



**Validação de Equações Preditivas da Taxa de Metabolismo de Repouso
tendo como Método de Referência a Calorimetria Indireta em Adultos com
Excesso de Peso ou Obesidade**

Validation of Predictive Equations of Resting Metabolic Rate with Indirect
Calorimetry as Reference in Overweight or Obese Adults

Filipe André da Silva Teodósio de Jesus

Orientado por: Professora Doutora Analiza Mónica Lopes Almeida Silva

Coorientado por: Dra. Catarina Teresa Lucas Nunes

Tipo de documento: Trabalho de Investigação

Ciclo de estudos: 1.º Ciclo em Ciências da Nutrição

Instituição académica: Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da

Universidade do Porto

Porto, 2018

Resumo em Português

Introdução: A calorimetria indireta é o método de referência de avaliação da taxa metabólica de repouso (TMR), no entanto requer equipamento e consumíveis dispendiosos e técnicos treinados. Em alternativa foram desenvolvidas equações preditivas para estimar a TMR.

Objetivo: Determinar a validade de equações preditivas na estimação da TMR usando a calorimetria indireta como método referência numa amostra de indivíduos com excesso de peso/obesidade.

Metodologia: A TMR de 56 indivíduos (78,6% homens, 37,5% obesos, 95,8 (14,8kg), 174,2 (8,7cm)) com excesso de peso/obesidade (31,5 (4,0kg/m²)) foi avaliada por calorimetria indireta e predita recorrendo a sete equações: Harris-Benedict, Cunningham, Schofield, FAO/WHO/UNU, Owen, Mifflin-St. Jeor e Katch-McArdle. A composição corporal foi avaliada pela densitometria radiológica de dupla energia.

Resultados: As estimativas obtidas pelas equações sobrestimaram o valor medido pela calorimetria indireta, com uma amplitude de 70-300 kcal/dia (4,3-14,9%), com valores percentuais de estimativas válidas inferiores a 59%. A regressão linear entre o método de referência e os modelos preditivos não diferiu da linha de identidade, com os valores estimados a explicar cerca de 50% da variabilidade dos valores medidos. A concordância dos métodos foi fraca para todas as equações apresentando limites amplos. A equação de Harris-Benedict foi a única em que a diferença dos métodos não está relacionada com a magnitude da TMR.

Conclusão: Dado o fraco desempenho das várias equações na estimação da TMR, quer ao nível de grupo como ao nível individual, a avaliação da TMR em indivíduos

com excesso de peso/obesidade pode ser comprometida pela utilização destes modelos alternativos.

Palavras-Chave: Taxa metabólica de repouso, Calorimetria Indireta, Equações preditivas, Validação, Obesidade.

Resumo em Inglês

Introduction: Indirect calorimetry is the gold standard to evaluate the resting metabolic rate (RMR) however it requires expensive equipment and consumables and skilled technicians. Alternatively, predictive equations were developed to estimate RMR.

Aim: To determine the validity of predictive equations for RMR estimations using indirect calorimetry as the reference method in a sample of overweight or obese individuals.

Methodology: The RMR of fifty-six overweight or obese (31.5 (4.0 kg/m²)) individuals (78.6% male, 37.5% obese, 95.8 (14.8 kg), 174.2 (8.7 cm)) was measured by indirect calorimetry and predicted using seven equations: Harris-Benedict, Cunningham, Schofield, FAO/WHO/UNU, Owen, Mifflin-St. Jeor e Katch-McArdle. Dual-energy X-ray densitometry was used to assess body composition.

Results: The estimations obtained by the predictive equations overestimated the value measured by the indirect calorimetry, ranging between 70-300 kcal/day (4.3-14.9%), with percentage values of valid estimations below 59%. The linear regression between the reference and each of the predictive models did not differ from the identity line with estimated values explaining about 50% of the variability of the measured values. The agreement between the methods was weak for all the equation showing wide limits of agreement. The Harris-Benedict equation was the only one in which the difference between the methods was not related with the magnitude of the resting metabolic rate.

Conclusion: Given the weak performance of the various equations for RMR estimations, at both group and individual levels, the assessment of RMR in overweight or obese individuals may be jeopardized using these alternative models.

Key-words: Resting metabolic rate, Indirect calorimetry, Predictive equations, Validation, Obesity.

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

CCC – Coeficiente de correlação de concordância

CI – Calorimetria indireta

DENR – Dispêndio energético em não repouso

DER – Dispêndio energético de repouso

DETD – Dispêndio energético total diário

DXA – Densitometria radiológica de dupla-energia

EP – Equações preditivas

ETA – Efeito térmico dos alimentos

FAO/WHO/UNU - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação/
Organização Mundial da Saúde/ Universidade das Nações Unidas

FMH-UL - Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa

IMC – Índice de massa corporal

MG – Massa gorda

MIG – Massa isenta de gordura

REQM – Raiz do erro quadrático médio

RMR – *Resting metabolic rate*

TA – Tecido adiposo

TE – Termogénese do exercício

TMR – Taxa metabólica de repouso

TNE – Termogénese do não exercício

uN₂ – Exceção urinária de azoto

VO₂ – Quantidade de oxigénio consumido

VCO₂ – Quantidade de dióxido de carbono consumido

Sumário

Resumo em Português.....	i
Resumo em Inglês.....	iii
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos	v
Introdução.....	1
Objetivos.....	3
Metodologia	3
Avaliação da composição corporal.....	4
Calorimetria indireta.....	4
Equações preditivas.....	5
Análise estatística.....	6
Resultados.....	7
Discussão	9
Conclusões.....	15
Agradecimentos	15
Referências	16
Anexos.....	26
Tabela 1.....	27
Tabela 2.....	28
Tabela 3.....	29
Tabela 4.....	30
Figura 1.....	31
Tabela 5.....	32
Tabela 6.....	34
Tabela 7.....	35

Tabela 8.....	36
Tabela 9.....	38
Tabela 10.....	40
Tabela 11.....	42

Introdução

O dispêndio energético total diário (DETD) pode ser dividido em dois componentes distintos: dispêndio energético de repouso (DER) ou taxa metabólica de repouso (TMR); e dispêndio energético em não repouso (DENR). Este último pode ser ainda dividido em termogênese do exercício (TE), termogênese do não exercício (TNE) e efeito térmico dos alimentos (ETA) ⁽¹⁾.

A TMR é a quantidade de energia necessária para manter a atividade metabólica celular básica do corpo e as funções orgânicas, como a respiração e a regulação da temperatura corporal ^(2, 3) e pode corresponder entre 60 a 80 % do DETD em indivíduos sedentários saudáveis ^(4, 5).

A TMR pode ser influenciada por um grande número de fatores como sexo, idade e massa isenta de gordura (MIG) ⁽⁵⁾, sendo esta última um dos fatores que mais contribui para a variabilidade da TMR ⁽⁶⁾. Aquando do ganho de peso, há um aumento não proporcional de tecido adiposo (TA) e de MIG, sendo maioritariamente a contribuição do TA. Esta situação leva assim a que a TMR absoluta em obesos seja superior quando comparamos com indivíduos com excesso de peso. No entanto, a situação inverte-se quando avaliamos a TMR por quilograma de massa corporal ⁽⁷⁾.

Para que a TMR seja avaliada nas condições ideais, deve ser evitada a atividade física nas últimas 24h, a presença de distúrbios emocionais, devendo o participante estar num estado pós-absortivo, acordado, numa condição nutricional normal e sem a presença de doenças ou infeções, sendo o exame realizado num ambiente termicamente neutro ⁽²⁾.

Determinar a TMR é importante e essencial para os nutricionistas ⁽⁸⁾ para a avaliação nutricional e definição de estratégias para alcançar os objetivos delineados ^(9, 10) fornecendo informação valiosa em relação às necessidades energéticas ⁽¹¹⁾.

A calorimetria indireta (CI) é o método de referência da medição da TMR ^(8, 12, 13) e é baseada no princípio de que a energia corporal deriva da energia química libertada durante a oxidação de nutrientes presentes nos alimentos ingeridos. Os substratos são convertidos em dióxido de carbono (CO₂), água (H₂O) e energia sob a forma de calor na presença de oxigénio (O₂), estando este processo resumido na seguinte equação: Substrato + O₂ → CO₂ + H₂O + Calor ^(13, 14). Assim, a produção de calor é calculada pela medição da quantidade de oxigénio consumido (VO₂), dióxido de carbono produzido (VCO₂) e excreção urinária de azoto (uN₂) ^(14, 15) recorrendo à equação de Weir ⁽¹⁶⁾. A uN₂ é medida para ajustar o cálculo da TMR à oxidação incompleta de proteína através de uma colheita urinária de 24 horas no mesmo dia da realização da CI ⁽¹⁷⁾. No entanto, na maior parte dos casos, esta colheita não é possível de realizar ^(13, 17) sendo usada a equação simplificada, com evidência a demonstrar que a diferença entre o uso da equação completa e simplificada é inferior a 2% ⁽¹⁷⁾.

Embora a CI seja considerada a referência para a medição da TMR ^(8, 12, 13), esta não é de fácil acesso uma vez que se encontra quase exclusivamente em laboratórios de universidades ou em instalações desportivas de alto rendimento ⁽⁵⁾, sendo muito dispendiosa e com a necessitando de técnicos qualificados e treinados ^(5, 8, 12). De modo a resolver este problema, foram desenvolvidas variadas equações preditivas (EP) que têm sido utilizadas na prática clínica para a predição da TMR de indivíduos ^(9, 15, 18). Estas equações são de fácil acesso ⁽¹⁴⁾ e podem ser

implementadas com informações básicas como a idade, peso, altura e nível de atividade física. No entanto, as EP são menos válidas do que a CI ^(5, 14), relatando erros de 20% ⁽⁹⁾, ambas sub- e/ou sobrestimações ⁽¹⁹⁻²¹⁾.

Se as EP sistematicamente sobrestimarem a TMR, é provável que alguns indivíduos possam sentir mais dificuldade em perder peso já que uma TMR reduzida dificulta o objetivo de atingir uma determinada massa corporal ⁽¹²⁾. Isto pode ser problemático em casos de excesso de peso e obesidade, uma vez que a TMR apresenta uma grande variabilidade, sendo muito difícil determinar as necessidades energéticas para esta população ⁽¹⁵⁾. Assim, é importante perceber se as equações são efetivamente uma opção válida e determinar a mais adequada à população.

