

**ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL:  
EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO MODELO ANATÔMICO DE ANÁLISE TECIDUAL**Gustavo dos Santos Ribeiro<sup>1</sup>André Luís Lopes<sup>2</sup>**RESUMO**

Existem dois grandes modelos de fracionamento do corpo humano: químico e anatômico. Os métodos oriundos do modelo químico são populares devido à pesagem hidrostática ser a primeira técnica conhecida de análise corporal. No entanto, elas exibem inúmeros erros conceituais. Assim, novos métodos foram desenvolvidos no modelo anatômico. Este estudo busca apresentar e discutir fatos históricos e pressupostos teóricos que sustentam o modelo anatômico de análise tecidual. Em 1921, Matiegka (1921) desenvolveu um método que fracionava a massa corporal em quatro componentes: massa adiposa, óssea, muscular e visceral. Em 1984, Drinkwater (1984) validou as equações utilizando 13 cadáveres, propondo alterações nas fórmulas originais. Em 1990, Martin e colaboradores (1990) atualizaram a equação que estimava a massa muscular em cadáveres. Adicionalmente, Lee *et al.* analisaram por imagens os componentes teciduais em amostras *in vivo*, propondo nova equação para predizer a massa muscular. Estes estudos culminaram no método de fracionamento em cinco componentes, considerado a técnica mais econômica e completa da atualidade. Com base nestas informações, o modelo anatômico vem sendo revisado e atualizado ao longo dos anos, mostrando forte embasamento que transcende os pressupostos e limitações inerentes no modelo químico. Assim, seu uso parece mais coerente para análise da composição corporal.

**Palavras-chave:** Antropometria. Dissecção. Pregas Cutâneas. Composição Corporal.

1-Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

2-Faculdade SOGIPA, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

**ABSTRACT**

Body composition: historical evolution of tissue fractionation anatomic model

There are two major types of human body fractionation: chemical and anatomical. The methods arising from the chemical model are popular due to hydrodensitometry be the first technique known body analysis. However, they exhibit many misconceptions. Thus, new methods were developed in the anatomical model. This study aims to present and discuss historical facts and theoretical assumptions that underpin the anatomical model of tissue analysis. In 1921, Matiegka (1921) developed a method that to fractionate the body mass of four components: fat mass, bone, muscle and residual. In 1984, Drinkwater (1984) validated these equations using 13 cadavers, proposing changes to the original formulas. In 1990, Martin *et al.* (1990) updated the equation that estimated muscle mass in the cadavers. In addition, Lee *et al.* analyzed by images the tissue components *in vivo* samples, proposing new equation to predict muscle mass. These studies culminated in the fractionation method in five components, considered the most economical and complete technique of today. Based on this information, the anatomical model has been revised and updated over the years, showing strong foundation that transcends the assumptions and limitations inherent in the chemical model. Thus, its use seems more consistent for body composition analysis.

**Key words:** Anthropometry. Dissection. Skinfold Thickness. Body Composition.

E-mails dos autores:

[gustavosr@ufcspa.edu.br](mailto:gustavosr@ufcspa.edu.br)

[andregym23@hotmail.com](mailto:andregym23@hotmail.com)

**INTRODUÇÃO**

A análise da composição corporal é uma área em constante evolução. Atualmente a literatura disponibiliza inúmeros métodos para acompanhar a evolução de um atleta.

Basicamente, dois modelos de compartimentalização embasam toda teoria por trás destas técnicas: o modelo químico e o anatômico.

O primeiro permite fracionar e analisar o corpo humano em nível atômico e molecular, enquanto que no segundo a avaliação fica à nível celular e tecidual (Wang e colaboradores, 1992).

Seguramente, os métodos oriundos do modelo químico são mais populares em virtude da pesagem hidrostática ter sido a primeira técnica de análise da composição corporal difundida ao redor do mundo, considerada referência neste tipo de avaliação (Wang e colaboradores, 1992).

No entanto, fixar a densidade química da molécula de gordura em  $0,907 \text{ g/cm}^3$  e da massa livre de gordura em  $1,1 \text{ g/cm}^2$  é aceitar uma visão simplista com alguns erros conceituais (Martin e colaboradores, 1985; Clarys e colaboradores, 1999).

Por este motivo, novas técnicas foram desenvolvidas aplicando o modelo anatômico de análise tecidual (Drinkwater, 1984; Martin e colaboradores, 1990; Lee e colaboradores, 2000), culminando na metodologia de cinco componentes (Ross e Kerr, 1991).

Busca-se neste estudo apresentar e discutir fatos históricos e pressupostos teóricos que deram origem e sustentam o modelo anatômico de avaliação antropométrica.

