

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS**

**ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO DE REPOUSO: EFEITO DA MASSA
MAGRA NAS DIFERENTES EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO**

LUIZ GUSTAVO ALMEIDA DOS SANTOS

Rio Claro – SP
2022

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS**

**ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO DE REPOUSO: EFEITO DA MASSA
MAGRA NAS DIFERENTES EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO**

LUIZ GUSTAVO ALMEIDA DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias.

Orientador: Prof. Dr. Dalton Muller Pessôa-Filho

Coorientadora: Eliane Aparecida Castro

Rio Claro – SP
2022

S237e

Santos, Luiz Gustavo Almeida dos
Estimativa do gasto energético de repouso : Efeito da massa magra nas diferentes equações de predição / Luiz Gustavo Almeida dos Santos. -- Rio Claro, 2022
45 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Dalton Muller Pessôa-Filho
Coorientadora: Eliane Aparecida Castro

1. Metabolismo. 2. Gasto energético. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

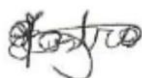
Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

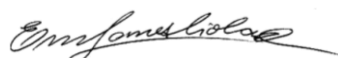
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO DE REPOUSO: EFEITO DA MASSA MAGRA NAS DIFERENTES EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO

AUTOR: LUIZ GUSTAVO ALMEIDA DOS SANTOS
ORIENTADOR: DALTON MULLER PESSÔA FILHO
COORIENTADORA: ELIANE APARECIDA DE CASTRO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS, área: Tecnologias nas Dinâmicas Corporais pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. ELIANE APARECIDA DE CASTRO (Participação Virtual)
Pós Doutoranda do Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP



Prof. Dr. EMMANUEL GOMES CIOLAC (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP



Prof. Dr. WELLINGTON SEGHETO (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais
- Campus Barbacena - MG

Rio Claro, 06 de janeiro de 2022

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

RESUMO

O gasto energético de repouso (GER), descrito como a energia mínima para se manter as integridades fisiológicas do corpo, é estritamente importante para o entendimento do gasto energético diário, além de apresentar forte influência de variáveis fisiológicas e inatas. Devido a alguns entraves de mensuração provenientes das calorimetrias, foram propostas inúmeras equações visando prever o GER e facilitar sua utilização no meio clínico. Entretanto, por apresentarem amostras muito específicas na confecção das equações, muitas delas começaram a apresentar problemas de super ou subestimações do GER em grupos populacionais no Brasil. Assim, o presente estudo buscou investigar as influências da composição corporal no GER predito pelas equações de Harris e Benedict (1918) (equação 1), Schofield (1985) (equação 2) e Mifflin (1990) (equações 3 e 4) em brasileiros de ambos os sexos de diferentes faixas etárias. Para isso, foram analisados a composição corporal por absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA) de 846 homens e 1141 mulheres moradores de Bauru, no estado de São Paulo, Brasil. Utilizou-se média e desvio padrão para todas as variáveis analisadas. Para a comparação da massa gorda (MG) e massa livre de gordura (MLG) entre as diferentes faixas etárias e os resultados das diferentes equações foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, com post-hoc de Mann-Whitney e correção de Bonferroni. Para as correlações lineares foi utilizado o teste de correlação de Spearman. Regressões lineares para MG e MLG para cada equação de predição foram realizadas e valores que não apresentaram normalidade foram excluídos para garantir a normalidade dos resíduos. Os resultados mostraram que a MLG se apresenta similar durante toda a fase adulta (homens, $\sim 62,4 \pm 8,9$ kg; mulheres, $\sim 44,0 \pm 8,4$ kg), com um declínio a partir dos 60 anos para ambos os sexos. Já a MG apresentou uma variação semelhante para ambos os sexos, com um aumento a partir dos 40 anos e um declínio a partir da faixa etária ≥ 70 anos. As comparações entre as equações mostraram que todas se diferem entre si para as mulheres, independentemente da idade ($p < 0,001$). Para os homens as diferenças apareceram apenas na faixa etária de 20 a 59 anos. Tanto as correlações quando as regressões demonstram uma forte explicação da MLG para os resultados preditos pelas equações em ambos os sexos (homens: equação 1, $R^2 = 0,737$; equação 2, $R^2 = 0,685$; equação 3, $R^2 = 0,734$; mulheres: equação 1, $R^2 = 0,620$; equação 2, $R^2 = 0,625$; equação 3, $R^2 = 0,636$), com a MG apresentando um R^2 insatisfatório. O principal achado do estudo foi que a MLG apresentou elevado poder explicativo do perfil de GER obtido pelas equações preditivas. Além disso, para os homens idosos as equações parecem não se diferenciar entre si, mostrando diferenças apenas para as idades mais novas, o que não aconteceu no sexo feminino, onde todos os valores preditos eram diferentes. Portanto, concluímos que a MLG se apresenta como a variável mais importante quando se busca entender as variâncias do GER. Além de salientar o cuidado ao se utilizar equações de predição no meio clínico, uma vez que seus resultados não são muito esclarecedores.

Palavras-chaves: Metabolismo basal. Calorimetria indireta. Taxa metabólica em repouso. Equações preditivas.

ESTIMATION OF RESTING ENERGY EXPENDITURE: EFFECT OF LEAN MASS ON DIFFERENT PREDICTION EQUATIONS

Resting energy expenditure (REE), described as the minimum energy to maintain the physiological integrity of the body, is strictly important for the understanding of daily energy expenditure, besides being strongly influenced by physiological and innate variables. Due to some measurement barriers arising from calorimetry, many equations have been proposed to predict REE and facilitate its use in the clinical setting. However, many of these equations have shown problems of over- or underestimation of GER in Brazilian populations, since they included very specific samples. Thus, the present study aimed to investigate the influence of body composition on REE predicted by the equations of Harris and Benedict (1918) (equation 1), Schofield (1985) (equation 2) and Mifflin (1990) (equations 3 and 4) in Brazilian men and women of different age groups. For this purpose, body composition was analyzed by dual energy X-ray absorptiometry (DXA) in 846 men and 1141 women living in Bauru, in the state of São Paulo, Brazil. Mean and standard deviation were used for all analyzed variables. For the comparison of fat mass (FM) and fat-free mass (FFM) among the different age groups and the results of different equations, the Kruskal-Wallis test was used, with Mann-Whitney post-hoc and Bonferroni correction. Spearman's correlation test was used for linear correlations. Linear regressions for MG and MLG for each prediction equation were performed and values that did not show normality were excluded to ensure the normality of the residuals. The results showed that FFM was similar throughout adulthood (men, $\sim 62.4 \pm 8.9$ kg; women, $\sim 44.0 \pm 8.4$ kg), with a decline after age 60 for both sexes. On the other hand, MG showed similar variation for both sexes, with an increase starting at age 40 years and a decline starting at age ≥ 70 years. Comparisons among the equations showed that they all differed from each other for women, regardless of age ($p < 0.001$). For men differences appeared only in the age groups 20 to 59 years. Both correlations and regressions demonstrated a strong explanation of FFM for the outcomes predicted by the equations in both sexes (men: equation 1, $R^2 = 0.737$; equation 2, $R^2 = 0.685$; equation 3, $R^2 = 0.734$; women: equation 1, $R^2 = 0.620$; equation 2, $R^2 = 0.625$; equation 3, $R^2 = 0.636$), with MG presenting an unsatisfactory R^2 . The main finding of the study was that the FFM showed high explanatory power for the REE profile obtained by the predictive equations. Furthermore, for older males the equations did not seem to differ from each other, showing differences only for younger ages, which was not the case for females, where all predicted values were different. Therefore, we conclude that the MLG presents itself as the most important variable when seeking to understand the variances of the REE. Besides emphasizing the caution when using prediction equations in the clinical setting, since their results are not very enlightening.

Keywords: Basal Metabolism. Indirect calorimetry. Resting metabolic rate. Predictive equations.

Lista de Figuras

Figura 1 – Massa livre de gordura e massa gorda nas diferentes faixas etárias em homens 29

Figura 2 – Massa livre de gordura e massa gorda nas diferentes faixas etárias em mulheres 30

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Equações utilizadas para estimativa do GER.....	25
Tabela 2 – Caracterização da amostra estudada.....	28
Tabela 3 – Comparação do GER obtido pelas diferentes equações.....	30
Tabela 4 – Resultado das correlações de Spearman entre os valores preditos pelas diferentes equações e a MLG e MG para ambos os sexos.....	31
Tabela 5 – Resultado das regressões lineares das diferentes equações sobre MLG e MG para ambos os sexos	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Gasto energético de repouso	12
2.1.1 Índices antropométricos e composição corporal	14
2.1.2 Características biológicas	16
2.1.3 Exercícios	18
2.2 Formas de mensuração do GER	20
2.2.1 Equações de predição do GER.....	21
3. OBJETIVOS	24
3.1 Objetivo geral	24
3.2 Objetivos específicos	24
4. MÉTODOS	25
4.1 Sujeitos	25
4.2 Composição corporal	25
4.3 Equações de predição do GER.....	26
4.4 Análise estatística	26
5. RESULTADOS	28
6. DISCUSSÃO	33
7. CONCLUSÃO	38
8. REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, o termo “Grundumsatz” ou taxa metabólica basal (TMB) foi criado por Magnus-Levy, em 1899, com o intuito de isolar apenas o gasto energético obtido em repouso, além de enfatizar a necessidade de métodos de padronização para mensuração da TMB que buscassem eliminar interferências que podem deturpar a integridade fisiológica da TMB durante a mensuração (MAGNUS-LEVY, 1947). Portanto, por apresentar a possibilidade de diagnosticar e monitorar distúrbios endócrinos (especialmente relacionados à tireoide), cresce (durante o século XX) o interesse de estudos sobre a TMB nos principais centros acadêmicos e clínicas médicas ao redor do mundo (HENRY, 2005).

Hoje o termo TMB não é mais tão utilizado, sendo substituído por gasto energético de repouso (GER) que, apesar de ainda demandar um protocolo específico para sua mensuração, não precisa ser realizada pela manhã ao início do estado de vigília, após 24 horas de jejum noturno e com o indivíduo obrigado a dormir no local da medição (COMPTON *et al.*, 2006). Entretanto, tanto TMB quanto GER são descritos como o consumo diário mínimo de energia exigida pelo metabolismo para manter as integridades e funções vitais do corpo (AINSWORTH *et al.*, 2000). O GER é útil como referência de demanda energética diária em estudos que investigam o controle ponderal e as mudanças da composição corporal, uma vez que é responsável por contribuir com 60% a 70% do gasto energético diário total (HALL *et al.*, 2012; MÜLLER *et al.*, 2011; SPEAKMAN; SELMAN, 2003).

Além disso, o GER sofre influência de diversas características individuais, como peso e altura (HENRY, 2005; LIVINGSTON; KOHLSTADT, 2005; GALLAGHER *et al.*, 2000), sexo (PRADHAN, 2014; ARCIERO; GORAN; POEHLMAN, 1993; FERRARO *et al.*, 1992), idade (LAZZER *et al.*, 2010; HENRY, 2000), composição corporal (HIRSCH *et al.*, 2017; MÜLLER *et al.*, 2011; NELSON *et al.*, 1992; CUNNINGHAM, 1980), raça (RENEAU *et al.*, 2019; GALLAGHER *et al.*, 2006), e ações hormonais (SERFATY *et al.*, 2017; CARNEIRO *et al.*, 2016) que são reconhecidas como aquelas que mais impactam na variância de GER. Destacam-se também outras variáveis, como os exercícios físicos, que de maneira aguda até conseguem causar um aumento provisório no GER (mediante o consumo excessivo de oxigênio após o exercício para restabelecer a homeostase do organismo,

conhecido como efeito EPOC) (MATSUO *et al.*, 2012), mas de maneira crônica, suas ações impactam mais diretamente nas outras variáveis como composição corporal, índices antropométricos e diferente balanço hormonal (ALBERGA *et al.*, 2017; ARISTIZABAL *et al.*, 2015).

As principais formas para mensurar o GER são por meio das calorimetrias direta e indireta, métodos considerados padrão ouro e capazes de medir o calor produzido e o consumo de gases do metabolismo durante o repouso ou uma atividade (JEQUIER; ACHESON; SCHUTZ, 1987). A calorimetria direta funciona medindo o calor liberado do corpo por radiação, evaporação e convecção ou condução. Entretanto, por mais que o método de calorimetria direta seja muito preciso, é necessário que o sujeito fique “preso” dentro de uma câmara especial (SCHUTZ, 1995). Isso torna o método muito difícil de se construir, operar e, em muitos casos, praticamente inviável pelo seu custo-benefício (KAIYALA; RAMSAY, 2011).

Já o método da calorimetria indireta utiliza-se de cálculos matemáticos que, através do consumo de oxigênio e da produção de gás carbônico, predizem com precisão o gasto energético da atividade ou repouso (PORTER; COHEN, 1996). Porém, mesmo sendo mais “simples” que a calorimetria direta, a calorimetria indireta ainda se apresenta como um componente caro e muitas vezes não muito viável para se mensurar grande grupos de pessoas em pouco espaço de tempo (MTAWEH *et al.*, 2018). Para se manter uma maior integridade fisiológica do metabolismo durante a mensuração do GER na calorimetria indireta é necessário que o exame ocorra em um ambiente termoneutro (de 21°C a 25°C), com o sujeito deitado em uma maca, descansado (evitando a prática de exercícios ou atividades físicas extenuantes 12h prévia ao teste), em jejum (mínimo de 4h), evitando o consumo de drogas de 4h (nicotina) a 24h (cafeína, álcool e outras drogas) e proporcionando uma familiarização com o equipamento previamente ao teste (SOARES; MÜLLER, 2018; FULLMER *et al.*, 2015; FRANKENFIELD; ROTH-YOUSEY; COMPHER, 2005).

