

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE ELETRODOS SOBRE OS VALORES DA BIOIMPEDÂNCIA CORPORAL E NA ESTIMATIVA DE MASSA MAGRA (MM) EM GATOS ADULTOS

THASSILA CACCIA FERAGI CINTRA,¹ JÚLIO CARLOS CANOLA,² NAIDA CRISTINA BORGES,³ AULUS CAVALIERI CARCIOFI,⁴ RICARDO SOUZA VASCONCELOS⁵ E ROSANA ZANATTA⁶

-
1. Médica veterinária residente do Setor de Diagnóstico por Imagem no Hospital Veterinário da FCAV/UNESP. E-mail: thassi_vet@hotmail.com
 2. Professor doutor (assistente doutor) do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da FCAV/UNESP
 3. Professora assistente do Departamento de Medicina Veterinária da UFG
 4. Professor doutor (assistente doutor) do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da FCAV/UNESP
 5. Pós-Graduando do curso de doutorado em Clínica e Cirurgia Veterinária FCAV/UNESP
 6. Pós-graduanda do curso de doutorado em Diagnóstico por Imagem do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da FCAV/UNESP.

RESUMO

A bioimpedância (BIC) é um método que aplica à tecnologia da impedância no estudo da composição corporal pela avaliação da diferença da condutividade elétrica dos tecidos. Os resultados da BIC são expressos pelas medidas primárias de resistência (R) e reatância (Xc). Neste experimento, o método foi desenvolvido para verificar a viabilidade do uso de três diferentes tipos de eletrodos sobre a reprodutibilidade dos valores de R e Xc em gatos adultos. As médias de R e Xc com adesivos e agulhas de acupuntura não diferiram entre si ($p \geq 0,05$), e os menores valores dos coeficientes de

variação obtidos com estes eletrodos sinalizaram para uma melhor reprodutibilidade dos resultados quando comparados com os da agulha hipodérmica. Os diferentes tipos de eletrodos não interferiram nos valores da massa magra (MM) estimada por equação específica, porém a agulha de acupuntura mostrou ser o eletrodo mais estável e de melhor aplicabilidade. A MM determinada com os diferentes tipos de eletrodos foi superior ($p \leq 0,05$) à obtida com a absorciometria de raios-x de dupla energia (DEXA), provavelmente decorrente da equação utilizada na sua estimativa.

PALAVRAS-CHAVES: Composição corporal, felinos, impedância, massa magra.

ABSTRACT

INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF ELECTRODES ON THE BIOELECTRICAL IMPEDANCE VALUES AND IN THE ESTIMATION OF LEAN BODY MASS (LBM) IN ADULT CATS

The bioelectrical impedance is a method that applies impedance technology in the study of physical composition by evaluation of electrical conductivity difference on each organism tissue. The results of bioelectrical impedance (BIC) are expressed by the resistance (R) and reactance (Xc) primary measures. This study was carried out to verify the viability of the use of three different electrodes on the repeatability of R and Xc values in adult cats. The averages of R and Xc estimated by adhesive and acupuncture needles did not differ from each other ($p \geq 0.05$) and

the smaller values of the variation coefficient acquired with these electrodes signaled for a better reproducibility of the results when compared with hypodermic needle. The different types of electrode did not interfere on the LBM estimated by specific equation, but the acupuncture needle electrode was the most stable and easily applicable. The LBM values determined with the different types of electrode were higher ($p \leq 0.05$) than the LBM dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) values, probably due to the specific equation to LBM estimation used in this study.

KEY WORDS: Body composition, feline, impedance, lean body mass.

INTRODUÇÃO

A bioimpedância corporal (BIC) é uma técnica que registra a quantidade de água e de gordura presentes no corpo através da passagem de corrente elétrica de baixa intensidade. Quanto maior a quantidade de água e eletrólitos contidos no organismo, mais facilmente a corrente ultrapassará o organismo (BAUMGARTNER et al., 1990; CHUMLEA et al., 1993). Os resultados são expressos pelas medidas primárias de resistência (R) e reatância (Xc), sendo necessárias equações de predição para converter os valores em estimativas de massa magra (MM), segundo GUO et al. (1989) e GUO et al. (1996).

