



Artigo Original

Original Article

Método *e-zone* para cálculos dos parâmetros inerciais de massa corporal *Method E-Zone to Calculate Inertial Parameters of Body Mass*

Ricardo de Assis Correia^{1§} Esp; Wellington Gomes Feitosa¹ MS; Lucas Beal¹; Luísa Beatriz Trevisan Teixeira¹; Cristiano Cardoso de Matos¹ MS; Marcos Franken¹ MS; Flávio Antônio de Souza Castro¹ PhD

Recebido em: 14 de março de 2016. Aceito em: 13 de junho de 2016.
Publicado online em: 29 de setembro de 2016.

Resumo

Introdução: Estimativas corretas dos parâmetros inerciais de massa corporal são de fundamental importância para que análises cinemáticas do centro de massa corporal (CM) sejam mais precisas. Até hoje, as estimativas desses parâmetros inerciais ainda são baseados em protocolos a partir de tabelas gerais para a localização do CM obtidas de estudos em cadáveres. A fim de superar essa limitação, o método de zonas elípticas, *e-zone*, foi desenvolvido considerando segmentos corporais como zonas elípticas, podendo estimar esses parâmetros, respeitando as individualidades morfológicas corporais, e ser aplicado em diferentes populações.

Objetivo: Verificar a sensibilidade de medida do método *e-zone* em relação à massa corporal total.

Métodos: Participaram do estudo 13 nadadores federados (21,7 ± 4,2 anos de idade). Foram demarcados círculos (1,5 cm de raio) em 16 acidentes anatômicos corporais. Primeiramente foram registradas as imagens de calibração por meio de fotografias obtidas por 2 câmeras digitais (Olympus HD/3D, 14 megapixels) posicionadas nos planos sagital direito e frontal a 6 m do centro do calibrador. Posteriormente foram registradas as imagens, simultaneamente, por 2 avaliadores posicionados no mesmo local do calibrador. Após esses procedimentos, os dados foram analisados em ambiente MatLab com rotina específica pela qual foram calculados os parâmetros inerciais de cada segmento.

Resultados: Entre a massa corporal estimada pelo método *e-zone* e a massa real dos indivíduos não foi encontrada diferença, o tamanho de efeito foi trivial, houve alta correlação intra-classe e concordância dentro dos limites esperados pela análise gráfica de Bland-Altman.

Conclusão: O método *e-zone* demonstrou ser eficaz em estimar a massa corporal.

Palavras-chave: zona elíptica, segmentos corporais, natação.

Abstract

Introduction: Correct estimates of body mass inertial parameters are of fundamental importance for more accurate kinematic analysis of the body center of mass (CM). To date, estimates of these inertial parameters are still based on protocols from general tables to the location of the CM obtained from studies on cadavers. In order to overcome this limitation, the method of elliptic areas *e-zone* was developed considering body segments as elliptical areas, and can estimate these respecting the body morphological characteristics and applied in different populations.

Pontos-Chave Destaque

- O método *e-zone* não é invasivo e de baixo custo para estimar parâmetros inerciais.
- Apresenta acurácia em estimar a massa corporal total.
- Pode ser aplicado em qualquer tipo de população.

Keypoints

- The *e-zone* method is non-invasive and inexpensive to estimate inertial parameters.
- Provides accuracy in estimating the total body mass.
- Can be applied to any type of population.

[§] Autor correspondente: Ricardo de Assis Correia – e-mail: ricardoacorreia@yahoo.com.br.
Afiliações: ¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Objective: To determine the sensitivity of the measurement method e-zone relative to total body mass.

Methods: This study included 13 federal swimmers (21.7 ± 4.2 years old). They were marked with painted circles (1.5 cm radius) in 16 anatomical accidents around the body. Calibration images were first registered through photographs taken by 2 digital cameras which were positioned in the right sagittal and frontal planes, 6 m from the center of the calibration device. Images of the swimmers were simultaneously obtained by two evaluators in the same location as the calibrator. After these procedures, the data were analyzed in MatLab specific routine in which the inertial parameters of each body segment were calculated.