Portanto, devido ao alto custo do material, ao tempo demandado pelo exame e à pouca disponibilidade do serviço para a população em geral, o uso das calorimetrias torna-se limitado. Desse modo, a partir do início do século XX começaram a surgir várias equações baseadas em índices antropométricos (peso e altura), idade e sexo, buscando prever o GER em diversas populações (FRANKENFIELD; ROTH-YOUSEY; COMPHER, 2005; HENRY, 2005). Um exemplo

bem conhecido e amplamente utilizado no meio clínico são as equações derivadas das regressões lineares feitas por Harris e Benedict em 1918, que utilizaram 136 homens e 103 mulheres norte-americanos (MUTH; ROWE, 1998). Em 1985, a *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, a Organização Mundial da Saúde e a Organização das Nações Unidas (FAO/OMS/ONU) também disponibilizaram em seu relatório uma série de equações para predição do GER baseadas na equação de Schofield (1985), que foi desenvolvida a partir de dados de 7173 sujeitos norte-americanos e europeus de 114 estudos publicados, considerando apenas o peso corporal, sexo e idade (HENRY, 2000).

Mais tarde, e baseado na influência da composição corporal no GER (especificamente a massa livre de gordura [MLG]), outras equações começaram a incluir a MLG que é responsável por até 80% do GER (DULLOO *et al.*, 2010; CUNNINGHAM, 1991). Essas equações se baseiam em características de maior relevância para o GER, incorporando variáveis como a massa corporal, a altura, a composição corporal, a idade e as diferenças entre os sexos por também serem responsáveis pela variância do GER (HEYMSFIELD *et al.*, 2021).

Porém, como a base de dados dessas equações foram desenvolvidas utilizando populações específicas (basicamente populações norte-americanas e europeias compostas majoritariamente por pessoas sem sobrepeso ou obesidade), muitos estudos começaram a reportar valores super ou subestimados de GER (RENEAU *et al.*, 2019; TINSLEY; GRAYBEAL; MOORE, 2019; ITOI *et al.*, 2017). O estudo de Balci *et al.*, (2021) comparou diferentes equações de predição do GER com o GER medido por calorimetria indireta em atletas e sedentários turcos, para averiguar se as equações seriam adequadas para os diferentes grupos. Para o grupo de atletas, o coeficiente intraclassa (ICC) indicou que todas as equações apresentaram uma confiabilidade de baixa a moderada para atletas (homens, ICC= 0,279-0,584; mulheres, ICC= -0,020-0,575) em comparação com o GER medido. Para o grupo sedentário, apenas para os homens as equações de Owen *et al.* (1987), Mifflin *et al.* (1990) e Nelson *et al.* (1992) apresentaram baixo erro de predição, enquanto todas as equações diferiram significativamente do valor real medido para as mulheres.

No Brasil e na América do Sul, foram poucos os estudos que buscaram investigar a utilização das equações de predição de GER em suas populações. Por exemplo, Anjos, Wahrlich e Vasconcellos (2012) buscaram comparar a TMB predita

pelas equações de Schofield (1985), Harris e Benedict (1918) e Henry e Rees (1991) com a TMB medida por calorimetria indireta em jovens adultos. Esses autores reportaram que nenhuma das equações preditivas da TMB foram adequadas, apresentando uma superestimação de 20% para as equações de Schofield e Harris e Benedict e 16% para a equação de Henry e Rees. Esses achados apontam para uma ineficiência em se mensurar o GER, quando não se aplica as principais equações de predição em grupos com as mesmas características dos encontrados nos estudos que propuseram as equações.

Portanto, ao utilizar as equações de predição do GER em diferentes grupos e subgrupos da população (por exemplo homens magros, mulheres com sobrepeso ou obesas), os valores de GER podem não representar precisamente a demanda energética, prejudicando a efetividade de protocolos que propõem mudanças na composição corporal e melhora da saúde (SABOUNCHI; RAHMANDAD; AMMERMAN, 2013). Dessa forma, é imprescindível entender quais equações fornecem estimativas mais adequadas em cada grupo e subgrupo, no efetivo controle e combate a crescente epidemia de obesidade e síndromes metabólicas (MCMURRAY *et al.*, 2014; ACSM, 2009).

Além disso a literatura aponta que, mesmo sendo recomendada pelas Diretrizes da Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica (ABESO, 2016), ainda são poucos os estudos no Brasil que exploram a equação de Mifflin *et al.* (1990), que utiliza da MLG para predizer o GER, e, portanto, há muitos estudos focando apenas em equações que usam os índices antropométricos. Desse modo, o presente estudo busca investigar o nível de correlação e, assim, a influência da composição corporal no GER estimado pelas equações de Harris e Benedict (1918), Schofield (1985) e Mifflin (1990) entre homens e mulheres brasileiros de diferentes faixas etárias.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Gasto energético de repouso

Os primeiros trabalhos sobre o tema “metabolismo energético” datam de mais de 200 anos atrás (HENRY, 2000). As descobertas proporcionadas por esses trabalhos pioneiros foram de suma importância para a criação e desenvolvimento de diversos mecanismos e equações matemáticas durante o início do século XX, sendo as principais responsáveis pela capacidade de quantificar o gasto das ações do nosso metabolismo nos dias atuais (HEYMSFIELD et al., 2021; HENRY, 2005; LIVINGSTON; KOHLSTADT, 2005).

2.1.1 Índices antropométricos e composição corporal

Para falarmos da atuação da composição corporal sobre o GER, é necessário entender que essa interação é baseada nos conceitos de que apenas tecidos metabolicamente ativos (~40 componentes) contribuem com o GER, sendo essa interação quantitativa e mensurável (WANG *et al.* 1998). Além de serem organizados em cinco níveis distintos (mas conectados) que compõem o peso corporal total (PC), sendo eles: atômico (oxigênio, gás carbônico, hidrogênio, nitrogênio, cálcio e fósforo); molecular (água, lipídios, proteínas, componentes inorgânicos e glicogênio); celular (células, fluidos extracelulares e sólidos extracelulares); órgãos e tecidos (órgãos, músculo esquelético, tecido adiposo, tendões ou matérias metabolicamente inertes) e corpo todo (junção de todos os níveis anteriores) (WANG *et al.* 2001; 1998). Desta forma, por apresentar uma grande facilidade de mensuração e com uma alta taxa de precisão e confiabilidade, o PC se apresenta como sendo uma peça-chave para elaboração das principais equações derivadas das variáveis antropométricas (SABOUNCHI; RAHMANDAD; AMMERMAN, 2013; HENRY, 2005).

Ao analisar a contribuição das principais variáveis antropométricas (em especial o PC) sobre a variância do GER, Livingston e Kohlstaft (2005) descobriram que o PC explicou 53% (homens) e 52% (mulheres) de toda variância de GER, enquanto a altura e a idade explicaram, respectivamente, 23% e 13% (homens) e 19% e 12% (mulheres), quando avaliadas individualmente por regressões lineares simples. Porém, esses autores destacaram que quando as três variáveis são inseridas simultaneamente em uma equação de regressão múltipla, a quantidade de variância

explicada por peso e idade permaneceu aproximadamente a mesma. Em outro, Heymsfield et al. (2021) também demonstraram uma alta correlação positiva entre o PC e o GER em homens e mulheres em normopeso, onde os homens apresentaram uma correlação de $R^2= 0,69$ e as mulheres $R^2= 0,72$.

Esses achados apontam para o fato de o GER ser sempre maior para sujeitos com maior massa corporal absoluta (MCMURRAY *et al.*, 2014; SABOUNCHI; RAHMANDAD; AMMERMAN, 2013). Um maior GER pode ser explicado pela taxa metabólica aumentar proporcionalmente com o aumento do tamanho corporal (LIVINGSTON; KOHLSTADT, 2005; KLEIBER, 1947), além de depender principalmente da quantidade de MLG disponível (HIRSCH *et al.*, 2017; MCMURRAY *et al.*, 2014; MÜLLER *et al.*, 2011; CUNNINGHAM, 1980). Portanto, isso explicaria o porquê de indivíduos obesos apresentarem um GER maior quando comparados com indivíduos não obesos pelo peso absoluto (HIRSCH *et al.*, 2017; ASTRUP *et al.*, 1999). Contudo, quando se pondera pela MLG, o GER tende a ser menor para os obesos mesmo estes apresentando um PC maior (MCMURRAY *et al.*, 2014), já que indivíduos obesos apresentam uma grande quantidade de massa gorda (MG) que não contribui de forma significativa para o aumento do GER (DULLOO *et al.*, 2010; HEYMSFIELD *et al.*, 2002).

A altura também aparece como uma variável antropométrica muito utilizada nas equações desenvolvidas por Harris e Benedict (1919). Porém, a altura parece não apresentar uma grande contribuição para a variância no GER, uma vez que o tecido ósseo não responde como um tecido metabolicamente ativo (GALLAGHER *et al.*, 1998) e segue uma certa regra anatômica bem definida (de maneira geral, o formato dos ossos seguem padrões definidos de tamanho e formatos entre os sexos) independentemente do tamanho do indivíduo (BIEWENER, 1989). Outro ponto é que por mais que os órgãos tenham uma grande contribuição para o GER, a massa cerebral, por exemplo, difere minimamente entre pessoas baixas e altas de mesma idade e sexo (HEYMSFIELD *et al.*, 2012). Por esta razão, a altura, em nível de importância, perde para o PC como uma covariável nas equações de predição do GER (HE *et al.*, 2009; GALLAGHER *et al.*, 2000).

Como já abordado anteriormente, a composição corporal apresenta grande importância sobre a variância do GER, por separar tecidos mais e menos metabolicamente ativos (HIRSCH *et al.*, 2017; CUNNINGHAM, 1980). Assim, a MLG

é responsável por até 80% de toda variação no GER, constituída pelas atividades involuntárias dos órgãos (de ~60% a 80%) e pela contribuição da musculatura esquelética (de ~20% a 30%) (DULLOO *et al.*, 2010; CUNNINGHAM, 1991). Embora a contribuição da musculatura esquelética seja menor comparada àquela representada pela atividade involuntária dos órgãos, sua relevância se dá pela grande quantidade presente no corpo e pelas demandas funcionais impostas sobre outros tecidos (HIRSCH *et al.*, 2017).

Portanto, um corpo magro (maior quantidade de MLG que MG), apresenta uma melhora na capacidade de oxidação de substratos e regulações metabólicas, dificultando a aquisição de doenças e síndromes metabólicas e dificultando também uma possível diminuição do GER com o avançar da idade (FUKUSHIMA *et al.*, 2016; BOUCHARD *et al.*, 2009; HENRY, 2005). O oposto ocorre com indivíduos obesos ou com excesso de gordura corporal, que por mais que apresentem valores absolutos de GER maiores que indivíduos magros, a funcionalidade e a contribuição para as funções metabólicas da MLG são dificultadas devido as ações inflamatórias da MG (CARNEIRO *et al.*, 2016). Dessa forma, promover o aumento ou a manutenção da musculatura esquelética é de suma importância quando se busca a modulação da composição corporal, melhora da saúde e conseqüente melhora na qualidade de vida dos indivíduos no geral (MURPHY *et al.*, 2014; BOUCHARD *et al.*, 2009).

No início da década de oitenta, Cunningham (1980) foi um estudo pioneiro na demonstração das correlações entre MLG e GER ($R^2= 0,70$). Posteriormente, uma série de outros autores como Nelson *et al.* (1992) e, mais recentemente, Sabounchi, Rahmandad e Ammerman (2013) demonstraram, de maneira geral, que a MLG se apresenta como um dos melhores preditores independentes do GER. Além disso, as regressões propostas pelos autores supracitados também demonstraram a MG como um coeficiente moderadamente positivo, fornecendo uma ligeira melhora no poder preditivo (principalmente em mulheres) (SABOUNCHI; RAHMANDAD; AMMERMAN, 2013; NELSON *et al.*, 1992).

Desta maneira, a MG também se apresenta como uma variável capaz de contribuir para a modulação do GER (HIRSCH *et al.*, 2017; NELSON *et al.*, 1992). Em indivíduos com peso normal, o impacto da MG não é muito relevante, contribuindo apenas com 5% de todo o GER (DULLOO *et al.*, 2010). Diferentemente do que ocorre indivíduos obesos, onde esse excesso de MG é suficiente para gerar um impacto nas

funções metabólicas, elevando GER pelo aumento da massa corporal total, embora esse aumento não possa ser explicado apenas por um aumento do compartimento do tecido adiposo (LAZZER *et al.*, 2010; HEYMSFIELD *et al.*, 2002). Principalmente pelo fato de que o excesso de MG, em especial a subcutânea, também pode acarretar a diminuição do GER devido às alterações na capacidade de oxidação de substratos e a desregulação de inúmeras ações hormonais, como aquelas desempenhadas pelos hormônios insulina e cortisol, importantíssimos para o funcionamento adequado do metabolismo da glicose (SERFATY *et al.*, 2017; KELLEY, 2005; COLBERG *et al.*, 1995). Portanto, tanto PC quanto MLG são os principais preditores de toda a variância do GER na comparação dos tamanhos de efeito para diferentes variáveis independentes.

Quando se comparam as diferenças da composição corporal durante o envelhecimento entre os sexos, nota-se uma certa similaridade na variação da MLG e MG (HENRY, 2000). Para os homens, a MLG parece iniciar seu declínio após os 60 anos e a MG se elevar entre os 40 a 69 anos, com uma redução a partir dos 70 anos. Já para as mulheres, a MG atua de maneira muito parecida, onde se observa um aumento entre os 40 a 69 anos e um declínio após os 70. Entretanto, a MLG não apresenta uma estabilização como visto para o sexo masculino, apresentando declínios a partir dos 60 anos (GEISLER *et al.*, 2016; LAZZER *et al.*, 2010). Por outro lado, homens apresentam um GER ligeiramente superior àquele observado para as mulheres (SABOUNCHI; RAHMANDAD; AMMERMAN, 2013). E, grande parte disso, se deve ao fato de que os homens geralmente apresentem PC, altura e quantidade de MLG mais elevadas em relação às mulheres em praticamente todas as faixas etárias (HEYMSFIELD *et al.*, 2021; GEISLER *et al.*, 2016; LAZZER *et al.*, 2010; HENRY, 2000; CHUMLEA; VELLAS; GUO, 1998).