O organismo dos seres humanos e dos animais tem o volume composto por fluidos intra e extracelulares que se comportam como condutores elétricos heterogêneos, membranas celulares que funcionam como capacitores elétricos e gordura corporal que, agindo como isolante, oferece resistência à passagem de corrente elétrica. Dessa forma, o organismo pode ser considerado um circuito constituído por elementos de resistência e capacitância, os quais oferecem oposição à condução da corrente elétrica alternada, conhecida como impedância e que depende da frequência (BAUMGARTNER et al., 1990; CHUMLEA et al., 1993; CHUMLEA & GUO, 1994).

A resistência (R) é atribuída à oposição ao fluxo elétrico quando passa pelos meios intra e extracelular. Tecidos magros (músculos e vísceras) são ótimos condutores, por conterem grande quantidade de água e eletrólitos, e representam baixa resistência elétrica. Como apresentam pequena quantidade de fluidos eletrolíticos e alta resistência, tecidos adiposos e ossos não são considerados condutores de boa qualidade (BAUMGARTNER et al., 1990; CHUMLEA & GUO, 1994).

A reatância (Xc) é a oposição ao fluxo elétrico causado pela capacitância. Está relacionada com o desempenho dinâmico das membranas celulares, das interfaces teciduais e dos tecidos não iônicos. Em muitos casos, varia independentemente da resistência. As membranas celulares funcionam como capacitores devido às duas camadas proteicas, ambas com intensa atividade biológica e propriedades hidrófilas, limitando uma estrutura fracamente condutora. Em seres humanos essa estrutura representa o indicador

da quantidade da massa magra e massa intracelular corpórea, relacionando-se com o balanço hídrico extra e intracelular (BAUMGARTNER et al., 1990; CHUMLEA & GUO, 1994).

O ângulo de fase (φ) é um método linear de medir a relação entre R e Xc em circuitos em série ou em paralelo, e pode variar de zero (circuito resistivo, isto é, sem nenhuma membrana celular) a 90 graus (circuito capacitivo, isto é, só há membrana celular, sem nenhum fluido). O ângulo de 45 graus representa o circuito com igual quantidade de reatância e resistência. O φ é calculado pela relação arco-tangente da reatância e resistência ($\varphi = \arctan Xc/R$). O resultado obtido, expresso em radianos, é multiplicado por $180^\circ/\pi$, ou pelo valor aproximado de 57,296, para efetuar a conversão em graus (BAUMGARTNER et al., 1988, 1990; CHUMLEA et al., 1993).

A biometria, em medicina, utiliza mensurações de dobras cutâneas, circunferências e diâmetros ósseos em vários segmentos corporais. Mormente não precisa, é, sem dúvida, o procedimento não invasivo mais empregado para caracterizar grupos e populações (PETROSKI, 1995). Várias medidas biométricas são praticáveis em medicina veterinária, com exceção para a medida de prega cutânea, pois a presença de pelos e da pele, facilmente destacável, especialmente no cão, dificulta a mensuração e reduz a acurácia da técnica (STANTON et al., 1992; MUNDAY, 1994).

O método de absorciometria de raios-x de dupla energia (DEXA) é o modelo tricompartmental que divide o corpo em massa mineral total, MM e MG. A precisão da técnica foi estimada em 2,7% (MADSEN et al., 1997) e 8,8% (MAZESS et al., 1990) para percentual de gordura em seres humanos e 5,8% em gatos (MUNDAY, 1994). LAFLAMME & HANNAH (2005), ao submeterem dezoito gatos a um programa de perda de peso com dois níveis de proteína na dieta, confirmaram o exame de DEXA como a escolha ideal para avaliar a composição corporal.

Segundo LUKASKI et al. (1986), DEURENBERG et al. (1991) e PICHARD et al. (2000), a aplicabilidade da BIC encontra-se bem estabelecida em seres humanos, tanto em relação aos valores de referência para as medidas primárias de resistência (R), reatância (Xc) e ângulo de fase (AF), quanto para as equações de predição formuladas para converter os valores mensurados em estimativa de massa gorda (MG) e de massa

magra (MM). Todavia, em animais, esses estudos ainda são escassos. STANTON et al. (1992) elaboraram equações de predição para determinar a MM em gatos, não especificando os valores de R e Xc.

