

Influência da Determinação Indireta do Volume Residual Pulmonar Sobre o Percentual de Gordura em Bombeiros

Carlos M. P. Cursino^{1,4}, Raimundo C. S. Freire², João. B. A. Silva³, Enilson. J. L. Costa⁴, Fernando. J.S.P. Guimarães¹.

¹Universidade de Pernambuco, Recife – PE, Brasil, carlos.cursino@upe.br, fguima60@hotmail.com

²Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, Brasil, rcsfreire@dee.ufcg.edu.br

³Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB, Brasil, jbosco@ct.ufpb.br

⁴Centro Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco, Recife – PE, Brasil, carlos.cursino@upe.br, ejosec@terra.com.br

Abstract: This study aimed to examine the influence of residual lung volume obtained by different protocols on the percentage of fat of 29 fire military, with the age range (28 ± 3) years. Anthropometric information was obtained through this sampling of various protocols. There was previously an exploratory study of data to assess the key assumptions of the statistical analysis. It was found that the residual volume have significant effects when applied to determine the body density by hydrostatic weighing technique.

Keywords: anthropometry, residual lung volume, hydrostatic weighing, body fat percentage.

1. INTRODUÇÃO

A espirometria é um teste de função pulmonar largamente utilizado para a medição do ar inalado e expirado, por meio de um espirômetro, o qual fornece informações sobre os volumes e capacidades pulmonares. A capacidade vital é o máximo volume de ar expirado após uma inspiração máxima [1]. O volume residual representa a quantidade de ar que fica armazenado nos pulmões após uma expiração máxima e tem uma importância bastante significativa para a estimativa da densidade corporal [2]. Algumas alternativas são disponibilizadas para a estimativa do volume residual: a) por meio da análise direta de gases em que pode ser medido pela lavagem de nitrogênio em circuito aberto, pela diluição de oxigênio ou hélio em circuito fechado [3]; b) por meio da capacidade vital; c) pela utilização de equações preditivas a partir de valores estimados por meio da média populacional, que levam em consideração o sexo, a idade em anos e a estatura em centímetros. A estimativa do VR aumenta o erro associado à pesagem hidrostática [4]. Segundo Katch & Katch [5] uma diferença de 600 ml no volume residual pode gerar um erro de 8% no percentual de gordura.

Para a avaliação do percentual de gordura corporal a análise direta para a determinação do volume residual pulmonar é mais recomendável [4], porém, sua utilização apresenta algumas limitações, requer equipamentos sofisticados e relativamente caros, além de demandar um maior tempo para sua execução, o que o torna inacessível em alguns casos [4,6], por este motivo, concentrou-se o estudo nos protocolos para estimativa da capacidade vital por meio da espirometria e da utilização de equação preditiva.

A pesagem hidrostática é um dos métodos de densitometria que, apesar de apresentar algumas dificuldades metodológicas na aplicação, sua aceitação entre os pesquisadores da área é uma unanimidade, sendo considerado um método padrão para estimativa da composição corporal [7,8]. É a técnica não-invasiva mais válida e comumente usada que envolve a pesagem na água, a pesagem no ar e a mensuração do volume residual pulmonar, com a finalidade de obter a densidade corporal e, a partir dela, determinar o percentual de gordura corporal [9].

A motivação para a realização desse estudo vem do fato de existir vários protocolos para a estimativa do volume residual despertando o interesse por compará-los e verificar se existe influência ou não na estimativa do percentual de gordura corporal.

2. OBJETIVO

Nesse estudo com os objetivos a seguir buscou-se verificar se há diferença significativa no cálculo do volume residual utilizando os protocolos da espirometria e o da equação preditiva e se a mesma influi no cálculo do percentual de gordura corporal dos bombeiros militares.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O protocolo de estudo com registro CEP/UPE 006/07, FR. SISNEP 120941 foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade de Pernambuco, em consonância com as Resoluções do Conselho Nacional da Saúde, referentes às pesquisas que envolvem seres humanos.

A amostra inicial utilizada nesse estudo foi composta de 29 bombeiros da Polícia Militar de Pernambuco, todos do sexo masculino.

Com o objetivo de realizar as medidas, utilizou-se os protocolos para estimativa do volume residual pulmonar, bem como, os da densidade da água, da pesagem hidrostática e do percentual de gordura

3.1 Estimativa do volume residual pulmonar por meio da espirometria

Para estimar a capacidade vital do indivíduo, usou-se um espirômetro de Barns, com capacidade de 5500 ml com

divisão de escala 100 ml. Na Fig. 1 observa-se um indivíduo realizando o procedimento para determinação da capacidade vital.