Mesmo comparando homens e mulheres com o mesmo PC, o GER provavelmente ainda seria mais elevado para os homens que para as mulheres, pela maior disponibilidade de MLG nos homens e maior quantidade de MG nas mulheres (MCMURRAY *et al.*, 2014; BUTTE *et al.*, 2003). Curiosamente, essa diferença parece permanecer, embora atenuada, mesmo quando se compara ambos os sexos com um ajuste para MLG, como demonstrado por Arciero, Goran e Poehlman *et al.* (1993), que diferentemente de muitos estudos anteriores, utilizou uma grande amostra populacional para verificar a possível existência dessa diferença (homens; N= 328;

mulheres; N= 198). Os autores descobriram que mesmo após um ajuste para MLG, as mulheres ainda permaneciam com um GER 3% menor que os homens. Do mesmo modo, Ferraro *et al.* (1992) também encontraram uma diferença de 5% do GER maior para homens após o ajuste para MLG.

As diferenças na composição corporal também se refletem na distribuição da MG em homens e mulheres (PRADHAN, 2014). Como os homens apresentam uma distribuição androide, a qual se relaciona com uma maior concentração de gordura visceral e as mulheres uma distribuição ginoide, associada a uma maior concentração de gordura subcutânea, as diferenças se dariam pelo fato de a gordura visceral ser mais metabolicamente ativa que a subcutânea (SERFATY *et al.*, 2017). Além disso, para as mulheres, a gordura visceral está consistentemente associada a disfunções metabólicas que, de maneira geral, diminuem a ação metabólica de alguns hormônios e tecidos causando um eventual declínio do GER (PRADHAN, 2014). Portanto, mesmo usando uma comparação igual entre homens e mulheres, a variância do GER para homens se apresenta maior por uma maior quantidade de tecido metabolicamente ativo e ações hormonais mais “responsivas” (HEYMSFIELD *et al.*, 2021).

2.1.2 Características biológicas

Dentre as primeiras investigações sobre a influência da idade sobre o GER, Magnus-Levy (1947) demonstrou uma diminuição de 13% do GER em diferentes períodos de vida ao longo de 5 décadas, semelhante à diminuição encontrada por ele ao medir o GER de outros autores pioneiros dos estudos de metabolismo basal como Harris e Benedict e Du Bois à medida que envelheciam (MAGNUS-LEVY, 1947). Desde então, alguns estudos buscaram entender quando e quais os mecanismos fisiológicos subjacentes que, como o avançar da idade, seriam responsáveis pela diminuição dos valores absolutos do GER (HENRY, 2000).

Assim, Rinder *et al.* (1975) realizaram um estudo longitudinal para entender as principais mudanças do metabolismo ao longo do tempo. Seus achados mostraram que muitos dos parâmetros fisiológicos permaneciam constantes até a meia-idade (50 anos), apresentando um declínio significativo após os 70 anos de idade. Outros autores relataram que, mesmo apresentando valores semelhantes de MLG entre jovens e idosos, o GER foi menor para o grupo de indivíduos mais velhos (MORGAN;

YORK, 1983). Ainda neste contexto, Lazzer *et al.* (2010), ao comparar o GER de 8780 indivíduos obesos de 7 a 74 anos de idade (1412 crianças e adolescentes e 7368 adultos e idosos), mostraram que o GER aumentava a cada ano até a fase adulta e decaía com o envelhecimento. Esses resultados confirmam observações anteriores de que há uma redução no GER ao longo do tempo mesmo quando ajustado para diferenças na composição corporal, podendo as diferenças na fração celular de órgãos e tecidos ser responsável pelos menores valores de GER observados em idosos quando comparados com indivíduos mais jovens (WANG *et al.*, 2007, 2005; GALLAGHER *et al.*, 2000).

Com o avanço da idade, a diminuição no número de mitocôndrias hepáticas, no fígado, coração e músculos esqueléticos (BRATIC; LARSSON, 2013), a redução dos receptores β -adrenérgicos de tecido (RUGGIERO; FERRUCCI, 2006), o aumento no número de prótons mitocondriais no músculo esquelético e a redução da síntese de proteína mitocondrial (SHORT *et al.*, 2005) podem ser responsáveis pelo menor consumo basal de oxigênio e menor gasto energético observados em idosos. Além disso, outros fatores que correspondem representam uma parcela importante para a diminuição do GER com o avançar da idade estão relacionados à diminuição da MLG (tanto os órgãos como a musculatura esquelética) e ao aumento da MG (GEISLER *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2010; GALLAGHER *et al.*, 2000).

Como demonstrado por Evans e Lexell (1995), o declínio do GER decorrente da diminuição da musculatura esquelética ocorre principalmente por uma mudança histológica. Em seu estudo, esses autores demonstraram que com o avançar da idade a musculatura esquelética apresentou maiores quantidades de tecidos adiposo intermuscular e conjuntivo e uma diminuição do número de fibras contráteis do tipo 2. Geisler *et al.* (2016) também confirmaram uma diminuição do GER com a redução da MLG (órgãos e musculatura esquelética), apresentando diminuições de 3% e 15%, respectivamente, no tamanho dos órgãos (fígados e rins) e na musculatura esquelética quando comparados homens e mulheres idosos com indivíduos jovens. Portanto, entende-se que as mudanças celulares, metabólicas, histológicas e anatômicas, devam ser as maiores responsáveis pelo menor GER observado em adultos idosos (WANG *et al.*, 2007).

Por fim, a raça também representa uma pequena parcela das diferenças no GER entre os indivíduos (RENEAU *et al.*, 2019; XUE *et al.*, 2019). Como já

demonstrado na literatura, os afro-americanos, em média, apresentam um perfil de composição corporal favorável para um maior GER, já que apresentam uma maior proporção de MLG e uma menor quantidade de MG que pessoas brancas do mesmo tamanho, peso, idade e sexo (SHARP *et al.*, 2002; FOSTER; WADDEN; VOGT, 1997). Entretanto, mesmo com esse perfil favorável, os afro-americanos apresentam um GER 5% menor em comparação com grupos de pessoas caucasianas (SHARP *et al.*, 2002; JAKICIC; WING, 1998).

Conforme demonstrado por Reneau *et al.* (2019), o grupo de indivíduos afro-americanos apresentaram um GER medido menor que o grupo de indivíduos caucasianos. Além disso, seu gasto diário foi, em média, 144 kcal/dia menor, mesmo após ajustes para MLG e MG. Essas diferenças só foram igualadas após um ajuste para a MLG de tronco, indicando que diminuição no GER poderia ser explicada pelo menor tamanho de órgãos metabolicamente ativos no grupo de sujeitos afro-americanos. Gallagher *et al.* (2006) também atribuiu essas diferenças no GER ao tamanho dos órgãos em afro-americanos. Através de uma análise de ressonância magnética, os investigadores mediram o tamanho dos principais órgãos metabolicamente ativos (cérebro, coração, fígados e rins) de 64 homens (n= 8 negros, 27 brancos) e mulheres (n= 34 negras, 30 brancas) saudáveis. Seus achados revelaram uma diferença de tamanho dos órgãos entre os diferentes grupos raciais, onde afro-americanos apresentaram órgãos menores (fígado e rins) e, portanto, gastariam menos energia em estado de repouso. Além disso, vale se considerar que alguns fatores como a alimentação local e variáveis demográficas podem ser responsáveis por algumas dessas diferenças de GER e composição corporal relatadas anteriormente entre grupos étnico-raciais (HEYMSFIELD *et al.*, 2021).

2.1.3 Exercícios

Para a população em geral, o exercício físico se apresenta como uma das ferramentas responsáveis por gerar um aumento da força, modulação da composição corporal e proporcionar uma melhora geral na qualidade de vida e redução da chance de desenvolvimento de doenças (KRAEMER *et al.*, 2017; ACSM, 2009). Dentre as diferentes formas de exercício, o treinamento resistido (TR) aparece como uma das principais modalidades supostamente capazes de modular o GER, por apresentar como resposta crônica a capacidade de modular a composição corporal, em especial

aumentando ou promovendo a manutenção da MLG (TINSLEY; GRAYBEAL; MOORE, 2019; ARISTIZABAL *et al.*, 2015; KRAEMER *et al.*, 2017; KIRK *et al.*, 2009).

Byrne e Wilmore (2001) investigaram o efeito de diversos protocolos de treinamento, sendo eles o TR, aeróbio ou a combinação dos dois durante 20 semanas em mulheres adultas obesas. Somente o grupo que realizou o TR apresentou um aumento de 3% no GER após um aumento de ~1,9kg de MLG. Já Kirk *et al.* (2009) demonstraram que um aumento de 2,4% na MLG foi suficiente para gerar um aumento de ~7% no GER em indivíduos sedentários com sobrepeso, após a aplicação de seis meses de TR tradicional. Aristizabal *et al.* (2015) também verificaram um aumento da MLG (4,8%) após 12 semanas de TR em jovens adultos, porém com um aumento um pouco mais modesto do GER (4,4%) quando comparado com o estudo anterior.

Entretanto, a literatura ainda apresenta algumas controvérsias em relação a variação do GER decorrente de mudanças do MLG promovidas pelo TR. Lazzer *et al.* (2004) encontraram que nem mesmo o TR foi capaz de “segurar” a diminuição do GER em um programa de emagrecimento de nove meses em adolescentes obesos. Tais resultados podem ser explicados (em parte) pelo fato da grande perda de PC e MLG entre os indivíduos e/ou pela diferença nos protocolos de treino (uma vez que também se utilizou o treinamento aeróbio durante a intervenção). Alberga *et al.* (2016) utilizaram diferentes protocolos de treinamento (TR, aeróbio e a combinação dos dois) e uma restrição calórica (~-250 kcal) e também não encontraram qualquer tipo de alteração no GER de adolescentes obesos durante 22 semanas, mesmo com ajustes da MLG, ou quando separado por sexo.

Os resultados de Alberga *et al.* (2016) podem ser explicados pelo aumento pouco expressivo da MLG (apenas 0,9 kg em média). Mas esses resultados corroboram àqueles reportados por Jennings *et al.* (2009), que também após seis meses seguindo um protocolo semelhante de treinamento em adultos obesos, não encontraram alterações no GER com ou sem ajustes para MLG ou MG. Portanto, as variações nas respostas do GER em relação ao TR estão relacionadas principalmente ao tipo e objetivos do treinamento e à população estudada. Porém, de maneira crônica, o TR acaba influenciando mais fortemente as outras variáveis já listadas nos tópicos anteriores de composição corporal, índices antropométricos e diferentes vias hormonais (ALBERGA *et al.*, 2017; ARISTIZABAL *et al.*, 2015). De maneira aguda, o TR contribuiria com o GER por ser capaz de produzir um maior efeito EPOC, através

de alterações no metabolismo decorrentes de respostas hormonais (cortisol e hormônio do crescimento [GH]) e reparo do dano tecidual acompanhado do estímulo para hipertrofia (processos que demandam alta capacidade energética do metabolismo) (KRAEMER *et al.*, 2017).

2.2 Formas de mensuração do GER

Com o crescente interesse de se compreender melhor o funcionamento do GER, devido a sua grande capacidade em diagnosticar e monitorar distúrbios endócrinos (especialmente os relacionados ao hiper/hipotireoidismo), síndromes metabólicas e leucemia (HARRIS; BENEDICT, 1918), no início do século XX elevou-se então a popularização das principais formas de sua mensuração por meio das calorimetrias direta e indireta, métodos padrão ouro capazes de quantificar o calor produzido e o consumo de gases do metabolismo durante o repouso ou uma atividade (JEQUIER; ACHESON; SCHUTZ, 1987). Além dos métodos padrão ouro, surgiram diversas equações matemáticas que, através da utilização de variáveis antropométricas, composição corporal, idade e separadas por sexo, são usadas para prever a TMB nas clínicas médicas e principais centros acadêmicos ao redor do mundo desde o início de 1919 até os dias atuais (HENRY, 2005).

Um dos métodos mais precisos para se quantificar o GER é através da medição da produção de calor por meio da calorimetria direta (JEQUIER; ACHESON; SCHUTZ, 1987). A calorimetria direta abrange uma série de técnicas para medir a perda de calor dos indivíduos por (a) condução: transferindo a temperatura do corpo por meio de um contato direto do com uma superfície mais fria ou mais quente; (b) radiação: através do calor produzido por ondas eletromagnéticas longas emitidas pelo corpo; (c) convecção: através da troca de calor corporal por fluxo volumoso de líquido ou gás; (d) evaporação: pela evaporação da água pelas vias respiratórias ou pelo suor (KAIYALA; RAMSAY, 2011).

Além disso, essas mensurações podem ser realizadas por quatro tipos diferentes de calorímetros direto: (1) isotérmico ou calorímetro de condução de calor: que mantém a superfície do ambiente em uma temperatura constante através de um fluido de temperatura constante (ZHANG, 2010); (2) dissipador de calor: que remove o calor sensível liberado pela câmara através de uma refrigeração líquida que circula através das paredes do calorímetro (WEBB, 1997; WEBB, 1995); (3) convecção

direta: diferenciando a temperatura e entalpia entre o ar que sai e entra da câmara isolada (SNELLEN; CHANG; SMITH, 1983); (4) diferencial: onde, através de duas câmaras idênticas, uma com o indivíduo e outra com um aquecedor elétrico ajustado para produzir as variações de temperatura em ambas as câmaras, o calor produzido pelo aquecedor é igual ao gasto metabólico do indivíduo (CABANAC, 2006; MERCER; HAMMEL, 1989).