Fatores como a temperatura corpórea, o grau de hidratação, o posicionamento do corpo e a concentração sérica de eletrólitos influenciam nos valores mensurados pela BIC (KUSHNER et al., 1990). Há também interferência nos valores de acordo com o tipo de eletrodo utilizado. JENIN et al. (1975), em trabalho com seres humanos, alertaram que o desconforto causado pela agulha, a dificuldade de sua inserção em profundidade uniforme e os traumas proporcionados nos tecidos subcutâneos podem interferir nos valores mensurados. Entretanto, poucos autores consideraram a necessidade de se estabelecer ou definir o melhor tipo de eletrodo em relação à espécie animal em estudo. Assim sendo, este experimento foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a precisão de três diferentes tipos de eletrodos (agulha hipodérmica, agulha de acupuntura e adesivo autocolante coberto com gel condutor) na determinação dos valores primários de R, Xc e AF, bem como seu emprego na estimativa de MM em gatos adultos. Para validar a estimativa da MM obtida por meio da BIC, para cada tipo de eletrodo pesquisado, esta foi correlacionada com os valores da MM determinada pela técnica de absorciometria de raios-x de dupla energia (DEXA), considerada o método ideal para estimar a MG e a MM.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados vinte gatos adultos sem raça definida (SRD), dez machos e dez fêmeas, gonadectomizados, com idade entre cinco e sete anos e provenientes do Gatil Experimental do Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos – UNESP – Jaboticabal-SP.

Os exames de BIC e de DEXA, as mensurações biométricas e as aferições de peso corporal (PC) em balança digital (Marte, modelo LC 50) foram realizados com os animais sob jejum alimentar de doze horas e anestesia com a associação de cloridratos de levomepromazina (Neozine 5mg/mL – Aventis Pharmed Ltda.), de tiletamina e de zolazepam (Zoletil 50mg/mL – Virbac do Brasil Indústria e Comércio Ltda.) nas doses respectivas de 0,5; 2,5 e 2,5 mg/kg de peso corporal, administrada por via intramuscular.

Para a realização do exame de BIC, foi utilizado um aparelho de bioimpedância monofrequencial (Modelo RJLQuantum II Bioimpedance Analyser), gerador de corrente alternada de 50 kHz e 800 μ A. Posicionaram-se os animais em decúbito esternal em placa de material emborrachado colocada sobre uma mesa de madeira. Os membros torácicos foram direcionados crânio-lateralmente, os pélvicos caudalmente e os eletrodos, como referidos por STANTON et al. (1992), posicionados nos sítios anatômicos: região frontal entre os olhos; linha média sobre articulação sacrococcígea; linha média sobre a protuberância occipital; e junção lombossacra.

Submeteram-se os sítios anatômicos, previamente tricotomizados, à assepsia com álcool iodado e consecutivamente os três tipos de eletrodos – agulha hipodérmica (Becton Dickinson, Rutherford, NJ) em aço inoxidável de 0,40mm x 13mm, agulha de acupuntura (Yang Nacional) 0,40mm x 15mm em aço inoxidável com cabo espiral e adesivos descartáveis ECG (Marquette Electronics Jupiter, FL) 25 x 22mm – foram testados. Acloparam-se os eletrodos às pinças de conexão ligadas ao aparelho BIC por cabos em cores preta e vermelha configurando, respectivamente, eletrodos indutores e detectores de corrente. Os eletrodos indutores foram afixados na região frontal, entre os olhos, e na linha média sobre a articulação sacrococcígea; os eletrodos detectores posicionados na linha média, sobre a protuberância occipital e a junção lombossacra. Obtiveram-se as leituras de R e Xc em triplicata para cada tipo de eletrodo. O AF foi calculado pela relação arco-tangente da Xc e R elétricas ($\varphi = \arctan Xc/R$), e o resultado expresso em radianos convertido para graus multiplicando-se o valor por $180/\pi$ ou 57,296, como citado por BAUMGARTNER et al. (1990) e CHUMLEA et al. (1993).