Objetivos

O objetivo do presente estudo foi determinar a validade das EP na estimação da TMR usando a CI como método referência numa amostra de indivíduos com excesso de peso ou obesidade.

Metodologia

O presente estudo utiliza os dados transversais recolhidos no decurso do projeto *Champ4Life*, um estudo clínico com intervenção e um grupo de controlo que pretende analisar a intervenção da promoção de um estilo de vida saudável em antigos atletas de alta competição com excesso de peso ou obesidade. Alguns dos critérios de inclusão usados foram: a) ter sido atleta de elite; b) ser fisicamente inativo (<150min por semana acumulados em períodos de pelo menos 10 minutos) ⁽²²⁾; c) ter excesso de peso ou obesidade (valores de índice de massa corporal (IMC) de [25;30,0[e ≥ 30 kg/m² para excesso de peso e obesidade, respetivamente ⁽²³⁾.

Os restantes critérios de inclusão e critérios de exclusão podem ser conferidos noutra local ⁽²⁴⁾. Da amostra inicial, e devido à ausência de dados, a amostra foi reduzida para cinquenta e seis pessoas (n=56).

Todos os participantes foram informados verbalmente e por escrito relativamente aos procedimentos experimentais antes do preenchimento do consentimento informado escrito. Todos os procedimentos foram aprovados pela Comissão de Ética da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa (FMH-UL) e conduzidas de acordo com a declaração de Helsínquia para estudos em Humanos da *World Medical Association* ⁽²⁵⁾.

Avaliação da composição corporal

Os participantes foram pesados numa balança digital (Seca, Alemanha) com erro de medição de 0,1 kg e medidos com um estadiómetro (Seca, Alemanha) com erro de medição de 0,1 cm de acordo com os procedimentos standardizados ⁽²⁶⁾. O IMC foi obtido pela divisão do peso corporal (kg) pelo quadrado da altura (m).

Para obter valores totais (kg) e percentuais (%) de massa gorda (MG) e MIG os participantes foram submetidos a um exame de densitometria radiológica de dupla energia (DXA) de acordo com os procedimentos recomendados pelo fabricante (Hologic Explorer-W, Waltman, USA). O mesmo técnico posicionou os participantes, realizou o exame e analisou os resultados (programa QDR para Windows®, versão 12.4, Hologic, USA) de acordo com o manual de operação usando o protocolo de análise standard.

Calorimetria indireta

Os participantes deslocaram-se ao laboratório durante a manhã (7:00 – 10:00 h), num estado de jejum noturno. Foi pedido aos participantes que se abstivessem de cafeína e de nicotina entre 8 a 10 horas antes da realização do exame. Foi ainda

pedida a não realização de atividade física por 24 horas. Todas as medições foram realizadas na mesma sala num ambiente neutro em termos de temperatura e humidade, aproximadamente 22°C e 40-50%, respetivamente ⁽²⁷⁾.

Um técnico treinado realizou todas as medições. O calorímetro indireto MedGraphics CPX Ultima (MedGraphics Corporation, Breezeex Software) foi utilizado para fazer a medição do VO_2 e VCO_2 usando uma máscara facial. Os analisadores de O_2 e CO_2 foram calibrados antes da realização do teste usando uma concentração conhecida de gás e o fluxo e volume usando um pneumotacógrafo calibrado com uma seringa com 3 litros de capacidade (Hans Rudolph, inc. TM).

Antes do teste, os procedimentos foram explicados aos participantes e foi pedido que relaxassem, respirassem normalmente e que não adormecessem ou falassem no decorrer da avaliação. De seguida, eram deitados nem decúbito dorsal e, se necessário, cobertos com uma manta, em repouso cerca de 15 minutos antes do exame. O VO_2 e o VCO_2 foram medidos durante cerca de 30 minutos. Os dados recolhidos nos primeiros e últimos 5 minutos eram descartados e um intervalo estável de cerca de 5 minutos entre os 5 e 25 minutos com taxa de trocas respiratórias entre 0,7 e 1,0 foi usado para determinar a TMR. O intervalo estável é definido como um período de 5 minutos com uma variação $\leq 10\%$ para VO_2 e VCO_2 ⁽²⁷⁾. Os valores médios obtidos de VO_2 e VCO_2 foram utilizados na equação simplificada de Weir ⁽¹⁶⁾ e o período com a menor TMR foi considerado.

Equações preditivas

A TMR foi estimada recorrendo a sete EP: Harris-Benedict ⁽²⁸⁾, Cunningham ⁽²⁹⁾, Schofield ⁽³⁰⁾, relatório conjunto da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação/Organização Mundial da Saúde/ Universidade das

Nações Unidas (FAO/WHO/UNU) ⁽³¹⁾, Owen ^(32, 33), Mifflin-St. Jeor ⁽³⁴⁾ e Katch-McArdle ⁽³⁵⁾.

A tabela 1 contém uma breve caracterização da amostra utilizada aquando da criação da respetiva equação bem como a equação em questão.

Análise estatística

A estatística descritiva foi elaborada para todas as variáveis e apresentada como média (desvio padrão). A normalidade das variáveis foi avaliada recorrendo ao teste Kolmogorov-Smirnov. Considerámos como predições com validade aquelas que pertencessem ao intervalo 90-110% do valor medido pela CI ^(36, 37). Testes-t emparelhados foram usados para comparar as médias obtidas pela calorimetria indireta e pelas equações preditivas. Foi usado o modelo linear geral para avaliar se o termo sexo e cada uma das EP apresenta uma associação significativa, isto é, a existência de uma associação significativa entre o sexo e as EP. Foram elaboradas regressões lineares simples para calcular a relação entre a TMR estimada pelas EP e pelo método de referência, obtendo valores de declive e interseção para cada EP. Para além disso, calculámos ainda o erro puro, um método de testar o desempenho de EP em estudos de validação. Este pode ser

calculado pela seguinte fórmula: Erro Puro = $\sqrt{\frac{\sum(\hat{y}-y)^2}{n}}$ em que \hat{y} são os valores

estimados, y os valores obtidos pela CI e o n o número de indivíduos da amostra ⁽³⁸⁾. A análise da correlação de concordância foi elaborada de acordo com Lin *et al.*

⁽³⁹⁾ recorrendo ao programa MedCalc® versão 18.5 através do coeficiente de correlação de concordância (CCC), precisão, validade e pelo método Bland-Altman

⁽⁴⁰⁾, incluindo os limites de concordância a 95%. A correlação de Pearson entre as diferenças entre o método de referência e cada equação preditiva com a média entre ambos foi utilizada como indicador de uma possível tendência. Foi ainda

explorada se a diferença dos métodos se associa com a idade, o peso, o IMC (kg/m^2), a MG (kg) e MIG (kg). A análise dos dados foi feita através do programa IBM SPSS Statistics (SPSS Inc., IBM, USA) versão 24.0 para o Windows®. Para todos os testes o nível de significância considerado foi de $p < 0,05$.

Resultados

Todas as variáveis apresentam distribuição normal, estando os resultados apresentados como média (desvio padrão). A caracterização da população e a sua composição corporal encontram-se descrita na tabela 2. A nossa amostra era constituída por 44 homens (78,6%) e 12 mulheres (21,4%), sendo 35 (62,5%) indivíduos obesos e 21 (37,5%) com excesso de peso.

Determinou-se uma contribuição não significativa para a relação do género com a TMR predita pelas equações: Harris-Benedict ⁽²⁸⁾ ($p=0,552$); Cunningham ⁽²⁹⁾ ($p=0,654$); Schofiel ⁽³⁰⁾ ($p=0,619$); FAO/WHO/UNU ⁽³¹⁾ ($p=0,613$); Owen ^(32, 33) ($p=0,451$); Mifflin-St. Jeor ⁽³⁴⁾ ($p=0,930$); Katch-McArdle ⁽³⁵⁾ ($p=0,655$). Deste modo, a amostra foi analisada como um todo.

A tabela 3 apresenta os valores de diferença e o viés (percentagem de diferença) entre os valores de TMR estimados por cada EP e o valor medido pela CI. Apresenta ainda os valores percentuais de subestimações, estimativas válidas e sobrestimação de acordo com o critério referido anteriormente. Os valores de diferenças rondam as 70 kcal/dia para as equações de Owen ^(32, 33) e Katch-McArdle ⁽³⁵⁾, as 100 kcal/dia para a de Mifflin-St. Jeor ⁽³⁴⁾ e são superiores a 220 kcal/dia para as restantes ⁽²⁸⁻³¹⁾ com desvio padrão superior a 200 kcal/dia para todas as equações. A equação que apresenta o maior valor percentual de estimativas

válidas é a equação de Katch-McArdle ⁽³⁵⁾ (58,9%), seguida pelas de Owen ^(32, 33) (57,1%), com as restantes ^(28-31, 34) com valores inferiores a 50%.

Os valores relativos à regressão linear para a relação entre os valores estimados pelas EP e a CI bem como os resultados da análise de concordância estão apresentados na tabela 4. Para todas as EP ⁽²⁸⁻³⁵⁾, a regressão linear não difere da linha de identidade uma vez que o declive e a interceção não são significativamente diferentes de 1 e 0, respetivamente. Os valores de r^2 variam entre 0,41 e 0,53, isto é, os valores estimados pelas EP ⁽²⁸⁻³⁵⁾ explicam entre 41 a 53% da variabilidade dos valores da CI. Os valores de erro puro rondam as 230 kcal/dia. Já para a análise da concordância, todos os valores de CCC, da precisão e da validade foram inferiores a 0,68, 0,73 e 0,93, respetivamente.