Outro padrão ouro para se mensurar o GER é através da utilização do método da calorimetria indireta que, através de cálculos matemáticos do consumo de oxigênio e da produção de gás carbônico, predizem com precisão o gasto energético do repouso ou de uma atividade (PORTER; COHEN, 1996). A calorimetria indireta pode ser realizada através de quatro métodos distintos, sendo eles: (a) sistema de confinamento: onde as variações das concentrações dos gases são medidas com o indivíduo mantido em uma câmara selada (MCLEAN; TOBIN, 1987); (b) sistemas de circuitos fechados: o consumo de O₂ do indivíduo é analisado através de uma câmara fechada com sensores que absorvem e retiram todo o CO₂ e umidade do local (McLEAN; TOBIN, 1987); (c) sistema de coleta total: a medição é feita pelo volume e composição química do gás expirado pelo indivíduo (DOUGLAS, 1911); (d) sistema de circuito aberto: onde o consumo de O₂ é captado e calculado pelo fluxo de inspiração e expiração do indivíduo (McLEAN; TOBIN, 1987).

2.2.1 Equações de predição do GER

Um exemplo amplamente utilizado no meio clínico são as equações derivadas das regressões lineares feitas por Harris e Benedict em 1919 (FRANKENFIELD, 2005; MUTH; ROWE, 1998). Para o desenvolvimento dessas equações, os autores utilizaram 136 homens e 103 mulheres norte-americanos para expressar o GER em quilocalorias por dia, utilizando em sua equação os índices antropométricos de peso (kg) e altura (cm), além da idade (anos) e separando as equações para cada sexo (MUTH; ROWE, 1998). Além disso, em 1985, a FAO/ONU/OMS buscando disponibilizar um relatório com diversas equações de predição do GER se basearam nas equações de Schofield (1985), que foram desenvolvidas a partir de dados de 7173 sujeitos norte-americanos e europeus de 114 estudos publicados, considerando apenas o peso corporal, sexo e idade (HENRY, 2000).

Com a difusão dessas equações, diferentes estudos passam a investigar a confiabilidade dessa estimativa. No estudo de Flack *et al.* (2016), que analisou a acurácia de diferentes equações com o GER medido por calorimetria indireta, em 30 sujeitos com as mesmas características dos utilizados por Harris e Benedict, os autores encontraram que as equações mais precisas que usavam as variáveis de peso, altura e idade eram as propostas por Harris-Benedict (1919) (76,7%) e a da OMS (1985) (66,7%), prevendo a TMB dentro de 1% a 2,5% do valor medido.

Baseando-se nas correlações da MLG com GER, diversas outras equações foram propostas. Cunningham (1980) foi o primeiro a demonstrar em suas regressões, utilizando o banco de dados de Harris-Benedict, a forte correlação ($R^2=0,70$) da MLG com GER ao ser utilizado como único preditor da equação (CUNNINGHAM, 1980). Nelson *et al.* (1992) também demonstraram uma forte correlação ($R^2= 0,72$) da MLG com o GER ao utilizaram diferentes equações em 86 homens e 126 mulheres (62% obesos) com idades entre 18 e 82 anos de idade. Portanto, acreditou-se que as equações que utilizavam a MLG poderiam substituir as antigas equações que utilizavam os índices antropométricos por sexo e idade, uma vez que estas superestimavam os valores de GER em determinadas populações (SABOUNCHI; RAHMANDAD; AMMERMAN, 2013; CUNNINGHAM, 1991).

Porém, a base de dados dessas equações foi desenvolvida em populações norte-americanas e europeias compostas, em grande parte, por pessoas sem sobrepeso ou obesidade. Por isso, estudos como Jesus *et al.* (2020) buscaram validar as equações preditivas com o GER medido por calorimetria indireta em ex-atletas com sobrepeso e obesidade. Seus achados mostraram que todas as equações superestimaram o GER quando comparado com a calorimetria indireta (de 70 a 300 kcal/dia). Além disso, a equação de Harris-Benedict (1918), tendeu a superestimar o GER para indivíduos com menores valores medidos para essa variável e subestimar para os que apresentavam maiores valores. Outro trabalho, de Balci *et al.* (2021), comparou 12 diferentes equações de predição com o GER medido por calorimetria indireta em atletas e sedentários turcos, a fim de determinar se essas equações seriam adequadas para os diferentes grupos. O coeficiente intraclasse indicou que todas as equações apresentaram uma confiabilidade de baixa a moderada em comparação com o GER medido, tanto para atletas quanto para indivíduos

sedentários, com exceção para a equação de Nelson e colaboradores (1992) que apresentou uma boa confiabilidade para homens sedentários.

Por fim, no Brasil e América do Sul, são poucos os trabalhos na literatura que buscaram validar a utilização das equações de predição de GER em suas populações. Entre alguns desses trabalhos está Anjos, Wahrlich e Vasconcellos (2012) comparando a TMB predita pelas equações de Schofield (1985), Harris e Benedict (1918) e Henry e Rees (1991) com a TMB medida por calorimetria indireta em jovens adultos do Rio de Janeiro. Seus resultados apontaram que nenhuma das equações preditivas da TMB foram adequadas para a população analisada, com uma superestimação de 20% para as equações de Schofield e Harris e Benedict e 16% para a equação de Henry e Rees.

A maioria dos estudos até o momento parecem indicar que as principais equações propostas para predizer o GER não refletem o GER dos diferentes grupos populacionais. Essas diferenças podem estar relacionadas com a mudança abrupta nas necessidades calóricas e a composição corporal, que provavelmente estejam impactando no GER. Apesar disso, essas equações continuam sendo amplamente utilizadas na prática clínica e esportiva, em detrimento daquela que utiliza a composição corporal como variável, ignorando as recomendações das Diretrizes da Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica (ABESO, 2016). Dessa forma, tornam-se relevantes novos estudos investigando as relações entre componentes da composição corporal e os GER derivados dessas equações em grupos brasileiros atuais.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência da composição corporal nos resultados do GER preditos por diferentes equações em homens e mulheres de diferentes faixas etárias.

3.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar as diferenças da composição corporal em diferentes faixas etárias para ambos os sexos;
- b) Analisar quais variáveis da composição corporal melhor se correlacionam com as equações em ambos os sexos;
- c) Comparar os resultados obtidos de GER entre as diferentes equações.

4. MÉTODOS

4.1 Sujeitos

Para realização do estudo foram selecionados dados de 846 homens e 1141 mulheres do banco de dados de absorciometria por raios-X de dupla energia (DXA), de exames realizados entre os anos de 2012 e 2019 do Laboratório de Otimização do Rendimento Esportivo Humano (LABOREH) localizado na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), campus de Bauru. Os participantes deste estudo tinham uma média de idade de $43,8 \pm 19,4$ anos e os dados foram extraídos de diferentes projetos de pesquisa que incluíram amostras por conveniência. A amostra contou com pessoas sedentárias, ativas, magras, com sobrepeso, obesas, com diferentes perfis socioeconômicos e características étnico-raciais.

4.2 Perfil antropométrico e composição corporal

Para as medidas antropométricas de peso corporal e estatura foram utilizadas uma balança (Welmy® W200A) escalonada em 0,1 kg e um estadiômetro (Welmy® W200A) escalonado em 0,1 cm, respectivamente. No momento da avaliação os participantes estavam com o mínimo de roupa possível e os equipamentos em perfeitas condições de uso e calibre. As mensurações de peso corporal e estatura seguiram padrões recomendados internacionalmente. O cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC) foi obtido através da razão do peso pela estatura ao quadrado. Para a classificação do IMC foram usados dois diferentes pontos de corte. O primeiro foi o preconizado pela OMS para indivíduos adultos que classifica IMC < 18,5 kg/m² como baixo-peso; entre 18,5 kg/m² e 24,9 kg/m², normopeso; entre 25 kg/m² e 29,9 kg/m², sobrepeso; e maior de 30 kg/m², obesidade. Já o segundo ponto de corte consistiu no recomendado por Lipschitz para indivíduos idosos (≥ 60 anos), onde IMC < 22 kg/m², era classificado como baixo peso; entre 22 kg/m² e 27 kg/m², normopeso; e > 27 kg/m², sobrepeso (BRASIL, 2011).

Conforme sugerido por Wang et al (2010) e Kohrt (1985), o exame DXA (modelo Hologic®, QDR Discovery Wi®) foi utilizado para obter a composição corporal global. Valores absolutos de MG (kg e %), MLG (kg %) e massa total (kg) para referências de corpo inteiro, além do índice de massa corporal (IMC) (kg/m²) foram gerados pelo software do próprio equipamento (Hologic APEX®) (ACKLAND *et al.*, 2012).

4.3 Equações de predição do GER

As equações utilizadas para a predição do GER foram as seguintes: Harris e Benedict (1918) (Equação 1), que considera idade, peso corporal e estatura na predição; Schofield (1985) (Equação 2), a qual utiliza apenas o peso corporal no cálculo, mas entrega três diferentes equações segundo a faixa etária; Mifflin et al. (1990) (Equação 3), que também inclui a idade, peso corporal e estatura na estimativa e, por último, Mifflin et al. (1990) (Equação 4), que considera somente a MLG no cálculo e, diferentemente das três equações anteriores, fornece apenas uma equação tanto para homens quanto para mulheres. A escolha da equação 4, se deu exclusivamente pela alta contribuição da MLG na variação do GER apontada pela literatura (DULLOO *et al.*, 2010; CUNNINGHAM, 1991). As respectivas fórmulas para as equações empregadas neste trabalho são apresentadas no Tabela 1.

Tabela 1 – Equações utilizadas para estimativa do GER

Equações	Fórmulas
Equação 1 (kcal/dia)	H: GER = 66,47 + (13,75 x PC) + (5,00 x estatura) - (6,76 x idade) M: GER = 655,10 + (9,56 x PC) + (1,85 x estatura) - (4,68 x idade)
Equação 2 (kcal/dia)	H: 18 a 29 anos - GER= (0,063 x PC + 2,896) x 239 H: 30 a 59 anos - GER= (0,048 x PC + 3,653) x 239 H: ≥ 60 - GER= (0,049 x PC + 2,459) x 239 M: 18 a 29 anos - GER= (0,062 x PC + 2,036) x 239 M: 30 a 59 anos - GER= (0,034 x PC + 3,538) x 239 M: ≥ 60 - GER= (0,038 x PC + 2,755) x 239
Equação 3 (kcal/dia)	H: GER = (10 x PC) + (6,25 x estatura) - (5 x idade) + 5 M: GER = (10 x PC) + (6,25 x estatura) - (5 x idade) - 161
Equação 4 (kcal/dia)	GER = 19,73 X MLG + 413

H: homens; M: mulheres; GER: gasto energético de repouso; PC: peso corporal em kg; MLG: massa livre de gordura; U.I: unidade de medida; Kcal: quilocalorias. Estatura em cm; idade em anos. Equação 1: Harris e Benedict (1918); Equação 2: Schofield (1985); Equação 3: Mifflin *et al.* (1990) (peso, estatura e idade); Equação 4: Mifflin *et al.* (1990) (MLG).

4.4 Análise estatística

Foi utilizada a estatística descritiva, através de médias e desvios padrão para todas as variáveis analisadas. Como as variáveis não apresentaram distribuição normal comprovada pelo teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, a comparação da MG e MLG entre as diferentes faixas etárias foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, com post-hoc de Mann-Whitney e correção de Bonferroni. Como os resíduos também

não apresentaram normalidade, a comparação dos resultados das diferentes equações foi realizada pelo teste de Friedman, com post-hoc de Wilcoxon e correção de Bonferroni. Para a comparação dos resultados de cada equação entre os sexos também foi utilizado o teste de Mann-Whitney. Para a classificação das correlações adotou-se: $\geq 0,9$ (muito forte); $< 0,9 \geq 0,7$ (forte); $< 0,7 \geq 0,5$ (moderada), $< 0,5 \geq 0,3$ (fraca) e $< 0,3$ (muito fraca) (CANDAL VICENTE, 2013). Devido as variáveis não apresentarem distribuição normal, para as correlações lineares foi utilizado o teste de correlação de Spearman. Regressões lineares para MG e MLG para cada equação de predição foram realizadas e valores que não apresentaram da normalidade foram excluídos para garantir a normalidade dos resíduos. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico SPSS versão 20.0 e os gráficos elaborados no GraphPad Prism 8.0. Foi adotado o intervalo de confiança de 95% e o nível de significância pré-fixado em $p \leq 0,05$.

5. RESULTADOS

As principais características dos participantes incluídos no estudo podem ser observadas na Tabela 2. Ao todo foram avaliados 846 homens e 1141 mulheres com idades entre 20 e 79 anos, onde as mulheres apresentaram uma média de idade maior ($51,2 \pm 18,7$ anos) que os homens ($33,8 \pm 15,5$ anos; $p < 0,001$). A amostra também contou com a predominância de indivíduos brancos, representando 93,3% de toda a amostra. De maneira geral, para ambos os sexos a MG aumentou ao longo do tempo, refletindo também no perfil do IMC, embora todos os indivíduos com ≥ 60 anos fossem classificados como sobrepeso (independentemente do excesso de peso apresentado), dado a inexistência da classificação de obesidade para essa faixa etária na classificação utilizada.

Tabela 2 – Média e DP para a caracterização da amostra estudada.