Fig. 1. Espirômetro de Barns

O volume residual pulmonar foi estimado multiplicando o valor da capacidade vital, obtida pelo protocolo da espirometria, por 0,24 para o gênero masculino ($VR_{\text{espirometria}}$) [4].

3.2 Predição do volume residual pulmonar por meio da equação

Com o objetivo de prever o volume residual pulmonar pelo protocolo da equação, é necessário conhecer a idade e a estatura dos bombeiros. Utilizou-se um estadiômetro de madeira com divisão de escala de 0,1 cm para a realização da medida da estatura dos bombeiros militares. Usando a medida da estatura e a idade, na equação preditiva para homens (equação 1), obteve-se o volume residual [10].

$$VR_{\text{equação}} = 0,017 ID + 0,027 EST - 3,477 \quad (1)$$

Em que: $VR_{\text{equação}}$ = Volume residual pulmonar predito pela equação, em litros; ID = Idade, em anos e EST = estatura, em centímetros.

3.3 Medida da densidade da água

É necessária a utilização de um termômetro para determinar a temperatura da água e, conseqüentemente, realizar as correções no cálculo da densidade da água.

Neste estudo determinou-se a densidade da água diretamente usando um densímetro com capacidade de 0,700 a 1,000 g/ml, com divisão de escala de 0,003 g/ml, não sendo necessária a correção através da temperatura.

3.4 Protocolo de medição da massa corporal do indivíduo fora d'água e da pesagem hidrostática

A massa corporal do indivíduo fora d'água e a massa corporal submersa foram determinadas por meio do sistema de pesagem hidrostática baseado em microcontrolador utilizando célula de carga (SPHμCel). A célula de carga é um transdutor de força que realiza a medida na forma diferencial; é robusta e de vida útil longa.

O SPHμCel possui entrada para duas células de carga, uma para captar a informação da massa corporal fora d'água, com capacidade de 300 kgf e a outra para obter a

massa corporal submersa do indivíduo, com capacidade de 20 kgf. As células de carga utilizadas nesse estudo são de tração Z, fabricada pela Alfa Instrumentos. Estas células de carga têm uma sensibilidade de 2 mV/V. Este sistema realiza as medidas de massa, tomando como base a média aritmética das 8 medidas nos 3 últimos segundos que antecedem o momento ótimo de medição[11].

Segundo Bennke & Wilmore (1974) [3], a equação 2 é utilizada para a determinação da densidade corporal.

$$D = \frac{MC}{\frac{MC - M_{\text{Sub}}}{D_{\text{água}}} - (VR + 0,1)} \quad (2)$$

Em que: D = densidade corporal do indivíduo, em g/ml; MC = massa corporal do indivíduo fora da água, em kg; M_{Sub} = massa corporal submersa do indivíduo na água, em kg; $D_{\text{água}}$ = densidade da água, em g/ml; VR = volume residual pulmonar, em litros; 0,1 = constante de gás gastrointestinal, em litros.

Para a realização da pesagem hidrostática utilizou-se um tanque confeccionado em fibra de vidro com reforço de madeira, medindo 2,00 m x 1,50 m x 1,50 m, e preso a ele, uma haste em que foi fixada a célula de carga como observado na figura 2.



Fig. 2. Tanque para pesagem hidrostática

Para o observador registrar a massa submersa é necessário que o bombeiro realize as ações seguintes: a) executar uma inspiração completa; b) submergir, mantendo a respiração bloqueada por aproximadamente 5 a 10 segundos; c) executar o máximo esforço expiratório, permanecendo em apnéia respiratória. O observador ao verificar que esses procedimentos foram executados e que o indivíduo encontra-se em posição estável, registra a massa submersa do mesmo. Após cada tentativa, aguardou-se o restabelecimento do bombeiro, tendo sido o mesmo procedimento repetido por 7 a 10 vezes [3].

Em alguns casos, para garantir a submersão e facilitar a estabilização dos indivíduos durante a pesagem, é utilizado um cinto de mergulhador, cuja massa é compensada no instrumento de pesagem.

Na figura 3 observa-se o indivíduo submerso, na posição de medusa executando uma expiração máxima e, nesse

momento, se pode observar que o mesmo encontra-se flutuando devido à quantidade de ar remanescente nos pulmões.

