

**Lilian Cardia Guimarães**

**Taxa metabólica de repouso pós-operatória como preditor de  
sucesso cirúrgico após *bypass* gástrico em Y de Roux**

Tese apresentada à Faculdade de  
Medicina da Universidade de São Paulo  
para obtenção de título de Doutor em  
Ciências

Programa de Ciências em  
Gastroenterologia

Orientador: Prof. Dr. Roberto de Cleva

(Versão corrigida, Resolução CoPGr 6018/11, de 13 de outubro de 2011. A versão original está disponível na Biblioteca da FMUSP)

**São Paulo**

**2022**

**Lilian Cardia Guimarães**

**Taxa metabólica de repouso pós-operatória como preditor de  
sucesso cirúrgico após *bypass* gástrico em Y de Roux**

Tese apresentada à Faculdade de  
Medicina da Universidade de São Paulo  
para obtenção de título de Doutor em  
Ciências

Programa de Ciências em  
Gastroenterologia

Orientador: Prof. Dr. Roberto de Cleva

(Versão corrigida, Resolução CoPGr 6018/11, de 13 de outubro de 2011. A versão  
original está disponível na Biblioteca da FMUSP)

**São Paulo**

**2022**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Preparada pela Biblioteca da  
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Guimarães, Lillian Cardia

Taxa metabólica de repouso pós-operatória como preditor de sucesso cirúrgico após bypass gástrico em Y de Roux / Lillian Cardia Guimarães. -- São Paulo, 2022.

Tese (doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Programa de Ciências em Gastroenterologia.  
Orientador: Roberto de Cleva.

Descritores: 1.Taxa metabólica em repouso  
2.Calorimetria indireta 3.Cirurgia bariátrica  
4.Bypass gástrico em Y de Roux 5.Obesidade  
6.Bioimpedância elétrica 7.Composição corporal

USP/FM/DBD-179/22

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

## DEDICATÓRIA

Eduardo, meu companheiro  
Arlêta, inspiração acadêmica  
À minha Luísa  
Meus pais estão orgulhosos...

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Roberto de Cleve, exemplo de dedicação na assistência, ensino e pesquisa, por me aceitar neste programa de pós-graduação como sua aluna e me guiar nesta jornada de profunda transformação.

Ao Prof. Dr. Marco Aurélio Santo, Prof. Dr. Denis Pajewski e Dr. Daniel Riccioppo pelas contribuições e orientações constantes.

Ao Laboratório de Estudos do Movimento do IOT-HC, especialmente ao Prof. Dr. Paulo Roberto Santos Silva pela realização dos testes, atenção total aos nossos pacientes cuja avaliação criteriosa no exame de qualificação contribuiu para enriquecer ainda mais este trabalho. Pela amizade que nos uniu para sempre.

Aos estatísticos, Prof. Dr. Alex Cassenote e MSc. Cristiane Almeida pelo auxílio na elaboração do banco de dados e em especial ao Prof. Dr. Leandro Ferreira pela orientação total e ótimas conversas.

À minha amiga e parceira, Profa. Dra. Luciana Theodoro, que me iniciou na bariátrica e segue me incentivando.

Aos meus cirurgiões preferidos, Prof. Dr. Elias Ilias, Dr. Caio Aquino, Prof. Dr. Carlos Alberto Malheiros, Prof. Dr. Paulo Kassab, Prof. Dr. Wilson Freitas e Prof. Dr. Wellington Andraus, pela confiança na entrega de seus pacientes aos meus cuidados.

Aos amigos da Unidade de Cirurgia Bariátrica e Metabólica, Prof. Dr. Alexandre Gadducci, MSc. Priscila Estabile e Dra. Andrea Crespo. Pelos encontros que pós-graduação me proporcionou com a presença, apoio, ajuda, cuidados, atenção e profunda amizade. Inestimável e eterna.

Às minhas amigas da Nutrição Prof. Dra. Tatiana Alvarez, Prof. Dra. Ana Maria de Souza Pinto, Nutr. Solange Freire, e à Marta Paku pela amizade que apoia e encoraja.

Às bibliotecárias da FMUSP, Isabel Figueiredo e Marta Regina Rodrigues sempre disponíveis para auxiliar nas buscas e organização das informações.

À MSc. Priscila Caproni, da Unidade de Cirurgia Bariátrica pelo apoio em todos os momentos.

Aos funcionários do Departamento de Pós Graduação em Gastroenterologia do HC- FMUSP, em especial à Vilma Tibério, pela colaboração, apoio e suporte.

À Capes, pelo apoio financeiro ao desenvolvimento da minha pesquisa.

Aos nossos pacientes, nosso objetivo único.

Aos meus familiares, em especial ao meu irmão, Tim, que luta todo dia por mais uns dias.

Ao meu marido que me inspira há mais de duas décadas, me incentiva e se orgulha de todas as minhas conquistas. Seguimos juntos para novas paragens.

Nem nos meus sonhos mais improváveis eu iria tão longe...

***“Ancora imparò”***

(Michelangelo, aos 87 anos)

## NORMATIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese está de acordo com as seguintes normas em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de International Committee of Medical Journals Editors (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>26</b>
2.1	TRATAMENTO CIRÚRGICO DA OBESIDADE	26
2.2	AVALIAÇÃO DE SUCESSO CIRÚRGICO	31
2.3	MECANISMOS COMPENSATÓRIOS NO EMAGRECIMENTO E TERMOGÊNESE ADAPTATIVA	35
2.4	COMPOSIÇÃO CORPORAL	39
<b>3</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>43</b>
<b>4</b>	<b>MÉTODOS</b>	<b>45</b>
4.1	ESTUDO	45
4.2	CASUÍSTICA	45
4.3	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	46
4.4	CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	46
4.5	AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL	46
4.5.1	Bioimpedância elétrica	47
4.5.2	Avaliação de sucesso cirúrgico	48
4.6	TAXA METABÓLICA DE REPOUSO	48
4.6.1	Avaliação da taxa metabólica de repouso	49
4.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA	50
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>52</b>
5.1	CARACTERIZAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E DA COMPOSIÇÃO CORPORAL	52
5.2	TAXA METABÓLICA DE REPOUSO	60
5.3	PERDA DE PESO	65



5.4	PREDITOR DA MANUTENÇÃO DA PERDA DE EXCESSO DE PESO EM 36 MESES	68
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>72</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>79</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>81</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da obesidade: causas multifatoriais	23
Figura 2 - Fluxograma do tratamento cirúrgico da obesidade	24
Figura 3 - Principais técnicas de cirurgia bariátrica reconhecidas no Brasil	27
Figura 4 - Mecanismos da perda de peso induzida pela BGYR	28
Figura 5 - Variação percentual da perda de peso entre as diferentes técnicas cirúrgicas e tratamento clínico	30
Figura 6 - Evolução da perda de peso de acordo com sucesso cirúrgico	32
Figura 7 - Perspectiva termodinâmica do gasto energético	37
Figura 8 - Calorimetria indireta	49
Figura 9 - Representação esquemática do Protocolo de Estudo	52
Figura 10 - Composição corporal - Evolução da massa gorda e massa livre de gordura após bypass gástrico em Y de Roux (kg e %)	58
Figura 11 - Taxa metabólica de repouso – Evolução da variação da TMR após <i>bypass</i> gástrico em Y de Roux (diária, ajustada por kg de peso e por MLG)	65
Figura 12 - Evolução da %PEP a partir da variação da TMR/kg após bypass gástrico em Y de Roux	67
Figura 13 - Evolução da %PP a partir da variação da TMR/kg após bypass gástrico em Y de Roux	67

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições para reganho de peso

33

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Caracterização antropométrica e da composição corporal da amostra total (n=38) nos períodos pré-operatório (T0), 6 meses (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux 53
- Tabela 2 - Caracterização antropométrica e da composição corporal por sexo feminino (n=26) nos períodos pré-operatório (T0), 6 meses (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux 54
- Tabela 3 - Caracterização antropométrica e da composição corporal do sexo masculino (n=12) nos períodos pré-operatório (T0), 6 meses (T1) e 36 meses (T2) *bypass* gástrico em Y de Roux 55
- Tabela 4 - Comparação de dados antropométricos e da composição corporal entre sexos (feminino n=26 e masculino n=12) nos períodos pré-operatório (T0), 6 meses (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux 57
- Tabela 5 - Correlação da TMR e composição corporal 59
- Tabela 6 - Evolução da taxa metabólica de repouso do total da amostra (n=38) nos períodos pré-operatório (T0), 6 (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux 60
- Tabela 7 - Evolução da taxa metabólica de repouso entre mulheres (n=26) nos períodos pré-operatório (T0), 6 (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux 61
- Tabela 8 - Evolução da taxa metabólica de repouso entre homens (n=12) nos períodos pré-operatório (T0), 6 (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux 62
- Tabela 9 - Comparação da taxa metabólica de repouso entre sexos nos períodos pré-operatório (T0), 6 meses (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux 64
- Tabela 10 - Evolução da perda de peso do total da amostra (n=38) e de acordo com sexo (feminino n=26 e masculino n=12) nos períodos 6 meses (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux 66

Tabela 11 - Comparação da Evolução da perda de peso entre sexo (feminino n=26 e masculino n=12) nos períodos 6 meses (T1) e 36 meses (T2) após bypass gástrico em Y de Roux	68
Tabela 12 - Evolução do %PEP conforme a diferença da TMR/Kg	69
Tabela 13 - Evolução do %PEP conforme a diferença da TMR/MLG	70

## LISTA DE ABREVIATURAS

%PEP	Percentual de perda de excesso de peso
%PPT	Percentual de perda de peso total
BGYR	<i>Bypass</i> gástrico em Y de Roux
BIA	Bioimpedância elétrica
CBM	Cirurgia Bariátrica e Metabólica
CI	Calorimetria indireta
F	Sexo feminino
GLP-1	Peptídeo semelhante a glucagon 1
IMC	Índice de Massa Corporal
M	Sexo masculino
OMS	Organização Mundial da Saúde
OR	Odds Ratio
P	Peso
PEIMC	Percentual de excesso de índice de massa corporal
PEP	Perda de excesso de peso
Pideal	Peso ideal
PP	Perda de peso
T0	Período da coleta de dados - pré-operatório
T1	Período da coleta de dados - pós-operatório 6 meses

T2	Período da coleta de dados - pós-operatório 36 meses
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TMR	Taxa metabólica de repouso
TMR/dia	Taxa metabólica de repouso por dia
TMR/Kg	Taxa metabólica de repouso por quilo de peso
TMR/MLG	Taxa metabólica de repouso por Massa Livre de Gordura

## LISTA DE SÍMBOLOS

<	menor que
>	maior que
≤	menor igual a
≥	maior igual a
®	marca registrada
kcal	quilocaloria
Kg	quilograma
Kg/m <sup>2</sup>	quilograma por metro quadrado
KHz	quilohertz
m	metro
p	p-valor
vs	versus



## LISTA DE SIGLAS

ASBMS	American Society For Bariatric and Metabolic Surgery (Sociedade Americana de Cirurgia Bariátrica e Metabólica)
CAPPesq	Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa
FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
HC-FMUSP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
IFSO	International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders
IOT - HC	Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
LEM - IOT	Laboratório de Estudos do Movimento do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
PNS	Pesquisa Nacional de Saúde
SBCBM	Sociedade Brasileira de Cirurgia Bariátrica e Metabólica
SOS	Swedish Obese Subjects
STAMPEDE	The Surgical Treatment and Medications Potentially Eradicate Diabetes Efficiently
VIGITEL	Pesquisa de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico

## RESUMO

Guimarães LC. *Taxa Metabólica de Repouso pós-operatória como preditor de sucesso cirúrgico após bypass gástrico em Y de Roux* [tese] São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2022.

**Introdução:** A cirurgia bariátrica é o tratamento mais eficaz para pacientes com obesidade grave devido à perda de peso substancial e sustentável a longo prazo. Após o *bypass* gástrico em Y de Roux (BGYR) ocorrem alterações no gasto energético, influenciados pela mudança na composição corporal. As alterações na Taxa Metabólica de Repouso (TMR) estão associadas à manutenção de perda de peso. **Objetivo:** Analisar as alterações da TMR 6 meses após BGYR como preditor de manutenção de perda de peso tardia. **Método:** estudo prospectivo realizado com 45 indivíduos com obesidade grave submetidos ao BGYR no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. A composição corporal foi avaliada por bioimpedância elétrica e a TMR por calorimetria indireta antes (T0), 6 meses (T1) e 36 meses (T2) após BGYR. Foram analisados o consumo de oxigênio (O<sub>2</sub>), a produção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), medidos por análise respiração-a-respiração, usando analisador metabólico (MedGraphics<sup>®</sup>, CPX / Ultima, Saint Paul, Minnesota, USA) para cálculo da TMR. Os analisadores de O<sub>2</sub> e de CO<sub>2</sub> foram calibrados antes de cada avaliação. Os valores de TMR foram ajustados por quilograma de peso (TMR/kg). Os pacientes foram divididos em 2 grupos baseados na mudança da TMR/kg após a cirurgia: Grupo 1 < 2 kcal/kg e Grupo 2 ≥ 2 kcal/kg. **Resultados:** Houve redução significativa na TMR/dia 6 meses após BGYR (1734 ± 372 kcal/dia; 1552 ± 275 kcal/dia; p < 0,001) e retorno aos valores iniciais em T2 (1795 ± 396 kcal/dia; p < 0,001). Houve aumento significativo na TMR/kg entre os períodos T0, T1 e T2 (13,6 ± 2,2 kcal/kg, 16,9 ± 2,7 kcal/kg, e 19,9 ± 3,4 kcal/kg; p=0,001). 85% dos pacientes do grupo 2 atingiram > 50% PEP assim como as mulheres (82,4%). As mulheres que tiveram aumento na TMR em T1, apresentaram 27 vezes mais chance de manter a perda de excesso de peso em T2 (Odds ratio: 27,09 - p <

0,037). Entre os homens, houve redução na chance de manutenção da perda de peso (Odds ratio: 1,54 -  $p < 0,99$ ). Não houve correlação entre a TMR e composição corporal em T0. Em T1, houve correlação negativa da TMR e peso ( $p < 0,002$ ), IMC ( $p < 0,001$ ) e % Massa Gorda ( $p < 0,034$ ) e, correlação positiva com % Massa Livre de Gordura ( $p < 0,034$ ). Os resultados em T2 foram semelhantes ao T1. **Conclusão:** O aumento de TMR 6 meses após o BGYR foi associado à manutenção de % PEP aos 36 meses, particularmente em pacientes do sexo feminino, e pode ser usado como um preditor de sucesso após a cirurgia bariátrica.

**Descritores:** Taxa metabólica em repouso; Calorimetria indireta; Cirurgia bariátrica; *Bypass* gástrico em Y de Roux; Obesidade; Bioimpedância elétrica; Composição corporal.

## ABSTRACT

Guimarães LC. *Postoperative resting metabolic rate is a predictor of surgical successful after Roux-en-Y Gastric Bypass* [thesis] São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2022.

**Introduction:** Bariatric surgery is the most effective treatment for patients with severe obesity due to substantial and sustainable long-term weight loss. After Roux-en-Y gastric *bypass* (RYGB) changes in energy expenditure occur, influenced by the change in body composition. Changes in Resting Metabolic Rate (RMR) are associated with maintenance of weight loss. **Objective:** Analyze changes in RMR at 6 months after RYGB a predictor of maintenance of late weight loss. **Method:** This is a prospective study conducted with 45 individuals with severe obesity undergoing RYGB at the Hospital das Clinicas, University of São Paulo. Body composition was assessed by bioelectrical bioimpedance and RMR by indirect calorimetry before (T0), 6 months (T1) and 36 months (T2) after RYGB. To calculate RMR, oxygen consumption (O<sub>2</sub>) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) production, measured by breath-by-breath analysis, were analyzed using a metabolic analyzer (MedGraphics®, CPX / Ultima, Saint Paul, Minnesota, USA). The O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> analyzers were calibrated before each evaluation. The RMR values were adjusted per kilogram weight (RMR/kg). Patients were divided into 2 groups based on the change in RMR/kg after surgery: Group 1 < 2 kcal/kg and Group ≥ 2 kcal/kg. **Results:** There was a significant decrease in RMR/day after 6 months of RYGB. (1734 ± 372 kcal/day; 1552 ± 275 kcal/day; p < 0.001) and return to initial values at T2 (1795 ± 396 kcal/day; p < 0.001). There was no correlation between RMR and body composition at T0 and T1, there was negative correlation of RMR and weight, BMI and % Fat Mass, and positive correlation with % Fat-Free Mass. Results at T2 were similar to T1. There was a significant increase in RMR/kg between T1, T1 and T2 (13.6 ± 2.2 kcal/kg, 16.9 ± 2.7 kcal/kg, and 19.9 ± 3.4 kcal/kg; p=0.001) in the total group and according to sex. Among patients who showed an increase in RMR/kg ≥ 2 kcal at T1, 85% achieved loss > 50%PEP as

did women (82.4%) representing 8 times more chance of achieving loss > 50%EWL. Although men (88.9%) were 11 times more likely to achieve loss > 50%EWL than those who did not get an increase in RMR, there was no statistical significance. Women who had an increase in RMR at T1 were 27 times more likely to maintain excess weight loss at T2 (Odds ratio: 27.09 -  $p < 0.037$ ). Among men, there was a low chance of maintaining weight loss (Odds ratio: 1.54 -  $p < 0.99$ ). **Conclusion:** Increased RMR 6 months after RYGB was associated with maintenance of % EWL at 36 months, particularly in women, and can be used as a predictor of success after bariatric surgery.