A figura 1 expõe a concordância entre as EP com a CI usando a técnica de Bland-Altman ⁽⁴⁰⁾. Todas as equações ⁽²⁸⁻³⁵⁾ apresentaram limites de concordância (intervalo de confiança a 95%) relativamente amplos, podendo o limite inferior atingir as -388 kcal/dia (22,7%) e o limite superior atingir as 748 kcal/dia (42,8%). A existência de uma associação entre as diferenças e as médias dos métodos, isto é, entre cada uma das equações e a CI, indica que os modelos podem sub- ou sobrestimar a TMR obtida pelo método de referência dependendo da magnitude da TMR. Todas as equações, com exceção do modelo de Harris-Benedict ⁽²⁸⁾ (figura 1.A), evidenciaram uma tendência significativa para sobrestimarem os valores da TMR nas pessoas cujo metabolismo de repouso apresentava valores mais baixos e subestimava nas pessoas com maior TMR.

Ainda foi explorada a possível relação entre as diferenças dos métodos com a idade e a composição corporal. Apenas foi observada uma correlação negativa entre as diferenças pela equação de Schofield ⁽³⁰⁾ e a CI com a MIG (kg) ($r=-0,323$, $p=0,015$).

Assim, este modelo sobrestima os valores da TMR nas pessoas cuja MIG apresentava valores mais baixos e subestimava nas pessoas com maior MIG.

Discussão

O nosso objetivo com este trabalho foi determinar a validade das EP na estimação da TMR usando a CI como método referência numa amostra de indivíduos com excesso de peso ou obesidade.

Nas tabelas 5 a 11 está presente uma breve revisão de estudos de validação das equações utilizadas neste estudo.

A equação de Harris-Benedict ⁽²⁸⁾ (tabela 5) é uma das equações mais utilizadas na prática clínica e, como tal, apresenta uma grande quantidade de trabalhos de validação ^(8, 18, 36, 37, 41-56). No nosso estudo, foram obtidos valores médios de sobrestimação significativa com esta equação [224 ± 240 kcal/dia (13,1%)] o que corrobora os resultados observados em estudos analisados que evidenciaram uma sobrestimação do valor real da TMR [-250 e as 545 kcal/dia (-11 a 14,7%)] ^(37, 41-54, 56). Foram ainda obtidos valores de estimativas válidas de 39,3%, resultados próximos do limite inferior dos valores relatados pela literatura (41,0 – 88,0%) ^(8, 18, 36, 37, 43, 45-49, 52, 55). Com algumas exceções ^(8, 18, 37, 41-43, 45-49, 53), as amostras dos estudos apresentam características relativamente semelhantes à amostra do nosso estudo (idade e IMC), com a diferença de que na maior parte dos casos o número de indivíduos estudados era substancialmente superior, havendo também uma distribuição mais equitativa entre os sexos.

Na tabela 6 estão apresentados os trabalhos de validação encontrados para a equação de Cunningham ⁽²⁹⁾. O nosso estudo obteve valores de sobrestimação significativa com esta equação [230 ± 224 kcal/dia (13,5%)]. Na literatura

disponível, não foi encontrado um consenso, podendo a diferença entre o estimado e o real variar entre -94 e 154 kcal/dia ^(50, 53, 54, 56, 57). O nosso estudo apresentou valores de diferenças mais próximos dos obtidos por Zanella et al. ⁽⁵⁶⁾ [154 ± 226 kcal/dia (8,8%)], embora a sobrestimação tenha sido mais pronunciada no nosso estudo. A nossa amostra em termos de idade e de IMC era semelhante à de Zanella et al. ⁽⁵⁶⁾, embora os nossos participantes apresentassem um IMC ligeiramente superior e historial de hipertensão pulmonar. Por outro lado, quando observamos os valores percentuais de estimações válidas, o nosso valor (37,5%) é bastante inferior quando comparado com os valores descritos por ten Haaf et al. ⁽⁸⁾ (85 e 78% para homens e mulheres, respetivamente). Estas diferenças parecem ser explicadas pelas diferenças entre amostras, uma vez que a amostra do estudo mencionado ⁽⁸⁾ é constituída por indivíduos mais jovens (18 a 35 anos) e com menor IMC (17,9 a 27,0 kg/m²).

Em relação à equação de Schofield ⁽³⁰⁾ (tabela 7), obtivemos novamente uma sobrestimação significativa [255 ± 252 kcal/dia (14,9%)], indo de encontro aos estudos analisados (51 a 153 kcal/dia) ^(49, 57), embora a magnitude seja superior nos nossos resultados. Por outro lado, obtivemos valores percentuais de estimativas válidas de 32,1%, ficando abaixo do reportado pelos estudos analisados (50 a 69%) ^(8, 36, 49, 55). Esta discrepância não seria de esperar uma vez que o nosso estudo apresenta uma amostra relativamente semelhante (idade e IMC) à do estudo com percentagens mais próximas (57 e 59%) ⁽³⁶⁾ sendo no entanto, de salientar a representatividade de mulheres e um número bastante inferior de indivíduos na nossa amostra.

Para a equação de FAO/WHO/UNU ⁽³¹⁾ (tabela 8), obtivemos também valores de sobrestimação significativa [242 ± 244 kcal/dia (14,2%)], sendo esta sobrestimação

comum nos estudos analisados [40 a 215 kcal/dia (1,4 a 12,3%)]^(37, 46, 49, 53, 56, 57), tirando algumas exceções^(41, 44, 45, 48, 52). Um outro estudo⁽⁴⁴⁾ utiliza uma amostra composta por indivíduos obesos com um historial de doenças cardiovasculares. A amostra de Spears et al.⁽⁵²⁾ era pequena (n=39) e era composta apenas por mulheres, sendo também avaliada com um calorímetro portátil e, como tal, com um erro associado distinto do calorímetro utilizado pelo nosso estudo⁽¹¹⁾. Os participantes de Al-Domi et al.⁽⁴¹⁾ eram indivíduos mais jovens (18 a 25 anos) e a subestimação foi apenas reportada para homens. A amostra de Flack et al.⁽⁴⁵⁾ era pequena (n=30). Os participantes de Hasson et al.⁽⁴⁸⁾ apresentam limites de IMC bastante alargados (17,5 a 50,6 kg/m²), incluindo indivíduos normoponderais e com baixo peso. Estas características podem explicar as diferenças encontradas. Quando analisamos os valores percentuais de estimativas válidas (35,7%) podemos observar que se encontram dentro dos valores descritos pela literatura consultada (34,4 a 72%)^(8, 36, 37, 45, 46, 48, 49, 52, 55, 58).

Nas equações de Owen^(32, 33) (tabela 9), obtivemos também uma sobrestimação significativa [77 ± 237 kcal/dia (4,5%)]. Esta sobrestimação não é extensiva à maioria dos estudos de validação encontrados na literatura [-499 e -7 kcal/dia (-21 a -0,4%)]^(37, 41, 43, 44, 54), embora os nossos resultados corroborem um desempenho semelhante com algumas investigações^(48, 49, 53). Em muitos dos estudos de validação desta equação^(8, 18, 37, 41, 43, 48, 49, 53), a amostra apresentava algumas diferenças (idade e IMC) quando comparada com a nossa amostra. Para as estimativas válidas, os nossos resultados (57,1%) estão dentro do intervalo descrito pela literatura consultada (31 a 73%), com Hasson et al.⁽⁴⁸⁾ a reportar um valor de apenas 8%, no entanto o IMC da sua população apresenta um intervalo bastante abrangente, o que pode explicar o reduzido número de estimativas válidas.

No caso da equação de Mifflin-St. Jeor ⁽³⁴⁾ (tabela 10) os nossos resultados demonstram uma sobrestimação significativa [104 ± 238 kcal/dia (6,1%)], que embora se enquadre nos valores de sobrestimação referidos nos estudos analisados [38 a 418 kcal/dia (1 a 17,4%)] ^(37, 43, 48, 50, 52, 56) não corrobora a subestimação reportada pela maior parte da evidência pesquisada [-26 a -406 kcal/dia (-0,9 a -18,8%)] ^(41, 45-47, 49, 53, 59). Ao analisar a tabela 10 podemos observar que a maior parte dos estudos que apresentam uma subestimação incluíam amostras com características diferentes da nossa população, quer em idade ^(41, 47, 49, 53) quer em IMC ^(45-47, 49, 53). Nos estudos que observam sobrestimações, existe uma maior semelhança entre as amostras com algumas exceções ^(37, 43, 48). Por outro lado, a percentagem de estimativas válidas obtidas no nosso estudo (46,4%) encontra-se de acordo com o intervalo descrito na literatura (41,8 a 82%) ^(8, 18, 36, 37, 43, 45, 47-49, 52, 55, 58, 60, 61).

Por último, para a equação de Katch-McArdle ⁽³⁵⁾ (tabela 11) foi apenas encontrado um estudo de validação do seu desempenho ⁽⁵⁶⁾. O nosso estudo estende os resultados observados por Zanella et al. ⁽⁵⁶⁾ que reportam uma sobrestimação significativa pela equação de Katch-McArdle ⁽³⁵⁾ [74 ± 224 kcal/dia (4,3%) e 303 ± 228 kcal/dia (17,3%), respetivamente], com uma magnitude inferior no nosso estudo. Esta diferença poderá dever-se às características da amostra já que incluía população com hipertensão pulmonar ⁽⁵⁶⁾.

Em suma, para as diferenças entre os valores estimados e os medidos, todas as equações sobrestimaram significativamente o valor real da TMR, com a equação de Katch-McArdle ⁽³⁵⁾ e a de Owen ^(32, 33) a apresentarem uma menor magnitude, na ordem das 70 kcal ($p < 0,02$), seguidas pela equação de Cunningham ⁽²⁹⁾ com uma sobrestimação de 100 kcal ($p < 0,001$). No entanto, as diferenças entre os

valores preditos pelas equações e os valores de referência apresentam uma grande variabilidade, como se pode observar pelo desvio padrão superior a 200 kcal (~12%).

Para todas as equações, existe uma concordância fraca entre os métodos, corroborando os resultados de concordância observados em alguns estudos ^(36, 42), embora a maioria dos estudos não analisasse este parâmetro ^(8, 18, 19, 37, 41, 43-58, 61). Os limites de concordância entre as EP e a CI foram bastante alargados, sendo novamente os modelos de Katch-McArdle ⁽³⁵⁾ e de Cunningham ⁽²⁹⁾ a apresentar os intervalos mais estreitos (-365 a 512 kcal/dia e -209 a 669 kcal/dia, respetivamente). No entanto, com exceção do modelo de Harris-Benedict ⁽²⁸⁾, todas as equações mostraram uma tendência para sobrestimarem a TMR nas pessoas com valores reduzidos e subestimarem nas pessoas com valores mais elevados de TMR, o que compromete a validade dos modelos, estando esta associação descrita em vários estudos ^(37, 62).

