutâneas (Σ_{7DC}). O dado predito para o Σ_{7DC} ($106 \pm 39\text{mm}$), a partir da A_{GBTB} , foi significativamente mais elevado, contudo, estes valores apresentaram forte associação ($r = 0,99$).

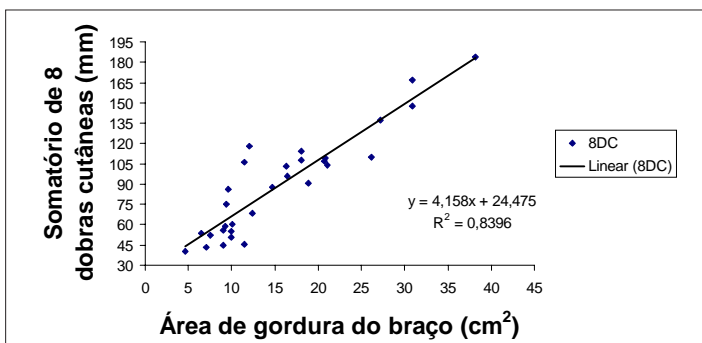


Fig. 1 - Diagrama de dispersão entre a adiposidade corporal (Σ_{8DC}) e área de gordura do braço (grupo VI)

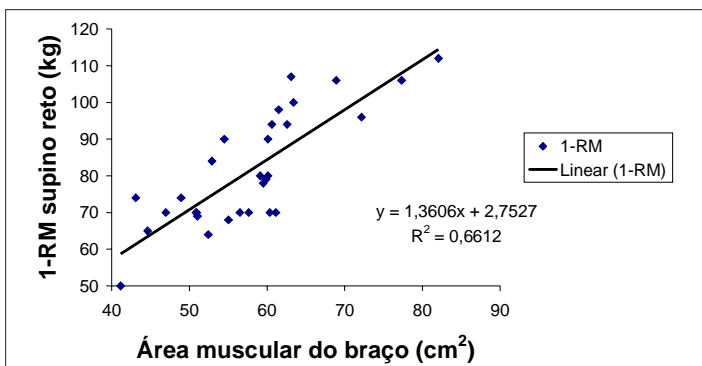


Fig. 2 - Diagrama de dispersão entre a área muscular do braço e a carga no teste de 1-RM (grupo VI)

Quando confrontados os dados de todos os sujeitos ($n = 40$) medidos por dois avaliadores (A e B), observou-se uma diferença não significativa para A_{TB} ($A = 73,3 \pm 12,0\text{cm}^2$ e $B = 72,9 \pm 11,8\text{cm}^2$). Este parâmetro apresentou boa correlação entre os avaliadores ($ICC = 0,99$, $EPE = 3,20\text{cm}^2$, $y = 2,12 + 0,977x$). Observou-se uma pequena, porém significativa, diferença entre os avaliadores para A_{MB} ($A = 57,7 \pm 9,9\text{cm}^2$ e $B = 57,0 \pm 10,3\text{cm}^2$). Esta área (A_{MB}) também foi fortemente associada entre os avaliadores ($ICC = 0,99$, $EPE = 2,11\text{cm}^2$, $y = 11,208 - 0,110x$). Finalmente, a A_{GB} não diferiu entre os testadores ($A = 15,5 \pm 8,0\text{cm}^2$ e $B = 15,9 \pm 7,2\text{cm}^2$) e também apresentou medidas correlacionadas ($ICC = 0,96$, $EPE = 8,01\text{cm}^2$, $y = 7,280 - 0,110x$).