**Descriptors:** Resting metabolic rate; Indirect Calorimetry; Bariatric surgery; Roux-en-Y gastric bypass; Obesity; Bioelectrical impedance; Body composition.

# **1 INTRODUÇÃO**

---

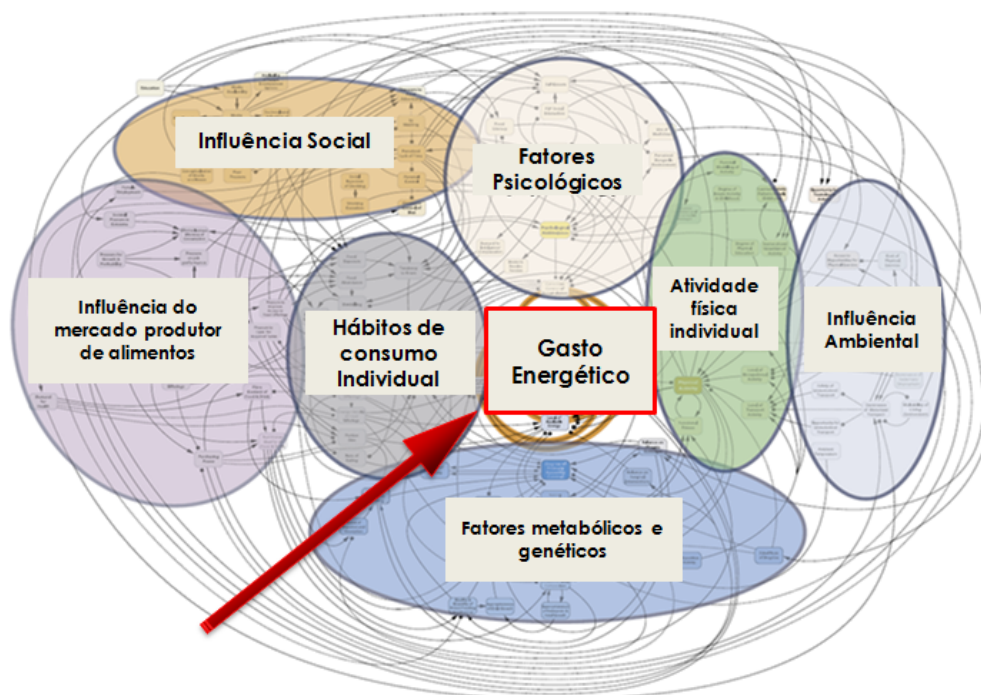
## 1 INTRODUÇÃO

A prevalência crescente da obesidade nos países desenvolvidos atingiu também o Brasil nas três últimas décadas, estando atualmente entre os dez países com maior número de indivíduos com obesidade no mundo<sup>1</sup>.

Segundo a Pesquisa de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL, 2020), dois em cada 10 brasileiros apresentam obesidade, representados por 19,5% da população masculina e 21,0% da feminina<sup>2</sup>. Esses dados são ainda maiores segundo a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS, 2020), que reitera a prevalência da obesidade entre mulheres (29,5%) e homens (21,8%)<sup>3</sup>. Estima-se que perto de 2 bilhões de adultos ao redor do mundo apresentam excesso de peso e mais de 700 milhões são considerados indivíduos com obesidade<sup>4</sup>.

A obesidade, doença crônica, progressiva e recidivante, de causa multifatorial (Figura 1), é caracterizada pelo acúmulo anormal de gordura corporal que determina prejuízos a saúde com uma ampla interação entre fatores genéticos e ambientais, apresenta graves dimensões psicológicas e sociais<sup>5</sup>. (Figura 1)

Figura 1 - Mapa da obesidade: causas multifatoriais



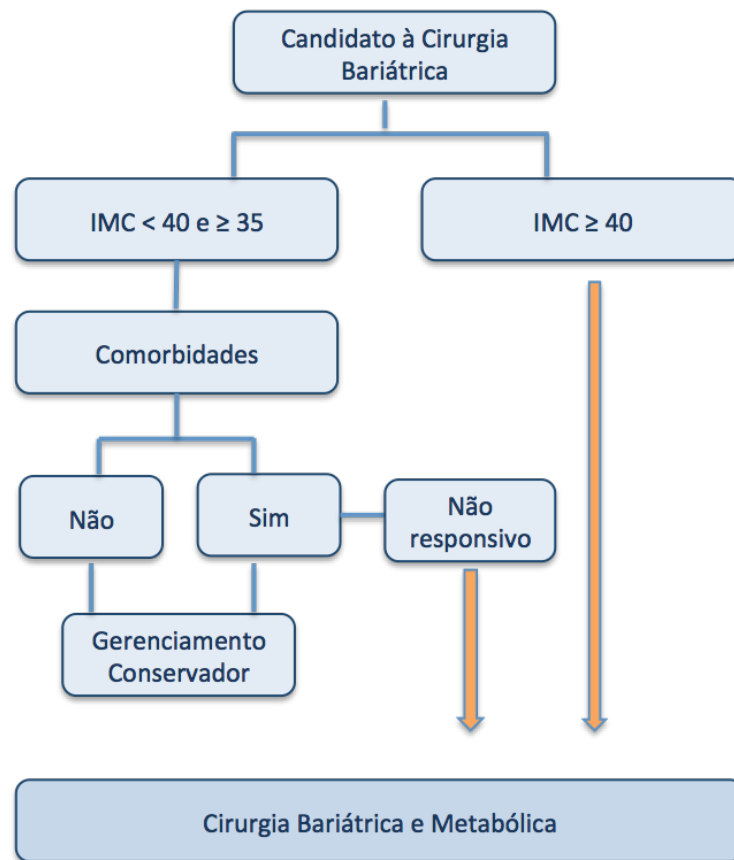
Fonte: Adaptado de United Kingdom, 2007<sup>6</sup>.

Os tratamentos clínicos convencionais<sup>7</sup> são frequentemente utilizados para auxiliar na perda de peso, combinando ou não estratégias farmacológicas, dietéticas (restrição na ingestão calórica), exercício físico monitorado e terapia comportamental. No entanto, não promovem redução de peso sustentada a longo prazo em indivíduos com IMC > 35kg/m<sup>2</sup>. A cirurgia bariátrica e metabólica (CBM) é considerada o método mais eficaz para a perda de peso substancial e sustentável com melhora das comorbidades em pacientes não responsivos ao tratamento clínico.

No Brasil, a cirurgia é indicada para pacientes com IMC superior a 35 Kg/m<sup>2</sup>, que não obtiveram resultados expressivos com o tratamento convencional por um período mínimo de dois anos e apresentam comorbidades como diabetes mellitus tipo 2 (DM2), hipertensão arterial, dislipidemia, apneia do sono, infertilidade entre outras<sup>8,9</sup> (Figura 2).



Figura 2 - Fluxograma do tratamento cirúrgico da obesidade



Fonte: Adaptado de Di Lorenzo et al. (2020)<sup>10</sup>.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

---

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

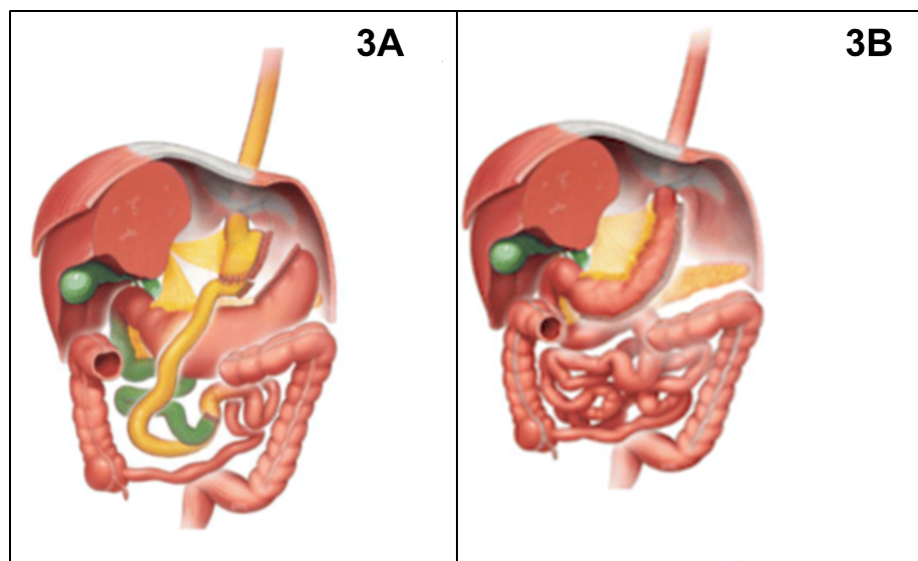
### 2.1 TRATAMENTO CIRÚRGICO DA OBESIDADE

A CBM evoluiu desde sua origem em 1950 com a primeira ressecção de intestino delgado com anastomose. Décadas após seu início, apresentavam altas taxas de morbi-mortalidade. Durante este período, outros procedimentos cirúrgicos foram introduzidos, enquanto outros foram abandonados devido à falha na perda de peso, complicações ou desenvolvimento de procedimentos mais eficazes. Os avanços nas técnicas operatórias melhoraram a perda de peso total a longo prazo com morbi-mortalidade<sup>11,12</sup>.

Segundo a Sociedade Brasileira de Cirurgia Bariátrica e Metabólica (SBCBM) a história da cirurgia bariátrica no Brasil começou na década de 1970 na Faculdade de Medicina da USP (FMUSP)<sup>13</sup>. Apesar dos resultados limitados, as pesquisas foram mantidas seguindo as tendências internacionais, caminho aberto por Edward Mason nos anos 1960, que estabeleceu o conceito de restrição gástrica e foi o responsável pelo desenvolvimento de técnicas como o *bypass* gástrico<sup>14</sup>.

As diferentes técnicas cirúrgicas empregadas promovem a restrição da ingestão alimentar e retardo do esvaziamento gástrico ou uma associação de restrição da ingestão e da absorção de nutrientes. As técnicas de *bypass* gástrico em Y de Roux (BGYR) e gastroplastia vertical são atualmente os procedimentos mais realizados no Brasil e no mundo<sup>15</sup>. O BGYR é considerado o procedimento "padrão ouro" para o tratamento do DM2 e representa mais de 30% das cirurgias bariátricas realizadas no mundo e quase 60% na América Latina. Segundo dados da International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders (IFSO), o BGYR foi o procedimento de escolha em 76% das cirurgias bariátricas realizadas no Brasil, em 2019<sup>16,17</sup>.

Figura 3 - Principais técnicas de cirurgia bariátrica reconhecidas no Brasil



Fonte: Adaptado de Levent, c2018<sup>18</sup>.

Nota: 3A *Bypass* gástrico em Y de Roux

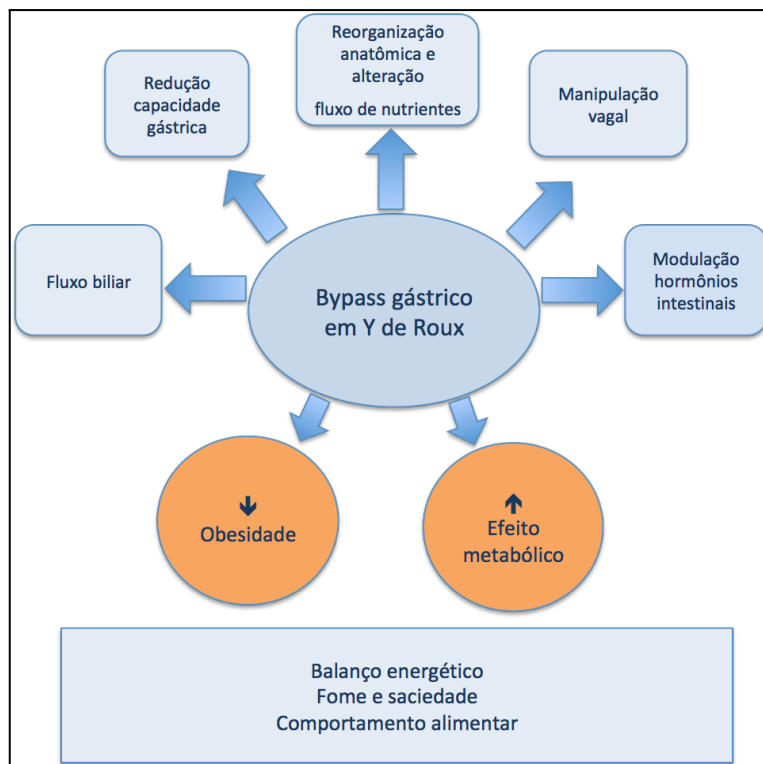
3B Gastrectomia vertical

No BGYR o estômago é seccionado para confecção de bolsa gástrica com capacidade de aproximadamente 30 ml e realizada gastrojejunostomia em Y de Roux com desvio precoce e diretamente dos nutrientes ingeridos do estômago, duodeno e jejuno proximal. Este desvio do fluxo alimentar é responsável pelas alterações na secreção de entero-hormônios<sup>18</sup> (Figura 3A).

A gastrectomia vertical é um procedimento restritivo com a remoção do fundo e grande parte do corpo do estômago (80%), com redução acentuada dos níveis de grelina, principal entero-hormônio envolvido na indução do apetite<sup>18</sup> (Figura 3B).

Parte do efeito da redução de peso é devido ao desvio do transporte de nutrientes através do intestino delgado, associado a disabsorção. No entanto, a redução na absorção explica parcialmente a perda de peso. Estes mecanismos foram resumidos pelo efeito BRAVE (*bile flow alteration, anatomical gut rearrangement and altered flow nutrientes, vagal manipulation and enteric gut hormone regulation*) (Figura 4).

Figura 4 - Mecanismos da perda de peso induzida pela BGYR



Fonte: Adaptado de Wabitsch, 2017<sup>19</sup>.

Algumas hipóteses sobre a superioridade nos resultados atribuídos à cirurgia bariátrica têm sido discutidas. As alterações anatômicas resultam tanto numa rápida perda de peso como na melhora do metabolismo da glicose através da redução aguda do apetite, no consumo alimentar e da sensibilidade à insulina hepática, muscular e do tecido adiposo. Os efeitos sustentados na perda de peso e o controle glicêmico estão provavelmente relacionados com a remodelação crônica do eixo intestino-cérebro-fígado devido às alterações nas secreções de hormônios gastrointestinais<sup>19</sup>.

A grelina, hormônio orexígeno produzido no estômago, é resultante da ativação de neuro peptídeos pelo estímulo do consumo alimentar e está envolvida na regulação do balanço energético em curto prazo, estimulando a lipogênese e reduzindo a taxa metabólica. O GLP-1 é um hormônio incretínico, produzido pelas células L intestinais a partir da ingestão macronutrientes. Proporciona saciedade,

acelera o esvaziamento gástrico e alteração na percepção do paladar. Estimula a lipólise e o aumento do gasto energético<sup>20</sup>.

PYY é hormônio incretínico também secretado pelas células L a partir da passagem do alimento no estômago, assim como na porção distal do intestino delgado e grosso, no período pós prandial, proporcional a quantidade de calorias ingeridas. É liberado no trato gastrointestinal no período pós-prandial determinando o fim da refeição. Atua como fator de saciedade, associado à inibição do esvaziamento gástrico, secreção gástrica e pancreática<sup>20</sup>.

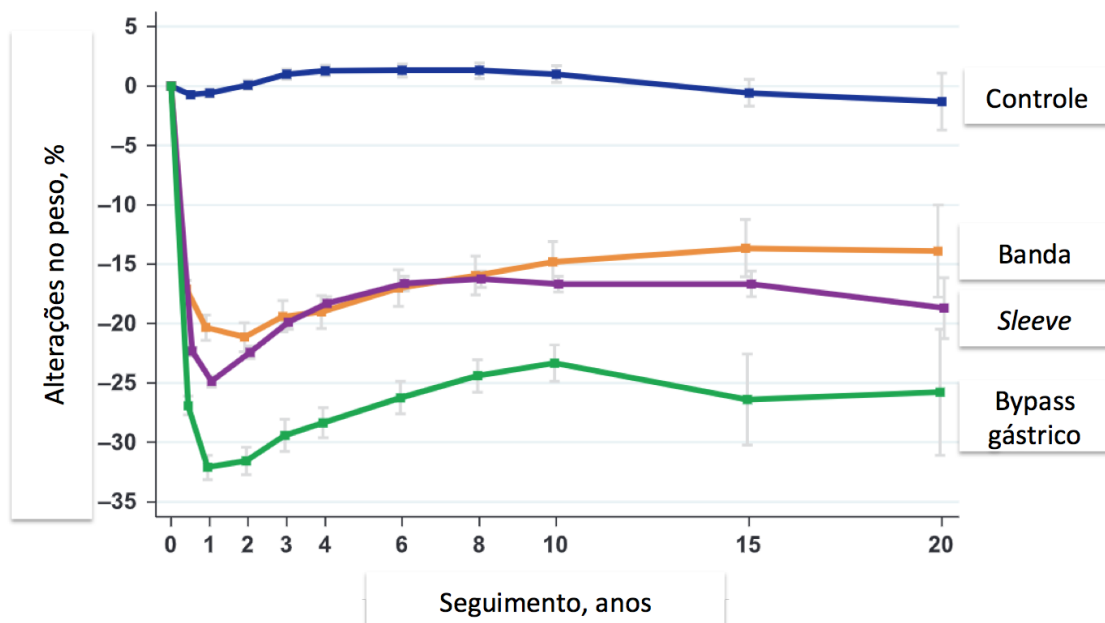
O estudo *Swedish Obese Subjects* (SOS), analisou as taxas de mortalidade durante o tratamento convencional a longo prazo em comparação a perda de peso induzida pela cirurgia bariátrica. Foi demonstrada a variação média de peso após 2, 10, 15 e 20 anos em 23%, 17%, 16% e 18% no grupo da cirurgia e 0%, 1%, 1% e 1% no grupo controle (Figura 5). Observou-se redução da mortalidade global, diminuição da incidência de diabetes, infarto do miocárdio, AVC e câncer no grupo submetido ao tratamento cirúrgico<sup>21</sup>.