Variáveis	Faixa etária (anos)					
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79
Homens						
n	502	146	58	40	57	44
Baixo Peso (%)	1,8	1,4	1,7	2,5	17,5	11,4
Normopeso (%)	61,4	49	41,4	30	33,3	43,2
Sobrepeso (%)	32,1	41,4	36,2	47,55	49,1	45,5
Obesidade (%)	8,4	8,3	20,6	20	-	-
Brancos (%)	92	93,1	98,3	95	93	97,2
Negros (%)	8	6,9	1,7	5	7	2,35
Altura (cm)	$177,4 \pm 7,2$	$178,5 \pm 8,5$	$176,8 \pm 7,2$	$173,4 \pm 5,9$	$170,1 \pm 6,3$	$168,1 \pm 7,4$
Peso (kg)	$76,5 \pm 12,0$	$81,0 \pm 12,9$	$82,9 \pm 12,8$	$81,5 \pm 14,4$	$77,3 \pm 15,9$	$75,4 \pm 13,2$
IMC (kg/m ²)	$24,7 \pm 3,1$	$25,9 \pm 3,6$	$27,2 \pm 4,2$	$27,7 \pm 4,5$	$27,3 \pm 5,1$	$27,3 \pm 4,3$
MG total (kg)	$14,1 \pm 6,3$	$16,1 \pm 7,5$	$20,5 \pm 8,2$	$21,7 \pm 7,2$	$22,1 \pm 9,1$	$22,2 \pm 8,2$
MLG total (kg)	$62,4 \pm 8,9$	$64,9 \pm 9,4$	$62,4 \pm 7,9$	$59,7 \pm 9,3$	$55,3 \pm 8,7$	$53,2 \pm 7,6$
MG total (%)	$18,0 \pm 6,0$	$19,4 \pm 7,0$	$24,1 \pm 7,0$	$26,2 \pm 5,9$	$27,5 \pm 7,4$	$28,8 \pm 6,6$
MLG total (%)	$82,0 \pm 6,0$	$80,6 \pm 7,0$	$75,9 \pm 7,0$	$73,8 \pm 5,9$	$72,5 \pm 7,4$	$71,2 \pm 6,6$
Mulheres						
n	268	82	92	175	325	199
Baixo Peso (%)	4,5	2,4	3,3	2,3	5,8	8,5
Normopeso (%)	72,8	62,2	44,6	22,9	33,2	44,7
Sobrepeso (%)	17,9	23,2	32,6	29,1	60,9	46,7
Obesidade (%)	4,8	12,1	19,6	45,7	-	-
Brancos (%)	93,7	95,1	93,5	86,9	88	93,5
Negros (%)	6,3	4,9	6,5	13,1	12	6,5
Altura (cm)	$166,1 \pm 8,4$	$164,1 \pm 8,4$	$162,3 \pm 7,6$	$158,0 \pm 6,4$	$156,7 \pm 6,3$	$154,8 \pm 6,2$
Peso (kg)	$63,7 \pm 12,2$	$67,2 \pm 14,9$	$69,2 \pm 13,6$	$73,7 \pm 14,3$	$70,8 \pm 13,8$	$65,5 \pm 11,5$
IMC (kg/m ²)	$23,5 \pm 3,7$	$25,5 \pm 5,5$	$26,8 \pm 5,1$	$30,2 \pm 6,1$	$29,5 \pm 5,2$	$27,9 \pm 4,7$
MG total (kg)	$19,5 \pm 8,2$	$23,0 \pm 10,9$	$25,2 \pm 8,1$	$30,1 \pm 9,0$	$28,4 \pm 8,5$	$26,4 \pm 7,6$
MLG total (kg)	$44,1 \pm 8,8$	$44,2 \pm 8,6$	$44,0 \pm 8,9$	$43,6 \pm 7,3$	$42,4 \pm 7,8$	$39,1 \pm 6,1$

Tabela 2 – (Continuação)

Variáveis	Faixa etária (anos)					
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79
Mulheres						
n	268	82	92	175	325	199
MG total (%)	30,3 ± 8,5	33,3 ± 9,7	36,0 ± 7,5	40,2 ± 6,4	39,6 ± 6,3	39,8 ± 6,4
MLG total (%)	69,7 ± 8,5	66,7 ± 9,7	64,0 ± 7,5	59,8 ± 6,4	60,4 ± 6,3	60,2 ± 6,4

IMC: índice de massa corporal; MG: massa gorda; MLG: massa livre de gordura; DP: desvio padrão.

As Figuras 1 e 2 apresentam as comparações da MLG e MG entre as diferentes faixas etárias para homens e mulheres, respectivamente. Como resultado, nota-se que diferenças significativas na MLG para as mulheres ocorrem apenas quando se compara com as idades mais avançadas (70 a 79 anos), enquanto para os homens as diferenças são marcadas em quase todas as idades. Com relação à MG, os dados revelaram que para os homens as diferenças ocorriam somente entre as faixas etárias mais baixas (20 a 29 e 30 a 39 anos) com as mais altas, com um aumento progressivo da MG com o avançar da idade. Já para as mulheres, além de diferenças na MG entre as duas faixas etárias mais jovens e aquelas com idades mais avançadas, era também possível observar diferenças entre quase todos os grupos etários, sendo que a partir dos 59 anos parecia haver uma diminuição do componente de gordura na composição corporal do sexo feminino.

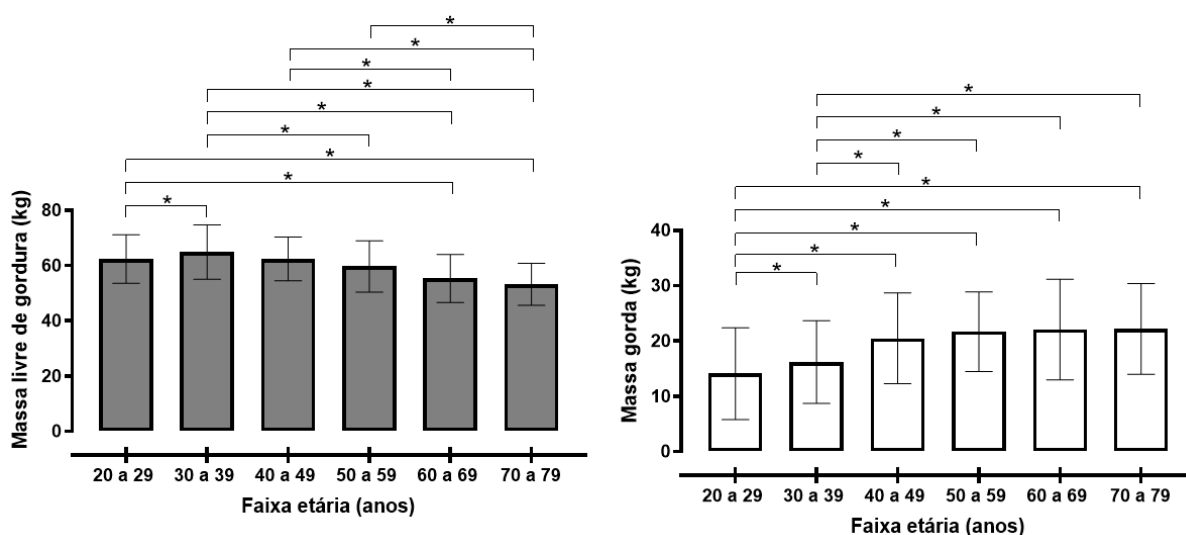


Figura 1 – Massa livre de gordura e massa gorda nas diferentes faixas etárias em homens. Obs.: * $p \leq 0,008$.

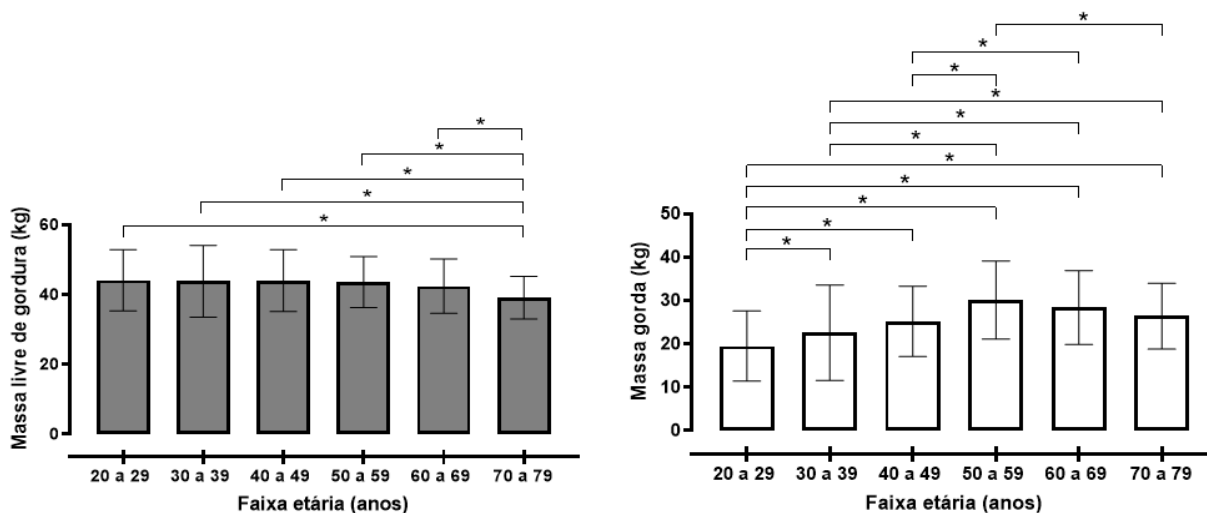


Figura 2 – Massa livre de gordura e massa gorda nas diferentes faixas etárias em mulheres. Obs.: * $p \leq 0,008$.

Os resultados da Tabela 3 mostram os resultados obtidos pelas diferentes equações de predição estudadas em 3 diferentes faixas etárias. Para as mulheres, apenas na faixa etária de ≥ 60 anos não houve diferença significativa entre as equações 1 e 2, apresentando diferenças ($p < 0,001$) entre todos os outros valores estimados nas faixas etárias ≤ 29 anos e ≥ 30 e ≤ 59 anos. Já os homens não apresentaram diferenças significativas entre as equações 1 e 2 em nenhuma das faixas etárias, não apresentando também nenhuma diferença entre as equações na faixa etária ≥ 60 anos. As equações 1 e 2 de apresentaram os maiores valores preditos de GER e a equação 4 que leva em conta a MLG, apontou as menores estimativas em praticamente todas as faixas etárias em ambos os sexos.

Tabela 3 – Média e DP para a comparação do GER obtido pelas diferentes equações.

Variáveis	Homens	Mulheres
Faixa etária ≤ 29 anos		
n	502	268
Equação 1	1842,2 \pm 187,1 ^{††}	1460,6 \pm 123,7 ^{††}
Equação 2	1843,4 \pm 180,1 ^{††}	1430,1 \pm 180,4 ^{††}
Equação 3	1758,0 \pm 149,5 ^{##†}	1395,9 \pm 154,5 ^{##†}
Equação 4	1642,4 \pm 174,5 ^{##†}	1282,2 \pm 174,0 ^{##†}
Faixa etária ≥ 30 e ≤ 59 anos		
n	243	349
Equação 1	1807,7 \pm 211,6 ^{††}	1408,2 \pm 140,0 ^{††}
Equação 2	1808,2 \pm 150,3 ^{††}	1422,2 \pm 177,7 ^{††}

Tabela 3 – (Continuação)

Variáveis	Homens	Mulheres
Faixa etária ≥ 30 e ≤ 59 anos		
n	243	349
Equação 3	1731,4 ± 168,0 ^{§£†}	1314,7 ± 161,3 ^{§£†}
Equação 4	1662,7 ± 181,8 ^{¥##†}	1276,7 ± 158,7 ^{¥##†}
Faixa etária ≥ 60 anos		
n	101	524
Equação 1	1500,6 ± 226,2	1284,3 ± 139,1 ^{†‡}
Equação 2	1483,7 ± 172,4	1283,3 ± 120,1 ^{†‡}
Equação 3	1484,6 ± 175,6	1163,1 ± 160,3 ^{#†‡}
Equação 4	1484,2 ± 163,1	1223,6 ± 145,5 ^{¥†‡}

¥: valores diferentes da equação 1; #: valores diferentes da equação 2; †: valores diferentes da equação 3; ‡: valores diferentes da equação 4. Obs.: O $p < 0,001$ em todas as diferenças encontradas.

A correlação de Spearman (Tabela 4), mostrou que os GER estimados por todas as equações apresentaram entre muito forte e forte correlação com a MLG para os homens e forte para as mulheres, independentemente da faixa etária. As correlações do GER com a MG por sua vez, se apresentou entre moderada e muito fraca para a faixa etária ≤ 29 anos de ambos os sexos. Para as faixas etária ≥ 30 e ≤ 59 anos, os homens apresentaram uma correlação moderada para a equação 2, fraca para as equações 1 e 3 e muito fraca para equação 4. Já as mulheres, apresentaram uma correlação forte para equação 2, moderada para as equações 1 e 3 e fraca para a equação 4. Por fim, a faixa etária ≥ 60 anos mostrou uma correlação entre forte e moderada para ambos os sexos.

Tabela 4 – Resultado das correlações de Spearman entre os valores preditos pelas diferentes equações e a MLG e MG para ambos os sexos em diferentes faixas etárias.

Variáveis	Homens		Mulheres	
	MLG	MG	MLG	MG
Faixa etária ≤ 29 anos				
n	502		268	
Equação 1	0,863**	0,576**	0,807**	0,507**
Equação 2	0,862**	0,616**	0,795**	0,557**
Equação 3	0,856**	0,551*	0,832**	0,410**
Equação 4	1,0**	0,183*	1,0**	0,012
Faixa etária ≥ 30 e ≤ 59 anos				
n	243		349	
Equação 1	0,830**	0,493**	0,817**	0,677**
Equação 2	0,785**	0,671**	0,776**	0,835**

Tabela 4 – (Continuação)

Variáveis	Homens		Mulheres	
	MLG	MG	MLG	MG
Faixa etária ≥ 30 e ≤ 59 anos				
n	243		349	
Equação 3	0,826**	0,456**	0,825**	0,571**
Equação 4	1,0**	0,127*	1,0**	0,341**
Faixa etária ≥ 60 anos				
n	101		524	
Equação 1	0,831**	0,861**	0,833**	0,817**
Equação 2	0,978**	0,891**	0,828**	0,859**
Equação 3	0,965**	0,843**	0,842**	0,773**
Equação 4	1,0**	0,533**	1,0**	0,475**

MLG: massa livre de gordura; MG: massa gorda; * $p < 0,05$ na comparação entre as equações e as variáveis de MLG e MG; ** $p < 0,001$ na comparação entre as equações e as variáveis de MLG e MG.