Na figura 2, observa-se que a A_{MB} apresentou boa correlação com a carga do teste de 1-RM no exercício supino reto livre, para o grupo VI ($r = 0,81$). A aplicação da equação apresentada nesta figura, para os dados do grupo VE, não gerou resultados significativamente diferentes entre as cargas medidas ($84,2 \pm 18,3\text{kg}$) e previstas ($78,8 \pm 14,2\text{kg}$). Estes valores medidos e preditos (1-RM) foram bem correlacionados ($r = 0,80$). A área muscular do braço, estimada com a inclusão da dobra de bíceps (A_{MBBT}), foi significativamente menor ($52,7 \pm 9,4\text{cm}^2$). Os dados derivados pelo dois métodos (A_{MB} e A_{MBBT}) apresentaram forte correlação ($r = 0,97$). A capacidade preditiva da 1-RM, a partir da aplicação da A_{MBBT} não foi aprimorada ($r = 0,78$, $EPE = 10,0\text{kg}$, $1-RM = 13,488 + 1,293A_{MBBT}$).

DISCUSSÃO

Os diversos métodos propostos, para estimativa da adiposidade corporal através de variáveis antropométricas, geralmente utilizam-se de diâmetros, circunferências, alturas de membros e dobras cutâneas. Apesar do grande número de técnicas antropométricas para o estudo da composição corporal, não foram encontrados estudos que relacionassem especificamente a área de gordura de um segmento com a adiposidade corporal para população brasileira. Parece possível esperar um razoável poder de previsão da adiposidade corporal a partir das técnicas para o estudo segmentar,

uma vez que a incidência da distribuição de gordura ginóide é prevalente em mulheres e andróide em homens. Esta hipótese pode ser confirmada pelos resultados do estudo atual, que sugerem com boa validade externa que a A_{GB} em conjunto com o peso podem ser empregados na estimativa da adiposidade corporal. A modificação desta técnica através da inclusão da dobra bicípital não aprimorou a relação mencionada acima. A área muscular do braço pode ser também empregada para estimativa da força voluntária máxima. No trabalho atual observou-se uma boa validade externa para a relação entre a carga de 1-RM no exercício supino reto livre e a A_{MB} . Os parâmetros de área muscular e de gordura do braço podem ser estimados com satisfatório erro entre testadores.

A proporção entre os tecidos corporais é alterada com a idade^(8,9,11). O tecido adiposo subcutâneo aumenta com o envelhecimento⁽¹²⁻¹⁴⁾. Com base neste fenômeno, na segunda metade da década dos anos 70, Pollock *et al.*^(15,16), sugeriram diferentes equações para predição da densidade corporal, de mulheres e homens de diferentes faixas etárias. Neste procedimento corrigia-se a supra-estimativa do valor da densidade corporal em indivíduos mais velhos, incluindo na equação de regressão a idade em anos. Jackson *et al.*⁽¹⁷⁾ e Guedes⁽¹⁸⁾ realizaram a mesma correção em seus métodos e alcançaram excelentes resultados para estimativa da densidade corporal. Mais recentemente⁽¹⁹⁾, relata-se uma alta acurácia da estimativa da adiposidade corporal, a partir da utilização de dobras cutâneas confrontadas com o método de análise de ativação de nêutron e diluição de trítio, quando se separava os indivíduos por faixas etárias. Espera-se, portanto, que a idade possua um papel relevante como variável independente. Contudo, no presente estudo, a idade não contribuiu para aprimorar a relação entre A_{GB} e somatório de dobras cutâneas. Nota-se, porém, que a distribuição das idades dos sujeitos integrantes deste estudo não foi *gaussiana*, sendo uma curva de distribuição de assimetria positiva (figura 3). Tal assimetria pode ter reduzido a importância deste critério como preditor.