Por outro lado, a recente publicação de estudo randomizado controlado que investigou os efeitos de um programa de treinamento físico nos fatores de risco cardiometabólicos demonstrou que a perda de peso não promoveu diferenças na pontuação de risco cardiometabólico (glicemia de jejum, triglicérides, HbA1c, HOMA-IR, PCR e índice de PA<sup>22</sup>, sugerindo que a melhora nas condições clínicas destes indivíduos após a cirurgia estaria além da magnitude da perda de peso.

O estudo *The Surgical Treatment and Medications Potentially Eradicate Diabetes Efficiently* (STAMPEDE) demonstrou a efetividade da cirurgia na redução de peso e controle glicêmico com a remissão de casos de DM2 e na consequente melhora da qualidade de vida e redução de riscos cardiovasculares. A porcentagem de perda de peso total (%PP) foi significativamente maior tanto no BGYR quanto na gastrectomia vertical (-27,5 ±7,3% e -24,7 ±6,6%, respectivamente) comparados ao tratamento clínico, perda média de 5,2 ± 7,7% em 12 meses de seguimento. A perda de excesso de peso (%PEP) ultrapassou

80% em ambas as técnicas cirúrgicas, superior aos 13% da terapia clínica isolada<sup>23</sup>.

Figura 5 - Variação percentual da perda de peso entre as diferentes técnicas cirúrgicas e tratamento clínico



Fonte: Adaptado de Sjöström, 2013<sup>21</sup>.

A medida da perda de peso é um dos parâmetros utilizados para determinar a eficácia do procedimento cirúrgico. Entretanto, ainda não há consenso sobre o método ideal para avaliar o sucesso cirúrgico no pós-operatório tardio. A %PEP é atualmente a métrica mais utilizada e proporciona uma estimativa da quantidade de perda de peso alcançada em relação à meta definida como perda > 50% do excesso de peso<sup>24</sup>.

Outros parâmetros comumente utilizados incluem a perda de peso total (PP, Kg), percentual de perda de peso total (% PP) e percentual de redução do IMC (PRIMC). Devido à falta de padronização, a *American Society for Bariatric*

*and Metabolic Surgery* (ASMBS) recomenda a apresentação dos diferentes métodos de avaliação de perda de peso, de modo a minimizar possíveis desvios na interpretação dos resultados, para conciliar os dados consistentemente e desmistificar a perda de peso<sup>25</sup>.

## 2.2 AVALIAÇÃO DE SUCESSO CIRÚRGICO

Devido à falta de consenso sobre definições de sucesso da cirurgia bariátrica a SBCBM propôs a normatização a partir de um fórum multidisciplinar<sup>26</sup>. Foram definidos critérios objetivos para a classificação e adequada utilização dos termos em 6 meses após a cirurgia: a. obesidade controlada (perda de peso total >20%), b. obesidade parcialmente controlada (perda de peso total entre 10 e 20%) e c. Obesidade não controlada (perda de peso <10%). Conforme as diretrizes brasileiras de obesidade, a condição da perda de excesso de peso > 50% deve ser mantida pelo período de cinco anos para considerar sucesso cirúrgico<sup>26</sup>.

O tratamento cirúrgico promove a perda média de 60 a 80% do excesso de peso<sup>27-29</sup>. Apesar da intensa perda de peso ocorrida nos primeiros meses após a cirurgia, há um número não desprezível de pacientes que não atingem perda suficiente de peso. Esta falha pode estar associada a fatores fisiológicos, psicológicos, sociais e pode impactar na manutenção da perda de peso tardiamente<sup>30</sup>.

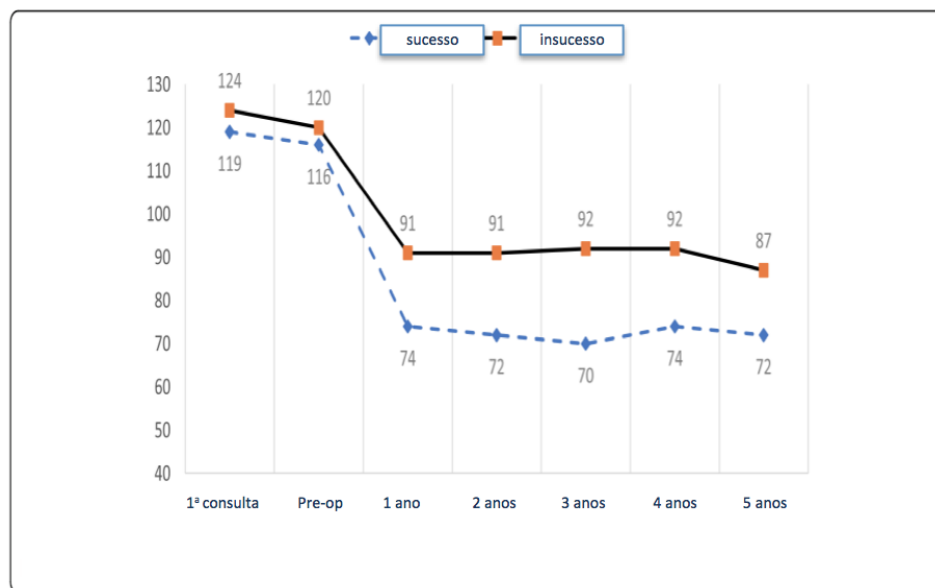
O principal desafio do tratamento da obesidade sob qualquer método é a manutenção da perda de peso a longo prazo, dificultada pela complexa interação de fatores ambientais, biológicos, comportamentais e cognitivos<sup>31</sup>. O mesmo desafio ocorre com o tratamento cirúrgico. A perda insuficiente de peso também está associada a recuperação de peso tardiamente.

Cadena-Obando et al.<sup>32</sup>, em 2020, demonstraram perda insuficiente de peso associada a idade mais avançada, presença de hipertensão pré-operatória,



depressão/ansiedade e número de comorbidades entre pacientes que perderam <50% de PEP um ano após a cirurgia. A perda de peso foi suficiente para melhorar algumas comorbidades, mas com maior risco de recuperação do peso após 2 anos (Figura 6).

Figura 6 - Evolução da perda de peso de acordo com sucesso cirúrgico



Fonte: Adaptado de Cadena-Obando et al., 2020<sup>32</sup>.

Ao avaliar as particularidades do grupo de insucesso, evidenciou-se que 42% dos pacientes ganharam peso após o primeiro ano da cirurgia 11% mantiveram o peso estável, 46% conseguiram perder mais peso durante o seguimento e 8% atingiram a perda >50% PEP tardiamente<sup>32</sup>.

No estudo conduzido por Luna et al. a recuperação de peso a longo prazo foi semelhante à composição corporal e concentrações de leptina pré-cirúrgica<sup>33</sup>.

Assim como a obesidade, as causas da perda de peso insuficiente e do reganho de peso também são multifatoriais. Podem ser secundárias a problemas técnicos da cirurgia<sup>34</sup>, não aderência ao seguimento clínico pós-operatório,

comportamento alimentar do tipo beliscador<sup>35-37</sup>, ansiedade e/ou depressão, outros transtornos alimentares como compulsão alimentar<sup>38</sup> e não adoção de atividade física regular<sup>39</sup>.

A recuperação de peso inicia-se gradativamente a partir do segundo ano<sup>40-41</sup> após a cirurgia em um número expressivo de pacientes (10 a 20%)<sup>35,42,43</sup>, e está associada à recorrência das comorbidades, piora na qualidade de vida e consequente insatisfação com a cirurgia<sup>44,45</sup>.

As definições para o reganho de peso não são padronizadas e são comumente definidas por diferentes métricas (Quadro 1):

Quadro 1 - Definições para reganho de peso

Reganho de peso
> 10kg a partir no nadir (nadir - peso atual >10kg)
> 25% PEP a partir no nadir (PEP no nadir - PEP atual)
IMC de 5 kg/m <sup>2</sup> a partir no nadir (IMC atual - IMC no nadir)
IMC >35 kg/m <sup>2</sup> após sucesso na perda (IMC > 35 atual e sucesso na perda de peso IMC < 35. Sucesso na perda de peso é definido como PEP > 50% no nadir
Qualquer reganho de peso (peso atual - peso no nadir >0)
15% do peso no nadir (peso atual - peso no nadir/total peso no nadir x 100 >15)

Fonte: Adaptado de Voorwinde et al., 2020<sup>46</sup>.

Alguns estudos procuraram compreender a extensão da recuperação de peso após BGYR. Os relatos variam na sua forma de apresentação e podem contribuir para distorções nos resultados na literatura devido ao n amostral, inconsistência nos registros clínicos, perda de seguimento e tempos diferentes na avaliação para estimativa do nadir. Entre os principais estudos com resultados de longo prazo, a recuperação de peso ocorre entre 5 a 10% da perda de peso total

durante a primeira década. No primeiro grande estudo prospectivo a longo prazo, a %PP diminuiu de 32% para 25% nos primeiros 10 anos após o BGYR<sup>21</sup>.

No estudo Labs-2 (2018), foram comparadas 5 medidas contínuas (peso, IMC, % peso pré-operatório, % nadir de peso, % de perda máxima de peso e 8 variáveis dicotômicas em indivíduos submetidos ao BGYR. O % PP apresentou as associações mais fortes e modelo mais adequado aos resultados clínicos. A média de reganho foi de 9,5% da perda máxima de peso, 1 ano após atingir o nadir e 22,5% após 3 anos. Entre as medidas dicotômicas de reganho de peso, >20% do peso máximo perdido foi o mais bem-sucedido<sup>47</sup>.

O estudo prospectivo conduzido por King et al. (2020) com 1403 pacientes submetidos a BGYR, demonstrou uma grande variabilidade no reganho de peso: 43,6% recuperou > 5 pontos de IMC, 50,2% recuperou > 15% do peso nadir e 86,5% > 10% do peso máximo perdido. A maior taxa de recuperação de peso ocorreu no primeiro ano após atingir o nadir e a recuperação se manteve continuamente durante o seguimento de 5 anos (9,5% a 26,8% do peso máximo perdido)<sup>48</sup>.

Vários fatores podem estar envolvidos na resistência à perda ponderal como fatores comportamentais (como a privação do sono, aumento da ingestão calórica, diminuição da atividade física espontânea e uso de dietas restritivas em repetição); genéticas (gênero, etnia, genótipo, peso ao nascer) e fisiológicos (ineficiência mitocondrial, inflamação sistêmica e hiperinsulinemia)<sup>48</sup>.

O insucesso na maioria das intervenções para perda de peso poderia ser explicado em parte pela teoria da termogênese adaptativa. A perda de peso quase sempre leva a redução na MLG, um dos principais componentes do gasto energético, provocando a redução da taxa metabólica de repouso (TMR)<sup>49</sup>. Alguns estudos têm demonstrado evidências que sustentam uma potencial redução na termogênese atenuando o sucesso no tratamento da obesidade<sup>49</sup>.

### 2.3 MECANISMOS COMPENSATÓRIOS NO EMAGRECIMENTO E TERMOGÊNESE ADAPTATIVA

Os mecanismos metabólicos envolvidos no balanço energético não são totalmente compreendidos. A perda de peso é acompanhada de adaptações endócrinas que aumentam o apetite e reduzem a saciedade, de modo a resistir à perda e favorecendo a manutenção do peso a longo prazo. No entanto, existem alterações metabólicas relacionadas às variações de peso, à desnutrição e ao controle de peso corporal e obesidade<sup>50</sup>.

A redução de peso corporal provoca adaptações compensatórias no gasto energético de repouso e esse fenômeno é denominado termogênese adaptativa. Ocorre com a perda de peso, o aumento da fome, diminuição da atividade do sistema nervoso autônomo simpático e do gasto energético total. Esta adaptação atenua a capacidade de tolerar reduções de energia e pode prejudicar a redução de peso além de ser um possível mecanismo de proteção<sup>51</sup>.

O peso corporal é regulado sobretudo pelo hipotálamo que desempenha papel fundamental no metabolismo. Os hormônios intestinais participam da regulação do equilíbrio energético, modulando o comportamento alimentar, na distribuição de nutrientes e no gasto energético<sup>52</sup>.

Para analisar a relação entre as alterações na composição corporal, TMR e perda de peso, nosso grupo realizou um estudo prospectivo com 45 pacientes submetidos ao BGYR. Após 6 meses, a média da %PEP foi de  $59\% \pm 14\%$ <sup>53</sup> semelhante aos resultados descritos na literatura<sup>54,55</sup>.

Além das mudanças intensas na composição corporal, observamos que indivíduos com um aumento de TMR/kg após o BGYR atingiram sucesso na perda de peso. De fato, os padrões de alterações no TMR ajustado ao peso corporal (TMR/kg) diferiam entre indivíduos do estudo e foram positivamente correlacionados com a %PEP. Enquanto apenas 60% dos pacientes que apresentavam redução ou estabilidade da TMR/kg atingiram %PEP satisfatória,

todos os pacientes com um aumento significativo de TMR/kg apresentaram %PEP > 50% 6 meses após a cirurgia.

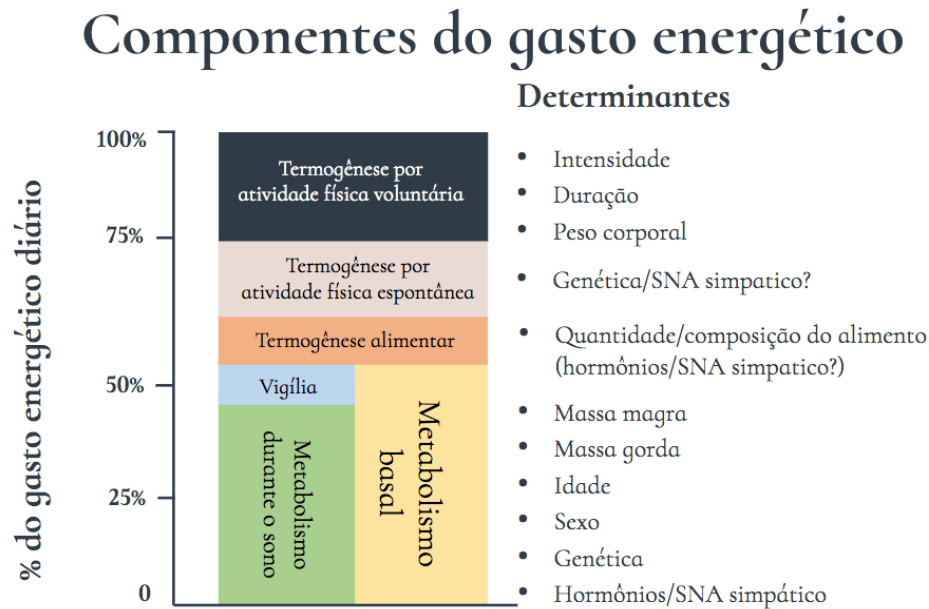
Esses resultados preliminares sugeriram que um aumento em TMR/kg poderia ser um fator preditivo de sucesso cirúrgico tardio após o BGYR<sup>20,56</sup>. Mais importante ainda, um fator preditor para manutenção da perda de peso poderia auxiliar o delineamento de estratégias para otimização do tratamento.

O gasto energético diário é representado pela quantidade de energia necessária para o organismo em 24h. Compreende a taxa metabólica basal, o efeito térmico dos alimentos e a termogênese da atividade física. Seu principal componente é a TMR que responde por 50% a 70% da quantidade de energia necessária para a manutenção das funções vitais do organismo como frequência cardíaca, pressão arterial, repolarização celular, manutenção da respiração e dos tecidos metabolicamente ativos como cérebro (19%), coração (10%), fígado (27%) e músculo esquelético (18%)<sup>57</sup>.

O efeito térmico dos alimentos é representado pelo gasto induzido pelos processos de ingestão, digestão, absorção, metabolização e armazenamento de nutrientes, responsável por 10% do gasto diário. Este efeito é influenciado pela quantidade e composição nutricional da refeição<sup>55,58</sup>.