O exame de DEXA (Hologic, modelo Delphi W, versão 11. 2:5), utilizado para determinar o valor de referência da massa magra (MM), constou de três varreduras consecutivas de corpo total, sem o reposicionamento dos animais sobre a mesa de exame. Os animais foram posicionados em decúbito dorsal com os membros torácicos e pélvicos estendidos no sentido caudal. Os membros torácicos foram mantidos paralelos ao tórax e à coluna vertebral. A posição do animal sobre a mesa foi mantida com fitas adesivas

impermeáveis e fixada transversal à cabeça, tórax, pelve e membros pélvicos (LAUTEN et al., 2000; LAUTEN et al., 2001).

Realizaram-se as medidas biométricas, com o animal em decúbito lateral esquerdo, utilizando fita métrica graduada em centímetros. O comprimento do animal (CC), a circunferência pélvica (CP) e o comprimento do membro torácico direito (MTD) foram mensurados de acordo com as especificações de HAWTHORNE & BUTTERWICK (2000) e STATON et al. (1992). Essas medidas, associadas às de R determinadas pela BIC, serviram para estimar a MM pela equação proposta por STATON et al. (1992).

Compararam-se as médias de R, Xc e AF, para cada tipo de eletrodo, pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As médias de MM, estimadas a partir da equação de STANTON et al. (1992), para cada tipo de eletrodo, foram comparadas com os valores de MM determinados pelo exame de DEXA, utilizando-se o Teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para amostras pareadas. Empregou-se a correlação de Pearson para o estabelecimento da relação entre os valores de MM estimados pela equação de STANTON et al. (1992) e os obtidos pelo DEXA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar da influência de fatores como posicionamento do corpo e o desconforto do paciente no

momento da colocação dos eletrodos, a BIC é considerada uma técnica simples e segura para estudos epidemiológicos e clínicos de avaliação da MG, MM e fluidos corporais em seres humanos (JENIN et al., 1975; KUSHNER et al., 1990; LUKASKI et al., 1985). Em animais, pela dificuldade de posicionamento e de imobilização durante o exame, esses fatores tornam-se mais evidentes e a imobilização química facilita o exame (MUNDAY, 1994).

As médias de R e Xc foram superiores ($p \leq 0,05$) para as agulhas hipodérmicas (AH), e não variaram de forma significativa ($p \geq 0,05$) entre os eletrodos adesivos (Ad) e agulhas de acupuntura (AA). A média do AF foi maior ($p \leq 0,05$) para o eletrodo adesivo em relação à agulha de acupuntura, diferindo significativamente para a agulha de acupuntura ($p \leq 0,05$), mas não para a agulha hipodérmica ($p \geq 0,05$) (Tabela 1).

Os menores coeficientes de variação (CV) foram constatados com a aplicação de eletrodos adesivos, respectivamente para as medidas de R, Xc e AF (0,62%, 0,69%, 5,93%), seguidos pela agulha de acupuntura (R=0,66%, Xc=1,69%, AF=9,99%) e agulha hipodérmica (R=7,34%, Xc=19,83, AF=29,22). Estes resultados demonstram que a impedância estimada com eletrodos adesivos e com agulhas de acupuntura apresenta maior estabilidade e melhor reprodutibilidade do que os obtidos com a agulha hipodérmica.

TABELA 1. Médias e desvio-padrão (\pm), coeficientes de variação (%) e valores mínimos e máximos (Min - Máx) das medidas de resistência, reatância e ângulo de fase para os eletrodos, adesivo (Ad), agulha de acupuntura (AA) e agulha hipodérmica (AH) testados em gatos adultos no exame de BIC. UNESP – Jaboticabal, 2005