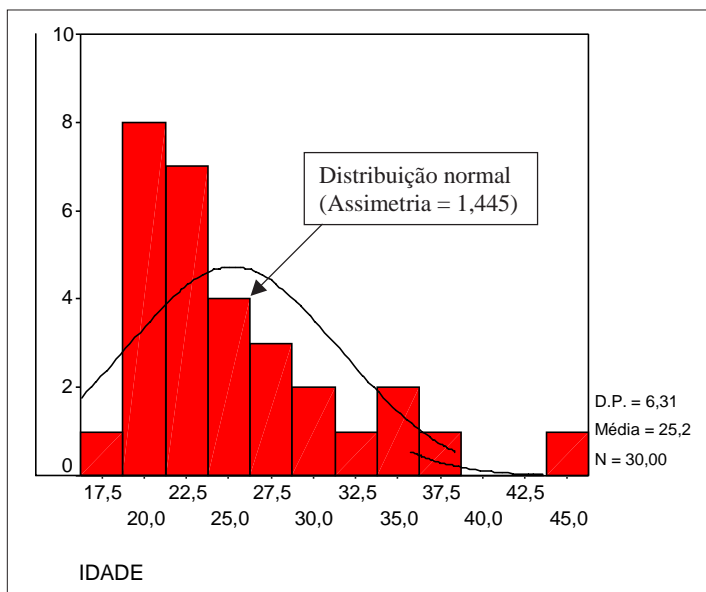


Fig. 3 – Distribuição de frequência das idades do grupo VE

O erro da estimativa da adiposidade através do método das áreas teciduais do braço foi próximo aos observados nos estudos da composição corporal. Para esta comparação, devido à diferença nas unidades adotadas (g/mm^3 , %, kg ou cm^2), dividiu-se o *EPE* do método pela média do grupo estudado; isto permitiu anunciar o *EPE* em percentagem da média. O *EPE* enunciado desta forma foi semelhante ao encontrado na literatura^(16,20,21) para estimativas da composição corporal. Durnin e Womersley⁽²²⁾ e Baumgartner *et al.*⁽²³⁾ encontraram índices (*EPE*) de 22% e de 25-30% da média para predição do percentual de gordura em homens, empregando, res-

pectivamente, a técnica de pesagem hidrostática e a da impedância bioelétrica.

Heymsfield *et al.*⁽²⁴⁾ estudaram a possibilidade de aprimorar a técnica de inferência de A_{GB} , sugeridas por Frisancho^(10,11) e Katch e Hortobagyi⁽²⁵⁾. Aqueles autores demonstraram que a metade da dobra de tríceps subestima o raio do anel de tecido adiposo subcutâneo, quando determinado por tomografia computadorizada. De Koning *et al.*⁽²⁶⁾, utilizando o somatório das dobras de bíceps e tríceps para inferir A_{MB} e A_{GB} determinadas por antropometria e por tomografia computadorizada, encontram resultados semelhantes aos do primeiro estudo⁽²⁴⁾. O último estudo⁽²⁶⁾ demonstrou que a área calculada pela técnica antropométrica subestimava a medida através da tomografia. Diante destas considerações, e dos resultados atuais, a inclusão da medida da dobra de bíceps não parece aprimorar o método.

A variância da força voluntária máxima dos membros superiores e tronco foi explicada em 66% através da A_{MB} . Outros estudos também observaram correlação entre a área muscular de secção transversa com 1-RM em homens^(27,28). Em um estudo⁽²⁵⁾, foi proposta uma correção de A_{MB} para homens e mulheres, comparando valores obtidos por tomografia computadorizada com valores estimados por antropometria. Tais resultados, apóiam-se na hipótese de que a força de um músculo é proporcional a sua área de corte transversal^(5,29,30). Assim, além do erro da técnica⁽³¹⁾, é provável que o envolvimento de outros músculos no exercício possa ter comprometido a predição da FVM. Os valores de tensão específica (T_{ESP}) observadas no estudo atual ($14,2 \pm 1,7N/cm^2$) aproximaram-se da variação proposta por Enoka⁽³²⁾ ($16 - 30N/cm^2$) para experimentos *in situ*. O teste *t* aplicado entre os valores medidos e os valores preditos do grupo VE, tanto para adiposidade corporal como para 1-RM, aponta para uma boa validade externa. Podemos portanto, utilizar as equações esperando faixas de erros aceitáveis, quando analisados indivíduos similares aos deste estudo. A consideração da área óssea do úmero pode aprimorar as relações encontradas no estudo atual. Contudo, a subtração de $10,0cm^2$ como índice da área óssea, como proposta no estudo adotado como referência^(9,10), aumentará o número de cálculos sem representar alterações nas regressões aqui observadas.