Podemos também perceber que apenas na equação de Schofield ⁽³⁰⁾ podem ser observados efeitos da composição corporal na explicação das diferentes metodologias, observando-se uma correlação negativa para a MIG (kg).

Embora no nosso estudo, de modo geral as diferenças entre os métodos tenham sido no mesmo sentido, relativamente ao referido na literatura, a magnitude das sobrestimações parece ser superior no nosso estudo. Uma das possíveis explicações passa pelo calorímetro utilizado neste estudo estar referenciado na literatura com valores de subestimação da TMR em média de 200 kcal comparando com a CI de referência ⁽¹¹⁾ (12% para os nossos resultados). Deste modo, em alguns dos modelos, o ajuste para esta diferença poderia levar a uma maior coerência com os valores descritos pela literatura existente. Adicionalmente, não

existe também consistência quanto ao calorímetro utilizado em cada estudo e, como Cooper et al. ⁽¹¹⁾ demonstrou, diferentes aparelhos apresentam diferentes erros associados mesmo quando validados para a estimação da TMR.

Após analisar estudos de validação de EP da TMR, podemos observar que não existe um consenso relativamente aos valores e critérios que devem ser utilizados do desempenho dos modelos preditivos, tornando difícil a tarefa de comparar os estudos de validação. Neste sentido, a presente investigação disponibilizou um vasto espectro de parâmetros para avaliar o desempenho das EP. De notar que em estudos de validação, a literatura refere que deve ser utilizado o erro puro ⁽³⁸⁾, enquanto que para o desenvolvimento das equações deve ser utilizado a raiz do erro quadrático médio (REQM), também conhecido como erro padrão de estimação. No entanto, nenhum estudo de validação analisado reportou o erro puro. Para além disso, até à data, este é o primeiro estudo de validação de EP na população portuguesa com excesso de peso ou obesidade.

Devem ser consideradas algumas limitações no presente estudo. Por um lado, o tamanho amostral é relativamente pequeno, o que conduziu a uma fraca representatividade de mulheres. Por outro lado, os resultados desta validação são apenas extrapoláveis para uma população adulta com excesso de peso ou obesidade. Por último, a validade das equações foi testada com base num desenho observacional transversal pelo que o desempenho destes modelos de estimação da TMR em estudos longitudinais é ainda desconhecido.

Em suma, no nosso estudo, todas as equações apresentaram um desempenho fraco na estimação da TMR para os vários parâmetros avaliados. Estes resultados vão no sentido da literatura, sugerindo, deste modo, que a estimação da TMR em

indivíduos com excesso de peso ou obesidade pode ser comprometida recorrendo a estes modelos preditivos.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos, e após análise dos mesmos, podemos concluir que para a população analisada, nenhuma das sete equações testadas é adequada para prever a TMR. No entanto, embora nenhuma apresente resultados satisfatórios, as equações que demonstram melhores resultados são a de Harris-Benedict ⁽²⁸⁾ e Katch-McArdle ⁽³⁵⁾. Por um lado, embora a Harris-Benedict ⁽²⁸⁾ sobrestime, não se verificou uma associação entre a diferença dos métodos com a média dos métodos, ou seja, a diferença entre os métodos não está relacionada com a magnitude da TMR. Por outro lado, a Katch-McArdle ⁽³⁵⁾ apresenta a menor diferença quando comparada com a CI e apresenta bons resultados percentuais de estimativas válidas, embora tenha uma grande variação e apresente tendência para diferentes valores de TMR.

Devemos assim, sempre que possível, recorrer à CI, sendo que quando não for possível devemos escolher a equação cuja amostra que deriva apresenta mais semelhanças com a população que estamos a trabalhar, interpretando sempre com cuidado os resultados. Outra opção válida seria também o desenvolvimento de equações preditivas da TMR adequadas a indivíduos com excesso de peso e obesidade.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos participantes do projeto pela disponibilidade em participar e em seguir o protocolo implementado.

Referências

1. Trexler ET, Smith-Ryan AE, Norton LE. Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2014; 11(1):7.
2. Henry CJ. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public health nutrition*. 2005; 8(7a):1133-52.
3. Haugen HA, Chan LN, Li F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. *Nutrition in clinical practice : official publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*. 2007; 22(4):377-88.
4. Battezzati A, Vigano R. Indirect calorimetry and nutritional problems in clinical practice. *Acta diabetologica*. 2001; 38(1):1-5.
5. Burke L, Deakin V. *Clinical Sports Nutrition, Fifth Edition*. McGraw-Hill Australia; 2015.
6. Bosy-Westphal A, Eichhorn C, Kutzner D, Illner K, Heller M, Muller MJ. The age-related decline in resting energy expenditure in humans is due to the loss of fat-free mass and to alterations in its metabolically active components. *The Journal of nutrition*. 2003; 133(7):2356-62.
7. Horgan GW, Stubbs J. Predicting basal metabolic rate in the obese is difficult. *European journal of clinical nutrition*. 2003; 57(2):335-40.
8. ten Haaf T, Weijs PJ. Resting energy expenditure prediction in recreational athletes of 18-35 years: confirmation of Cunningham equation and an improved weight-based alternative. *PloS one*. 2014; 9(9):e108460.
9. 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*. 2005; 105(5):775-89.

10. Alawad AO, Merghani TH, Ballal MA. Resting metabolic rate in obese diabetic and obese non-diabetic subjects and its relation to glycaemic control. *BMC research notes*. 2013; 6:382.

11. Cooper JA, Watras AC, O'Brien MJ, Luke A, Dobratz JR, Earthman CP, et al. Assessing validity and reliability of resting metabolic rate in six gas analysis systems. *Journal of the American Dietetic Association*. 2009; 109(1):128-32.

12. McLay-Cooke RT, Gray AR, Jones LM, Taylor RW, Skidmore PML, Brown RC. Prediction Equations Overestimate the Energy Requirements More for Obesity-Susceptible Individuals. *Nutrients*. 2017; 9(9)

13. Lopes E, Chaia V, Santiago de Brito R. Energy Expenditure Measured by Indirect Calorimetry in Obesity. 2013.

14. Haugen H, Chan L-N, Li F. *Indirect Calorimetry: A Practical Guide for Clinicians*. 2007.

15. da Rocha EE, Alves VG, Silva MH, Chiesa CA, da Fonseca RB. Can measured resting energy expenditure be estimated by formulae in daily clinical nutrition practice? *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 2005; 8(3):319-28.

16. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *The Journal of physiology*. 1949; 109(1-2):1-9.

17. Matarese LE. Indirect calorimetry: technical aspects. *Journal of the American Dietetic Association*. 1997; 97(10 Suppl 2):S154-60.

18. Frankenfield DC, Rowe WA, Smith JS, Cooney RN. Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people. *Journal of the American Dietetic Association*. 2003; 103(9):1152-9.
19. Muller MJ, Bosy-Westphal A, Klaus S, Kreymann G, Luhrmann PM, Neuhauser-Berthold M, et al. World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure. *The American journal of clinical nutrition*. 2004; 80(5):1379-90.
20. Clark HD, Hoffer LJ. Reappraisal of the resting metabolic rate of normal young men. *The American journal of clinical nutrition*. 1991; 53(1):21-6.
21. Piers LS, Diffey B, Soares MJ, Frandsen SL, McCormack LM, Lutschini MJ, et al. The validity of predicting the basal metabolic rate of young Australian men and women. *European journal of clinical nutrition*. 1997; 51(5):333-7.
22. Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Masse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008; 40(1):181-8.
23. National Institutes of Health and National Heart LaBl. Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults: executive summary. Expert Panel on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight in Adults. *The American journal of clinical nutrition*. 1998; 68(4):899-917.
24. Silva AM. Clinical Trial: Lifestyle Intervention Program for Former Elite Athletes (Champ4Life). Oeiras: Faculdade de Motricidade Humana - Universidade

de Lisboa; 2017. [atualizado em: 2018 Feb 7]. Disponível em: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03031951>.

25. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *Journal of postgraduate medicine*. 2002; 48(3):206-8.

26. Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual. Champaign, IL: Human Kinetics Books; 1988.

27. 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*. 2006; 106(6):881-903.

28. Harris JA, Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1918; 4(12):370-3.

29. Cunningham JJ. A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *The American journal of clinical nutrition*. 1980; 33(11):2372-4.

30. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Human nutrition Clinical nutrition*. 1985; 39 Suppl 1:5-41.

31. FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. *World Health Organization technical report series*. 1985; 724:1-206.

32. Owen OE, Holup JL, D'Alessio DA, Craig ES, Polansky M, Smalley KJ, et al. A reappraisal of the caloric requirements of men. *The American journal of clinical nutrition*. 1987; 46(6):875-85.

33. Owen OE, Kavle E, Owen RS, Polansky M, Caprio S, Mozzoli MA, et al. A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *The American journal of clinical nutrition*. 1986; 44(1):1-19.
34. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *The American journal of clinical nutrition*. 1990; 51(2):241-7.
35. D. McArdle W, Katch F, Katch V. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*, 3rd Edition. 1991.
36. Weijs PJ. Validity of predictive equations for resting energy expenditure in US and Dutch overweight and obese class I and II adults aged 18-65 y. *The American journal of clinical nutrition*. 2008; 88(4):959-70.
37. Song T, Venkataraman K, Gluckman P, Seng CY, Meng KC, Khoo EY, et al. Validation of prediction equations for resting energy expenditure in Singaporean Chinese men. *Obesity research & clinical practice*. 2014; 8(3):e201-98.
38. Silva AM, Fields DA, Sardinha LB. A PRISMA-driven systematic review of predictive equations for assessing fat and fat-free mass in healthy children and adolescents using multicomponent molecular models as the reference method. *Journal of obesity*. 2013; 2013:148696.
39. Lin LI. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*. 1989; 45(1):255-68.
40. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet (London, England)*. 1986; 1(8476):307-10.