O componente mais variável do gasto energético é o gasto induzido pela atividade física. Este componente é influenciado pela composição corporal, intensidade e duração do exercício, e contribui com até 30% do gasto diário. Pode ser subdividido em atividades voluntárias (atividade planejada de esportes e exercícios de aptidão) e involuntárias (contração muscular espontânea)<sup>57</sup>. A representação do gasto energético diário está apresentada na figura 7.

Figura 7 - Perspectiva termodinâmica do gasto energético



Fonte: Adaptado de Ravussin & Swinburn, 1992<sup>59</sup>.

A TMR está relacionada diretamente à massa corporal total, principalmente a MLG, com grande variabilidade individual conforme o sexo, faixa etária e massa muscular<sup>60</sup>. Devido à composição corporal (>%MLG), homens apresentam TMR maior que mulheres e adultos jovens apresentam TMR maior que indivíduos mais idosos. A TMR diminui entre 2% a 3% por década devido à perda muscular a partir dos 20 anos<sup>61</sup>. Os indivíduos com obesidade apresentam TMR superior aos indivíduos magros devido ao excesso de peso corporal<sup>62,63</sup>.

As mudanças que ocorrem no peso, na composição corporal e atividade física ao longo da vida dificultam a análise dos determinantes do gasto energético. Os efeitos do aumento da atividade física e das alterações relacionadas com a idade na taxa metabólica não são claras. Igualmente, a redução no gasto energético em adultos mais velhos corresponde a redução na massa livre de gordura e da atividade física, mas também pode refletir mudanças relacionadas à idade<sup>10,24,26,61</sup>.

A avaliação da TMR por equações preditivas é utilizada para fins nutricionais para estimar a necessidade calórica diária e estabelecer parâmetros para a orientação nutricional. No entanto, a TMR estimada apresenta frequentemente resultados superestimados quando comparada a calorimetria indireta (CI), método padrão-ouro para determinação da TMR, especialmente na população de adultos com obesidade<sup>64</sup>. De fato, Madden et al. (2016)<sup>65</sup> comparou os resultados da calorimetria com as equações preditivas e apenas a equação de Mifflin foi considerada precisa para prever TMR em indivíduos com IMC  $\geq 30$  e  $\geq 40$  kg/m<sup>2</sup>.

A calorimetria indireta é um método não-invasivo que determina as necessidades nutricionais e a taxa de utilização dos substratos energéticos a partir do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) e da produção de gás carbônico (VCO<sub>2</sub>), obtidos pela análise do ar inspirado e expirado<sup>66</sup>.

A restrição da ingestão calórica e a perda de peso afetam vários componentes do gasto energético, reduzindo a TMR. As restrições alimentares sucessivas e oscilação de peso no indivíduo com obesidade são parcialmente responsáveis pelo ajuste no gasto energético diário promovendo adaptação metabólica<sup>67</sup>.

A associação entre perda de peso e queda acentuada na TMR ocorre devido à provável adaptação metabólica visto que a perda de  $> 10\%$  de peso corporal pode reduzir o gasto energético diário entre 20 a 25%<sup>56,68</sup>. Pode explicar parcialmente o *plateau* de peso, apesar da baixa ingestão calórica, sugerindo um mecanismo para promover a restauração do peso corporal basal<sup>69</sup>.

O efeito da CBM sobre o gasto energético ainda é controverso, particularmente em relação a TMR/MLG<sup>70</sup>. Lamarca et al. investigaram em recente metanálise a relação da TMR/MLG após BGYR e não observaram variação na TMR/MLG após 6 meses da cirurgia. No entanto, em 12 meses houve redução significativa da TMR de 1,95 kcal/MLG<sup>71</sup>, sugerindo que essa redução no primeiro ano pós operatório pode comprometer os resultados do tratamento a longo prazo.

Por outro lado, alguns estudos demonstram que quanto maior é a perda de peso, maior é a redução do gasto energético relativo, e está fortemente associada à perda de MLG. Isto deve-se particularmente a uma diminuição da atividade metabólica dos órgãos com uma elevada taxa metabólica, incluindo o coração, fígado, rins e cérebro<sup>71,22</sup>.

## 2.4 COMPOSIÇÃO CORPORAL

As técnicas utilizadas para a avaliação da composição corporal total são baseadas em diferentes princípios físicos<sup>73</sup> e a escolha do método depende da disponibilidade financeira, validação para grupos populacionais, aplicabilidade, e treinamento do avaliador.

Os métodos tradicionais para avaliação da composição corporal são baseados no modelo de dois compartimentos onde a massa magra (tecido livre de gordura: água, proteínas e minerais) e massa gorda são analisadas<sup>73</sup>. O tecido gorduroso é composto por 83% de gordura e 17% de água e proteínas. A água corporal está predominantemente contida na massa livre de gordura (70%)<sup>74-76</sup>.

Os métodos mais utilizados para avaliação da composição corporal são antropometria, medidas de pregas cutâneas, bioimpedância elétrica (BIA). Alguns métodos mais sofisticados considerados mais precisos como a pesagem hidrostática, pletismografia de deslocamento aéreo (PDA) e absorciometria por duplo feixe de raios-X (DEXA) de uso restrito devido ao elevado custo, à complexidade e às limitações relacionadas a capacidade dos equipamentos<sup>77</sup>.

A BIA é um recurso amplamente disponível para estimativa da composição corporal, é um método simples, praticamente sem riscos, de baixo custo e fácil acesso, especialmente devido à maior adaptabilidade à prática clínica e pesquisa que requerem medições repetidas<sup>78</sup>. Sua eficiência depende da quantidade e distribuição da água corporal total, intra e extracelular, assim como da configuração geométrica corporal<sup>56</sup>. A BIA tetrapolar mede diretamente a



impedância de cada segmento corporal em frequências de 20 e 100kHz, apresentando alto grau de correlação com o DEXA, padrão ouro de avaliação da composição corporal<sup>79,80</sup>.

Apesar de inúmeros estudos associarem a redução da TMR à redução de MLG, a MG deve ser considerada um componente metabolicamente ativo com impacto na TMR. Das et al. (2003) utilizou diferentes modelos para prever o gasto energético a partir da composição corporal pré-operatória e em alterações após a cirurgia. Observou a redução média de 25% no gasto energético diário justificada tanto pela queda na MLG como pela MG<sup>81</sup>. A MG tem baixa atividade metabólica apenas em indivíduos magros, responsável por menos de 5% da TMR (MLG representa em torno de 70 a 80%).

Das et al. (2004) demonstrou que a TMR em mulheres com obesidade era 30% maior que em mulheres eutróficas<sup>82</sup>. Hirsch et al. (2017) também demonstrou correlação positiva entre a TMR e MG, e MLG em ambos os sexos<sup>63</sup>.

O aumento da TMR/kg após a cirurgia já foi descrito em estudos anteriormente<sup>83</sup>. Faria et al. (2012)<sup>56</sup> identificaram o aumento de 17% na TMR/kg e sua associação com a PEP, 6 meses após RYGB. No entanto, essa análise foi baseada em valores médios e não considerou padrões individuais de mudança em TMR/kg. Por outro lado, Moehlecke et al. (2017)<sup>20</sup> observaram a redução na TMR/dia em 6 meses e pacientes com maior redução em TMR apresentaram o percentual de PEP semelhante às aquelas com menor redução em 12 meses (71% vs 58%) e 18 meses (74% vs 66%), respectivamente. Essa análise não considerou o ajuste para peso corporal e foi limitada ao período de 18 meses após cirurgia.

Nosso estudo demonstrou aumento significativo do percentual de MLG no pós-operatório de  $49,4 \pm 4,2\%$  para  $61,8 \pm 8,6\%$  ( $p < 0,001$ ) assim como a TMR/kg ( $p = 0,001$ ). Também foi demonstrada uma relação significativa entre MLG (kg) ( $64,4 \pm 13,4 - 57,5 \pm 13,2$  kg) e TMR nos períodos pré ( $p < 0,01$ ) e pós-operatório ( $p < 0,001$ ). Embora tenhamos encontrado um aumento significativo no percentual de MLG após a cirurgia, foi possível notar que há padrões individuais de mudanças na TMR/kg após a cirurgia que podem diferir entre os indivíduos com

obesidade grave, e esses padrões estão positivamente correlacionados com a perda de peso<sup>53</sup>.

Os pacientes foram categorizados segundo a manutenção da TMR/kg no pós-operatório (variação entre -2 a 2 kcal/dia), aumento discreto (variação entre 2 a 6 kcal/dia) e aumento importante (variação > 6 kcal/dia), observando-se associação positiva da TMR/Kg com a perda de peso em 40, 60 e 80 %PEP, respectivamente. Foi demonstrado uma nítida correlação entre TMR pós-operatória e perda de peso e, o aumento na TMR/kg é um fator importante relacionado à satisfatória PEP 6 meses após a cirurgia.

Observou-se correlação significativa entre a diferença da TMR e %PEP mesmo ao ajustar a diferença para MLG, sugerindo que as alterações na TMR/kg após a cirurgia estejam relacionadas a outros fatores e não apenas as alterações da MLG.

Não há estudos que utilizam a TMR pós-operatória precoce como preditor da perda de peso sustentada tardiamente. A relevância deste estudo está em avaliar a TMR no pós-operatório precoce como fator preditor de sucesso cirúrgico em 36 meses. Um preditor torna possível um planejamento de estratégias de intervenção nutricional, dietética, farmacológica, psicológica e de atividade física aos pacientes com maior risco de reganho de peso e assim maximizar a manutenção da perda de peso atingida.

### **3 OBJETIVO**

---

### **3 OBJETIVO**

Avaliar a taxa metabólica de repouso de indivíduos com obesidade grave no pós-operatório precoce de *bypass* gástrico em Y de Roux como preditor de sucesso cirúrgico em 36 meses.

## **4 MÉTODOS**

---

## 4 MÉTODOS

O presente estudo foi realizado segundo as recomendações éticas da Declaração de Helsinki e aprovado pelo Comitê de Ética para Análise de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP) sob o registro CAAE: 01038912.6.0000.0068. O ensaio clínico foi registrado no Clinical Trial sob número NCT04118582.

Todos os pacientes compreenderam e aceitaram se submeter aos procedimentos propostos no protocolo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

### 4.1 ESTUDO

Estudo de coorte prospectivo, intervencional e observacional.

### 4.2 CASUÍSTICA

Foram selecionados consecutivamente 45 adultos com obesidade grave, com predominância feminina (68,4%), atendidos no ambulatório da Unidade de Cirurgia Bariátrica e Metabólica do Departamento de Gastroenterologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP. Os pacientes foram avaliados nos períodos pré-operatório (T0), 6 meses ou pós-operatório precoce (T1) e 36 meses ou pós-operatório tardio (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux (BGYR).

A coleta dos dados foi realizada entre 2012 e 2016.

#### 4.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Participaram do estudo indivíduos que contemplavam os seguintes critérios de inclusão:

- Ambos os sexos
- Entre 18 e 60 anos
- IMC 40 a 60 kg/m<sup>2</sup>
- Submetidos ao *bypass* gástrico em Y de Roux na própria instituição

#### 4.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Foram excluídos deste estudo indivíduos que apresentaram os seguintes critérios de exclusão:

- Cirurgia revisional
- Não compareceram a qualquer período de avaliação

#### 4.5 AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

Durante a aferição o paciente permaneceu em posição ortostática, de frente para o *display*, no centro da balança, descalço e com roupas leves. Para a aferição da estatura, o paciente foi mantido de costas para o estadiômetro, em posição ereta, com os pés unidos, braços estendidos ao lado do corpo e olhar para o horizonte. A leitura foi realizada a partir do centímetro mais próximo quando encostada a cabeça do indivíduo à haste horizontal da barra vertical da escala de estatura.

#### 4.5.1 Bioimpedância elétrica

As medidas de composição corporal como Peso, MG (% e em kg) e MLG (% e em kg), foram obtidas pelo método não invasivo de bioimpedância elétrica (BIA), utilizando o equipamento *In Body*<sup>®</sup> 230, 2.0, (Biospace Seul, Coréia). Os avaliados ficaram em pé e posicionados sobre os eletrodos da plataforma, descalços e com os braços estendidos com as mãos sobre os dois apoios (eletrodos) (Figura 7).

O aparelho possui um sistema de eletrodos tetrapolar com 8 pontos táteis (dois para cada membro inferior e superior) utilizando as frequências 20 KHz e 100 KHz de corrente elétrica de 330 KHz.

A massa de gordura corporal é determinada pela subtração da MLG total da gordura da massa corporal total<sup>74</sup>. Foram obtidas as seguintes variáveis em valores absolutos e percentuais(%): massa livre de gordura(MLG), massa de gordura (MG).

Figura 7 - Bioimpedância elétrica



Fonte: EndoNutry, 2015<sup>84</sup>.



#### 4.5.2 Avaliação de sucesso cirúrgico

O IMC ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ) foi calculado dividindo-se o peso corporal (Kg) pela altura (m) ao quadrado<sup>85</sup>.

Excesso de peso (EP, em kg): diferença do peso pré-operatório em relação ao peso ideal (PIdeal, em kg). Para definição do peso ideal foi considerado o peso para IMC  $25\text{Kg}/\text{m}^2$ <sup>25,86</sup>.

Percentual de perda do excesso de peso (%PEP): percentual do peso perdido em relação ao excesso de peso. Foi considerado como indicador de sucesso cirúrgico quando atingida a perda > 50% do excesso de peso:

$$\% \text{ PEP} = [(\text{Peso pré-operatório} - \text{Peso atual})/(\text{Peso pré-operatório} - \text{Peso ideal})] \times 100$$

$$\% \text{ PP} = [(\text{Peso pré-operatório} - \text{Peso atual})/(\text{Peso pré-operatório})] \times 100$$

#### 4.6 TAXA METABÓLICA DE REPOUSO

As avaliações foram realizadas entre 7:00 e 8:00 da manhã no Laboratório de Estudos do Movimento no Instituto de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP).

Os pacientes receberam orientação prévia para não realizar exercício físico intenso, evitar o consumo de café, bebidas alcoólicas ou estimulantes na véspera do dia do teste. Para o teste, foi recomendado o uso de roupas leves e confortáveis, estar em jejum de 4 a 6 horas e realizar mínimo esforço físico durante o trajeto ao laboratório e evitar a ingestão de água cerca de 1 hora antes do teste.

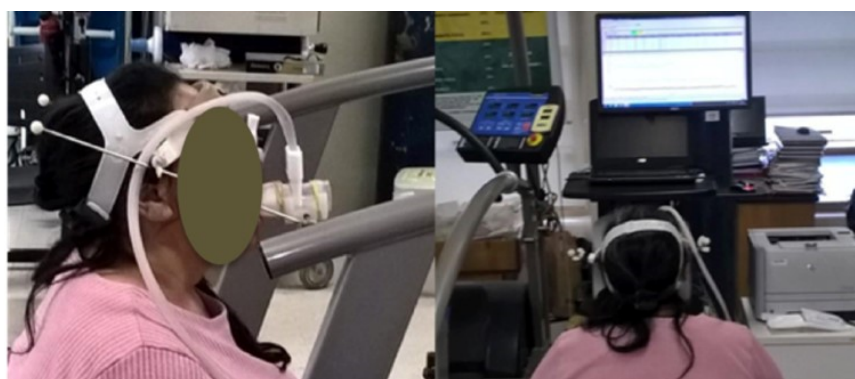
#### 4.6.1 Avaliação da taxa metabólica de repouso

Para avaliação da TMR foram coletados os valores de  $VO_2$  e  $VCO_2$  pelo método de calorimetria indireta (CI) utilizando o analisador metabólico *Ultima CPX*<sup>®</sup> (MedGraphics, USA), calibrado a cada teste. A taxa metabólica de repouso diária (kcal/dia) foi calculada através da equação de Weir<sup>87</sup>.

Equação Weir =  $[(3,9 * O_2) + (1,1 * CO_2) * 1440]$ , onde:  $O_2$  é o valor médio consumido (L/min) e  $CO_2$  é o valor médio expirado (L/min) durante os 10 minutos computados para a análise.

O teste foi realizado em ambiente de condições laboratoriais durante 20 minutos, coletando-se os valores de respiração a respiração. Para início da computação dos dados, com o indivíduo já conectados ao analisador metabólico, foram desprezados os dados dos 10 minutos iniciais para a estabilidade das variáveis fisiológicas no repouso. Durante o teste, o paciente permaneceu em posição sentada, sem se movimentar ou dormir (Figura 8).

Figura 8 - Calorimetria indireta



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2022.

Os pacientes foram divididos em 2 grupos a partir da variação da TMR/kg em 6 meses - Grupo 1, diferença < 2 kcal/kg e Grupo 2 diferença  $\geq$  2 kcal/kg para estudar o efeito das alterações da TMR/kg na manutenção sustentada de peso.

Para cálculo do quociente respiratório (QR), foram utilizados o volume  $\text{CO}_2$  produzido e do volume de  $\text{O}_2$  consumido ( $\text{QR} = \text{VCO}_2 \text{ produzido} / \text{VO}_2 \text{ consumido}$ ). A faixa de variação fisiológica considerada entre 0,67 a 1,30. Dados obtidos fora deste intervalo sugerem falhas no exame (escapamento de ar no circuito respiratório, agitação, dor intensa, sendo o QR utilizado como marcador de validade da avaliação da TMR.