BIC	Tipo de eletrodo	Médias	Desvio-padrão	Coeficiente de variação (%)	Mín-Máx
Resistência (Ω)	Adesivo	173,97 ^a	$\pm 1,05$	0,62	147,00-208,67
	Agulha de acupuntura	173,53 ^a	$\pm 1,13$	0,66	137,33-202,33
	Agulha hipodérmica	242,85 ^b	$\pm 18,62$	7,34	172,67-316,33
Reatância (Ω)	Adesivo	33,10 ^a	$\pm 0,23$	0,69	29,00-39,67
	Agulha de acupuntura	28,25 ^a	$\pm 0,48$	1,69	22,00-32,67
	Agulha hipodérmica	41,93 ^a	$\pm 8,90$	19,83	23,33-67,00
Ângulo de fase ($^{\circ}$)	Adesivo	10,94 ^a	$\pm 0,65$	5,93	9,60-12,24
	Agulha de acupuntura	9,37 ^b	$\pm 0,94$	9,99	7,23-10,85
	Agulha hipodérmica	9,85 ^{ab}	$\pm 2,88$	29,22	4,19-14,04

Médias seguidas de mesma letra não diferiram pelo teste *t* de Student para amostras pareadas ($p < 0,05$)

Da mesma forma que o constatado neste trabalho, estudos realizados em animais de outras espécies indicam haver variações nos valores primários da BIC mediante o emprego de diferentes tipos de eletrodos. HALL et al. (1988) verificaram, em ratos, que os valores de R e Xc mensurados com eletrodos de fita metálica de alumínio variaram durante toda a realização do exame (CV=8,5%), enquanto as medidas obtidas com agulha de prata (28 gauge) e agulha hipodérmica (20-gauge) apresentaram maior estabilidade e melhor reprodutibilidade (CV=2%). Os resultados obtidos com este trabalho confirmam essa observação e indicam que o valor da BIC obtido com o uso de agulha de acupuntura, em relação à agulha hipodérmica, apresenta melhor reprodutibilidade.

A agulha hipodérmica, não fixando adequadamente ao tecido subcutâneo e frequentemente se soltando, produz instabilidade na determinação dos valores de impedância e conseqüentemente na estimativa da MM. HOFFER et al. (1969) aventaram para os problemas associados à utilização de agulhas hipodérmicas como eletrodos em seres humanos. Dor e incômodo durante a inserção, dificuldade em se determinar uma profundidade uniforme e traumas no tecido subcutâneo, segundo esses autores, interferem nos resultados. Essas observações não foram tratadas por STANTON et al. (1992), que utilizaram esse tipo

de eletrodo na determinação dos valores primários da BIC em gatos para posterior formulação de equações de predição de MM e MG.

O adesivo autocolante levou à estimativa de medidas de impedância com grande estabilidade. Todavia, sua aplicação requer que a pele seja preparada com tricotomia e uso de lâminas para raspar os pelos, além da aplicação de éter para reduzir a camada de gordura que recobre a pele, o que permite aderência adequada dos eletrodos. Essas medidas restringem seu uso na rotina da clínica veterinária, assim como a necessidade, quase obrigatória, da contenção química do animal e a restrição à tricotomia comumente imposta pelos proprietários.

A Tabela 2 ilustra os resultados referentes à avaliação da precisão em estimar a MM para os três tipos de eletrodos. Os valores de MM estimados para cada tipo de eletrodo utilizando a equação de predição sugerida por STANTON et al. (1992) foram contrapostos aos valores da MM determinada pelo exame de DEXA. Não se constatou diferença ($p \geq 0,05$) entre os valores médios de MM estimados pela equação de STANTON et al. (1992), empregando-se o valor de R obtido com os diferentes eletrodos. Entretanto, a média de MM determinada pelo DEXA foi significativamente menor ($p \leq 0,05$) que os valores médios estimados por essa equação.