Results: Between the body mass estimated by the e-zone method and the actual mass of individuals there was no difference, the effect size was trivial, there was a high correlation intra class, and there was agreement within the expected limits by graphical analysis of Bland-Altman.

Conclusion: The e-zone proved to be effective in estimating body mass.

Keywords: elliptical zone, body segments, swimming.

Método e-zone para cálculos dos parâmetros inerciais de massa corporal

Introdução

Para as análises das variáveis cinemáticas e cinéticas do movimento é de fundamental importância que as estimativas da localização do centro de massa corporal (CM) sejam precisas. Assim, a partir de momentos inerciais tridimensionais possibilita-se encontrar resultados de deslocamento, velocidade e acelerações do corpo, representado pelo CM, de modo mais fidedigno. Por exemplo, na natação, a correta identificação da velocidade do CM, e de suas variações, nos três eixos, permite entender o custo energético (1,2) e sua relação com a variação intracíclica da velocidade (3,4). Nesse contexto, para se estimar esses parâmetros inerciais, protocolos baseados em tabelas gerais para a localização do CM foram produzidos a partir de estudos em cadáveres (5) e são utilizadas até hoje em análises biomecânicas. Além disso, métodos considerados padrão-ouro (ressonância magnética, DEXA e scanners 3D) são instrumentos caros e de difícil acesso e manuseio. A fim de superar essa limitação, o método de zonas elípticas, e-zone (6) foi desenvolvido considerando segmentos corporais como zonas elípticas. Por meio de imagens digitais do próprio indivíduo e desenvolvidas em rotina matemática em ambiente *MatLab*, podem ser estimados os parâmetros inerciais e a massa corporal mais próximo da realidade. Visto que não foram encontrados estudos relatando essas

estimativas de massa corporal por esse método, o objetivo deste estudo é verificar a sensibilidade de medida do método e-zone em relação à massa corporal real (MCR).

Métodos

Amostra

Participaram do estudo 13 nadadores federados, todos do sexo masculino (média de idade: $21,7 \pm 4,2$ anos). Os participantes foram informados sobre os procedimentos e riscos da pesquisa, para isso assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido que foi apresentado antes da avaliação. Todos os procedimentos requeridos foram aprovados pelo comitê de ética local (nº1.302.268) antes de iniciar as avaliações.

Mensurações antropométricas e pontos anatômicos

Para determinar a massa corporal real (MCR) foi utilizada uma balança (FILIZOLA, resolução de 0,1 kg). Após as mensurações antropométricas foram demarcados círculos de 1,5 cm de diâmetro utilizando-se uma esponja emulsificada em um creme de cera preto (para maquiagem) em 16 regiões anatômicas (vértice da cabeça, C2, mandíbula, C7, articulação acrômio clavicular, úmero, cotovelo, punho, 3ª falange distal da mão, processo xifóide, púbis, quadril, joelhos, tornozelo; 1º e 5º metatarso dos pés) (figura 1). Após esses procedimentos, os participantes foram posicionados em um lugar

fixo e calibrado (régua de calibração em dois eixos em escala de 20 cm bicolores). Os participantes foram instruídos a permanecer em flexão plantar, apoiadas as regiões dos calcâneos em uma base sólida em posição anatômica para a visualização de todos os pontos demarcados no participante pelas câmeras (Figura 1).



Figura 1 – Marcações anatômicas para as análises de dados pelo método *e-zone*

Desenho experimental e procedimentos

Em uma área de 36 m² foram utilizadas 2 câmeras (Olympus HD/3D, 14 megapixel de resolução) ambas nas posições frontal e lateral direita posicionadas em tripés a 1 m do solo. Desse modo, foram registradas as imagens fotográficas da calibração e do participante por meio de 2 avaliadores cujas imagens foram registradas simultaneamente. Após os registros das imagens, as mesmas foram analisadas em ambiente *MatLab* (R2009b). A rotina, desenvolvida por Deffeyes and Sanders (2008), permitiu identificar valores relativos do CM de todos os segmentos corporais, assim como da massa para poder estimar a massa corporal dos participantes (Figura 2).