**Análise tecidual em quatro componentes: os princípios de Matiegka**

O primeiro autor a propor um método para fracionar a massa corporal em diferentes tecidos foi o antropólogo Jindrich Matiegka (Wang e colaboradores, 1992; Clarys e colaboradores, 1999).

Este autor avaliou cadáveres oriundos da primeira guerra mundial visando desenvolver um modelo de avaliação que auxiliasse os profissionais da época com questões relacionadas à eficiência humana. Logo, aferiu diferentes medidas e as

correlacionou com os valores de massa tecidual dissecada.

O resultado do estudo foi uma série de cálculos que fracionavam a massa corporal em quatro componentes: pele e massa adiposa subcutânea, massa óssea, massa muscular e massa visceral. Os tecidos preditos eram então somados para aferir a precisão dos cálculos. Apesar do embasamento consistente, o método apresentava algumas limitações e carecia de outros trabalhos que comprovassem sua validação (Drinkwater, 1984).

Entretanto, em virtude da popularidade do modelo químico, o método de Matiegka caiu em esquecimento.

**Fracionamento tecidual em quatro componentes: a revisão de Drinkwater**

Após ficar em ostracismo por aproximadamente 60 anos, os cálculos de Matiegka foram revisados por Drinkwater. Não satisfeito com os erros conceituais observados no modelo químico, estes pesquisadores resolveram testar e validar as equações descritas por Matiegka utilizando dados de 13 cadáveres. Após aferir detalhadamente cada massa tecidual, os autores propuseram algumas alterações nas constantes do método original.

**Predição da massa muscular: uma nova abordagem metodológica**

Embora estes estudos tenham exibido alta associação entre massa predita e massa real dos cadáveres, a soma dos quatro componentes superestimava a massa corporal total (Drinkwater, 1984). Este fato impulsionou uma série de estudos que, ao contrário do modelo químico, buscavam prever a massa muscular de um sujeito e não sua densidade corporal.

Neste intuito, Martin e colaboradores (1990) usaram os dados referentes à 12 cadáveres e desenvolveram uma nova equação para prever a massa muscular. Os autores observaram alta associação ( $r = 0,98$ ) e baixo erro padrão (EPE  $\pm 1530\text{g}$ ) entre os valores preditos e mensurados na dissecação.

Esta abordagem fez alguns cientistas acreditarem que o uso desta nova equação no lugar do original, o erro em superestimar a massa corporal total poderia ser resolvido. No

entanto, esta hipótese não foi comprovada em estudos subsequentes (Cattrysse e colaboradores, 2002).

Alguns anos depois, Lee e colaboradores (2000) aproveitaram o avanço tecnológico para analisar por imagens os componentes teciduais usando amostras *in vivo*. Partindo do pressuposto que a massa muscular é o maior componente tecidual, propuseram uma rotina matemática para prever este tecido usando medidas de fácil aferição.

Diferente de outros estudos, Lee e colaboradores (2000) não usaram cadáveres ou a pesagem hidrostática para validar a técnica. Eles optaram pelo uso da ressonância magnética como método de referência.

A amostra foi composta por 244 sujeitos não obesos alocados em dois grupos, um para análise de regressão ( $n = 122$ ) e outro para validação ( $n = 122$ ). Após verificar a validade da equação em sujeitos não obesos ( $r = 0,94$  e  $EPE \pm 2500g$ ), os autores reuniram os dados ( $n = 244$ ) e desenvolveram nova equação para prever a massa muscular, desta vez, validando-a em indivíduos obesos ( $n = 80$ ). O novo procedimento demonstrou alta associação ( $r = 0,91$ ) e baixo erro padrão ( $EPE \pm 2900g$ ) em prever a massa muscular nos sujeitos obesos.

Não satisfeitos, Lee e colaboradores (2000) propuseram uma alternativa mais simples para prever a massa muscular em sujeitos não obesos ( $r = 0,93$  e  $EPE \pm 2800g$ ) e obesos ( $r = 0,89$  e  $EPE \pm 3000g$ ). Desta vez, usando apenas as medidas de estatura e massa corporal. Este foi o primeiro trabalho de análise da composição corporal usando imagens *in vivo*, fundamentando o modelo anatômico de forma consistente.

#### **Fracionamento de cinco componentes: a redenção de Matiegka**

Na década de 1980, um grupo de pesquisadores liderados por William Ross revolucionou a antropometria moderna ao conduzirem o maior estudo com análise direta de tecidos, ou seja, a dissecação de cadáveres. O *The Brussels Cadáver Analysis Study* tinha por finalidade revisar e validar o método descrito por Matiegka, além de prover dados que pudessem originar novos métodos de avaliação.