As regressões lineares também demonstraram uma forte explicação da MLG para os resultados preditos pelas equações (ao redor de 70% para homens e 60% para mulheres). Para essa análise se excluiu a equação 4, dado que essa equação já considera a composição corporal, sendo a MLG a única variável independente utilizada na sua fórmula. Já a MG apresentava uma força de explicação menor para o GER, tendo como força preditiva máxima um $R^2 = 0,331$ para as mulheres.

Tabela 5 – Resultado das regressões lineares das diferentes equações sobre MLG e MG para ambos os sexos.

	Homens						Mulheres					
	MLG*			MG*			MLG*			MG*		
	R ²	EPE (kcal)	β	R ²	EPE (kcal)	β	R ²	EPE (kcal)	β	R ²	EPE (kcal)	β
Equação 1	0,737	114,2	20,7	0,148	202,2	11,0	0,620	92,2	14,9	0,251	132,2	8,2
Equação 2	0,685	112,5	17,9	0,131	186,1	9,5	0,625	86,7	14,2	0,331	113,7	8,8
Equação 3	0,734	91,3	16,4	0,127	162,8	8,1	0,636	109,0	18,3	0,167	166,1	7,9

MLG: massa livre de gordura; MG: massa gorda; EPE: erro padrão da estimativa; β: coeficiente beta. N amostral foi diferente para cada equação seguindo os critérios de eliminação dos outliers residuais, onde Equação 1 MLG (homens = 839, mulheres = 1131); Equação 1 MG (homens: n = 839, mulheres: n = 1133); Equação 2 MLG (homens = 841, mulheres = 1122); Equação 2 MG (homens: n = 842, mulheres: n = 1120); Equação 3 MLG (homens = 838, mulheres = 1132); Equação 3 MG (homens: n = 839, mulheres: n = 1132). A ANOVA da regressão mostrou $p < 0,001$ para MLG e MG em todas as equações para ambos os sexos.

6. DISCUSSÃO

O principal achado foi que a componente MLG da composição corporal apresentou elevado poder explicativo do perfil de GER obtidos pelas equações preditivas, independentemente do sexo e da faixa etária. Por outro lado, a componente MG apresentou um forte poder explicativo apenas para as 3 equações que usam índices antropométricos para a faixa etária mais avançada de ambos os sexos e equação 2 para mulheres de 30 a 59 anos. Mostrando uma explicação de moderada a muito fraca para as demais idades de ambos os sexos. Esse papel da MLG é sustentado pelo fato dos tecidos que a compõem serem metabolicamente ativos, isto é, demandam gasto energético para cumprir suas funções (e.g., oxidação de substratos, contração voluntária e involuntária, funções endócrinas) (HIRSCH *et al.*, 2017; FUKUSHIMA *et al.*, 2016; BOUCHARD *et al.*, 2009).

Dessa forma, os achados do presente estudo alinham-se ao poder explicativo de MLG sobre os valores preditos de GER em ambos os sexos ($R^2 = 0,70$) encontrados por Cunningham (1980) em suas regressões, bem como alinham-se às evidências sobre o fato de MG não apresentar contribuição relevante para a previsão do GER ao se utilizar uma equação que considere apenas a MLG. Além dele, Nelson *et al.* (1992) e Sabounchi, Rahmandad e Ammerman (2013) também demonstraram forte correlação da MLG com o GER em suas regressões, se apresentando como a variável independente com maior poder preditivo do GER ($R^2 = 0,72$ e $R^2 = 0,63$, respectivamente). Esses últimos autores, por sua vez, apresentaram a MG como um coeficiente moderadamente positivo que, somada à MLG, poderiam explicar a maior parte de toda a variação do GER, principalmente em mulheres (SABOUNCHI; RAHMANDAD; AMMERMAN, 2013; NELSON *et al.*, 1992).

Analisando as comparações entre as mudanças da composição corporal ao longo da idade na amostra estudada, é possível dizer que elas reforçam os achados da literatura onde indivíduos homens e/ou jovens apresentam diferenças significativas nos valores de MLG e MG quando comparados com mulheres e/ou indivíduos idosos (HEYMSFIELD *et al.*, 2021; HENRY, 2000). Entretanto, quando comparamos as classificações do IMC é possível notar que existe uma certa similaridade entre os sexos onde a maior diferença ocorre apenas quando se compara o número de homens e mulheres com sobrepeso (que pode ser resultado da classificação dos participantes

com faixa etária ≥ 60 anos, onde qualquer IMC acima de 27 kg/m^2 é classificado como sobrepeso). Porém, a variação da faixa etária não modificou o poder explicativo da MLG.

As mudanças que ocorrem na MLG com o envelhecimento podem ter influenciado as diferenças nos valores de GER entre as faixas etárias envolvendo indivíduos jovens e mais velhos, que pode ser explicado pelo processo de mudanças celulares, metabólicas, histológicas e anatômicas, bem como à diminuição do número de fibras contráteis do tipo 2, elevação da quantidade prótons mitocondriais na musculatura, redução da síntese de proteína mitocondrial e diminuição no número de mitocôndrias hepáticas, no fígado, coração e músculos esqueléticos (BRATIC; LARSSON, 2013; SHORT *et al.*, 2005).

O impacto do envelhecimento também é sustentado por estudos que buscaram entender quais os mecanismos da composição corporal poderiam contribuir para a variância do GER ao longo do tempo. Para isso, utilizaram dados transversais de 714 indivíduos brancos classificados apenas como normopeso e sobrepeso, separados (18 a 39 anos, 40 a 59 anos, 60 a 69 anos e ≥ 70 anos) (GLEISLER *et al.* 2016). Seus achados mostram que existe uma similaridade da MLG durante toda a fase adulta (18 a 59 anos) para os homens, com um declínio a partir dos 60 anos. Já para as mulheres, assim como ocorrido com nossa amostra, a MLG apresentou diferenças significativas apenas quando comparadas as faixas etárias de 18 a 69 anos com a de ≥ 70 anos. Já a MG apresentou uma variação semelhante para ambos os sexos, com um aumento a partir dos 40 anos e um declínio a partir da faixa etária ≥ 70 anos. Além disso, também confirmaram uma diminuição do GER decorrente da redução de 3% e 15%, no tamanho dos órgãos (fígados e rins) e na musculatura esquelética, respectivamente, quando comparados homens e mulheres idosos com indivíduos jovens.

As comparações entre as equações de predição do GER mostraram que todas (recomendadas por entidades nacionais e internacionais) se diferiam entre si em mulheres (independentemente da idade). Isso era diferente do que acontecia para os homens, onde as equações de predição para as faixas etárias mais avançadas (≥ 60 anos) forneciam valores similares. Quando comparamos nossos resultados com os encontrados na literatura, vemos que se assemelham aos relatados por outros

autores, com diferenças significativas entre os valores fornecidos pelas diferentes equações.

Como no estudo de Balci *et al.* (2021), que ao comparar o valor medido de GER com diversas equações de predição em jovens (19 anos) atletas e sedentários de ambos os sexos, encontraram que a maioria das equações eram incapazes de predizerem acuradamente os valores de GER (principalmente para mulheres sedentárias). Além disso, os autores também relataram que as equações de Harris e Benedict (1918) e Schofield (1985) não se diferiam entre si, independentemente da condição física ou sexo. No entanto, os valores dessas últimas duas equações citadas eram diferentes daqueles fornecidos por ambas as equações de Mifflin *et al.* (1990), que por sua vez também apresentaram diferenças entre si para homens sedentários e mulheres de ambos os grupos de condição física. Ao comparar nossos resultados preditos por essas mesmas equações (Harris-Benedict, Schofield e Mifflin), é possível observar que os GER preditos são bem semelhantes (homens, $\sim 20,9 \pm 11,0$ kcal/dia; mulheres, $\sim 6,2 \pm 2,8$ kcal/dia) àqueles encontrados no estudo de Balci e colaboradores (2021) (principalmente para o grupo de homens). Isso poderia ser explicado pelo fato de nossa amostra também incluir jovens adultos ativos e sedentários.

Em outro trabalho, de Anjos, Wahrlich; Vasconcellos *et al.* (2012), os autores também compararam o GER medido com três equações de predição em diferentes faixas etárias de uma amostra da população de Niterói no Rio de Janeiro. Seus resultados mostraram que (independentemente da faixa etária) as equações não eram capazes de predizerem com exatidão o GER para homens e mulheres. As equações de Harris e Benedict (1918) e Schofield (1985) não se diferiam entre si em nenhuma faixa etária para homens, se diferindo apenas entre as mulheres de 20 a 30 anos. Quando comparamos com os nossos achados, observa-se que mesmo os dois estudos utilizando pessoas do mesmo país, nossos resultados provavelmente se diferiam nos valores de GER em ambos os sexos, dado que a diferença média entre os valores preditos pelas diferentes equações no nosso estudo e no supracitado era de $\sim 88,4 \pm 158,7$ kcal/dia para homens e $\sim 60,7 \pm 132,8$ kcal/dia para mulheres. Uma possível explicação do porquê dessas diferenças, é que essas equações são frequentemente desenvolvidas com base de dados específicas de diferentes populações, onde qualquer mínima diferença entre os participantes (etnia,

composição corporal, idade e fatores gerais de saúde metabólica) poderia influenciar os valores de GER predito (HEYMSFIELD *et al.*, 2021; RENEAU *et al.*, 2019; HENRY, 2005).

Um ponto que vale a pena destacar, é que este é um dos poucos estudos brasileiros que compara a equação de predição de Mifflin *et al.* (1990) que considera a MLG com outras equações, mesmo ela sendo recomendada pela ABESO (2016) para uso clínico. Como mostrado por Cunningham (1991), as equações que utilizavam em seu cálculo a MLG quando comparadas com o GER medido encontraram pequenas diferenças (9,2 kcal/24h), refletindo uma força de predição muito maior comparada a outras equações que utilizavam apenas índices antropométricos em suas fórmulas (SABOUNCHI; RAHMANDAD; AMMERMAN, 2013). Além disso, nota-se que o uso da equação de Mifflin que considera a MLG pode ser estendido para diferentes métodos de avaliação da composição corporal mais acessíveis, não se limitando apenas ao uso de aparelhos mais caros como o DXA.

A principal limitação do nosso estudo é o fato de não termos a medida real do GER e, dessa forma, não conseguirmos comparar os valores de GER obtidos pelas diferentes equações de predição com os valores do GER medido por um padrão ouro. Além disso, como não se trata de um estudo de base populacional, os grupos apresentaram uma certa heterogeneidade (em relação ao número de pessoas presente em cada um, porcentagem representativa de cada sexo e idade, etc). Entretanto, o banco de dados contou com um número de participantes muito maior que aquele comumente observado em trabalhos internacionais e realizados no Brasil. Além disso, a utilização de uma análise da composição corporal padrão ouro (DXA) é algo que agrega bastante valor ao trabalho, tendo em vista que grande parte dos estudos (especialmente os realizados no Brasil), utilizam-se de bioimpedância ou pregas cutâneas como forma de análise.

Como propostas de estudos futuros seria interessante a comparação de valores de GER medido por calorimetria com os valores proporcionados pelas diferentes equações de predição, em especial utilizando aquelas que incluem a MLG em seus cálculos. Além disso, trabalhos futuros também poderiam abordar o impacto das equações de predição do GER em diferentes grupos etários (incluindo crianças, adolescentes, indivíduos mais idosos e pessoas acometidas por diferentes patologias, como síndrome metabólica, doenças coronarianas, esclerose múltipla, etc), raciais e

socioeconômicos brasileiros, buscando entender qual o impacto de determinadas características individuais e sociais na variância do GER. Por último, nosso trabalho abre a possibilidade de se discutir o aprimoramento ou construção de regressões capazes de predizer o GER com precisão em âmbito nacional.

7. CONCLUSÃO

De modo geral a MLG se apresentou como a melhor variável independente para a predição do GER em homens e mulheres, explicando boa parte da variância deste na população estudada. Reforçando o possível uso de equações que considerem a MLG em seu cálculo.

Contudo, os valores preditos pelas equações analisadas apresentaram resultados muito diferentes entre si, o que reforça a hipótese da imprecisão devido à especificidade das populações utilizadas para a formulação das equações. Dessa forma, salienta-se o cuidado na utilização de equações de predição no meio clínico, uma vez que seus resultados não são muito esclarecedores.