41. Al-Domi H, Al-Shorman A. Validation of resting metabolic rate equations in obese and non-obese young healthy adults. *Clinical nutrition ESPEN*. 2018; 26:91-96.
42. Alves VG, da Rocha EE, Gonzalez MC, da Fonseca RB, Silva MH, Chiesa CA. Assessment of resting energy expenditure of obese patients: comparison of indirect calorimetry with formulae. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2009; 28(3):299-304.
43. Camps SG, Wang NX, Tan WSK, Henry CJ. Estimation of basal metabolic rate in Chinese: are the current prediction equations applicable? *Nutrition Journal*. 2016; 15:79.
44. de Luis DA, Aller R, Izaola O, Romero E. Prediction equation of resting energy expenditure in an adult Spanish population of obese adult population. *Annals of nutrition & metabolism*. 2006; 50(3):193-6.
45. Flack KD, Siders WA, Johnson L, Roemmich JN. Cross-Validation of Resting Metabolic Rate Prediction Equations. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2016; 116(9):1413-22.
46. Frankenfield DC. Bias and accuracy of resting metabolic rate equations in non-obese and obese adults. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2013; 32(6):976-82.
47. Frankenfield DC, Ashcraft CM, Galvan DA. Prediction of resting metabolic rate in critically ill patients at the extremes of body mass index. *JPEN Journal of parenteral and enteral nutrition*. 2013; 37(3):361-7.
48. Hasson RE, Howe CA, Jones BL, Freedson PS. Accuracy of four resting metabolic rate prediction equations: effects of sex, body mass index, age, and race/ethnicity. *Journal of science and medicine in sport*. 2011; 14(4):344-51.

49. 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*. 2017; 22:64-70.
50. Jagim AR, Camic CL, Kisiolek J, Luedke J, Erickson J, Jones MT, et al. The accuracy of resting metabolic rate prediction equations in athletes. *Journal of strength and conditioning research*. 2017
51. Rodrigues AE, Marostegan PF, Mancini MC, Dalcanale L, Melo MEd, Cercato C, et al. Análise da taxa metabólica de repouso avaliada por calorimetria indireta em mulheres obesas com baixa e alta ingestão calórica. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*. 2008; 52:76-84.
52. Spears KE, Kim H, Behall KM, Conway JM. Hand-held indirect calorimeter offers advantages compared with prediction equations, in a group of overweight women, to determine resting energy expenditures and estimated total energy expenditures during research screening. *Journal of the American Dietetic Association*. 2009; 109(5):836-45.
53. Taaffe DR, Thompson J, Butterfield G, Marcus R. Accuracy of equations to predict basal metabolic rate in older women. *Journal of the American Dietetic Association*. 1995; 95(12):1387-92.
54. Thompson J, Manore MM. Predicted and measured resting metabolic rate of male and female endurance athletes. *Journal of the American Dietetic Association*. 1996; 96(1):30-4.
55. Weijs PJ, Vansant GA. Validity of predictive equations for resting energy expenditure in Belgian normal weight to morbid obese women. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2010; 29(3):347-51.

56. Zanella PB, Avila CC, de Souza CG. Estimating Resting Energy Expenditure by Different Methods as Compared With Indirect Calorimetry for Patients With Pulmonary Hypertension. *Nutrition in clinical practice : official publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*. 2018; 33(2):217-23.
57. Arai K, Funayama R, Takahashi M, Sakai R, Shimizu H, Obayashi N, et al. Validation of predictive equations for resting energy expenditure in Japanese pediatric Crohn's disease patients: preliminary study. *Pediatrics international : official journal of the Japan Pediatric Society*. 2015; 57(2):290-4.
58. Wright TG, Dawson B, Jalleh G, Guelfi KJ. Accuracy of resting metabolic rate prediction in overweight and obese Australian adults. *Obesity research & clinical practice*. 2016; 10 Suppl 1:S74-s83.
59. Thenappan A, Halaweish I, Mody RJ, Smith EA, Geiger JD, Ehrlich PF, et al. Review at a multidisciplinary tumor board impacts critical management decisions of pediatric patients with cancer. *Pediatric blood & cancer*. 2017; 64(2):254-58.
60. Frankenfield DC, Muth ER, Rowe WA. The Harris-Benedict studies of human basal metabolism: history and limitations. *Journal of the American Dietetic Association*. 1998; 98(4):439-45.
61. Henes ST, Johnson A, Toner M, Mamaril K, Kelkar M, Xiao Y, et al. Assessing Resting Metabolic Rate in Overweight and Obese Adolescents With a Portable Indirect Calorimeter: A Pilot Study for Validation and Reliability. *Nutrition in clinical practice : official publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*. 2016; 31(3):355-61.
62. Nhung BT, Khan NC, Hop LT, Lien DTK, Le DSNT, Hien VTT, et al. FAO/WHO/UNU equations overestimate resting metabolic rate in Vietnamese

adults [Original Communication]. *European journal of clinical nutrition*. 2005; 59:1099.

Anexos

Tabela 1. Caracterização da amostra utilizada para desenvolver cada equação

Autor	n total	Sexo	n	Equação	Idade (anos)	IMC (kg/m ²)	Etnia
Harris-Benedict ⁽²⁸⁾ (kcal/d)	239	M	136	$66,47+13,75 \times \text{Peso}+5 \times \text{Altura}-6,76 \times \text{Idade}$	16 – 63	15,2 - 32,5	Maioria Caucasianos
		F	103	$655,1+9,56 \times \text{Peso}+1,85 \times \text{Altura}-4,68 \times \text{Idade}$	15 – 74	12,3 - 34,6	
Cunningham ⁽²⁹⁾ (kcal/d)	223	M	120	500+22*MIG	ND	ND	Amostra de Harris-Benedict (menos 16 atletas)
		F	103				
Schofield ⁽³⁰⁾ (MJ/d)	7173	M	4809	18-29: $0,063 \times \text{Peso}+2,896$	>18	Média de 21-24	Mistura (47% [3388] de Italianos)
				30-60: $0,048 \times \text{Peso}+3,538$			
		>60: $0,049 \times \text{Peso}+2,459$					
		18-29: $0,062 \times \text{Peso}+2,896$					
FAO/WHO/UNU ⁽³¹⁾ (kcal/d)	~ 11000	F	2364	30-60: $0,034 \times \text{Peso}+3,538$	ND	ND	Baseada na se Schofield mas alargada
				>60: $0,038 \times \text{Peso}+2,755$			
		M	ND	31-60: $11,6 \times \text{Peso}+879$			
		>60: $13,5 \times \text{Peso}+487$					
Owen ^(32, 33) (kcal/d)	104	M	60	18-30: $14,7 \times \text{Peso}+496$	18 – 82	20,4 - 58,7	Mistura
				F			
Mifflin-St. Jeor ⁽³⁴⁾ (kcal/d)	498	M	251	$9,99 \times \text{Peso}+6,25 \times \text{Altura}-4,92 \times \text{Idade}+5$	19 – 78	17 - 42	ND
		F	247	$9,99 \times \text{Peso}+6,25 \times \text{Altura}-4,92 \times \text{Idade}-161$			
Katch-McArdle ⁽³⁵⁾ (kcal/d)	ND	M	ND	370+21,6xMIG	ND	ND	Baseada na de Cunningham
		F	ND				

Nota: M- homem

ERQM – Erro da raiz quadrada média (kcal/dia)

F- mulher

CV – coeficiente de variação

ND- não disponível

Tabela 2. Caracterização e composição corporal da amostra

Variável	Média	Desvio Padrão	Intervalo de valores
Idade (anos)	41,7	9,1	22 - 68
Peso (kg)	95,8	14,8	66,8 – 127,6
Altura (cm)	174,2	8,7	148,8 – 196,0
IMC (kg/m²)	31,5	4,0	25,0 – 41,5
Massa Gorda (kg)	29,0	7,5	16,4 – 46,1
Massa Gorda (%)	30,8	6,6	20,8 – 45,2
Massa Isenta de Gordura (kg)	65,3	11,5	40,9 – 91,0
Massa Isenta de Gordura (%)	69,2	6,6	54,8 – 79,2

Tabela 3. Valores médios obtidos por cada um dos métodos utilizados

	TMR (kcal/dia)	Diferença média (kcal/dia)	Sig	Viés (%)	Estimativas válidas (%)	Subest. (%)	Sobrest. (%)
Calorimetria Indireta	1706 ± 327	-	-	-	-	-	-
Harris-Benedict ⁽²⁸⁾	1930 ± 285	224 ± 240 **	< 0,001	13,1	39,3	3,6	57,1
Cunningham ⁽²⁹⁾	1936 ± 254	230 ± 224 **	< 0,001	13,5	37,5	1,8	60,7
Schofield ⁽³⁰⁾	1961 ± 191	255 ± 252 **	< 0,001	14,9	32,1	1,8	66,1
FAO/WHO/UNU ⁽³¹⁾	1948 ± 248	242 ± 244 **	< 0,001	14,2	35,7	1,8	62,5
Owen ^(32, 33)	1783 ± 240	77 ± 237 *	0,018	4,5	57,1	10,7	32,1
Mifflin-St. Jeor ⁽³⁴⁾	1809 ± 239	104 ± 238 *	0,002	6,1	46,4	10,7	42,9
Katch-McArdle ⁽³⁵⁾	1780 ± 249	74 ± 224 *	0,017	4,3	58,9	10,7	30,4

Nota: Viés - valor percentual da diferença média entre cada equação e o método de referência.

Estimativas válidas (%) - valor percentual de estimativas entre os 90 e os 110% do valor real de TMR.

Subest. (%) – valor percentual de estimativas inferiores a 90% do valor real de TMR.

Sobest. (%) – valor percentual de estimativas superiores a 110% do valor real de TMR.