#### 4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis contínuas foram expressas por média e desvio-padrão, enquanto as variáveis categóricas através de frequências e porcentagens.

As variáveis com mais de uma medida no tempo foram comparadas por teste ANOVA não paramétrica para medidas repetidas. Comparações entre dois períodos foram feitas utilizando teste t pareado (distribuição normal - teste Anderson Darling) e pelo teste de Mann-Whitney.

A correlação entre a TMR e a composição corporal foi estimada pela correlação de Spearman.

A evolução da %PEP foi testada com o teste exato de Fisher, comparando as medidas com odds ratio (OR).

O nível de significância adotado foi de 5%.

O software versão R 3.6.0 (R Core Team (2020)) foi utilizado para cálculos estatísticos.

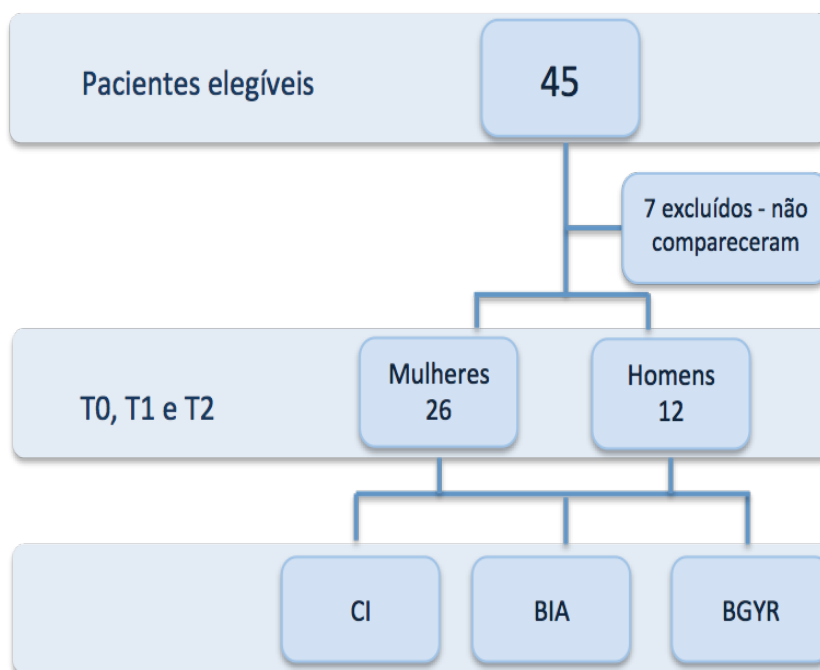
## **5 RESULTADOS**

---

## 5 RESULTADOS

Entre os 45 indivíduos selecionados na primeira fase de testes, 7 foram excluídos da análise final por não terem completado as 3 fases do estudo em 36 meses.

Figura 9 - Representação esquemática do Protocolo de Estudo



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2022.

A análise final considerou 38 indivíduos, 26 mulheres; média de idade  $46 \pm 2$  anos; IMC  $48,1 \pm 4,9$  kg/m<sup>2</sup>.

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

Os resultados da caracterização antropométrica e de composição corporal do estudo encontram-se na tabela 1.

Na análise da amostra total de pacientes houve redução significativa de peso, IMC, MG (kg e %) e MLG (kg) de T0 para T1 e T0 para T2 ( $p < 0,001$ ). Não houve diferença significativa em nenhum desses parâmetros de T1 para T2.

Observou-se aumento significativo da MLG % de T0 para T1 e T0 para T2 ( $p < 0,001$ ).

Tabela 1 - Caracterização antropométrica e da composição corporal da amostra total (n=38) nos períodos pré-operatório (T0), 6 meses (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux

n=38	AMOSTRA TOTAL		
	T0	T1	T2
Peso (Kg)*	127,7 ± 19,1	92,9 ± 15,5 <sup>a</sup>	91,6 ± 19,0 <sup>b</sup>
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )*	48,1 ± 4,9	35,0 ± 4,8 <sup>a</sup>	34,5 ± 5,6 <sup>b</sup>
MG (Kg)*	64,3 ± 11,0	36,5 ± 10,9 <sup>a</sup>	36,1 ± 13,1 <sup>b</sup>
MG (%)*	50,0 ± 4,0	39,0 ± 8,0 <sup>a</sup>	39,0 ± 9,0 <sup>b</sup>
MLG (Kg)*	63,3 ± 11,4	56,4 ± 11,6 <sup>a</sup>	55,5 ± 11,6 <sup>b</sup>
MLG (%)*	50,0 ± 4,0	61,0 ± 8,0 <sup>a</sup>	61,0 ± 9,0 <sup>b</sup>

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Nota: resultados expressos em média e desvio padrão

$p$ -valor baseado na ANOVA de medidas repetidas

\*variáveis significativas de acordo com teste ANOVA

IMC - índice de massa corporal, MG - massa gorda, MLG - massa livre de gordura

Diferenças entre os tempos: <sup>a</sup> T0 x T1-  $p < 0,001$ ; <sup>b</sup> T0 x T2-  $p < 0,001$

Os resultados das medidas antropométricas e da composição corporal do sexo feminino nas 3 fases do estudo encontram-se na tabela 2.

Entre as mulheres houve redução significativa do peso, IMC, MG (kg), MG (%) e MLG (kg) de T0 para T1 e T0 para T2 ( $p < 0,001$ ). Não houve diferença entre T1 e T2.

Observou-se aumento significativo da MLG% de T0 para T1 e T0 para T2 ( $p < 0,001$ ).

Tabela 2 - Caracterização antropométrica e da composição corporal por sexo feminino (n=26) nos períodos pré-operatório (T0), 6 meses (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux

N=26	MULHERES		
	T0	T1	T2
Peso (Kg)*	120,9 ±14,4	89,3 ±15,0 <sup>a</sup>	85,1 ± 16,1 <sup>b,c</sup>
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )*	48,0 ± 5,2	35,4 ± 5,4 <sup>a</sup>	33,8 ± 6,1 <sup>b,c</sup>
MG (Kg)*	62,8 ± 9,6	38,8 ± 11,2 <sup>a</sup>	35,7 ±13,5 <sup>b</sup>
MG (%)*	52,0 ± 3,0	43,0 ± 6,0 <sup>a</sup>	41,0 ± 9,0 <sup>b</sup>
MLG (Kg)*	57,8 ± 7,2	50,5 ± 6,0 <sup>a</sup>	49,4 ± 6,6 <sup>b</sup>
MLG (%)*	48,0 ± 3,0	57,0 ± 6,0 <sup>a</sup>	59,0 ± 9,0 <sup>b</sup>

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Nota: resultados expressos em média e desvio padrão

$p$ -valor baseado na ANOVA de medidas repetidas

\*variáveis significativas de acordo com teste ANOVA

IMC - índice de massa corporal, MG - massa gorda, MLG - massa livre de gordura

Diferenças entre os tempos: <sup>a</sup> T0 x T1-  $p < 0,001$ ; <sup>b</sup> T0 x T2-  $p < 0,001$ ; <sup>c</sup> T1 x T2 –  $p < 0,001$

Os resultados das medidas antropométricas e da composição corporal entre homens encontram-se na tabela 3.

Houve redução significativa do peso, IMC, MG (kg), MG (%) e MLG (kg) de T0 para T1 ( $p < 0,001$ ) e de T0 para T2 ( $p < 0,001$ ). Não houve diferença significativa nestes parâmetros de T1 para T2.

Observou-se aumento significativo da MLG (%) de T0 para T1 e T0 para T2 ( $p < 0,001$ ).

Tabela 3 - Caracterização antropométrica e da composição corporal do sexo masculino (n=12) nos períodos pré-operatório (T0), 6 meses (T1) e 36 meses (T2) *bypass gástrico em Y de Roux*

N=12	HOMENS		
	T0	T1	T2
Peso (Kg)*	142,5 ± 20,2	100,8 ± 14,1 <sup>a</sup>	105,9 ± 17,3 <sup>b</sup>
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )*	48,4 ± 4,4	34,3 ± 3,3 <sup>a</sup>	36,0 ± 4,2 <sup>b</sup>
MG (Kg)*	67,5 ± 13,4	31,6 ± 8,9 <sup>a</sup>	37,2 ± 12,8 <sup>b</sup>
MG (%)*	47,0 ± 4,0	31,0 ± 7,0 <sup>a</sup>	35,0 ± 8,0 <sup>b</sup>
MLG (Kg)*	74,9 ± 10,1	69,3 ± 10,6 <sup>a</sup>	68,7 ± 8,9 <sup>b</sup>
MLG (%)*	53,0 ± 4,0	69,0 ± 7,0 <sup>a</sup>	66,0 ± 8,0 <sup>b</sup>

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Nota: resultados expressos em média e desvio padrão

$p$ -valor baseado na ANOVA de medidas repetidas

\*variáveis significativas de acordo com teste ANOVA

IMC - índice de massa corporal, MG - massa gorda, MLG - massa livre de gordura

Diferenças entre os tempos: <sup>a</sup> T0 x T1-  $p < 0,001$ ; <sup>b</sup> T0 x T2-  $p < 0,001$

Os resultados dos dados antropométricos e da composição corporal comparativos entre homens e mulheres encontram-se na Tabela 4.



Houve diferença significativa do peso em todos os períodos analisados ( $p = 0,002$ ,  $p = 0,030$  e  $p < 0,001$ ). Não houve diferença significativa no IMC entre homens e mulheres nos 3 tempos do estudo.

É possível verificar que as medidas de MG (%), MLG (kg) e MLG (%) apresentaram diferenças significativas nos 3 tempos entre os sexos (MG em kg:  $p < 0,001$ ,  $p < 0,001$ ,  $p < 0,043$ ), (MLG em kg:  $p < 0,001$ ,  $p < 0,001$ ,  $p < 0,001$ ) (MLG%:  $p < 0,001$ ,  $p < 0,001$  e  $p = 0,044$ ). Não houve diferença significativa da MG (kg) nos 3 tempos analisados.

Os homens apresentaram MLG (kg e %) superior às mulheres em todas as fases do estudo. Ao contrário, mulheres apresentaram MG (%) superior aos homens.

Tabela 4 - Comparação de dados antropométricos e da composição corporal entre sexos (feminino n=26 e masculino n=12) nos períodos pré-operatório (T0), 6 meses (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux

	T0			T1			T2		
	F	M	p	F	M	p-valor	F	M	p-valor
Idade (a)	38,6 ± 9,8	40,0 ± 11,8	0,694	-	-	-	-	-	-
Peso (Kg)	120,9 ± 14,4	142,5 ± 20,2	<0,001	89,3 ± 15,0	100,8 ± 14,1	0,031	85,1 ± 16,1	105,9 ± 17,3	<0,001
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	48,0 ± 5,2	48,4 ± 4,4	0,825	35,4 ± 5,3	34,2 ± 3,2	0,502	33,8 ± 6,1	36,0 ± 4,2	0,271
MG (Kg)	62,8 ± 9,6	67,5 ± 13,4	0,338	38,7 ± 11,1	31,5 ± 8,9	0,057	35,7 ± 13,5	37,2 ± 12,8	0,744
MG (%)	52,0 ± 3,0	47,0 ± 4,0	<0,001	43,0 ± 6,0	31,0 ± 7,0	<0,001	41,0 ± 9,0	35,0 ± 8,0	0,043
MLG (Kg)	57,8 ± 7,2	75,0 ± 10,1	<0,001	50,5 ± 5,4	69,3 ± 10,6	<0,001	49,4 ± 6,6	68,7 ± 8,9	<0,001
MLG (%)	48,0 ± 3,0	53,0 ± 4,0	<0,001	57,0 ± 6,0	69,0 ± 7,0	<0,001	59,0 ± 9,0	66,0 ± 8,0	0,045

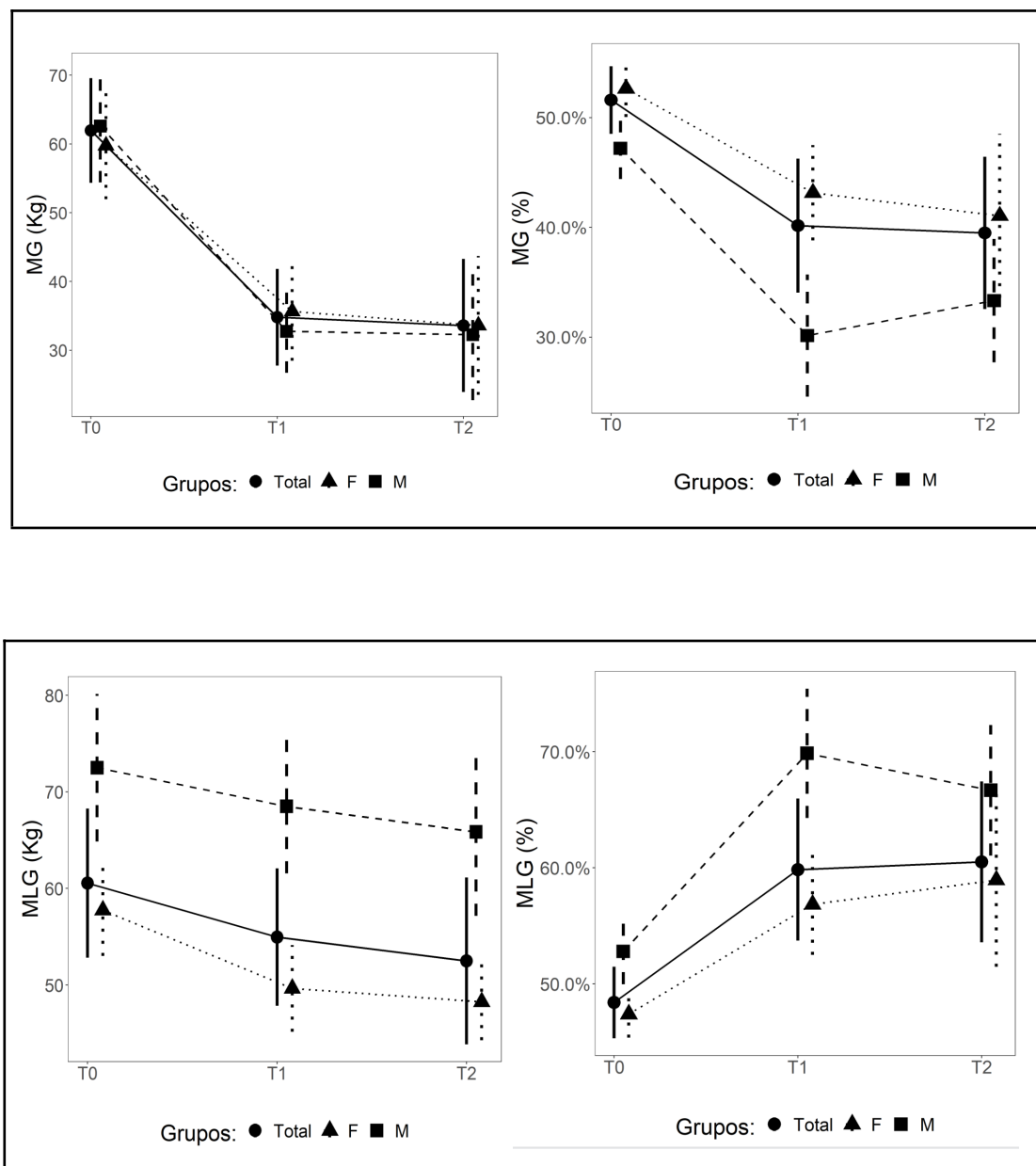
Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Nota: resultados expressos em média e desvio padrão

p-valor baseado no teste t de Student.

IMC - índice de massa corporal, MG - massa gorda, MLG - massa livre de gordura.

Figura 10 - Composição corporal - Evolução da massa gorda e massa livre de gordura após bypass gástrico em Y de Roux (kg e %)



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Resultados das correlações entre a TMR e a composição corporal são apresentadas na tabela 5.

Não houve correlação da TMR com a composição corporal no período T0.

Observou-se correlação negativa e significativa ( $p < 0,01$ ) entre TMR e Peso, IMC e MG% ( $r = 0,484$ ;  $r = 0,668$  e  $r = 0,346$ ) e correlação positiva e significativa entre TMR e MLG% ( $r = 0,346$ ) nos tempos T1 e T2 na amostra total de pacientes. O mesmo ocorreu com as mulheres.

Entre os homens, houve correlação negativa e significativa de TMR e peso em T1 e em T2 com todos os parâmetros analisados.

Houve correlação positiva ( $p < 0,01$ ) entre a TMR e a MLG% somente em T2.