A primeira fase da pesquisa iniciou em 1979 e perdurou até 1980, período em que os autores dissecaram e analisaram os tecidos de 25 cadáveres (55 e 94 anos). A segunda etapa foi conduzida em 1983, contando com a análise de outros sete cadáveres. Este estudo propiciou uma gama imensurável de dados que fomentaram diversas publicações (Martin e colaboradores, 1985; Drinkwater, 1984; Martin e colaboradores, 1990; Ross e Kerr, 1991).

Neste estudo, os autores mensuraram cada segmento corporal enquanto dissecavam as peças. Os tecidos correspondentes à pele, tecido adiposo, ossos, músculos e vísceras foram alocados em recipientes distintos para posterior análise. É importante frisar que somente os cadáveres que estavam em boas condições foram selecionados para não comprometer a pesquisa, totalizando 25 peças de 75. Além disso, os pesquisadores testaram se a técnica para conservá-los e o sexo dos cadáveres poderia intervir no desenvolvimento dos cálculos. Fato não comprovado.

Em meados da década de 90, a australiana Débora Kerr propôs algumas modificações na metodologia original visando melhorar a consistência da técnica e resolver o empecilho da massa estruturada superestimada (Ross e Kerr, 1991).

Este trabalho propiciou o fracionamento da composição corporal em cinco componentes, considerado a técnica mais econômica e completa da atualidade. Os elementos que compuseram cada um dos cinco componentes são:

**Pele:** fração constituída por tecido conectivo, contendo músculo liso e algum músculo estriado ligado superficialmente à sua estrutura, glândulas, tecido adiposo, nervos e vasos sanguíneos que não puderam ser dissociados anatomicamente.

**Massa adiposa:** componente formado basicamente pelo tecido adiposo subcutâneo e massa adiposa visceral, com pequena contribuição do tecido adiposo intramuscular, os quais foram manualmente separados das demais estruturas e quantificados em sua totalidade.

**Massa muscular:** abrangendo fundamentalmente a musculatura esquelética, este componente ainda inclui uma porção de tecido conectivo, ligamentos, nervos, vasos com sangue coagulado e uma quantidade

indeterminada de tecido adiposo que não pode ser dissociada da musculatura. A língua foi incluída por ser considerada parte integrante da massa muscular da cabeça.

**Massa óssea:** formada pelo tecido conectivo que envolve as cartilagens, periosteio e uma quantidade mínima de musculatura que não pode ser totalmente raspada das estruturas ósseas. Contêm ainda nervos, vasos com sangue coagulado e lipídios contidos na cavidade medular.

**Massa residual:** Formada basicamente por vísceras, nervos, tecido conectivo, vasos com sangue coagulado e uma quantidade ínfima de tecido adiposo que não pode ser dissociada dos órgãos vitais.

Além disso, foram acrescentadas as massas dos órgãos sexuais, do mesentério, da árvore brônquica, dos pulmões, do coração, dos vasos maiores com todos os tecidos restantes e seus fluidos que não foram incluídos nas quatro estruturas anteriores.

#### **Análise tecidual em cinco componentes: a prerrogativa Phantom**

Ao contrário de outros modelos que utilizam a regressão linear para prever a densidade corporal, e *posteriori*, o percentual de gordura, o fracionamento em cinco componentes foi desenvolvido usando o modelo de proporcionalidade denominado Phantom (Ross e Wilson, 1974).

Portanto, o valor de cada medida era ajustado pela estatura do sujeito, normalizando a variável em uma escala padronizada. Por este motivo, o método pode ser aplicado em populações com características distintas sem que haja prejuízo metodológico. As alterações desta última revisão foram:

#### **Estimativa da massa de pele**

Observou-se que a superfície da pele dissecada nos cadáveres masculinos era superior à das mulheres. Assim, alterou-se a constante do cálculo descrito por Matiegka para prever esta variável.

#### **Estimativa da massa óssea**

Diferente de outras estruturas, este componente é predito pela soma de duas

massas que são calculadas separadamente, a massa óssea do crânio e a massa óssea do corpo. Em relação ao esqueleto, houve a inclusão de duas medidas por serem indicadoras de dimorfismo sexual (diâmetros biacromial e bi-iliocristideo), e os diâmetros do fêmur e úmero foram duplicados por representarem as extremidades ósseas (Ross e Wilson, 1974).

#### **Estimativa da massa adiposa**

O tecido adiposo subcutâneo foi mensurado em todos os pontos conhecidos antes da peça ser dissecada. Após análise detalhada dos locais de mensuração, seis dobras foram incluídas: tríceps, subescapular, supraespinhal, abdominal, coxa e panturrilha.