*- $p < 0,05$

** - $p < 0,001$

Tabela 4. Validação das equações preditivas

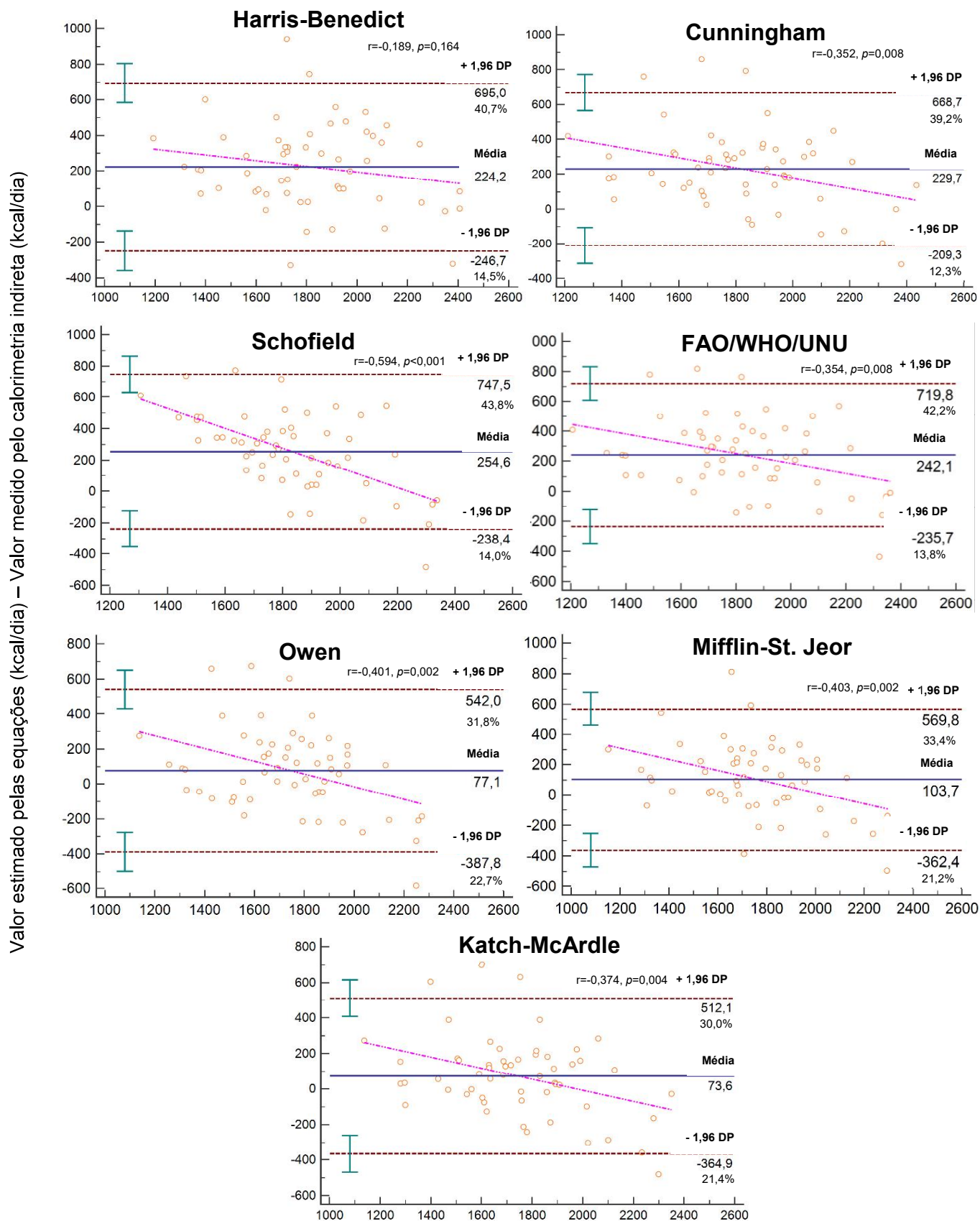
	Regressão Linear				Análise da Concordância			
	R ²	Declive	Interceção	Erro Puro (kcal/dia)	CV (%)	CCC	Precisão	Validade
Harris-Benedict ⁽²⁸⁾	0,490	0,803 ^a	156,350 ^b	231	13,6	0,546	0,7	0,78
Cunningham ⁽²⁹⁾	0,533	0,942 ^a	-11,500 ^b	221	13,0	0,539	0,73	0,74
Schofield ⁽³⁰⁾	0,413	1,102 ^a	-451,830 ^b	250	14,6	0,383	0,64	0,60
FAO/WHO/UNU ⁽³¹⁾	0,452	0,887 ^a	-20,980 ^b	240	14,1	0,478	0,67	0,71
Owen ^(32, 33)	0,476	0,943 ^a	25,430 ^b	235	13,8	0,635	0,69	0,92
Mifflin-St. Jeor ⁽³⁴⁾	0,473	0,942 ^a	0,820 ^b	235	13,8	0,614	0,69	0,89
Katch-McArdle ⁽³⁵⁾	0,533	0,959 ^a	-0,551 ^b	221	13,0	0,682	0,73	0,93

Nota: CV – coeficiente de variação

CCC – coeficiente de correlação de concordância

^a- 1 pertence ao intervalo de confiança a 95%

^b- 0 pertence ao intervalo de confiança a 95%



Média do valor estimado pelas equações (kcal/dia) e o valor medido pela calorimetria indireta (kcal/dia)

Figura 1. Gráfico de Bland-Altman dispõe a concordância entre a TMR medida pela calorimetria indireta e a predita pelas equações. As retas sólidas indicam a média das diferenças entre predito e medido. As retas descontinuas indicam $\pm 1,96$ desvio padrão (SD), delimitando o intervalo de confiança a 95%. A correlação de Pearson está representada por r e a significância por p .

Tabela 5. Resumo de estudos de validação da equação de Harris-Benedict ⁽²⁸⁾

Autor	n	Idade (anos)	IMC (kg/m ²)	Método de Referência	Diferença Média (kcal/dia)	Estimações válidas (%)	R ²	EROM (kcal/dia)	CV (%)	CCC	Viés (%)	Concordância Limite	Tendência
Taafe et al. ⁽⁵³⁾	116 (F)	60 - 82	18,9 - 39,4	Douglas Bag e analisador de gases (Ametek)	30 ND	ND	0,50	114	10,4	ND	3,1 ± 8,8	ND	ND
Thompson et al. ⁽⁵⁴⁾	37 ^(13F 24M)	31 ± 5 26 ± 4	ND	Capuz ventilado (SensorMedics Metabolic Cart)	- *	ND	ND	222	14,9 11,9	ND	ND	ND	ND
Frankenfield et al. ⁽¹⁸⁾	130 ^(76F 54M)	18 - 78	15,9 - 96,8	Campânula (Deltatrac)	ND	67	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
de Luis et al. ⁽⁴⁴⁾	200	30 - 60	30 - 41	Calorímetro portátil (MedGem)	-219 *	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Rodrigues et al. ⁽⁵¹⁾	77 (F)	20 - 45	≥30	Deltatrac® Monitor II MBM-200	393 **	ND	ND	ND	ND	ND	32,7	ND	ND
Weijs et al. ⁽³⁶⁾	239 EUA ^(137F 102M)	18 - 65	25 - 40	Capuz ventilado (Vmax Encore n29; Viasys Healthcare)	ND	70	ND	148	8,4	0,771	4,3	-13% - 30%	ND
Spears et al. ⁽⁵²⁾	39 (F)	>25	>25	Calorímetro portátil (MedGem)	ND	60	ND	220	12,7	0,744	-4,5	-29% - 29%	ND
Alves et al. ⁽⁴²⁾	44 ^(18F 26M)	59 ± 18	27,5 - 53,4	Deltatrac® Monitor II MBM-200	75	ND	ND	ND	ND	0,767	4	-726 kcal - 563 kcal	ND
Weijs et al. ⁽⁵⁵⁾	536 (F)	41,3 ± 12	35,2 ± 7,7	Capuz ventilado (Acertys Healthcare NV)	ND	69	ND	167	10	ND	2,2	-25,7% - 33%	ND
Hasson et al. ⁽⁴⁸⁾	362 ^(186F 176M)	18 - 60	17,5 - 50,6	Calorímetro portátil (MedGem)	9 ± 12	57,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Frankenfield et al. ⁽⁴⁷⁾	55	22 - 79	45,0 - 112,0	Deltatrac MB-101	-105 - 149 ND	60	ND	ND	ND	ND	ND	-36% - 67%	ND
Frankenfield et al. ⁽⁴⁶⁾	337	18 - >60	<20,0 - >50,0	Calorímetro indireto de circuito aberto	65 - 104 ND	69	ND	ND	ND	ND	4,5 - 6,3	ND	ND
ten Haaf et al. ⁽⁸⁾	103 ^(37F 53M)	18 - 35	17,9 - 27,0	Capuz ventilado (Vmax Encore n29; Viasys Healthcare)	ND	<50	ND	>119	ND	ND	~ -10	ND	ND
Song et al. ⁽³⁷⁾	96 (M)	21 - 40	18,8 - 29,8	Capuz ventilado (Quark CPET)	96 ± 137 *	66,7	ND	ND	ND	ND	6	-179 kcal - 371 kcal	ND
Camps et al. ⁽⁴³⁾	132 ^(111F 121M)	21 - 67	16 - 41	Capuz ventilado (Quark CPET)	545 ± 607 **	45	0,76	ND	ND	ND	ND	-160 kcal - 420 kcal	ND

Flack et al. ⁽⁴⁵⁾	30 (15F 15M)	18 - 65	19 - 39	Campânula (TrueOne, 2400)	-14 ± 193	76,7	ND	ND	ND	ND	-0,8 ± 1,8	-391 kcal - 364 kcal	ND
Jagim et al. ⁽⁵⁰⁾	50 (22F 28M)	ND	ND	Campânula (TrueOne, 2400)	69 ± 105 * 266 ± 204 *	ND	0,642 0,511	120 284	8 12	ND	4,5 11,1	ND	ND
Zanella et al. ⁽⁵⁶⁾	34	18 - 70	F 27,9 ± 6,3 M 29,6 ± 9,5	Oxycon Pro (VIASYS Healthcare GmbH)	258 ± 251 **	ND	ND	ND	ND	ND	14,7	-243 kcal - 759 kcal	ND
Itoi et al. ⁽⁴⁹⁾	32 (18F 14M)	64 - 87	17 - 27,5	AE-300S (Minato Medical Science Co., Ltd.)	-13 ± 75	88	0,84	ND	ND	ND	-1	-160 kcal - 134 kcal	ND
AlDomi et al. ⁽⁴¹⁾	97 (F [63ep 34ob])	18 - 25	26,8 ± 1,2 34,2 ± 4,1	MetaCheck (KORR Medical Technologies Inc)	20 -63	ND	ND	ND	ND	ND	1,4 -3,6	ND	ND
	101 (M [64ep 37ob])		27,1 ± 1,5 33,5 ± 3,2		-243 * -251 *	ND	ND	ND	ND	ND	-11,2 -10,4	ND	ND

Nota: ERQM – Erro da raiz quadrada média (kcal/dia)

CV – coeficiente de variação

CCC – coeficiente de correlação de concordância

Viés – valor percentual da diferença média entre cada equação e o método de referência.