Tabela 5 - Correlação da TMR e composição corporal

Variáveis	T0		T1		T2	
	Estimado	p valor	Estimado	p valor	Estimado	p valor
Todos						
Peso, kg	0,001	0,996	-0,484	0,002	-0,439	0,006
IMC, kg/m <sup>2</sup>	-0,101	0,545	-0,668	<0,001	-0,624	<0,001
MG, %	-0,253	0,126	-0,346	0,034	-0,634	<0,001
MLG, %	0,282	0,086	0,346	0,034	0,643	<0,001
Mulheres						
Peso, kg	0,033	0,874	-0,638	0,001	-0,665	<0,001
IMC, kg/m <sup>2</sup>	-0,061	0,769	-0,595	0,002	-0,707	<0,001
MG, %	-0,234	0,250	-0,394	0,047	-0,611	0,001
MLG, %	0,285	0,159	0,394	0,047	0,625	0,001
Homens						
Peso, kg	-0,490	0,110	-0,692	0,016	-0,692	0,016
IMC, kg/m <sup>2</sup>	-0,238	0,457	-0,608	0,040	-0,629	0,032
MG, %	-0,042	0,904	-0,063	0,852	-0,615	0,037
MLG, %	0,042	0,904	0,063	0,852	0,615	0,037

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

## 5.2 TAXA METABÓLICA DE REPOUSO

Os resultados da TMR encontram-se na Tabela 6.

No grupo total observou-se redução significativa da TMR/dia entre T0 e T1 ( $1.734 \pm 373$  kcal/dia x  $1.552 \pm 275$ ;  $p < 0,001$ ) e aumento significativo de T1 para T2 ( $1.795 \pm 395$ ;  $p < 0,001$ ). Não houve diferença da TMR/dia entre T0 e T2.

Houve aumento significativo da TMR/kg de T0 x T1 ( $13,6 \pm 2,2$  kcal/kg para  $16,9 \pm 2,7$  kcal/kg;  $p < 0,001$ ). Houve aumento significativo de T1 x T2 ( $16,9 \pm 2,7$  kcal/kg para  $19,9 \pm 3,4$  kcal/kg;  $p < 0,001$ ) e aumento significativo de T0 x T2 ( $13,6 \pm 2,2$  kcal/kg para  $19,9 \pm 3,4$  kcal/kg;  $p < 0,001$ ).

Não foi observada diferença significativa da TMR/MLG de T0 x T1. Houve aumento significativo da TMR/MLG de T0 x T2 ( $27,6 \pm 4,3$  kcal/MLG e  $32,6 \pm 4,4$  kcal/MLG;  $p < 0,001$ ) e aumento significativo de T1 x T2 ( $28,0 \pm 4,7$  kcal/MLG e  $32,6 \pm 4,4$  kcal/MLG;  $p < 0,001$ ).

Tabela 6 - Evolução da taxa metabólica de repouso do total da amostra (n=38) nos períodos pré-operatório (T0), 6 (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux

N=38	T0	T1	T2
TMR/dia (Kcal/dia)	$1.734 \pm 372^a$	$1.552 \pm 275^c$	$1.795 \pm 396$
(TMR/Kg) (Kcal/kg)	$13,6 \pm 2,2^{a,b}$	$16,9 \pm 2,7^c$	$19,9 \pm 3,4$
TMR/MLG (Kcal/kg)	$27,6 \pm 4,3^b$	$28,0 \pm 4,7^c$	$32,6 \pm 4,4$

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Nota: resultados expressos em média e desvio padrão.

p-valor baseado na ANOVA de medidas repetidas.

TMR/dia: kcal/dia; TMR/kg: kcal/por Kg de peso, TMR/MLG: kcal/Kg de massa livre de gordura.

Os resultados da TMR/dia, TMR/kg e TMR/MLG entre as mulheres encontram-se na Tabela 7.

Observou-se redução significativa da TMR/dia no T0 x T1 ( $1.591 \pm 291$  kcal/dia e  $1.444 \pm 211$  kcal/dia;  $p < 0,001$ ) e aumento significativo de T1 para T2 ( $1.444 \pm 211$  kcal/dia e  $1.613 \pm 232$  kcal/dia;  $p < 0,001$ ). Não houve diferença da TMR/dia entre T0 x T2.

Houve aumento significativo da TMR/kg de T0 para T1 ( $13,2 \pm 1,9$  kcal/kg para  $16,4 \pm 2,3$  kcal/kg;  $p < 0,001$ ), de T1 x T2 ( $16,4 \pm 2,3$  kcal/kg para  $19,9 \pm 3,4$  kcal/kg;  $p < 0,001$ ) e de T0 x T2 ( $13,2 \pm 1,9$  kcal/kg para  $19,9 \pm 3,4$  kcal/kg;  $p < 0,001$ ).

Não houve diferença da TMR/MLG de T0 x T1 ( $27,5 \pm 3,9$  kcal/MLG para  $28,8 \pm 4,2$  kcal/MLG). Houve aumento significativo de T1 x T2 ( $28,8 \pm 4,2$  kcal/MLG para  $32,9 \pm 4,5$  kcal/MLG;  $p < 0,001$ ) e de T0 x T2 ( $27,5 \pm 3,9$  kcal/MLG para  $32,9 \pm 4,5$  kcal/MLG;  $p < 0,001$ ).

Tabela 7 - Evolução da taxa metabólica de repouso entre mulheres (n=26) nos períodos pré-operatório (T0), 6 (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux

n=26	T0	T1	T2
TMR/dia (kcal/dia)	$1.591 \pm 291$	$1.444 \pm 211^a$	$1.613 \pm 232^c$
TMR/Kg (kcal/kg)	$13,2 \pm 1,9$	$16,4 \pm 2,3^a$	$19,4 \pm 3,3^{b,c}$
TMR/MLG (kcal/kg)	$27,5 \pm 3,9$	$28,8 \pm 4,2$	$32,9 \pm 4,5^{b,c}$

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Nota: resultados expressos em média e desvio padrão

TMR/dia: kcal/dia; TMR/kg: kcal/por kg de peso, TMR/MLG: kcal/kg de massa livre de gordura

Diferenças entre os tempos: <sup>a</sup> T0 x T1-  $p < 0,001$ ; <sup>b</sup> T0 x T2 –  $p < 0,001$ , <sup>c</sup> T1 x T2 –  $p < 0,001$

Os resultados da TMR/dia, TMR/kg e TMR/MLG entre os homens encontram-se na Tabela 8.

Houve redução significativa da TMR/dia de T0 x T1 ( $2.044 \pm 348$  kcal/dia para  $1.787 \pm 254$  kcal/dia,  $p < 0,018$ ) e aumento significativo de T1 x T2 ( $1.787 \pm 254$  kcal/dia para  $2.190 \pm 394$  kcal/dia;  $p < 0,001$ ). Não houve diferença da TMR/dia entre T0 e T2.

Houve aumento significativo da TMR/kg de T0 x T1 ( $14,5 \pm 2,6$  kcal/kg para  $18,0 \pm 3,4$  kcal/kg;  $p < 0,004$ ) e de T1 x T2 ( $18,0 \pm 3,4$  kcal/kg para  $20,9 \pm 3,7$  kcal/kg;  $p < 0,001$ ) e de T0 para T2 ( $14,5 \pm 2,6$  kcal/kg para  $20,9 \pm 3,7$  kcal/kg;  $p < 0,018$ ).

Não houve diferença significativa na TMR/MLG de T0 x T1 ( $27,6 \pm 5$  kcal/MLG para  $26,4 \pm 5,5$  kcal/MLG). Houve aumento significativo na TMR/MLG de T1 x T2 ( $26,4 \pm 5,5$  kcal/MLG para  $32,0 \pm 4,4$  kcal/MLG) e de T0 x T2 ( $27,6 \pm 5$  kcal/MLG para  $32,0 \pm 4,4$  kcal/MLG;  $p < 0,016$ ).

Tabela 8 - Evolução da taxa metabólica de repouso entre homens (n=12) nos períodos pré-operatório (T0), 6 (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux

n=12	T0	T1	T2
TMR/dia (kcal/kg)	$2.044 \pm 348$	$1.787 \pm 254^a$	$2.190 \pm 394^c$
TMR/Kg (kcal/kg)	$14,5 \pm 2,6$	$18,0 \pm 3,4^a$	$20,9 \pm 3,7^{b,c}$
TMR/MLG (kcal/kg)	$27,6 \pm 5,1$	$26,4 \pm 5,5$	$32,0 \pm 4,4^{b,c}$

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Nota: resultados expressos em média e desvio padrão

TMR/dia: kcal/dia; TMR/kg: kcal/por kg de peso, TMR/MLG: kcal/kg de massa livre de gordura

Diferenças entre os tempos: <sup>a</sup> T0 x T1-  $p < 0,001$ ; <sup>b</sup> T0 x T2 –  $p < 0,001$ , <sup>c</sup> T1 x T2 –  $p < 0,001$

Os resultados comparativos da TMR entre os sexos encontram-se na Tabela 9.

Houve diferença significativa da TMR/dia entre mulheres e homens respectivamente no T0 ( $1.591 \pm 291$  kcal/dia vs  $2.044 \pm 349$  kcal/dia;  $p < 0,001$ ), T1 ( $1.443 \pm 211$  kcal/dia vs  $1.787 \pm 256$  kcal/dia;  $p < 0,001$ ) e em T2 ( $1.613 \pm 232$  kcal/dia vs  $2.190 \pm 395$  kcal/dia;  $p < 0,001$ ).

Não houve diferença significativa na TMR/kg em T0 ( $13,2 \pm 1,9$  TMR/kg vs  $14,5 \pm 2,6$  TMR/kg;  $p = 0,109$ ), T1 ( $16,4 \pm 2,3$  TMR/kg vs  $18,0 \pm 3,4$  TMR/kg;  $p = 0,155$ ), T2 ( $19,4 \pm 3,3$  TMR/kg vs  $20,9 \pm 3,8$  TMR/kg;  $p = 0,230$ ).

Não houve diferença significativa na TMR/MLG em T0 ( $27,5 \pm 4,0$  vs  $27,6 \pm 5,1$ ;  $p = 0,583$ ), T1 ( $28,8 \pm 4,2$  TMR/kg vs  $26,4 \pm 5,5$  TMR/kg;  $p = 0,155$ ) e T2 ( $32,9 \pm 4,5$  TMR/kg vs  $32,0 \pm 4,4$  TMR/kg;  $p = 0,583$ ).



Tabela 9 - Comparação da taxa metabólica de repouso entre sexos nos períodos pré-operatório (T0), 6 meses (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux

n=38	T0			T1			T2		
	F	M	p-valor	F	M	p-valor	F	M	p-valor
TMR/dia (Kcal/kg)	1.590 ± 290	2.044 ± 34	<0,001	1.443 ± 211	1.787 ± 254	<0,001	1.613 ± 232	2.190 ± 394	<0,001
TMR/Kg (Kcal/kg)	13,2 ± 1,9	14,5 ± 2,6	0,109	16,4 ± 2,3	18,0 ± 3,4	0,155	19,4 ± 3,3	20,9 ± 3,8	0,230
TMR/MLG (Kcal/kg)	27,5 ± 4,0	27,6 ± 5,11	0,583	28,8 ± 4,2	26,4 ± 5,5	0,155	32,9 ± 4,5	32,0 ± 4,4	0,583

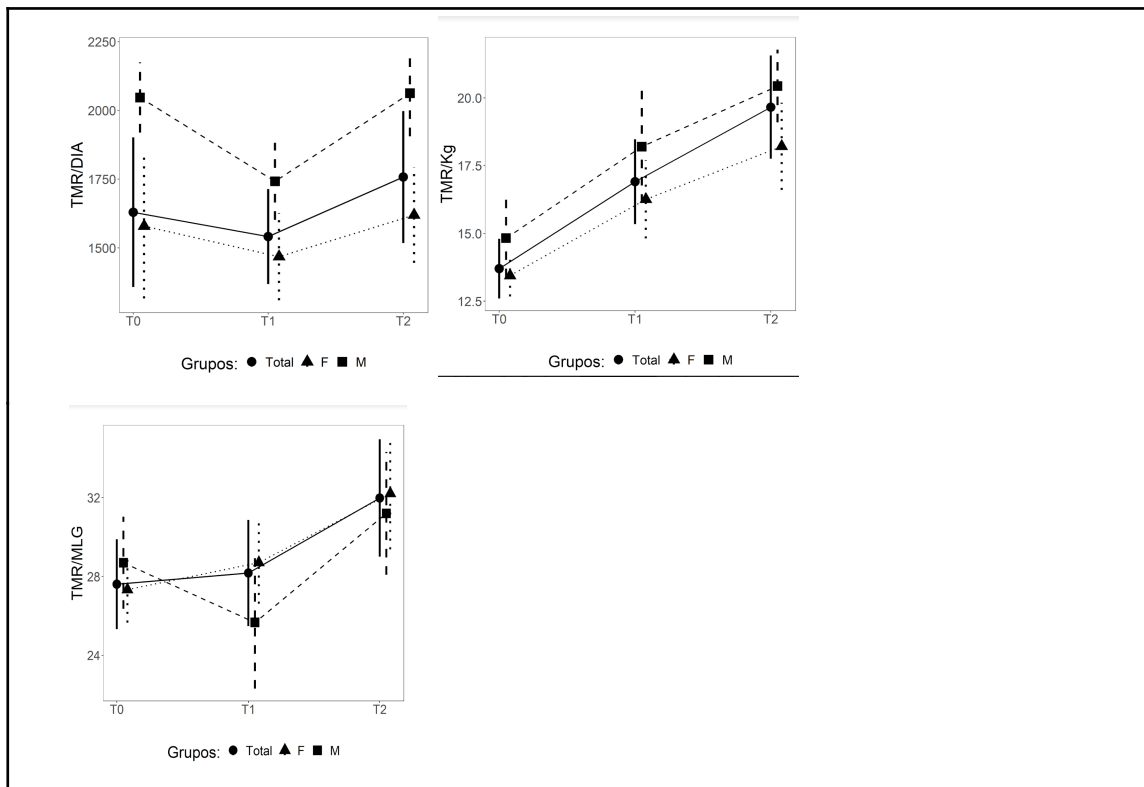
Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Nota: resultados expressos em média e desvio padrão

p-valor baseado no teste t de Student

TMR/dia - taxa metabólica de repouso por dia, TMR/kg - taxa metabólica de repouso por Kg de peso, TMR/MLG - taxa metabólica de repouso por Kg de peso de MLG

Figura 11 - Taxa metabólica de repouso – Evolução da variação da TMR após *bypass* gástrico em Y de Roux (diária, ajustada por kg de peso e por MLG)



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

### 5.3 PERDA DE PESO

Os resultados da perda de peso do total da amostra e de acordo com o sexo encontram-se na Tabela 10.

Não houve diferença significativa na perda de peso total (Kg), %PEP e %PP no total da amostra de T1 para T2.

Houve aumento significativo na perda de peso total de T1 para T2 no sexo feminino ( $31,7 \pm 7,1$  kg para  $35,9 \pm 11,9$  kg;  $p < 0,012$ ) e %PP ( $26,4 \pm 6,2\%$  para  $29,8 \pm 9,3\%$ ;  $0,022$ ).

Não houve diferença significativa na % PEP ( $56,8 \pm 15,9$  e  $64,0 \pm 21,9$ ;  $p = 0,099$ ).

No sexo masculino não houve diferença significativa na perda de peso total ( $41,7 \pm 15,1$  para  $36,6 \pm 16,1$  kg;  $p = 0,214$ ), % PEP ( $60,0 \pm 14,1$  para  $52,8 \pm 17,1$ ;  $p = 0,167$ ) e % PP ( $28,9 \pm 7,7$  para  $25,4 \pm 8,9$ ;  $p = 0,179$ ) de T1 para T2

Tabela 10 - Evolução da perda de peso do total da amostra (n=38) e de acordo com sexo (feminino n=26 e masculino n=12) nos períodos 6 meses (T1) e 36 meses (T2) após *bypass* gástrico em Y de Roux

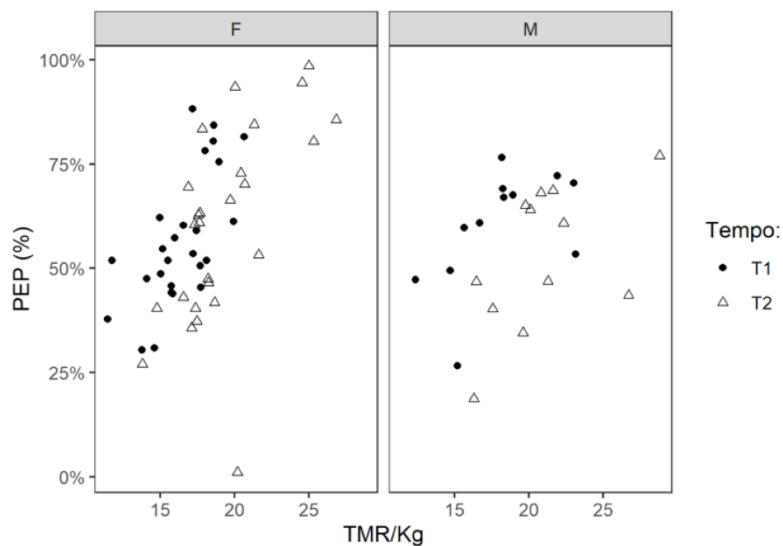
	Grupo Total n=38		F n=26		M n=12	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
PP (Kg)	34,8 ± 11,1	36,1 ± 13,2	31,7 ± 7,1	35,9 ± 11,9 <sup>a</sup>	41,7 ± 15,1	36,6 ± 16,1
%PEP	58,0 ± 15,0	60,0 ± 21,0	56,8 ± 15,9	64,0 ± 21,9	60,0 ± 14,1	52,8 ± 17,1
% PP	27,0 ± 7,0	28,0 ± 9,0	26,4 ± 6,2	29,8 ± 9,3 <sup>a</sup>	28,9 ± 7,7	25,4 ± 8,9

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Nota: resultados expressos em média e desvio padrão

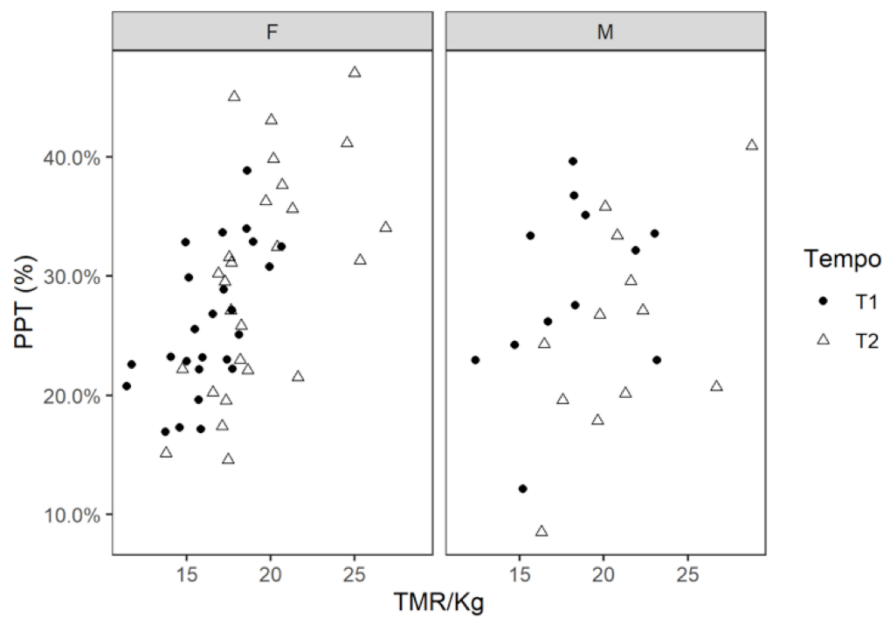
PP: peso perdido, %PEP: porcentagem de perda de peso, %PP: porcentagem de perda de peso.