REFERÊNCIAS

- ABESO. Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. **Diretrizes brasileiras de obesidade**. 4. ed. São Paulo: ABESO. 2016.
- ACKLAND, T. R.; LOHMAN, T. G.; SUNDGOT-BORGEN, J.; MAUGHAN, R. J.; MEYER, N. L.; STEWART, A. D.; MÜLLER, W. Current Status of Body Composition Assessment in Sport: Review and Position Statement on Behalf of the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition Health and Performance, Under the Auspices of the I.O.C. **Medical Commission. Sports Medicine**, v. 42, n. 3, p. 227–249, mar. 2012. <https://doi.org/10.2165/11597140-000000000-00000>.
- ACSM. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, mar. 2009. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>.
- AINSWORTH, B. E.; HASKELL, W. L.; WHITT, M. C.; IRWIN, M. L.; SWARTZ, A. M.; STRATH, S. J.; OBRIEN, W. L.; BASSETT, D. R.; SCHMITZ, K. H.; EMBLAINCOURT, P. O.; JACOBS, D. R.; LEON, A. S. Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. Supplement, p. S498–S516, set. 2000. <https://doi.org/10.1097/00005768-200009001-00009>.
- ALBERGA, A. S.; PRUD'HOMME, D.; SIGAL, R. J.; GOLDFIELD, G. S.; HADJIYANNAKIS, S.; GOUGEON, R.; PHILLIPS, P.; MALCOLM, J.; WELLS, G. A.; DOUCETTE, S.; MA, J.; KENNY, G. P. Does exercise training affect resting metabolic rate in adolescents with obesity? **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 42, n. 1, p. 15–22, jan. 2017. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0244>.
- ANJOS, L. A.; WAHRLICH, V.; VASCONCELLOS, M. T. BMR in a Brazilian adult probability sample: the Nutrition, Physical Activity and Health Survey. *Public Health Nutrition*, v. 17, n. 4, p. 853–860, abr. 2012. <https://doi.org/10.1017/S1368980012005381>.
- ARCIERO, P. J.; GORAN, M. I.; POEHLMAN, E. T. Resting metabolic rate is lower in women than in men. **Journal of Applied Physiology**, v. 75, n. 6, p. 2514–2520, 1 dez. 1993. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.75.6.2514>.
- ARISTIZABAL, J. C.; FREIDENREICH, D. J.; VOLK, B. M.; KUPCHAK, B. R.; SAENZ, C.; MARESH, C. M.; KRAEMER, W. J.; VOLEK, J. S. Effect of resistance training on resting metabolic rate and its estimation by a dual-energy X-ray absorptiometry metabolic map. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 69, n. 7, p. 831–836, jul. 2015. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2014.216>.
- ASTRUP, A.; GØTZSCHE, P. C.; VAN DE WERKEN, K.; RANNERIES, C.; TOUBRO, S.; RABEN, A.; BUEMANN, B. Meta-analysis of resting metabolic rate in formerly obese subjects. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 69, n. 6, p. 1117–1122, 1 jun. 1999. <https://doi.org/10.1093/ajcn/69.6.1117>.
- BALCI, A.; BADEM, E. A.; YILMAZ, A. E.; DEVRIM-LANPIR, A.; AKINOĞLU, B.; KOCAHAN, T.; HASANOĞLU, A.; HILL, L.; ROSEMAN, T.; KNECHTLE, B. Current Predictive Resting Metabolic Rate Equations Are Not Sufficient to Determine Proper Resting Energy Expenditure in Olympic Young Adult National Team Athletes. **Frontiers in Physiology**, v. 12, p. 625370, 4 fev. 2021. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.625370>.
- BIEWENER, A. A. Scaling Body Support in Mammals: Limb Posture and Muscle Mechanics. **Science**, v. 245, n. 4913, p. 45–48, 7 jul. 1989. <https://doi.org/10.1126/science.2740914>.
- BOUCHARD, D. R.; SOUCY, L.; SÉNÉCHAL, M.; DIONNE, I. J.; BROCHU, M. Impact of resistance training with or without caloric restriction on physical capacity in obese older women. **Menopause**, v. 16, n. 1, p. 66–72, jan. 2009. <https://doi.org/10.1097/gme.0b013e31817dac7>.
- BRATIC, A.; LARSSON, N.-G. The role of mitochondria in aging. **Journal of Clinical Investigation**, v. 123, n. 3, p. 951–957, 1 mar. 2013. <https://doi.org/10.1172/JCI64125>.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Orientações para a coleta e análise de dados antropométricos em serviços de saúde: **Norma Técnica do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional - SISVAN** / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

- BUTTE, N. F.; TREUTH, M. S.; MEHTA, N. R.; WONG, W. W.; HOPKINSON, J. M.; SMITH, E. O. Energy requirements of women of reproductive age. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, n. 3, p. 630–638, 1 mar. 2003. <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.3.630>.
- BYRNE, H. K.; WILMORE, J. H. The Effects of a 20-Week Exercise Training Program on Resting Metabolic Rate in Previously Sedentary, Moderately Obese Women. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 11, n. 1, p. 15–31, mar. 2001. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.11.1.15>.
- CABANAC, M. Adjustable set point: to honor Harold T. Hammel. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 4, p. 1338–1346, abr. 2006. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01021.2005>.
- CANDAL VICENTE, I. Modelo de éxito de un data warehouse. **Revista Tecnura**, v. 17, n. 35, p. 116, 19 mar. 2013. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2013.1.a10>.
- CARNEIRO, I. P.; ELLIOTT, S. A.; SIERVO, M.; PADWAL, R.; BERTOLI, S.; BATTEZZATI, A.; PRADO, C. M. Is Obesity Associated with Altered Energy Expenditure? **Advances in Nutrition**, v. 7, n. 3, p. 476–487, 1 maio 2016. <https://doi.org/10.3945/an.115.008755>.
- COLBERG, S. R.; SIMONEAU, J. A.; THAETE, F. L.; KELLEY, D. E. Skeletal muscle utilization of free fatty acids in women with visceral obesity. **Journal of Clinical Investigation**, v. 95, n. 4, p. 1846–1853, 1 abr. 1995. <https://doi.org/10.1172/JC1117864>.
- COMPHER, C.; FRANKENFIELD, D.; KEIM, N.; ROTH-YOUSEY, L. Best Practice Methods to Apply to Measurement of Resting Metabolic Rate in Adults: A Systematic Review. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 106, n. 6, p. 881–903, jun. 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2006.02.009>.
- CHUMLEA, W. C.; VELLAS, B.; GUO, S. S. Malnutrition or healthy senescence. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 57, n. 4, p. 593–598, nov. 1998. <https://doi.org/10.1079/PNS19980086>.
- CUNNINGHAM, J. J. A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 33, n. 11, p. 2372–2374, 1 nov. 1980. <https://doi.org/10.1093/ajcn/33.11.2372>.
- CUNNINGHAM, J. J. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n. 6, p. 963–969, 1 dez. 1991. <https://doi.org/10.1093/ajcn/54.6.963>.
- DOUGLAS, C. G. A method for determining the total respiratory exchange in man. **Journal of Physiology**, v. 42, p. 17-18, 1911.
- DULLOO, A. G.; JACQUET, J.; SOLINAS, G.; MONTANI, J.-P.; SCHUTZ, Y. Body composition phenotypes in pathways to obesity and the metabolic syndrome. **International Journal of Obesity**, v. 34, n. S2, p. S4–S17, dez. 2010. <https://doi.org/10.1038/ijo.2010.234>.
- EVANS, W. J.; LEXELL, J. Human Aging, Muscle Mass, and Fiber Type Composition. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 50A, n. Special, p. 11–16, 1 nov. 1995. https://doi.org/10.1093/gerona/50A.Special_Issue.11.
- FERRARO, R.; LILLIOJA, S.; FONTVIEILLE, A.-M.; RISING, R.; BOGARDUS, C.; RAVUSSIN, E. Lower Sedentary Metabolic Rate in Women Compared with Men. **Lower Sedentary Metabolic Rate in Women Compared with Men**, v. 90, p. 5, 1992.
- FLACK, K. D.; SIDERS, W. A.; JOHNSON, L.; ROEMMICH, J. N. Cross-Validation of Resting Metabolic Rate Prediction Equations. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 116, n. 9, p. 1413–1422, set. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2016.03.018>.
- FOSTER, G. D.; WADDEN, T. A.; VOGT, R. A. Resting Energy Expenditure in Obese African American and Caucasian Women. **Obesity Research**, v. 5, n. 1, p. 1–8, jan. 1997. <https://doi.org/10.1002/j.1550-8528.1997.tb00276.x>.
- FRANKENFIELD, D.; ROTH-YOUSEY, L.; COMPHER, C. Comparison of Predictive Equations for Resting Metabolic Rate in Healthy Nonobese and Obese Adults: A Systematic Review. **Journal of the**

American Dietetic Association, v. 105, n. 5, p. 775–789, maio 2005.
<https://doi.org/10.1016/j.jada.2005.02.005>.

FRANKENFIELD, D. C.; MUTH, E. R.; ROWE, W. A. The Harris-Benedict Studies of Human Basal Metabolism. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 98, n. 4, p. 439–445, abr. 1998.
[https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(98\)00100-X](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(98)00100-X).

FUKUSHIMA, Y.; KUROSE, S.; SHINNO, H.; CAO THU, H.; TAKAO, N.; TSUTSUMI, H.; KIMURA, Y. Importance of Lean Muscle Maintenance to Improve Insulin Resistance by Body Weight Reduction in Female Patients with Obesity. **Diabetes & Metabolism Journal**, v. 40, n. 2, p. 147, 2016.
<https://doi.org/10.4093/dmj.2016.40.2.147>.

FULLMER, S.; BENSON-DAVIES, S.; EARTHMAN, C. P.; FRANKENFIELD, D. C.; GRADWELL, E.; LEE, P. S. P.; PIEMONTE, T.; TRABULSI, J. Evidence Analysis Library Review of Best Practices for Performing Indirect Calorimetry in Healthy and Non–Critically Ill Individuals. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 115, n. 9, p. 1417–1446.e2, set. 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.04.003>.

GALLAGHER, D.; ALBU, J.; HE, Q.; HESHKA, S.; BOXT, L.; KRASNOW, N.; ELIA, M. Small organs with a high metabolic rate explain lower resting energy expenditure in African American than in white adults. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 83, n. 5, p. 1062–1067, 1 maio 2006.
<https://doi.org/10.1093/ajcn/83.5.1062>.

GALLAGHER, D.; ALLEN, A.; WANG, Z.; HEYMSFIELD, S. B.; KRASNOW, N. Smaller Organ Tissue Mass in the Elderly Fails to Explain Lower Resting Metabolic Rate. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 904, n. 1, p. 449–455, 25 maio 2000. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06499.x>.

GALLAGHER, D.; BELMONTE, D.; DEURENBERG, P.; WANG, Z.; KRASNOW, N.; PI-SUNYER, F. X.; HEYMSFIELD, S. B. Organ-tissue mass measurement allows modeling of REE and metabolically active tissue mass. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 275, n. 2, p. E249–E258, 1 ago. 1998. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1998.275.2.E249>.

GEISLER, C.; BRAUN, W.; POURHASSAN, M.; SCHWEITZER, L.; GLÜER, C.-C.; BOSY-WESTPHAL, A.; MÜLLER, M. Age-Dependent Changes in Resting Energy Expenditure (REE): Insights from Detailed Body Composition Analysis in Normal and Overweight Healthy Caucasians. **Nutrients**, v. 8, n. 6, p. 322, 1 jun. 2016. <https://doi.org/10.3390/nu8060322>.

HALL, K. D.; HEYMSFIELD, S. B.; KEMNITZ, J. W.; KLEIN, S.; SCHOELLER, D. A.; SPEAKMAN, J. R. Energy balance and its components: implications for body weight regulation. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 95, n. 4, p. 989–994, 1 abr. 2012.
<https://doi.org/10.3945/ajcn.112.036350>.

HARRIS, J. A.; BENEDICT, F. G. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 4, n. 12, p. 370–373, 1 dez. 1918.
<https://doi.org/10.1073/pnas.4.12.370>.

HE, Q.; HESHKA, S.; ALBU, J.; BOXT, L.; KRASNOW, N.; ELIA, M.; GALLAGHER, D. Smaller organ mass with greater age, except for heart. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 6, p. 1780–1784, jun. 2009. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90454.2008>.

HENRY, C. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. **Public Health Nutrition**, v. 8, n. 7a, p. 1133–1152, out. 2005.
<https://doi.org/10.1079/PHN2005801>.

HENRY, C. Mechanisms of changes in basal metabolism during ageing. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n. S3, p. S77–S91, jun. 2000. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601029>.

HENRY, C. J.; REES, D. G. New predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in tropical peoples. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 45, n. 4, p. 177–185, abr. 1991.

HEYMSFIELD, S. B.; GALLAGHER, D.; KOTLER, D. P.; WANG, Z.; ALLISON, D. B.; HESHKA, S. Body-size dependence of resting energy expenditure can be attributed to nonenergetic homogeneity

of fat-free mass. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 282, n. 1, p. E132–E138, 1 jan. 2002. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2002.282.1.E132>.

HEYMSFIELD, S. B.; MÜLLER, M. J.; BOSY-WESTPHAL, A.; THOMAS, D.; SHEN, W. Human brain mass: Similar body composition associations as observed across mammals. **American Journal of Human Biology**, v. 24, n. 4, p. 479–485, jul. 2012. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22249>.

HEYMSFIELD, S. B.; SMITH, B.; DAHLE, J.; KENNEDY, S.; FEARNBACH, N.; THOMAS, D. M.; BOSY-WESTPHAL, A.; MÜLLER, M. J. Resting Energy Expenditure: From Cellular to Whole-Body Level, a Mechanistic Historical Perspective. **Obesity**, v. 29, n. 3, p. 500–511, mar. 2021. <https://doi.org/10.1002/oby.23090>.

HIRSCH, K. R.; SMITH-RYAN, A. E.; BLUE, M. N. M.; MOCK, M. G.; TREXLER, E. T. Influence of segmental body composition and adiposity hormones on resting metabolic rate and substrate utilization in overweight and obese adults. **Journal of Endocrinological Investigation**, v. 40, n. 6, p. 635–643, jun. 2017. <https://doi.org/10.1007/s40618-017-0616-z>.

HULBERT, A. J.; ELSE, P. L. Basal Metabolic Rate: History, Composition, Regulation, and Usefulness. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 77, n. 6, p. 869–876, nov. 2004. <https://doi.org/10.1086/422768>.

ITOI, A.; YAMADA, Y.; YOKOYAMA, K.; ADACHI, T.; KIMURA, M. Validity of predictive equations for resting metabolic rate in healthy older adults. **Clinical Nutrition ESPEN**, v. 22, p. 64–70, dez. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2017.08.010>.

JAKICIC, J.; WING, R. Differences in resting energy expenditure in African-American vs Caucasian overweight females. **International Journal of Obesity**, v. 22, n. 3, p. 236–242, mar. 1998. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0800575>.

JEQUIER, E.; ACHESON, K.; SCHUTZ, Y. Assessment of Energy Expenditure and Fuel Utilization in Man. **Annual Review of Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 187–208, jul. 1987. <https://doi.org/10.1146/annurev.nu.07.070187.001155>.

JENNINGS, A. E.; ALBERGA, A.; SIGAL, R. J.; JAY, O.; BOULÉ, N. G.; KENNY, G. P. The Effect of Exercise Training on Resting Metabolic Rate in Type 2 Diabetes Mellitus. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 8, p. 1558–1565, ago. 2009. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31819d6a6f>.