*- $p < 0,05$

**- $p < 0,001$

F- mulher

M- homem

Ep- excesso de peso

Ob- obesos

EUA- Estados Unidos da América

Alm- Alemanha

ND- não disponível

ND- p não disponível

Tabela 6. Resumo de estudos de validação da equação de Cunningham (29)

Autor	n	Idade (anos)	IMC (kg/m ²)	Método de Referência	Diferença Média (kcal/dia)	Estimativas válidas (%)	R ²	ERQM (kcal/dia)	CV (%)	CCC	Viés (%)	Concordância Limite	Concordância Tendência
Taaffe et al. (53)	116 (F)	60-82	18,9-39,4	Douglas Bag e analisador de gases (Ametek)	30 ND	ND	0,3	134	10,4	ND	3,3 ± 10,4	ND	ND
Thompson et al. (54)	37 (13F 24M)	31 ± 5 26 ± 4	ND	Capuz ventilado (SensorMedics Metabolic Cart)	~ 100	ND	ND	158	10,6 8,5	ND	ND	ND	ND
ten Haaf et al. (6)	103 (37F 53M)	18-35	17,9-27,0	Capuz ventilado (Vmax Encore n29; Viasys Healthcare)	ND	78,4% 84,9%	ND	>119	ND	ND	-0,9	-17,3% - 15,4%	ND
Arai et al. (57)	12 (6M 6F)	11_16	ND	AE-300S (Minato Medical Science Co., Ltd.)	-94 ± 139	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-182 kcal - 5 kcal	ND
Jagim et al. (50)	50 (22F 28M)	ND	ND	Campánula (TrueOne, 2400)	-39 ± 108 165 ± 235 *	ND	0,531 0,340	110 361	7 15	ND	-2,5 6,9	ND	ND
Zanella et al. (56)	34	18-70	F 27,9 ± 6,3 M 29,6 ± 9,5	Oxycon Pro (VIASYS Healthcare GmbH)	154 ± 226 **	ND	ND	ND	ND	ND	8,8	-299 kcal - 606 kcal	ND

Nota: ERQM – Erro da raiz quadrada média (kcal/dia)

CV – coeficiente de variação

CCC – coeficiente de correlação de concordância

Viés – valor percentual da diferença média entre cada equação e o método de referência.

*- p<0,05

**- p<0,001

F- mulher

M- homem

Ep- excesso de peso

Ob- obesos

ND- não disponível

ND- p não disponível

Tabela 7. Resumo de estudos de validação da equação de Schofield (30)

Autor	n	Idade (anos)	IMC (kg/m ²)	Método de Referência	Diferença Média (kcal/dia)	Estimativas válidas (%)	R ²	ERQM (kcal/dia)	CV (%)	CCC	Viés (%)	Concordância Limite	Tendência
Weijs et al. (66)	239 (137F 102M)	18 - 65	25-40	Capuz ventilado (Vmax Encore n29; Viasys Healthcare)	ND	69	ND	156	9	0,735	3,2	-19% - 43%	ND
Weijs et al. (65)	208 (154F 54M)	41,3 ± 12	35,2 ± 7,7	Capuz ventilado (Acertys Healthcare NV)	ND	57	ND	241	14,1	0,693	-5,7	-33% - 27%	ND
ten Haaf et al. (6)	536 (F)	18 - 35	17,9 - 27,0	Capuz ventilado (Vmax Encore n29; Viasys Healthcare)	ND	<50	ND	>119	ND	ND	~ -10	ND	ND
Arai et al. (67)	12 (6M 6F)	11 - 16	ND	AE-300S (Minato Medical Science Co., Ltd.)	153 ± 108	ND	ND	ND	ND	ND	ND	84 kcal - 221 kcal	ND
Itoi et al. (49)	32 (18F 14M)	64 - 87	17 - 27,5	AE-300S (Minato Medical Science Co., Ltd.)	51 ± 82 *	69	0,84	ND	ND	ND	6	-110 kcal - 212 kcal	ND

Nota: ERQM – Erro da raiz quadrada média (kcal/dia)

CV – coeficiente de variação

CCC – coeficiente de correlação de concordância

Viés – valor percentual da diferença média entre cada equação e o método de referência.

*- p<0,05

**- p<0,001

F- mulher

M- homem

Ep- excesso de peso

Ob- obesos

EUA- Estados Unidos da América

Alm- Alemanha

ND- não disponível

Tabela 8. Resumo de estudos de validação da equação de FAO/WHO/UNU ⁽³¹⁾

Autor	n	Idade (anos)	IMC (kg/m ²)	Método de Referência	Diferença Média (kcal/dia)	Estimativas válidas (%)	R ²	ERQM (kcal/dia)	CV (%)	CCC	Viés (%)	Limite	Concordância Tendência
Taaffe et al. ⁽⁵³⁾	116 (F)	60 - 82	18,9 - 39,4	Douglas Bag e analisador de gases (Ametek)	101 ND	ND	0,44	154	12,0	ND	8,7 ± 9,6	ND	ND
Müller et al. ⁽¹⁹⁾	2528	(5) - 91	ND	Deltatrac, TM MBM-100 Deltatrac, TM II MBM-200 Beckmann Horizon Bocal ou câmara metabólica	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Sobrestimar TMR baixas e subestimar TMR altas
de Luis et al. ⁽⁴⁴⁾	200	30 - 60	30 - 41	Calorímetro portátil (MedGem)	-55	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Weijs et al. ⁽⁵⁶⁾	239 EUA (137F 102M) 208 Alm (154F 54M)	18 - 65	25 - 40	Capuz ventilado (Vmax Encore n29; Viasys Healthcare)	ND	68	ND	159	9,1	0,754	4,8	-17% - 43%	ND
Spears et al. ⁽⁵²⁾	39 (F)	>25	>25	Calorímetro portátil (MedGem)	-22 ± 48	60	ND	224	12,9	0,723	-4,2	-32% - 29%	ND
Weijs et al. ⁽⁵⁵⁾	536 (F)	41,3 ± 12	35,2 ± 7,7	Capuz ventilado (Acertys Healthcare NV)	ND	60	ND	205	12	ND	3,9	-26,5% - 38,1%	ND
Hasson et al. ⁽⁴⁸⁾	362 (186F 176M)	18 - 60	17,5 - 50,6	Calorímetro portátil (MedGem)	-29 ± 12 *	55,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Frankenfield et al. ⁽⁴⁶⁾	337	18 - >60	<20,0 - >50,0	Calorímetro indireto de circuito aberto	41 ND	67	ND	ND	ND	ND	3,3-5,5	ND	ND
ten Haaf et al. ⁽⁸⁾	103 (37F 53M)	18 - 35	17,9 - 27,0	Capuz ventilado (Vmax Encore n29; Viasys Healthcare)	ND	<50	ND	>119	ND	ND	~ -10	ND	ND
Song et al. ⁽³⁷⁾	96 (M)	21 - 40	18,8 - 29,8	Capuz ventilado (Quark CPET)	120 ± 140 *	60,4	ND	ND	ND	ND	7,5	-161 kcal - 400 kcal	ND
Wright et al. ⁽⁵⁸⁾	297 (147F 150M) [139ep 158ob]	46,6 ± 10,7	31,8 ± 5,5	Mascara Hans Rudolph para Douglas Bag e analisado por 120 L	ND	34,4	ND	ND	ND	ND	5,8 7,7	ND	Sobrestimar TMR baixas e subestimar TMR altas

Arai et al. ⁽⁵⁷⁾	12 (6M 6F)	11 - 16	ND	Tissot Tank (Collins, Braintree)	ND	ND	ND	ND	ND	61 kcal - 198 kcal	ND
Flack et al. ⁽⁴⁵⁾	30 (15F 15M)	18 - 65	19 - 39	AE-300S (Minato Medical Science Co., Ltd.)	129 ± 108	ND	ND	ND	ND	-522 kcal - 370 kcal	ND
Zanella et al. ⁽⁵⁶⁾	34	18 - 70	F 27,9 ± 6,3 M 29,6 ± 9,5	Campánula (TrueOne, 2400)	-25 ± 201	66,7	ND	ND	ND	-272 kcal - 701 kcal	ND
Itoi et al. ⁽⁴⁹⁾	32 (18F 14M)	64 - 87	17 - 27,5	Oxycon Pro (VIASYS Healthcare GmbH)	215 ± 243 **	ND	ND	ND	ND	-95 kcal - 210 kcal	ND
Al-Domi et al. ⁽⁴¹⁾	97 (F [63ep 34ob])	18 - 25	26,8 ± 1,2 34,2 ± 4,1	AE-300S (Minato Medical Science Co., Ltd.)	58 ± 78 **	72	0,72	ND	ND	ND	ND
	101 (M [64ep 37ob])		27,1 ± 1,5 33,5 ± 3,2	MetaCheck (KORR Medical Technologies Inc)	50,5 1,25	ND	ND	ND	ND	ND	ND
					(-364) * -406 *	ND	ND	ND	ND	-16,8 -16,8	ND

Nota: ERQM – Erro da raiz quadrada média (kcal/dia)

CV – coeficiente de variação

CCC – coeficiente de correlação de concordância

Viés – valor percentual da diferença média entre cada equação e o método de referência.