Figura 12 - Evolução da %PEP a partir da variação da TMR/kg após bypass gástrico em Y de Roux



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Figura 13 - Evolução da %PP a partir da variação da TMR/kg após bypass gástrico em Y de Roux



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Os resultados da comparação da perda de peso entre sexo encontram-se na Tabela 11.

Não houve diferença significativa na perda de peso, na %PEP e na %PP entre homens e mulheres nos períodos T1 ( $p = 0,330$ ,  $p = 0,362$ ,  $p = 0,185$ ) e T2 ( $p = 0,875$ ,  $p = 0,220$  e  $p = 0,220$ ).

Tabela 11 - Comparação da Evolução da perda de peso entre sexo (feminino n=26 e masculino n=12) nos períodos 6 meses (T1) e 36 meses (T2) após bypass gástrico em Y de Roux

	T1			T2		
	F	M	<i>p</i> valor	F	M	<i>p</i> valor
PP (Kg)	31,7 ± 7,1	41,7 ± 15,1	0,330	35,9 ± 11,9	36,6 ± 16,1	0,875
%PEP	56,8 ± 15,9	60,0 ± 14,1	0,362	64,0 ± 21,9	52,8 ± 17,1	0,220
% PPT	26,4 ± 6,2	28,9 ± 7,7	0,185	29,8 ± 9,3	25,4 ± 8,9	0,220

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Nota: Resultados expressos em média e desvio padrão

PP: peso perdido, %PEP: porcentagem de perda de peso, %PP: porcentagem de perda de peso

#### 5.4 PREDITOR DA MANUTENÇÃO DA PERDA DE EXCESSO DE PESO EM 36 MESES

Os resultados de evolução da perda de excesso de peso segundo a diferença da TMR/Kg encontram-se na tabela 12.

Os pacientes do Grupo 2, na amostra total, apresentaram 10 vezes (OR 10.1) mais chance de atingir perda > 50%PEP em relação ao Grupo 1 em T1 e essa razão é significativa ( $p < 0,003$ ). Em T2, a amostra total apresenta 5 vezes mais chance de atingir perda > 50%PEP em relação ao Grupo 1 e a razão é significativa ( $p < 0,035$ ).

O mesmo comportamento é observado no Grupo 2 entre as mulheres, e apresenta 8 vezes mais chance de atingir perda > 50%PEP em relação ao Grupo 1 e essa razão é significativa ( $p < 0,003$ ) em T1. Em T2 a razão é de 27 vezes mais chance de atingir perda > 50%PEP ( $p < 0,037$ ).

Entre os homens, a razão de chance do Grupo 2 é 11 vezes maior que o Grupo 1 em atingir a perda > 50%PEP e não apresentou significância estatística. Em T2 o Grupo 2 apresenta 1,5 vezes maior chance de atingir perda > 50%PEP que o Grupo 1 e não houve significância ( $p = 0,999$ ).

Tabela 12 - Evolução do %PEP conforme a diferença da TMR/Kg

	T1			T2		
	% sucesso	OR	<i>p</i> valor	% sucesso	OR	<i>p</i> valor
Todos os pacientes n=38						
Grupo 1 n=12	33,4 (4)	10,1	0,003	25 (3)	5,39	0,035
Grupo 2 n=26	84,6 (22)			65,4 (17)		
Mulheres n=26						
Grupo 1 n=9	33,3 (3)	8,36	0,028	25 (2)	27,09	0,037
Grupo 2 n=17	82,4 (14)			76,4 (13)		
Homens n=12						
Grupo 1 n=3	33,3 (1)	11,09	0,127	33,3 (1)	1,54	0,999
Grupo 2 n=9	88,9 (8)			44,4 (4)		

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Nota: Grupo 1: diferença da TMR/kg <2 kcal/Kg; Grupo 2: diferença da TMR/kg ≥ 2 kcal/kg

Tabela 13 - Evolução do %PEP conforme a diferença da TMR/MLG

	T1			T2		
	% sucesso	OR	p valor	% sucesso	OR	p valor
Todos os pacientes n=38						
Grupo 1 n=18	61,1 (11)	1,8 8	0,489	44,4 (8)	1,8 4	0,516
Grupo 2 n=20	75,0 (15)			66,7 (12)		
Mulheres n=26						
Grupo 1 n=11	54,5 (6)	2,2 1	0,419	45,5 (5)	2,3 2	0,425
Grupo 2 n=15	73,3 (11)			66,7 (10)		
Homens n=12						
Grupo 1 n=7	71,4 (5)	1,5 3	0,999	42,9 (3)	0,9 0	0,999
Grupo 2 n=5	80,0 (4)			40,0 (2)		

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Nota: Grupo 1: diferença da TMR/MLG <2 kcal/Kg; Grupo 2: diferença da TMR/MLG ≥ 2 kcal/kg.



## **6 DISCUSSÃO**

---

## 6 DISCUSSÃO

Com o aumento da popularidade da cirurgia bariátrica como tratamento seguro e sustentado da obesidade grave e a incerteza sobre os resultados a longo prazo, há uma importante questão a ser respondida: quais pacientes manterão a perda de peso no seguimento tardio?

Este estudo demonstrou que a composição corporal aos 36 meses foi semelhante às alterações da composição corporal encontradas após 6 meses do BGYR, independente do sexo.

Apesar do aumento percentual da MLG, houve perda de MLG absoluta significativa entre o período pré-operatório e 6 meses (8%) entre os homens, e se manteve estabilizada aos 36 meses. Entre as mulheres houve perda de 12%, e igualmente se manteve ao fim do seguimento.

As mulheres apresentaram diferenças significativas na composição de MG e MLG em todos os períodos analisados ao serem comparadas aos homens, no entanto, não encontramos diferença significativa na %PEP entre homens e mulheres.

Como a MLG é um importante determinante do gasto energético, é necessário avaliar as alterações não apenas do peso corporal total como também sua composição no pós-operatório.

A perda de peso sustentada pode levar a uma perda excessiva e perigosa de MLG. Entretanto, a definição da perda excessiva ainda não está nitidamente estabelecida. A proporção de peso perdido como MLG após o BGYR pode atingir até 36%<sup>88</sup>.

A regra "*Quarter FFM Rule*", sugere alterações esperadas de MLG de cerca de  $\frac{3}{4}$  da perda de peso total de MG e  $\frac{1}{4}$  da MLG. A proporção de perda de MLG depende de outros fatores como grau de adiposidade pré-operatória, sexo, nível de atividade física, ingestão calórica e proteica da dieta<sup>89,90</sup>. Kulovitz et al. descreveram uma relação de 3:1 entre a perda de MG e MLG em contraste com

Wadstrom et al. que observaram a relação de 1:1 durante a rápida perda de peso nos primeiros 3 meses após a cirurgia, seguida de diminuição contínua da MG e desaceleração na perda de MLG<sup>91,92</sup>.

Nosso estudo longitudinal mostrou que indivíduos apresentaram  $58,0 \pm 15,0$  % PEP em 6 meses, refletido pela redução tanto da MG e como da MLG.

As mulheres apresentaram os melhores resultados tardiamente, devido à manutenção da perda de peso ao longo do tempo. Estes resultados sugerem que as mulheres apresentam resultados mais promissores, e continuaram a perder peso durante o seguimento. Os homens, apresentam tendência à recuperação de peso, sem elevação da MLG absoluta. Essa manutenção da composição corporal pode ser um indicador de potencial insucesso cirúrgico.

Demonstramos que as intensas mudanças na composição corporal apresentadas 6 meses após o BGYR são semelhantes às encontradas tardiamente, independente da perda máxima atingida no nadir (peso mínimo atingido), em torno de 18 meses após a cirurgia.

Por outro lado, após a alterações iniciais nos parâmetros de sucesso cirúrgico, alguns pacientes apresentaram perda de peso insuficiente e reganho de peso. Parte dos pacientes observados que atingiram a perda de peso esperada, não mantiveram a %PEP tardiamente. Assim, observamos que estes indivíduos apresentavam o mesmo padrão de alteração na taxa metabólica de repouso.

A intensa perda de peso ocorre nos 6 primeiros meses após a cirurgia devido à restrição na ingestão alimentar, quando o consumo energético atinge entre 800 e 1000 kcal/dia<sup>93</sup>.

É importante notar que esta perda de peso ocorre em duas fases distintas. A primeira quando ocorre perda rápida, seguida de estabilidade e recuperação. É esperado que o gasto energético seja reduzido devido ao baixo consumo de calorias, redução na MLG absoluta e na atividade física<sup>56</sup>. O gasto energético é reduzido durante a restrição alimentar, fenômeno conhecido como “resposta a fome”.

A MG é um determinante independente da MLG em indivíduos com obesidade e comparações da TMR/MLG falham em considerar que o declínio de TMR pode ser parcialmente atribuído as reduções na MG. Alternativamente a TMR ajustada para quilograma de peso corporal também tem sido utilizada para demonstrar as variações da TMR após a cirurgia bariátrica<sup>94,95</sup>.

Observamos uma correlação negativa do peso e MG % e positiva para MLG % ao avaliar o impacto da composição corporal sobre a TMR.

Uma limitação deste estudo, se deve não terem sido avaliadas a prática de atividade física, cuja prática regular pode aumentar o gasto energético e colaborar com a preservação da massa muscular, como demonstrado por uma metanálise, que relatou uma perda de peso 4% maior em indivíduos fisicamente ativos um ano após a cirurgia<sup>96</sup>.

A taxa metabólica de repouso absoluta é reduzida após o BGYR, no entanto, a termogênese induzida pela dieta ajustada para o peso corporal pode estar aumentada em até 30% como descrito por Werling et al. (2015)<sup>97</sup> e Cardeal et al. (2016)<sup>98</sup>.

Outra limitação deste estudo é não termos analisado se a taxa metabólica induzida pela dieta poderia influenciar

No entanto, em nosso estudo, nem todos os pacientes apresentaram redução na TMR após a cirurgia. Estas mudanças na TMR variaram individualmente, sugerindo capacidade de adaptação metabólica<sup>92</sup>. Esta variação tem sido associada com mudanças na composição corporal, particularmente na MLG<sup>99</sup>.

Enquanto as comparações da razão TMR para não consideram a influência da composição corporal, outros estudos utilizaram a regressão linear para ter em conta as alterações nos tecidos metabolicamente ativos ao comparar TMR antes e depois da perda de peso<sup>100-102</sup>.

A maioria dos estudos que avaliam o impacto da cirurgia bariátrica na TMR/dia demonstraram resultados conflitantes, observando-se redução de até

25%<sup>95</sup>. No entanto, alguns estudos não avaliaram simultaneamente a composição corporal<sup>103,104</sup>.

Das et al. (2003) utilizou diferentes modelos para prever o gasto energético a partir da composição corporal pré-operatória e suas alterações após a cirurgia. Observou a redução média de 25% no gasto energético diário justificada tanto pela queda na MLG como pela MG<sup>81</sup>.

A MG tem baixa atividade metabólica apenas em indivíduos magros, responsável por menos de 5% da TMR (MLG representa em torno de 70 a 80%). A contribuição da MLG para o gasto energético está bem estabelecida, mas ainda são necessários mais estudos para mais definições sobre tecido adiposo como tecido metabolicamente ativo.

Outras potenciais influências no gasto energético como sexo parece também refletir na TMR após a cirurgia bariátrica<sup>105,106</sup>. Mulheres usualmente tem TMR<sup>107</sup> mais baixas devido à baixa MLG, o que foi confirmado pelo estudo. Assim, seria esperado que a redução na TMR após a cirurgia pudesse ter um maior impacto nos resultados entre as mulheres devido à composição de MLG pré-operatória.

Embora tenhamos encontrado um aumento significativo no percentual de  $61,0 \pm 8,0$  %MLG após a cirurgia, foi possível notar que há padrões individuais de mudanças na TMR/kg após a cirurgia que podem diferir entre os indivíduos com obesidade grave, e esses padrões estão positivamente correlacionados com a perda de peso.

Ao contrário, em nosso estudo as mulheres apresentaram uma perda de peso semelhante aos homens em 6 meses e mantiveram a perda temporalmente, o que não ocorreu com os homens. Este estudo demonstra a variação do gasto energético como preditor precoce de sucesso cirúrgico tardio após BGYR, que pode ser utilizado simultaneamente como instrumento de intervenção nutricional associa o método ouro de avaliação do gasto energético com o desempenho precoce de perda de peso.

Faria et al. demonstraram que a TMR ajustada para peso corporal aumentou em 17,6% com uma correlação positiva com MLG, 6 meses após o BGYR56. Rabl et al. (2014)<sup>94</sup>, também demonstraram um aumento significativo da TMR/kg 6 meses após BGYR ( $+2,58 \pm 1,51$  kcal/kg,  $p < 0,01$ ), e correlação significativa entre alterações da TMR e %PEP. No entanto, ambos os estudos avaliaram os pacientes somente em 6 e 12 meses após a cirurgia. Recentemente, Moehlecke et al. (2017), mostrou a associação entre a redução na TMR 6 meses após a cirurgia com a %PEP em 18 meses<sup>108</sup>.

Os pacientes foram categorizados segundo a variação da TMR/kg no pós-operatório precoce a partir da variação de  $>2$  kcal/dia e  $<2$  kcal/dia. Observando-se uma associação positiva da TMR/Kg com a perda de peso em 80 %PEP, demonstrando forte correlação entre TMR pós-operatória e perda de peso e, o aumento na TMR/kg é um fator importante relacionado à satisfatória PEP 6 meses após a cirurgia.

Observou-se a correlação significativa entre a diferença da TMR e %PEP, o que confirma a nossa hipótese que as alterações na TMR/kg após a cirurgia são relacionadas a outros fatores e não apenas as alterações da MLG.

As mulheres que apresentaram aumento na TMR/kg após 6 meses mostraram 27 vezes mais chance de manter a perda de excesso de peso tardiamente ( $p < 0,001$ ).

Nossos resultados sugerem que o aumento na TMR/kg após o BGYR pode ser um preditor de sucesso cirúrgico, especialmente para mulheres, e a que a composição corporal é positivamente correlacionada com mudanças na TMR/kg. Até agora, este é o primeiro estudo a demonstrar a variação do gasto de energia precoce como preditor do sucesso cirúrgico tardio.

Este estudo apresenta outras limitações. O tamanho da amostra do grupo de homens pode ter sido insuficiente para demonstrar resultados com significância estatística e finalmente os possíveis determinantes clínicos e as suas associações que afetam TMR/kg não foram analisados neste estudo.

Mais uma nova hipótese pode associar o sistema endocanabinoide e a BGYR. Os resultados de um estudo experimental conduzido por Ye et al. (2020) mostraram que a regulação do equilíbrio energético aumenta a indução da termogênese da gordura visceral e aumenta a TMR em ratos submetidos ao BGYR, promovendo um "escurecimento" da gordura visceral<sup>109,110</sup>.