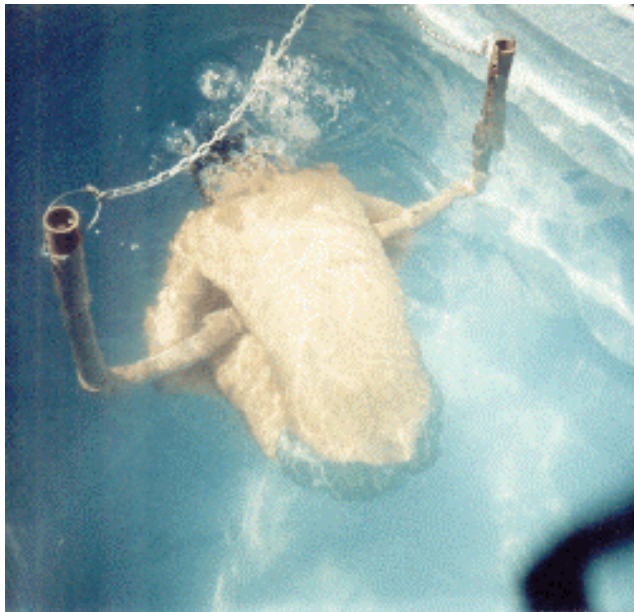


Fig. 3 - Indivíduo executando expiração máxima.

Na Fig. 4 verifica-se que o indivíduo se encontra, após expiração máxima, em apnéia respiratória, na posição e momento ideal para a realização da medida da massa submersa pelo observador



Fig. 4 - Indivíduo após expiração máxima, em apnéia respiratória.

3.5 Determinação do percentual de gordura

Após a obtenção da densidade corporal, a etapa seguinte é converter este valor em percentual de gordura, para isso utilizou-se a equação de Siri (equação 3)[12].

$$\% G = \frac{495}{D} - 450 \quad (3)$$

Em que:

% G = percentual de gordura corporal e

D = densidade corporal, em g/ml.

3.6 Análise estatística

Realizou-se previamente um estudo exploratório dos dados de forma a avaliar os pressupostos essenciais da análise estatística. Assim para verificar a normalidade da distribuição foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk, recorrendo-se igualmente a análise dos índices de assimetria e de curtose. Todos os dados foram analisados usando o software estatístico SPSS versão Windows 16.0, sendo o nível de significância de 5%. Após a análise exploratória foi identificado *outliers* e, como consequência foram excluídos da amostra, a fim de atender os pressupostos de normalidade da distribuição dos dados. Partindo para utilização da estatística paramétrica na análise estatística. Utilizou-se o teste t de Student para amostras pareadas, com nível de significância $p < 0,05$, além do erro médio padrão e da correlação, para identificar se existem diferenças significativas entre os seguintes pares: $VR_{\text{espirometria}}$ e o $VR_{\text{equação}}$; $D_{\text{espirometria}}$ e a $D_{\text{equação}}$; % $G_{\text{espirometria}}$ e o % $G_{\text{equação}}$.

4. RESULTADOS

A amostra inicialmente foi composta por 29 bombeiros da Polícia Militar de Pernambuco cujas características podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características da amostra inicial (N = 29 bombeiros)

Medidas	Média ± Desvio Padrão
Idade, anos	28 ± 3
Estatura, cm	173,97 ± 6,18
Massa corporal fora d'água, kg	71,89 ± 10,74
M corporal Submersa, kg	2,64 ± 0,69
$VR_{\text{espirometria}}$, litros	1,03 ± 0,12
$VR_{\text{equação}}$, litros	1,70 ± 0,18
$D_{\text{espirometria}}$, g/ml	1,05 ± 0,01
$D_{\text{equação}}$, g/ml	1,06 ± 0,01
% $G_{\text{espirometria}}$	19,97 ± 6,03
% $G_{\text{equação}}$	15,34 ± 5,78

A partir da eliminação dos *outliers* visando o aspecto de normalidade, o espaço amostral inicial foi reduzido para um total de 22 bombeiros cujas características se podem observar na Tabela 2.

Tabela 2. Comparação do volume residual, da densidade corporal e do percentual de gordura estimados a partir da equação e da espirometria

(N = 22 bombeiros)

Variáveis	Equação	Espirometria	t	r
Volume Residual	1,70 ± 0,19	1,04 ± 0,11	-21,2 ^a	0,671 ^a
Densidade Corporal	1,07 ± 0,01	1,05 ± 0,01	-25,6 ^a	0,981 ^a
Percentual de Gordura	14,7 ± 4,2	19,4 ± 4,4	25,4 ^a	0,981 ^a

a : significativo para $p < 0,001$

5. DISCUSSÃO

Após a realização do tratamento estatístico, conforme apresentado na Tabela 1 e na Tabela 2, foram evidenciadas diferenças significativas entre a estimativa do volume residual (VR), da densidade corporal (D) e do percentual de gordura (%G) quando obtidos por meio da estimativa do VR_{equação} e pelo VR_{espirometria}, apesar de ficar patente correlações significativas ($p < 0,001$) entre o VR ($r = 0,671$), a D ($r = 0,981$) e o %G ($r = 0,981$).