#### **Estimativa da massa muscular**

De forma similar as massas óssea e adiposa, este componente é estimado usando a soma de cinco perímetros corporais. No entanto, os perímetros devem ser corrigidos pela espessura de tecido adiposo local, conforme preconizado em outros trabalhos (Matiegka, 1921; Drinkwater, 1984; Martin e colaboradores, 1990; Lee e colaboradores, 2000; Ross e Kerr, 1991).

#### **Estimativa da massa residual**

Este componente é o único que utiliza a altura sentada ao invés da estatura. Isso ocorre devido aos órgãos estarem localizados internamente na região do tronco e da pelve, independente do comprimento das extremidades.

#### **Massa estrutural**

É a soma das cinco massas teciduais citadas anteriormente. No entanto, este dado não corresponde ao valor final. A massa estrutural é usada para identificar o nível de correção necessário para cada componente. Este ajuste deve ser feito para cada massa tecidual calculada.

A tabela 1 mostra o número de medidas necessárias para estimar cada um dos componentes nas diferentes técnicas.

**Tabela 1** - Variáveis antropométricas e predição dos diferentes componentes teciduais.

Estudo (ano)	Fracionamento tecidual	Número de variáveis
Matiegka (1921)	MM + MA + MO + MR	17 medidas
Drinkwater (1984)	MM + MA + MO + MR	17 medidas
Martin (1990)	MM	6 medidas
Lee (2000)	MM	8 medidas ou 2 medidas
Ross e Kerr (1991)	MM + MA + MO + MR + MP	22 medidas

**Legenda:** MM, massa muscular. MA, massa adiposa. MO, massa óssea. MR, massa residual. MP, massa de pele.

### Aplicabilidade clínica e esportiva

Para um método ser considerado válido e confiável, é preciso que alguns critérios sejam satisfatoriamente preenchidos.

Segundo a International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK), dois pontos são determinantes neste processo:

- Validação do método *in vitro* (estudo em cadáveres).
- Validação do método *in vivo* (estudo em populações).

Além destes, outros pré-requisitos bioestatísticos endossam a validação deste método. São eles:

- Validade em mais de uma população.
- Validade em amostras específicas.
- Validade em amostras com mais de 50 indivíduos.

Erro padrão de estimativa menor que 5%.

Coefficiente de determinação igual ou maior a 95% ( $r^2 \geq 0,95$ ).

### CONCLUSÃO

Os fatos históricos mostram que o modelo anatômico de análise tecidual vem sendo revisado e atualizado ao longo dos anos, cumprindo com todos os requisitos necessários para ser aplicado de modo confiável na prática clínica e esportiva.

Seu forte embasamento transcende os pressupostos e limitações inerentes do modelo químico e proporciona uma análise mais robusta da morfologia humana. Assim, seu uso parece ser uma alternativa coerente para análise da composição corporal.

### REFERÊNCIAS

1-Catrysse, E.; e colaboradores. Anthropometric fractionation of body mass: Matiegka revisited. *J Sports Sci.* Vol. 20. Núm. 9. p.717-723. 2002.

2-Clarys, J.; e colaboradores. Human body composition: A review of adult dissection data. *Am J Hum Biol.* Vol. 11. Núm. 2. p.167-174. 1999.

3-Drinkwater, D. T. An anatomically derived method for the anthropometric estimation of body composition. 1984. Simon Fraser University. Canada.

4-Matiegka, J. The testing of physical efficiency. *Am J Phys Anthropol.* Vol. 4. Núm. 3. p.223-230. 1921.

5-Lee, R.C.; e colaboradores. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr.* Vol. 72. Núm. 3. p.796-803. 2000.

6-Martin, A.; e colaboradores. Prediction of body fat by skinfold caliper: assumptions and cadaver evidence. *Int J Obes.* Vol. 9. Suppl 1. p.31-39. 1985.

7-Martin, A.; e colaboradores. Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Med Sci Sports Exerc.* Vol. 22. Núm. 5. p.729-733. 1990.

8-Ross, W.; Kerr, D. Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva. *Apunts Med Esport.* Vol. 28. Vol. 109. p.175-188. 1991.

9-Ross, W.; Wilson, N. A stratagem for proportional growth assessment. *Acta Paediatr Belg.* Vol. 28. p.169-182. 1974.

10-Wang, Z.; Pierson, R.; Heymsfield, S. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr.* Vol. 56. Núm. 1. p.19-28. 1992.

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpex.com.br](http://www.rbpex.com.br)

---

Endereço para correspondência:

Gustavo dos Santos Ribeiro.

Universidade Federal de Ciências da Saúde  
de Porto Alegre.

Programa de Pós-Graduação em Ciências da  
Reabilitação.

Rua Sarmento Leite, 245 - anexo III.

Porto Alegre-RS, Brasil.

CEP 90050-170.

Recebido para publicação 12/11/2016

Aceito em 02/02/2017