TABELA 2. Médias e desvios-padrão (\pm) da variável massa magra (Kg) estimada pelo exame de absorciometria de raios-x de dupla energia (DEXA) e estimada pela equação de STANTON et al. (1992) para os eletrodos Ad, AA e AH e coeficientes de correlação (CC) determinados pela relação entre os teores de MM estimados pela equação de STANTON et al. (1992) e determinados pelo DEXA para cada eletrodo testado independentemente do sexo (M e F) e considerando o sexo, machos (M) e fêmeas (F). UNESP-Jaboticabal, 2005

Animais	DEXA	BIC					
		Adesivo	CC para Ad	Agulha de acupuntura	CC para AA	Agulha hipodérmica	CC para AH
M e F (n=20)	2,84 \pm 0,52 ^a	3,87 \pm 0,87 ^b	0,89**	3,78 \pm 0,87 ^b	0,89**	3,71 \pm 0,86 ^b	0,90**
M (n=10)	3,12 \pm 0,53 ^a	4,10 \pm 0,88 ^b	0,94**	4,10 \pm 0,87 ^b	0,94**	4,02 \pm 0,89 ^b	0,94**
F (n=10)	2,57 \pm 0,36 ^a	3,46 \pm 0,78 ^b	0,81*	3,46 \pm 0,77 ^b	0,81*	3,40 \pm 0,75 ^b	0,82*

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferiram pelo teste t de Student ($p < 0,05$)

Coefficientes de correlação significativos $p < 0,05$ * $p < 0,01$ **

Estes resultados corroboram as observações de STANTON et al. (1992), de que equações de predição que utilizam valores provenientes do exame de BIC podem superestimar a MM. Concordam também com trabalhos realizados em seres humanos, como o de VAZQUEZ & JANOZKY (1991), que testaram oito equações de BIC para predição de MM, e verificaram que sete delas superestimaram a determinação de MM. FRANCKOWIAK et al. (2003) confirmaram que equações de predição de MM, utilizando medidas de R, superestimam os valores de MM em seres humanos.

Os valores de MM estimados pela fórmula de STANTON et al. (1992), para os três tipos de eletrodos, apresentaram alta correlação com os valores obtidos pelo DEXA (Tabela 2), demonstrando ser a BIC um método eficiente na estimativa da MM em gatos.

Na BIC, o tipo de eletrodo não é a única variável que pode interferir na determinação dos valores primários de R e Xc ou com a superestimativa da MM. Outros fatores, como os citados por KUSHNER et al. (1990), podem interferir de forma mais relevante nos resultados e devem ser avaliados em animais.

CONCLUSÕES

Dentro das condições e metodologias utilizadas neste modelo experimental, apesar de agulhas de acupuntura, agulhas hipodérmicas e eletrodos adesivos não interferirem significativamente na avaliação da BIC, e conseqüentemente na estimativa da MM em gatos adultos, pode-se concluir que eletrodos confeccionados com agulhas de acupuntura apresentam melhor reprodutibilidade, sendo o método mais estável e de melhor aplicabilidade prática na determinação dos valores primários de R e Xc.

AGRADECIMENTOS

Ao Fundo de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e à Fundação para o Desenvolvimento da UNESP (FUNDUNESP).

REFERÊNCIAS

BAUMGARTNER, R. N.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Bioelectric impedance for body composition. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 18, p. 193-224, 1990.

CHUMLEA, W. C.; GUO, S. S. Bioelectrical impedance and body composition: present status and future directions. **Nutrition Reviews**, v. 54, n. 4, p.123-131, 1994.

CHUMLEA, W. C.; GUO, S. S.; KUCZMARSKI, R. J.; VELLAS, B. Bioelectric and anthropometric assessments and reference data in the elderly. **The Journal of Nutrition**, v. 123, p. 449-453, 1993.

DEURENBERG, P.; VAN DER KOOY, K.; LEENEN, R.; WESTSTRATE, J. A.; SEIDEI, J. C. Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. **International Journal of Obesity**, v. 15, p. 17-25, 1991.

FRANCKOWIACK, S. C.; FONTAINE, K.; ANDERSEN, A. E. Comparison of proximal and distal placements of electrodes to assess body composition by bioelectrical impedance in obese adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 17, n. 3, p. 522-526, 2003.

GUO, S. S.; CHUMLEA, W. C.; COCKRAM, D. B. Use of statistical methods to estimate body composition. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 64, n. 3, p.428S-35S, 1996.

GUO, S. S.; ROCHE, A. F.; HOUTKOOPER, L. Fat-free mass in children and young adults predicted from bioelectric impedance and anthropometric variables. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 50, n. 3, p. 435-443, 1989.