Análise Estatística

Identificada a natureza paramétrica dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk foi utilizada estatística descritiva por meio de média e desvio padrão da MCR e MCE. Os dados foram comparados com teste *t* de Student e o tamanho de efeito foi identificado com *d* de Cohen. Correlação entre os dados foi verificada com o Coeficiente de Correlação Intra-classe. Análise de concordância entre MCR e MCE foi realizada com a aplicação do gráfico de Bland-Altman, com utilização de teste *t* simples entre as diferenças e “zero” e de uma regressão linear para se verificar o comportamento das diferenças. O nível de significância adotado foi de $\alpha < 0,05$. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no programa SPSS, versão 20.0.

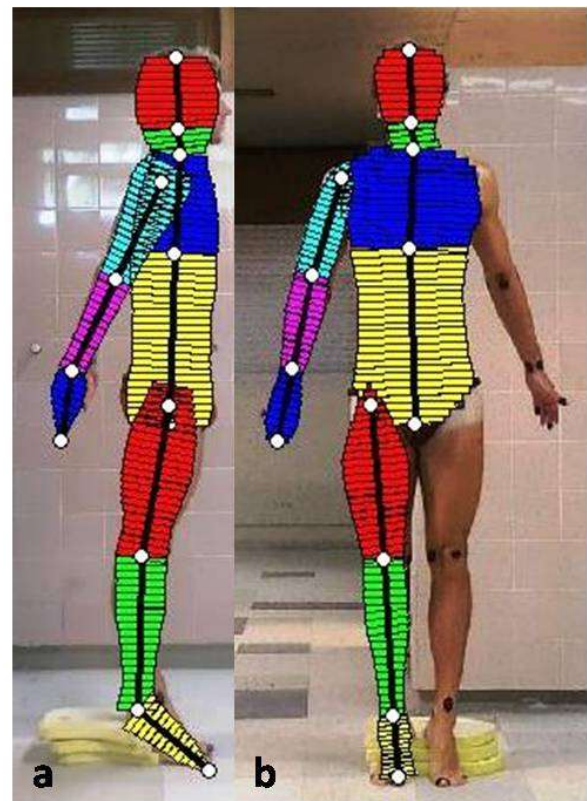


Figura 2 – Vista sagital direita (a) e frontal (b) de uma amostra gráfica do software *MatLab* do método *e-zone*

Resultados

Na Tabela 1 são apresentados a média e desvio padrão da MCR e MCE de todos os participantes. Os valores de MCE pelo método *e-zone* e a MCR não apresentaram diferenças ($t_{12} = -1,93$; $p = 0,077$), com

tamanho de efeito trivial (d Cohen = 0,2) e demonstrando uma alta correlação intraclasse (CCI = 0,959; $p < 0,01$).

Tabela 1 – Média e desvio padrão da massa corporal real (MCR) e massa corporal estimada (MCE)

Massa corporal (kg)	Média	DP
MCR	72,30	5,58
MCE	73,41	4,49

DP: desvio padrão

A análise gráfica de Bland-Altman (Figura 3) indicou que a diferença média entre os valores de ME e MR é similar à zero ($p = 0,077$) e que seu comportamento não é linear ($p=0,265$). Assim, os dados apresentam concordância dentro dos limites esperados.