JESUS, F.; NUNES, C. L.; MATIAS, C. N.; FRANCISCO, R.; CARAPETO, B.; MACIAS, H.; MÜLLER, D.; CARDOSO, M.; VALAMATOS, M. J.; ROSA, G.; SARDINHA, L. B.; MARTINS, P.; MINDERICO, C. S.; SILVA, A. M. Are predictive equations a valid method of assessing the resting metabolic rate of overweight or obese former athletes? **European Journal of Sport Science**, v. 20, n. 9, p. 1225–1234, 20 out. 2020. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1708974>.

KAIYALA, K. J.; RAMSAY, D. S. Direct animal calorimetry, the underused gold standard for quantifying the fire of life. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v. 158, n. 3, p. 252–264, mar. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2010.04.013>.

KELLEY, D. E. Skeletal muscle fat oxidation: timing and flexibility are everything. **Journal of Clinical Investigation**, v. 115, n. 7, p. 1699–1702, 1 jul. 2005. <https://doi.org/10.1172/JCI25758>.

KIRK, E. P.; DONNELLY, J. E.; SMITH, B. K.; HONAS, J.; LECHEMINANT, J. D.; BAILEY, B. W.; JACOBSEN, D. J.; WASHBURN, R. A. Minimal Resistance Training Improves Daily Energy Expenditure and Fat Oxidation. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 5, p. 1122–1129, maio 2009. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318193c64e>.

KLEIBER, M. BODY SIZE AND METABOLIC RATE. **Physiological Reviews**, v. 27, n. 4, p. 511–541, 1 out. 1947. <https://doi.org/10.1152/physrev.1947.27.4.511>.

KOVRT, W. M. Preliminary evidence that DEXA provides an accurate assessment of body composition. **Journal of Applied Physiology**, v. 84, n. 1, p. 372–377, 1 jan. 1985. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.84.1.372>.

- KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A.; FLANAGAN, S. D.; SHURLEY, J. P.; TODD, J. S.; TODD, T. C. Understanding the Science of Resistance Training: An Evolutionary Perspective. **Sports Medicine**, v. 47, n. 12, p. 2415–2435, dez. 2017. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0779-y>.
- LAZZER, S.; BEDOGNI, G.; LAFORTUNA, C. L.; MARAZZI, N.; BUSTI, C.; GALLI, R.; DE COL, A.; AGOSTI, F.; SARTORIO, A. Relationship Between Basal Metabolic Rate, Gender, Age, and Body Composition in 8,780 White Obese Subjects. **Obesity**, v. 18, n. 1, p. 71–78, jan. 2010. <https://doi.org/10.1038/oby.2009.162>.
- LAZZER, S.; BOIRIE, Y.; MONTAURIER, C.; VERNET, J.; MEYER, M.; VERMOREL, M. A Weight Reduction Program Preserves Fat-Free Mass but Not Metabolic Rate in Obese Adolescents. **Obesity Research**, v. 12, n. 2, p. 233–240, fev. 2004. <https://doi.org/10.1038/oby.2004.30>.
- LIVINGSTON, E. H.; KOHLSTADT, I. Simplified Resting Metabolic Rate-Predicting Formulas for Normal-Sized and Obese Individuals. **Obesity Research**, v. 13, n. 7, p. 1255–1262, jul. 2005. <https://doi.org/10.1038/oby.2005.149>.
- MACFARLANE, D. J. Automated Metabolic Gas Analysis Systems: A Review. **Sports Medicine**, v. 31, n. 12, p. 841–861, 2001. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131120-00002>.
- MAGNUS-LEVY, A. Energy Metabolism in Health and Disease. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, v. II, n. 3, p. 307–320, 1947. <https://doi.org/10.1093/jhmas/II.3.307>.
- MATSUO, T.; OHKAWARA, K.; SEINO, S.; SHIMOJO, N.; YAMADA, S.; OHSHIMA, H.; TANAKA, K.; MUKAI, C. Cardiorespiratory fitness level correlates inversely with excess post-exercise oxygen consumption after aerobic-type interval training. **BMC Research Notes**, v. 5, n. 1, p. 646, dez. 2012. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-5-646>.
- MCMURRAY, R. G.; SOARES, J.; CASPERSEN, C. J.; MCCURDY, T. Examining Variations of Resting Metabolic Rate of Adults: A Public Health Perspective. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 46, n. 7, p. 1352–1358, jul. 2014. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000232>.
- MERCER, J. B.; HAMMEL, H. T. Total calorimetry and temperature regulation in the nine-banded armadillo. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 135, n. 4, p. 579–589, abr. 1989. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1989.tb08620.x>.
- MIFFLIN, M. D.; ST JEOR, S. T.; HILL, L. A.; SCOTT, B. J.; DAUGHERTY, S. A.; KOH, Y. O. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 51, n. 2, p. 241–247, 1 fev. 1990. <https://doi.org/10.1093/ajcn/51.2.241>.
- MORGAN, J. B.; YORK, D. A. Thermic Effect of Feeding in Relation to Energy Balance in Elderly Men. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 27, n. 1, p. 71–77, 1983. <https://doi.org/10.1159/000176625>.
- MTAWEH, H.; TUIRA, L.; FLOH, A. A.; PARSHURAM, C. S. Indirect Calorimetry: History, Technology, and Application. **Frontiers in Pediatrics**, v. 6, p. 257, 19 set. 2018. <https://doi.org/10.3389/fped.2018.00257>.
- MÜLLER, M. J.; LANGEMANN, D.; GEHRKE, I.; LATER, W.; HELLER, M.; GLÜER, C. C.; HEYMSFIELD, S. B.; BOSY-WESTPHAL, A. Effect of Constitution on Mass of Individual Organs and Their Association with Metabolic Rate in Humans—A Detailed View on Allometric Scaling. **PLoS ONE**, v. 6, n. 7, p. e22732, 26 jul. 2011. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022732>.
- MURPHY, R. A.; REINDERS, I.; GARCIA, M. E.; EIRIKSDOTTIR, G.; LAUNER, L. J.; BENEDIKTSSON, R.; GUDNASON, V.; JONSSON, P. V.; HARRIS, T. B. Adipose Tissue, Muscle, and Function: Potential Mediators of Associations Between Body Weight and Mortality in Older Adults with Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*, v. 37, n. 12, p. 3213–3219, dez. 2014. <https://doi.org/10.2337/dc14-0293>.
- NELSON, K. M.; WEINSIER, R. L.; LONG, C. L.; SCHUTZ, Y. Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 56, n. 5, p. 848–856, 1 nov. 1992. <https://doi.org/10.1093/ajcn/56.5.848>.

OWEN, O. E.; HOLUP, J. L.; D'ALESSIO, D. A.; CRAIG, E. S.; POLANSKY, M.; SMALLEY, K. J.; KAVLE, E. C.; BUSHMAN, M. C.; OWEN, L. R.; MOZZOLI, M. A. A reappraisal of the caloric requirements of men. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, n. 6, p. 875–885, 1 dez. 1987. <https://doi.org/10.1093/ajcn/46.6.875>.

PORTER, C.; COHEN, N. H. Indirect Calorimetry in Critically Ill Patients. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 96, n. 1, p. 49–57, jan. 1996. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(96\)00014-4](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(96)00014-4).

PRADHAN, A. D. Sex Differences in the Metabolic Syndrome: Implications for Cardiovascular Health in Women. **Clinical Chemistry**, v. 60, n. 1, p. 44–52, 1 jan. 2014. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2013.202549>.

RENEAU, J.; OBI, B.; MOOSREINER, A.; KIDAMBI, S. Do we need race-specific resting metabolic rate prediction equations? **Nutrition & Diabetes**, v. 9, n. 1, p. 21, dez. 2019. <https://doi.org/10.1038/s41387-019-0087-8>.

RINDER, L.; ROUPE, S.; STEEN, B.; SVANBORG, A. Seventy-year-old People in Gothenburg A Population Study in an Industrialized Swedish City: I. General Presentation of the Study. **Acta Medica Scandinavica**, v. 198, n. 1–6, p. 397–407, 24 abr. 1975. <https://doi.org/10.1111/j.0954-6820.1975.tb19563.x>.

RUGGIERO, C.; FERRUCCI, L. The Endeavor of High Maintenance Homeostasis: Resting Metabolic Rate and the Legacy of Longevity. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 61, n. 5, p. 466–473, 1 maio 2006. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.5.466>.

SABOUNCHI, N. S.; RAHMANDAD, H.; AMMERMAN, A. Best-fitting prediction equations for basal metabolic rate: informing obesity interventions in diverse populations. **International Journal of Obesity**, v. 37, n. 10, p. 1364–1370, out. 2013. <https://doi.org/10.1038/ijo.2012.218>.

SCHOFIELD, W. N. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. Human Nutrition. **Clinical Nutrition**, v. 39 Suppl 1, p. 5–41, 1985.

SCHUTZ, Y. The basis of direct and indirect calorimetry and their potentials. **Diabetes / Metabolism Reviews**, v. 11, n. 4, p. 383–408, dez. 1995. <https://doi.org/10.1002/dmr.5610110406>.

SERFATY, D.; REIN, M.; SCHWARZFUCHS, D.; SHELEF, I.; GEPNER, Y.; BRIL, N.; COHEN, N.; SHEMESH, E.; SARUSI, B.; KOVSAN, J.; KENIGSBUCH, S.; CHASSIDIM, Y.; GOLAN, R.; WITKOW, S.; HENKIN, Y.; STAMPFER, M. J.; RUDICH, A.; SHAI, I. Abdominal fat sub-depots and energy expenditure: Magnetic resonance imaging study. **Clinical Nutrition**, v. 36, n. 3, p. 804–811, jun. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.05.009>.

SHARP, T. A.; BELL, M. L.; GRUNWALD, G. K.; SCHMITZ, K. H.; SIDNEY, S.; LEWIS, C. E.; TOLAN, K.; HILL, J. O. Differences in Resting Metabolic Rate between White and African-American Young Adults. **Obesity Research**, v. 10, n. 8, p. 726–732, ago. 2002. <https://doi.org/10.1038/oby.2002.99>.

SHORT, K. R.; BIGELOW, M. L.; KAHL, J.; SINGH, R.; COENEN-SCHIMKE, J.; RAGHAVAKAIMAL, S.; NAIR, K. S. Decline in skeletal muscle mitochondrial function with aging in humans. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 102, n. 15, p. 5618–5623, 12 abr. 2005. <https://doi.org/10.1073/pnas.0501559102>.

SNELLEN, J. W.; CHANG, K. S.; SMITH, W. Technical description and performance characteristics of a human whole-body calorimeter. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 21, n. 1, p. 9–20, jan. 1983. <https://doi.org/10.1007/BF02446401>.

SOARES, M. J.; MÜLLER, M. J. Resting energy expenditure and body composition: critical aspects for clinical nutrition. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 9, p. 1208–1214, set. 2018. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0220-0>.

SPEAKMAN, J. R.; SELMAN, C. Physical activity and resting metabolic rate. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 62, n. 3, p. 621–634, ago. 2003. <https://doi.org/10.1079/PNS2003282>.

TINSLEY, G. M.; GRAYBEAL, A. J.; MOORE, M. L. Resting metabolic rate in muscular physique athletes: validity of existing methods and development of new prediction equations. **Applied**

Physiology, Nutrition, and Metabolism, v. 44, n. 4, p. 397–406, abr. 2019.
<https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0412>.

WANG, Z.; HESHKA, S.; GALLAGHER, D.; BOOZER, C. N.; KOTLER, D. P.; HEYMSFIELD, S. B. Resting energy expenditure-fat-free mass relationship: new insights provided by body composition modeling. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 279, n. 3, p. E539–E545, 1 set. 2000. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2000.279.3.E539>.

WANG, Z.; HESHKA, S.; HEYMSFIELD, S. B.; SHEN, W.; GALLAGHER, D. A cellular-level approach to predicting resting energy expenditure across the adult years. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, n. 4, p. 799–806, 1 abr. 2005. <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.4.799>.

WANG, Z.; HESHKA, S.; WANG, J.; GALLAGHER, D.; DEURENBERG, P.; CHEN, Z.; HEYMSFIELD, S. B. Metabolically active portion of fat-free mass: a cellular body composition level modeling analysis. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 292, n. 1, p. E49–E53, jan. 2007. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00485.2005>.

WANG, Z.; HESHKA, S.; ZHANG, K.; BOOZER, C. N.; HEYMSFIELD, S. B. Resting Energy Expenditure: Systematic Organization and Critique of Prediction Methods. **Obesity**, v. 9, n. 5, p. 331–336, maio 2001. <https://doi.org/10.1038/oby.2001.42>.

WANG, Z.; YING, Z.; BOSY-WESTPHAL, A.; ZHANG, J.; SCHAUTZ, B.; LATER, W.; HEYMSFIELD, S. B.; MÜLLER, M. J. Specific metabolic rates of major organs and tissues across adulthood: evaluation by mechanistic model of resting energy expenditure. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 92, n. 6, p. 1369–1377, 1 dez. 2010. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29885>.

WEBB, P. The physiology of heat regulation. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 268, n. 4, p. R838–R850, 1 abr. 1995. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1995.268.4.R838>.

WEBB, Paul. Continuous Measurement of Heat Loss and Heat Production and the Hypothesis of Heat Regulation. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 813, n. 1 Thermoregulat, p. 12–20, mar. 1997. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1997.tb51667.x>.

XUE, J.; LI, S.; ZHANG, Y.; HONG, P. Accuracy of Predictive Resting-Metabolic-Rate Equations in Chinese Mainland Adults. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 15, p. 2747, 1 ago. 2019. <https://doi.org/10.3390/ijerph16152747>.

ZHANG, W.-S. Construction, calibration and testing of a decimeter-size heat-flow calorimeter. **Thermochimica Acta**, v. 499, n. 1–2, p. 128–132, fev. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2009.11.013>.