HALL, C. B.; LUKASKI, H. C.; MARCHELLO, M. J. Estimation of rat body composition using tetrapolar bioelectrical impedance analysis. **Nutrition Reports International**, v. 39, n. 3, p. 627-633, 1988.

HAWTHORNE, A. J.; BUTTERWICK, R. F. Índice de masa corporal felina: una medida simple del contenido de grasa corporal en los gatos. **Waltham Focus**, v. 10, n. 1, p. 32-33, 2000.

HOFFER, E. C.; MEADOR, C. K.; SIMPSON, D. C. Correlation of whole-body impedance with total body water. **Journal of Applied Physiology**, v. 27, n. 4, p. 531-534, 1969.

JENIN, P.; LENOIR, J.; ROULLET, C.; THOMASSET, A.; DUCROT, H. Determination of body fluid compartments by electrical measurements. **Aviation Space and Environmental Medicine**, v. 46, p. 152-155, 1975.

KUSHNER, R. F.; KUNIGK, A.; ALSPAUGH, M.; ANDRONIS, P. T.; LEITCH, C. A.; SCHOLLER, D. A. Validation of bioelectrical impedance analysis as a measurement of change in body composition in obesity. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 52, p. 219-223, 1990.

- LAFLAMME, D.; HANNAH, S. S. Increased dietary protein promotes fat loss and reduces loss of lean body mass during weight loss in cats. **International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine**, v. 3, n. 2, p. 62-68, 2005.
- LAUTEN, S. D.; COX, N. R.; BAKER, G. H.; PAINTER, D. J.; MORRISON, N. E.; BAKER, H. J. Body composition of growing and adult cats as measured by use of dual energy x-ray absorptiometry. **Comparative Medicine**, v. 50, n. 2, p. 175-183, 2000.
- LAUTEN, S. D.; COX, N. R.; BRAUNER JR., W. R.; BAKER, H. J. Use of dual energy x-ray absorptiometry for noninvasive body composition measurement in clinically normal dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 62, n. 8, p. 1295-1301, 2001.
- LUKASKI H. C.; JOHNSON P. E.; BOLONCHUCK W. W.; LYKKEN G. L. Assessment of fat free mass using bio-electrical impedance measurements of the human body. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 41, n. 7, p. 810, 1985.
- LUKASKI, H. C.; BOLONCHUK, W. W.; HALL, C. B.; SIDERS, W. A. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. **Journal of Applied Physiology**, v. 60, p. 1327-1332, 1986.
- MADSEN, O. R.; JENSEN, J. E. B.; SORENSEN, O. H. Validation of a dual energy x-ray absorptiometer: measurement of bone mass and soft tissue composition. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 75, p. 554-558, 1997.
- MAZESS, R. B.; BARDEN, H. S.; BISEK, J. P.; HANSON, J. Dual- energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 51, p. 1106-1112, 1990.
- MUNDAY, H. S. Assessment of body composition in cats and dogs. **International Journal of Obesity**, v.18, Suppl. 1, p. S14-21, 1994.
- PETROSKI, E. L. Desenvolvimento e validação de equações para a estimativa da densidade corporal em adultos. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 1, n. 2, p. 89-91, 1995.
- PICHARD, C.; KYLE, U. G.; BRACCO, D.; SLOSMAN, D. O.; MORABIA, A.; ACHUTZ, Y. Reference values of fat-free and fat masses by bioelectrical impedance analysis in 3393 healthy subjects. **Nutrition**, v. 16, p. 245-254, 2000.
- STANTON, C. A.; HAMAR, D. W.; JOHNSON, D. E.; FETTMAN, M. J. Bioelectrical impedance and zoometry for body composition analysis in domestic cats. **American Journal of Veterinary Research**, v. 53, n. 2, p. 251-257, 1992.
- VAZQUEZ, J. A.; JANOSKY, J. E. Validity of bioelectrical-impedance analysis in measuring changes in lean body mass during weight reduction. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, p. 970-975, 1991.

Protocolado em: 22 jul. 2008. Aceito em: 20 maio 2009.