Estudos da objetividade, envolvem o erro intratestador e a validade do método. No caso da técnica atual o erro intertestador parece similar aos observados em outras investigações. Heymsfield *et al.*⁽²⁴⁾ obtiveram coeficientes de variação entre dois avaliadores de 7,1% para A_{MB} e 1,0% para área total do braço. Outros autores também observaram resultados satisfatórios para as medidas interobservadores da circunferência de braço e dobra de tríceps separadamente^(30,33). Contudo, espera-se maior objetividade de A_{GB} em relação a A_{MB} , em razão da menor área ocupada pelo tecido adiposo. Logo, pequenas diferenças existentes nos valores de circunferência e dobra de tríceps serão menos evidentes na área A_{GB} do que na A_{MB} . A A_{TB} pode ser determinada com menor variação entre testadores, possivelmente, devido ao menor somatório dos erros para obtenção das variáveis A_{TB} , uma vez que a dobra cutânea não é utilizada neste cálculo.

Conclui-se, assim, que a técnica antropométrica de inferência das áreas muscular e de gordura do braço pode ser empregada, com boa concordância entre testadores, para a estimativa da adiposidade corporal e força voluntária máxima dos membros superiores e tronco.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste estudo expressam seus agradecimentos ao Hospital dos Servidores do Estado e a AAACEA-HSE na pessoa do Dr. Aluysio S. Aderaldo Jr. pela contribuição significativa para a realização deste trabalho.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Forslund AH, Johansson AG, Sjodin A, Bryding G, Ljunghall L, Hambraeus L. Evaluation on modified multicompartiment models to calculate body composition in healthy males. *Am J Clin Nutr* 1996;63:856-62.
2. Withers RT, LaForgia J, Pillans K, Shipp NJ, Chatterton BE, Schultz CG, Leaney F. Comparisons of two-, three-, and four-compartment models of body composition analysis in men and women. *J Appl Physiol* 1998;85:238-45.
3. Himes JH, Roche AF, Webb P. Fat areas as estimates of total body fat. *Am J Clin Nutr* 1980;33:2093-100.
4. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology*. 4th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1996.
5. Åstrand PO, Rocahl K, Dahl HA, Strømme SB. *Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise*. 4th ed. Champaign: Human Kinetics, 2003.
6. Jackson A, Watkins M, Patton RW. A factor analysis of twelve isotonic strength performances on universal gym. *Med Sci Sports Exerc* 1980;12:274-7.
7. Pollock ML, Wilmore J. *Exercício na saúde e na doença*. 2^a ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1986.
8. Gordon CC, Chumlea WC, Roche AF. Stature, recumbent length, and weight. In: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign: Human Kinetics, 1988;3-8.
9. Frisancho AR. Triceps skinfold and upper arm muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr* 1974;27:1052-8.
10. Frisancho AR. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr* 1981;34:2540-5.
11. Baumgartner RN, Heymsfield SB, Lichtman S, Wang J, Pierson RN. Body composition in elderly people: effect of criterion estimates on predictive equations. *Am J Clin Nutr* 1991;53:1345-53.
12. Willams DP, Going SB, Lohman TG, Hewitt MJ, Harber AE. Estimation of body fat from skinfold thickness in middle-aged and older men and women: a multiple component approach. *American Journal of Human Biology* 1992;4:595-605.
13. Clasey JL, Kanaley JA, Wideman L, Heymsfield SB, Teates CD, Gutgesell ME, Thorner MO, Hartman ML, Weltman A. Validity of methods of body composition assessment in young and older men and women. *J Appl Physiol* 1999;86: 728-38.