A correlação encontrada entre o VR (equação e espirometria) é classificada como regular. Este resultado pode ser decorrente das diferentes variabilidades ocorridas em virtude dos diferentes modelos matemáticos para a estimativa do VR.

Verificou-se uma maior dispersão em relação aos valores médios obtidos nas variáveis (Tabela 2) ficando evidenciado que: o VR_{equação} apresentou uma maior dispersão (11,2%) quando comparada com o VR_{espirometria} (10,6%). A D_{equação} apresentou uma dispersão menor (0,94%) do que a D_{espirometria} (0,95%). O %G estimado a partir da D obtida com o VR_{equação} apresentou uma maior dispersão (28,6%) em comparação com aquela obtida pelo %G estimado a partir da densidade corporal utilizando o VR_{espirometria} (22,7%).

Observou-se uma variação na estimativa do %G em comparação com os dois protocolos para se estimar o VR em torno de 4,7%, o que pode ser significativo na mudança de classificação dos padrões de gordura.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com esse estudo evidenciaram que o VR tem uma influência significativa quando aplicado para determinar a densidade corporal por meio da técnica da pesagem hidrostática. Logo, deve-se ter muita precaução no momento de definição de qual técnica ou método será utilizado para a estimativa do VR com o propósito de utilizá-lo para a estimativa da densidade corporal, por meio da pesagem hidrostática.

REFERÊNCIAS

- [1] V. S. Magazoni, “Estudo Correlacional entre a Expansibilidade da Caixa Torácica e a Capacidade Vital Pulmonar nos Indivíduos Portadores e não Portadores de Espondilite Anquilosante”. Dissertação de Mestrado em Fisioterapia do Centro Universitário do Triângulo, Uberlândia, 135p, 2000.
- [2] C. M. P. Cursino, J. F. Silva, A. C. Neto, F. J. S. P. Guimarães; M. C. Costa, “Validação de um Sistema Microcontrolado para Pesagem Hidrostática. Utilizando Célula de Carga”. SBM, III Cong. Bras. Metrologia. Recife, 2003.
- [3] A R. Bennke, J.H. Wilmore, *Evaluation and Regulation of Body Build and Composition*. New Jarsey, Prentice-Hall, 1974.
- [4] J.H. Wilmore, “The Use of Actual, Predicated and Constant Residual Volumes in the Assessment of Body Composition by Underwater Weighing”. *Med. Sci. Sports*.v.1, p. 87-90, 1969.
- [5] F. I. Katch & V. L. Katch, “Measurement and Prediction Errors in Body Composition Assessment and the Search for the Perfect Predication Equation”. *Research Q. Exerc. Sport*, v.51(1), pp. 249-260 1980.
- [6] H. I. Goldman, M. R. Becklake, *Respiratory Function Tests: Normal Values of Medium Altitudes and the Prediction of*

Normal Results”. *Am. Rev. Tuber. Respir. Dis.* v.79, p.457-467, 1959.

- [7] A. F. Roche, R. N. Baumgartner, S. Guo, *Population methods: anthropometric or estimation*. In Ed. by Norgan, N. G. Euro – nut report 8: A concerned action project on nutrition in the european Community. Human Body Composition and Fat Distribution.Local : Editora, 1995.
- [8] S. B. Going, *Densitometry*. In: ROCHE, A. F.; Heymsfielg, S. B. ; Lohman, T. G. Human body composition. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 1996.
- [9] D. Mukherjee, A. F. Roche, “The Estimation of Percent Body and Total Body Fat by Maximum R² Regression Equations”. *Human Biology*. v.56, n.1. pp.79-109, 1984, .
- [10] R. N. Baumgartner, A. S. Jackson, *Measurement for Evaluation in Physical Education and Exercise Science*. 5. ed. Wm: Ed Brown & Benchmark, 1995.
- [11] C. M. P. Cursino, “Sistema Microcontrolado para Pesagem Hidrostática. Utilizando Célula de Carga”. Dissertação de Mestrado apresentada ao DTM/PPGEM/UFPB, João Pessoa, PB, 2003.
- [12] W.E. Siri, “Body Composition from Fluid Spaces and Density: Analysis of Methods”. *National Academy of Science*, Washington, pp. 223-224, 1961.