*- $p < 0,05$

**- $p < 0,001$

F- mulher

M- homem

Ep- excesso de peso

Ob- obesos

EUA- Estados Unidos da América

Alm- Alemanha

ND- não disponível

ND- p não disponível

Tabela 9. Resumo de estudos de validação das equações de Owen (32, 33)

Autor	n	Idade (anos)	IMC (kg/m ²)	Método de Referência	Diferença Média (kcal/dia)	Estimativas válidas (%)	R ²	ERQM (kcal/dia)	CV (%)	CCC	Vies (%)	Limite	Concordância Tendência
Taaffe et al. (63)	116 (F)	60 - 82	18,9 - 39,4	Douglas Bag e analisador de gases (Ametek)	16 ND	ND	0,52	115	8,9	ND	2,2 ± 8,8	ND	ND
Thompson et al. (54)	37 (13F 24M)	31 ± 5 26 ± 4	ND	Capuz ventilado (SensorMedics Metabolic Cart)	- *	ND	ND	339	22,8 18,1	ND	ND	ND	ND
Frankenfield et al. (18)	130 (76F 54M)	18 - 78	15,9 - 96,8	Campánula (Deltatrac)	ND	65	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
de Luis et al. (44)	200	30 - 60	30 - 41	Calorímetro portátil (MedGem)	-206 *	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Weijs et al. (36)	239 EUA (137F 102M)	18 - 65	25 - 40	Capuz ventilado (Vmax Encore n29; Viasys Healthcare)	ND	67	ND	174	11,1	0,558	-3,7	-24% - 19%	ND
Weijs et al. (55)	208 Alm (154F 54M)	41,3 ± 12	35,2 ± 7,7	Capuz ventilado (Acertys Healthcare NV)	ND	27	ND	351	22,7	0,498	-14,7	-39% - 8%	ND
Hasson et al. (48)	362 (186F 176M)	18 - 60	17,5 - 50,6	Calorímetro portátil (MedGem)	128,4 ± 11,5 *	8	ND	257	17,4	ND	-9,5	-35,7% - 21%	ND
ten Haaf et al. (6)	103 (37F 53M)	18 - 35	17,9 - 27,0	Capuz ventilado (Vmax Encore n29; Viasys Healthcare)	ND	<50	ND	>358	ND	ND	<-20	ND	ND
Song et al. (37)	96 (M)	21 - 40	18,8 - 29,8	Capuz ventilado (Quark CPET)	-7 ± 144	73	ND	ND	ND	ND	-0,4	-179 kcal - 371 kcal	ND
Wright et al. (58)	297 (147F 150M) [139sep 158ob]	46,6 ± 10,7	31,8 ± 5,5	Mascara Hans Rudolph para Douglas Bag e analisado por 120 L Tissot Tank (Collins, Braintree)	ND	41,1	ND	ND	ND	ND	-6 <1	ND	Sobrestimar TMR baixas e subestimar TMR altas
Camps et al. (43)	132 (111F 121M)	21 - 67	16 - 41	Capuz ventilado (Quark CPET)	-17 ± 604	70	0,79	ND	ND	ND	ND	-293 kcal - 284 kcal	ND
Itoi et al. (49)	32 (19F 14M)	64 - 87	17 - 27,5	AE-300S (Minato Medical Science Co., Ltd.)	164 ± 101 **	31	0,72	ND	ND	ND	15	-34 kcal - 362 kcal	ND

Tabela 10. Resumo de estudos de validação da equação de Mifflin-St. Jeor ⁽³⁴⁾

Autor	N	Idade (anos)	IMC (kg/m ²)	Método de Referência	Diferença Média (kcal/dia)	Estimativas válidas (%)	R ²	ERQM (kcal/dia)	CV (%)	CCC	Vies (%)	Limite	Concordância Tendência
Taaffe et al. ⁽⁵³⁾	116 (F)	60 - 82	18,9 - 39,4	Douglas Bag e analisador de gases (Ametek)	-57 ND	ND	0,44	131	10,2	ND	-3,9 ± 9,0	ND	ND
Thompson et al. ⁽⁶⁴⁾	37 (13F 24M)	31 ± 5 26 ± 4	ND	Capuz ventilado (SensorMedics Metabolic Cart)	- *	ND	0,71	103	6,9 5,5	ND	ND	ND	ND
Frankenfield et al. ⁽¹⁸⁾	130 (76F 54M)	18 - 78	15,9 - 96,8	Campânula (Deltatrac)	ND	78	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Weijis et al. ⁽³⁶⁾	239 EUA (137F 102M)	18 - 65	25 - 40	Capuz ventilado (Vmax Encore n29; Viasy Healthcare)	ND	79	ND	136	8,1	0,691	-1	-23% - 28%	ND
Spears et al. ⁽⁶²⁾	208 Alm (154F 54M)	>25	>25	Calorímetro portátil (MedGem)	70 ± 47	47	ND	259	15,6	0,653	-8,6	-32% - 22%	ND
Weijis et al. ⁽⁶⁵⁾	39 (F)	41,3 ± 12	35,2 ± 7,7	Capuz ventilado (Acertys Healthcare NV)	ND	68	ND	173	10,7	ND	-1,8	-28,9% - 28%	ND
Hasson et al. ⁽⁴⁸⁾	362 (186F 176M)	18 - 60	17,5-50,6	Calorímetro portátil (MedGem)	68 ± 11 *	56,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Frankenfield et al. ⁽⁴⁷⁾	55	22 - 79	45,0 - 112,0	Deltatrac MB-101	-299 - -82 ND	55	ND	ND	ND	ND	ND	-37% - 34 %	ND
Frankenfield et al. ⁽⁴⁶⁾	337	18 - >60	<20,0 - >50,0	Calorímetro indireto de circuito aberto	-26 - 8 ND	82	ND	ND	ND	ND	-0,8 - 0,9	ND	ND
ten Haaf et al. ⁽⁶⁾	103 (37F 53M)	18 - 35	17,9 - 27,0	Capuz ventilado (Vmax Encore n29; Viasy Healthcare)	ND	<50	ND	>119	ND	ND	~ -10	ND	ND
Song et al. ⁽³⁷⁾	96 (M)	21 - 40	18,8 - 29,8	Capuz ventilado (Quark CPET)	38 ± 136 *	75	ND	ND	ND	ND	2,4	-235 kcal - 311 kcal	ND
Wright et al. ⁽⁵⁸⁾	297 (147F 150M) [139ep 158ob]	46,6 ± 10,7	31,8 ± 5,5	Mascara Hans Rudolph para Douglas Bag e analisado por 120 L Tissot Tank (Collins, Braintree)	ND	41,8	ND	ND	ND	ND	<-1 <-1	ND	Sobrestimar TMR baixas e subestimar TMR altas
Camps et al. ⁽⁴³⁾	132 (111F 121M)	21 - 67	16 - 41	Capuz ventilado (Quark CPET)	165 ± 621 ^{**}	67	0,74	ND	ND	ND	ND	-257 kcal - 336 kcal	ND

Henes et al. ⁽⁶¹⁾	19 (16F 3M)	17 - 19	29,4 - 36,7	Cosmed Quark CPET	ND	37	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Flack et al. ⁽⁴⁵⁾	30 (15F 15M)	18 - 65	19 - 39	Campánula (TrueOne, 2400)	-96 ± 217 *	73,4	ND	ND	ND	3,9 ± 1,9	-522 kcal - 329 kcal	ND
Jagim et al. ⁽⁵⁰⁾	50 (22F 28M)	ND	ND	Campánula (TrueOne, 2400)	130 ± 106 ** 418 ± 201 **	ND	0,551 0,479	162 466 19	10	8,42 17,4	ND	ND
Zanella et al. ⁽⁵⁶⁾	34	18 - 70	F 27,9 ± 6,3 M 29,6 ± 9,5	Oxycon Pro (VIASYS Healthcare GmbH)	362 ± 252 **	ND	ND	ND	ND	20,7	-132 kcal - 856 kcal	ND
Itoi et al. ⁽⁴⁹⁾	32 (18F 14M)	64 - 87	17 - 27,5	AE-300S (Minato Medical Science Co., Ltd.)	-85 ± 92 **	56	0,83	ND	ND	-0,8	-264 kcal - 95 kcal	ND
Al-Domi et al. ⁽⁴¹⁾	97 (F [63ep 34ob])		26,8 ± 1,2 34,2 ± 4,1	MetaCheck (KORR Medical Technologies Inc)	-64 -145	ND	ND	ND	ND	-4,3 -8,3	ND	ND
	101 (M [64ep 37ob])	18 - 25	27,1 ± 1,5 33,5 ± 3,2		-364 * -406 *	ND	ND	ND	ND	-16,8 -18,8	ND	ND

Nota: ERQM – Erro da raiz quadrada média (kcal/dia)

Alm- Alemanha

CV – coeficiente de variação

ND- não disponível

CCC – coeficiente de correlação de concordância

ND- p não disponível

Viés – valor percentual da diferença média entre cada equação e o método de referência.

*- $p < 0,05$

**- $p < 0,001$

F- mulher

M- homem

Ep- excesso de peso

Ob- obesos

EUA- Estados Unidos da América

Tabela 11. Resumo de estudos de validação da equação de Katch-McArdle ⁽³⁵⁾

Autor	N	Idade (anos)	IMC (kg/m ²)	Método de Referência	Diferença Média (kcal/dia)	Estimativas válidas (%)	R ²	ERQM (kcal/dia)	CV (%)	CCC	Viés (%)	Concordância Limite	Concordância Tendência
Zanella et al. ⁽⁶⁵⁾	34	18 - 70	F 27,9 ± 6,3 M 29,6 ± 9,5	Oxycon Pro (VIASYS Healthcare GmbH)	303 ± 228 **	ND	ND	ND	ND	ND	17,3	-153 kcal - 760 kcal	ND

Nota: ERQM – Erro da raiz quadrada média (kcal/dia)

CV – coeficiente de variação

CCC – coeficiente de correlação de concordância

Viés – valor percentual da diferença média entre cada equação e o método de referência.

**- p<0,001

ND- não disponível