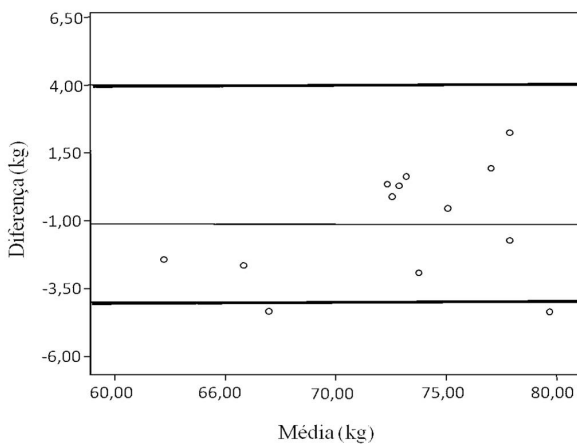


Figura 3 – Análise de Bland-Altman entre da ME e MR

Discussão

A proposta do presente estudo foi verificar a sensibilidade de medida do método *e-zone* em relação à massa corporal total. Os resultados demonstraram que o método pode ser preciso em estimar a massa corporal (Tabela 1) com erro de estimativa aceitável (1,93 kg). Alguns estudos (2,5) que utilizaram o mesmo método em amostra semelhante, no caso, nadadores competitivos, corroboram com o erro de estimativa também abaixo dos 2%. Além do mais, o método respeita as características individuais e morfológicas corporais, alguns estudos demonstram a mesma acurácia (7–9). Os resultados do presente estudo indicam que o método é sensível às diferenças individuais em relação à massa corporal total e pode ser utilizado

com diferentes populações, por exemplo, atletas paralímpicos.

Pontos fortes e limitações do estudo

O método *e-zone* não é invasivo e necessita de baixo custo para realizar avaliações de parâmetros inerciais, possibilitando melhor precisão nas análises biomecânicas que dependem da localização do CM. Para melhor acurácia dos resultados é importante incluir na análise dos dados mais um avaliador e testar a reprodutibilidade intra e inter avaliador.

Conclusão

O método *e-zone* demonstrou ser eficaz em estimar a massa corporal, podendo ser utilizado como ferramenta também para cálculos de parâmetros inerciais do movimento.

Agradecimentos

Ao professor Ross Sanders pelo envio das rotinas e explicações relativas ao método. À CAPES, ao CNPq e à UFRGS, pelos apoios financeiros.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver nenhum conflito de interesses no presente estudo.

Declaração de financiamento

Declaramos o financiamento recebido pela CAPES, por meio de bolsa de mestrado do primeiro autor, para a pesquisa.

Referências

- Zamparo P, Bonifazi M, Faina M, Milan A, Sardella F, Schena F, et al. Energy cost of swimming of elite long-distance swimmers. *Eur J Appl Physiol.* agosto de 2005;94(5-6):697–704.
- Barbosa TM, Keskinen KL, Vilas-Boas JP. Fatores biomecânicos e bioenergéticos limitativos do rendimento em natação pura desportiva. *Motricidade.* 2006;201–13.
- Psycharakis SG, Naemi R, Connaboy C, McCabe C, Sanders RH. Three-dimensional analysis of intracycle velocity fluctuations in frontcrawl swimming. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20(1):128–35.

4. Figueiredo P, Barbosa TM, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ. Energy cost and body centre of mass' 3D intracycle velocity variation in swimming. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(9):3319–26.
5. De Leva P. Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *J Biomech.* 1996;29(9):1223–30.
6. Deffeyes J, Sanders R. Elliptical zone body segment modelling software: digitising, modelling and body segment parameter calculation. In: *ISBS-Conference Proceedings Archive* [Internet]. 2008 [citado 5 de junho de 2016]. Recuperado de: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/1174>.
7. Jensen RK. Estimation of the biomechanical properties of three body types using a photogrammetric method. *J Biomech.* 1978;11(8):349–58.
8. Yokoi T, Shibukawa K, Ae M, Ishijima S, Hashihara Y. Body segment parameters of Japanese children. *Jpn J Phys Educ.* 1986;31(1):53–66.
9. Sanders RH, Wilson BD, Jensen RK. Accuracy of derived ground reaction force curves for a rigid link human body model. *Int J Sport Biomech.* 1991;7(4).