14. Baumgartner RN, Rhyne RL, Troup C, Wayne S, Gandy PJ. Appendicular skeletal muscle are assessed by magnetic resonance imaging in older people. *Journal of Gerontology* 1992;47:M67-72.
15. Pollock ML, Laughridge E, Coleman B, Linnerud AC, Jackson A. Prediction of body density in young and middle-aged women. *J Appl Physiol* 1975;38:745-9.
16. Pollock ML, Hickman T, Kendrick Z, Jackson A, Linnerud AC, Dawson G. Prediction of body density in young and middle-aged men. *J Appl Physiol* 1976;40:300-4.
17. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978;40:497-504.
18. Guedes DP. *Composição corporal: princípios, técnicas e aplicações*. 2^a ed. Londrina: APEF, 1994.
19. Beddoe AH, Samat SB. Body fat prediction from skinfold anthropometry referenced to a new gold standard: *in vivo* neutron activation analysis and tritium dilution. *Physiol Meas* 1997;19:393-403.
20. Jackson AS, Pollock MS, Graves JE, Mahar MT. Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. *J Appl Physiol* 1988;64:529-34.
21. Lean M, Hans TS, Deurenberg P. Predicting body composition by anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr* 1996;63:4-14.
22. Durnin JV, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr* 1974;32:77-97.
23. Baumgartner RN, Chumlea CW, Roche AF. Estimation of body composition from bioelectric impedance of body segments. *Am J Clin Nutr* 1989;50:221-6.
24. Heymsfield SB, McManus C, Smith J, Stevens V, Nixon DW. Anthropometric measurements of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr* 1982;36:680-90.
25. Katch FI, Hortobagyi T. Validity of surface anthropometry to estimate upper-arm muscularity, including changes with body mass loss. *Am J Clin Nutr* 1990;52:591-5.
26. De Koning FL, Binkhorst RA, Kauer JMG, Thijssen HOM. Accuracy of an anthropometric estimate of the muscle and bone area in a transversal cross-section of the arm. *Int J Sports Med* 1986;7:246-9.
27. Mayhew JL, Piper FC, Ware JS. Anthropometric correlates with strength performance among resistance trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1993;33:159-65.
28. Mayhew JL, Piper FC, Ware JS. Relationships of anthropometric dimensions to strength performance in resistance trained athletes. *Journal of Physical Education and Sport Science* 1993;5:7-16.
29. Schantz P, Randall-Fox E, Hutchison W, Tydén, Åstrand PO. Muscle fibre type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans. *Acta Physiol Scand* 1983;117:219-26.
30. Kasarskis EJ, Berryman S, English T, Nyland J, Vanderlees T, Schneider A, Berger R, McClain C. The use of upper extremity anthropometrics in the clinical assessment of patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Muscle Nerve* 1997;20:330-5.
31. Forbes GB, Brown MR, Griffiths HJ. Arm muscle plus bone area: anthropometry and CAT scan compared. *Am J Clin Nutr* 1988;47:929-31.
32. Enoka RM. *Bases neuromecânicas da cinesiologia*. 2^a ed. São Paulo: Manole, 2000.
33. Mueller WH, Malina RM. Relative reliability of circumferences and skinfolds as measures of body fat distribution. *Am J Phys Anthropol* 1987;72:437-9.
34. Ferrario M, Carpenter MA, Chambless LE. Reliability of body fat distribution measurements. The ARIC study baseline cohort results. *International Journal of Obesity* 1995;19:449-57.
35. Benefice E, Malina R. Body size, body composition and motor performances of mild-to-moderately undernourished Senegalese children. *Ann Hum Biol* 1996;23:307-21.
36. Klipstein-Grobush K, Georg T, Boeing H. Interviewer variability in anthropometric measurements and estimates of body composition. *Int J Epidemiol* 1997;26(Supl1):S174-80.