A obesidade eleva os níveis de endocanabinóides no hipotálamo, e estes efeitos não são apenas homeostáticos, mas causa hiperfagia e aumenta a preferência de alimentos altamente palatáveis. Apesar de não estar principalmente dependente de armazenamento de energia, o controle não-homeostático do consumo alimentar é influenciado pelo déficit ou excesso de energia<sup>50</sup>. O sistema endocanabinoide parece estar envolvido na regulação do equilíbrio energético ao favorecer o aumento do consumo alimentar e a redução do gasto energético na obesidade e após a privação alimentar através do sistema nervoso autônomo<sup>50</sup>.

Novos estudos devem ser realizados para complementar estes resultados, como a inclusão da análise de consumo alimentar, controle da dieta e do exercício<sup>22,61,111</sup>.

De uma perspectiva clínica, valores individuais do gasto energético diário podem ser preditores precoces do sucesso cirúrgico, combinados com preditores pré-operatórios já estabelecidos, apoiarão a seleção de estratégias adequadas de intervenção multidisciplinar precoce ao identificar indivíduos em risco de recuperação de peso.

Assim, recomendamos a inclusão da calorimetria indireta nos testes pré-operatórios de rotina e 6 meses após a cirurgia, uma vez que a TMR é uma ferramenta prática e imediatamente utilizável para elaborar um plano de dieta personalizado e intervenções médicas ajustadas às necessidades individuais.

## **7 CONCLUSÃO**

---



## 7 CONCLUSÃO

O aumento da TMR/kg em  $\geq 2$  kcal/Kg de peso após 6 meses DGYR:

É preditor de manutenção de PEP em 36 meses para o grupo total, especialmente para as mulheres e determina uma chance 27 vezes maior de atingir perda  $>50\%$ PEP em 36 meses.

Não é um bom preditor de manutenção de PEP homens em 36 meses.

O aumento da TMR/MLG em  $\geq 2$  kcal/MLG de peso após 6 meses BGYR não é um preditor de manutenção de PEP em 36 meses.

## **8 REFERÊNCIAS**

---

## 8 REFERÊNCIAS

1. Ng M, Fleming TD, Robinson M et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*. 2014;38(9945):766-81.
2. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Vigitel Brasil 2019: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico*. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2020.
3. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Saúde prepara ações para controle do excesso de peso e da obesidade* [online]. 22 out 2020 [citado em 24 out 2020]. Brasília (DF): Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: <https://aps.saude.gov.br/noticia/10137>.
4. World Health Organization. *Obesity and overweight - fact sheet n.311* [online]. Geneva: World Health Organization, c2020 [citado em 17 out 2020]. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
5. Hruby A, Hu FB. The epidemiology of obesity: a big picture. *Pharmacoeconomics*. 2015;33(7):673-89.
6. United Kingdom. Government Office for Science. Department of Health and Social Care. *Tackling obesities: future choices - Foresight project looking at how we can respond to rising levels of obesity in the UK* [online]. [London]: Gov.UK; 2007 [update 2007 Oct 17, cited 2022 04 20]. Available from: <https://www.gov.uk/government/collections/tackling-obesities-future-choices>
7. Wadden TA, Butryn ML, Byrne KJ. Efficacy of lifestyle modification for long-term weight control. *Obes Res*. 2004;12(Suppl):151S–162S.
8. Ilias EJ. When should a patient be referred for bariatric surgery?. *Rev Assoc Med Bras*. 2016;62(1):24-5.
9. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria Nº 424, de 19 de março de 2013. Redefine as diretrizes para a organização da prevenção e do tratamento do sobrepeso e obesidade como linha de cuidado prioritária da Rede de Atenção à Saúde das Pessoas com Doenças Crônicas. *Diário Oficial da União, Brasília (DF)*. 2013 20 mar.; Seção 1: 23.
10. Di Lorenzo N, Antoniou SA, Batterham RL, Busetto L, Godoroja D, Iossa A, et al. Clinical practice guidelines of the European Association for Endoscopic Surgery (EAES) on bariatric surgery: update 2020 endorsed by IFSO-EC, EASO and ESPCOP. *Surg Endosc*. 2020;34(6):2332-58.

11. Rives-Lange C, Poghosyan T, Rassy N, Carette C, Phan A, Goeau-Brissonnière M, et al. The future of bariatric surgery research: A worldwide mapping of registered trials. *Obes Rev.* 2022;e13433.
12. Rives-Lange C, Rassy N, Carette C, Phan A, Barsamian C, Thereaux J, et al. Seventy years of bariatric surgery: a systematic mapping review of randomized controlled trials. *Obes Rev.* 2022;e13420.
13. Sociedade Brasileira de Cirurgia Bariátrica e Metabólica. história da cirurgia bariátrica no Brasil [online]. São Paulo: Sociedade Brasileira de Cirurgia Bariátrica e Metabólica, c2020 [citado em 24 out 2020]. Disponível em: <https://www.scbm.org.br/historia-da-cirurgia-bariatrica-no-brasil/>.
14. Buchwald H. History of metabolic/bariatric surgery and evolution of evidence. In: Morton J, Brethauer S, DeMaria E, Kahan S, Hutter M. (eds) *Quality in obesity treatment*. Cham: Springer, 2019. p. 237-47.
15. Welbourn R, Hollyman M, Kinsman R, Dixon J, Liem R, Ottosson J, et al. Bariatric surgery worldwide: baseline demographic description and one-year outcomes from the Fourth IFSO Global Registry Report 2018. *Obes Surg.* 2019;29(3):782-95.
16. The International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders. *The IFSO Global Registry: 2019* [online]. 5th ed. Reading: The International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders; 2019 [citado em 01 abr 2022]. Disponível em: <https://www.ifso.com/pdf/5th-ifso-global-registry-report-september-2019.pdf>.
17. The International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders. *The IFSO Global Registry: 2019* [online]. 6th ed. Reading: The International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders; 2021 [citado em 01 abr 2022]. Disponível em: <https://www.ifso.com/pdf/5th-ifso-global-registry-report-september-2019.pdf>.
18. Levent E, International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders. *Imagens ilustrativas para membros do IFSO das cirurgias de Bypass em Y-de-Roux e gastrectomia vertical* [online]. Napoli: International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders; c2018 [citado 10 ago 2021]. Disponível em: <https://www.ifso.com/atlas-of-bariatric-and-metabolic-surgery/>
19. Wabitsch M. Gastrointestinal Endocrinology in Bariatric Surgery. *Endocr Dev.* 2017;32:124-38.
20. Moehlecke M, Blume CA, Rheinheimer J, Trindade MRM, Crispim D, Leitão CB. Early reduction of resting energy expenditure and successful weight loss after Roux-en-Y gastric bypass. *Surg Obes Relat Dis.* 2017;13(2):204-9.

21. Sjöström L. Review of the key results from the Swedish Obese Subjects (SOS) trial - a prospective controlled intervention study of bariatric surgery. *J Intern Med*. 2013;273(3):219-34.
22. Gil S, Goessler K, Dantas WS, Murai IH, Merege-Filho CAA, Pereira RMR, et al. Constraints of weight loss as a marker of bariatric surgery success: an exploratory study. *Front Physiol*. 2021;12:640191.
23. Schauer PR, Kashyap SR, Wolski K, Brethauer SA, Kirwan JP, Pothier CE, et al. Bariatric surgery versus intensive medical therapy in obese patients with diabetes. *N Engl J Med*. 2012;366(17):1567-76.
24. Landecho MF, Valentí V, Moncada R, Frühbeck G. Eligibility and success criteria for bariatric/metabolic surgery. In: Engin AB, Engin A, editors. *Obesity and Lipotoxicity* [online] [cited 2019 Jun 2]. Cham: Springer, 2017. p. 529–43. Available from: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-48382-5\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-319-48382-5_23).
25. Brethauer SA, Kim J, Chaar M, Papanicolaou P, Eisenberg D, Rogers A, et al. Standardized outcomes reporting in metabolic and bariatric surgery. *Surg Obes Relat Dis*. 2015;11(3):489-506.
26. Berti LV, Campos J, Ramos A, Rossi M, Szego T, Cohen R. Position of the SBCBM - nomenclature and definition of outcomes of bariatric and metabolic surgery [editorial]. *ABCD Arq Bras Cir Dig*. 2015;28(Supl.1):2.
27. Dalcanale L, Oliveira CPMS, Faintuch J, Nogueira MA, Rondó P, Lima VMR, et al. Long-term nutritional outcome after gastric bypass. *Obes Surg*. 2010;20:181-7.
28. Gloy VL, Briel M, Bhatt DL, Kashyap SR, Schauer PR, Mingrone G, et al. Bariatric surgery versus non-surgical treatment for obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BMJ*. 2013;347:f5934.
29. Arterburn DE, Courcoulas AP. Bariatric surgery for obesity and metabolic conditions in adults. *BMJ*. 2014;349:g3961.
30. Nielsen MS, Christensen BJ, Schmidt JB, Tækker L, Holm L, Lunn S, et al. Predictors of weight loss after bariatric surgery - a cross-disciplinary approach combining physiological, social, and psychological measures. *Int J Obes (Lond)*. 2020;44(11):2291–302.
31. MacLean PS, Wing RR, Davidson T, Epstein L, Goodpaster B, Hall KD, et al. NIH working group report: innovative research to improve maintenance of weight loss. *Obesity (Silver Spring)*. 2015;23(1):7-15.
32. Cadena-Obando D, Ramírez-Rentería C, Ferreira-Hermosillo A, Albarrán-Sanchez A, Sosa-Eroza E, Molina-Ayala M, et al. Are there really any predictive factors for a successful weight loss after bariatric surgery?. *BMC Endocr Disord*. 2020;20(1):20.

33. Luna M, Pereira S, Saboya C, Cruz S, Matos A, Ramalho A. Body composition, basal metabolic rate and leptin in long-term weight regain after Roux-en-Y gastric bypass are similar to pre-surgical obesity. *Obes Surg*. 2022;32(2):302-10.
34. Frantzides CT, Alexander B, Frantzides AT. Laparoscopic revision of failed bariatric procedures. *JLS*. 2019;23(1):e2018.00074.
35. Magro DO, Geloneze B, Delfini R, Pareja BC, Callejas F, Pareja JC. Long-term weight regain after gastric bypass: a 5-year prospective study. *Obes Surg*. 2008;18(6):648–51.
36. Conceição EM, Mitchell JE, Engel SG, Machado PPP, Lancaster K, Wonderlich SA. What is “grazing”? reviewing its definition, frequency, clinical characteristics, and impact on bariatric surgery outcomes, and proposing a standardized definition. *Surg Obes Relat Dis*. 2014;10(5):973–82.
37. Pizato N, Botelho PB, Gonçalves VSS, Dutra ES, Carvalho KMB. Effect of grazing behavior on weight regain post-bariatric surgery: a systematic review. *Nutrients*. 2017;9(12):1322.
38. Kalarchian MA, King WC, Devlin MJ, Hinerman A, Marcus MD, Yanovski SZ, et al. Mental disorders and weight change in a prospective study of bariatric surgery patients: 7 years of follow-up. *Surg Obes Relat Dis*. 2019;15(5):739-748.
39. Coen PM, Carnero EA, Goodpaster BH. Exercise and bariatric surgery: an effective therapeutic strategy. *Exerc Sport Sci Rev*. 2018;46(4):262-270.
40. Hall KD, Kahan S. Maintenance of lost weight and long-term management of obesity. *Med Clin North Am*. 2018;102(1):183-97.
41. Velapati SR, Shah M, Kuchkuntla AR, Abu-Dayyeh B, Grothe K, Hurt RT, et al. Weight regain after bariatric surgery: prevalence, etiology, and treatment. *Curr Nutr Rep*. 2018;7(4):329-34.
42. Nedelcu M, Khwaja HA, Rogula TG. Weight regain after bariatric surgery-how should it be defined?. *Surg Obes Relat Dis*. 2016 Jun;12(5):1129-30.
43. Montesi L, El Ghoch M, Brodosi L, Calugi S, Marchesini G, Grave RD. Long-term weight loss maintenance for obesity: a multidisciplinary approach. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2016;9:37-46.
44. Shah M, Simha V, Garg A. Long-term impact of bariatric surgery on body weight, comorbidities, and nutritional status. *J Clin Endocrinol Metab*. 2006; 91(11):4223-31.

45. Pajecki D, Dalcanalle L, Oliveira CPMS, Zilberstein B, Halpern A, Garrido Junior AB, et al. Follow-up of Roux-en-Y gastric bypass patients at 5 or more years postoperatively. *Obes Surg.* 2007;17(5):601-7.
46. Voorwinde V, Steenhuis IHM, Janssen IMC, Monpellier VM, van Stralen MM. Definitions of long-term weight regain and their associations with clinical outcomes. *Obes Surg.* 2020;30(2):527-36.
47. Ahmed B, King WC, Gourash W, Belle SH, Hinerman A, Pomp A, et al. Long-term weight change and health outcomes for sleeve gastrectomy (SG) and matched Roux-en-Y gastric bypass (RYGB) participants in the Longitudinal Assessment of Bariatric Surgery (LABS) study. *Surgery.* 2018;164(4):774-83.
48. King WC, Hinerman AS, Courcoulas AP. Weight regain after bariatric surgery: a systematic literature review and comparison across studies using a large reference sample. *Surg Obes Relat Dis.* 2020;16(8):1133-44.
49. Browning MG, Rabl C, Campos GM. Blunting of adaptive thermogenesis as a potential additional mechanism to promote weight loss after gastric bypass. *Surg Obes Relat Dis.* 2017;13(4):669-673.
50. Nogueiras R. Mechanisms in endocrinology: The gut-brain axis: regulating energy balance independent of food intake. *Eur J Endocrinol.* 2021 Aug 3;185(3):R75-R91.
51. Mukherjee SD, Koch LG, Britton SL, Novak CM. Aerobic capacity modulates adaptive thermogenesis: Contribution of non-resting energy expenditure. *Physiol Behav.* 2020 Oct 15;225:113048.
52. Moehlecke M, Canani LH, Silva LO, Trindade MR, Friedman R, Leitão CB. Determinants of body weight regulation in humans. *Arch Endocrinol Metab.* 2016 Apr;60(2):152-62.
53. Cleva R, Mota FC, Gadducci AV, Cardia L, Greve MDA, Santo MA. Resting metabolic rate and weight loss after bariatric surgery. *Surg Obes Relat Dis.* 2018;14(6):803-7.
54. Soares MJ, Müller MJ. Resting energy expenditure and body composition: critical aspects for clinical nutrition. *Eur J Clin Nutr.* 2018;72(9):1208-14.
55. Lowell BB, Spiegelman BM. Towards a molecular understanding of adaptive thermogenesis. *Nature.* 2000;404(6778):652-60.
56. Faria SL, Faria OP, Buffington C, Cardeal MA, Rodrigues, Gouvêa HR. Energy expenditure before and after Roux-en-Y gastric bypass. *Obes Surg.* 2012;22(9):1450-5.
57. Melo CM, Tirapegui J, Ribeiro SM. Gasto energético corporal: conceitos, formas de avaliação e sua relação com a obesidade. *Arq Bras Endocrinol Metabol.* 2008 Apr;52(3):452-64.

58. Fonseca DC, Sala P, Ferreira BAM, Reis J, Torrinhas RS, Bendavid I. Body weight control and energy expenditure. *Clin Nutr Exp*. 2018;20:55-9.
59. Ravussin E, Swinburn BA. Pathophysiology of obesity. *Lancet*. 1992;340(8816):404-8.
60. Ravussin E, Lillioja S, Anderson TE, Christin C, Bogardus C. Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *J Clin Invest*. 1986;78(6):1568-78.
61. Pontzer H, Yamada Y, Sagayama H, Ainslie PN, Andersen LF, Anderson LJ, et al. Daily energy expenditure through the human life course. *Science*. 2021;373(6556):808-12.
62. Ravussin E, Burnand B, Schutz Y, Jequier E. Twenty-four-hour energy expenditure and resting metabolic rate in obese, moderately obese, and control subjects. *Am J Clin Nutr*. 1982;35(3): 566-73.
63. Hirsch KR, Smith-Ryan AE, Blue MNM, Mock MG, Trexler TE. Influence of segmental body composition and adiposity hormones on resting metabolic rate and substrate utilization in overweight and obese adults. *J Endocrinol Invest*. 2017;40(6):635-43.
64. Schneider P, Meyer F. Are basal metabolic rate prediction equations appropriate for overweight and obese adolescents?. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(3):185e-188e.
65. Madden AM, Mulrooney HM, Shah S. Estimation of energy expenditure using prediction equations in overweight and obese adults: a systematic review. *J Hum Nutr Diet*. 2016;29(4):458-76.
66. Achamrah N, Delsoglio M, De Waele E, Berger MM, Pichard C. Indirect calorimetry: The 6 main issues. *Clin Nutr*. 2021;40(1):4-14.
67. Rosenbaum M, Leibel RL. Adaptive thermogenesis in humans. *Int J Obes (Lond)*. 2010;34(Suppl 1):S47-55.
68. Nestoridi E, Kvas S, Kucharczyk J, Stylopoulos N. Resting energy expenditure and energetic cost of feeding are augmented after Roux-en-Y gastric bypass in obese mice. *Endocrinology*. 2012;153(5):2234-44.
69. Trexler ET, Smith-Ryan AE, Norton LE. Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete. *J Int Soc Sports Nutr*. 2014;11(1):7.
70. Li W, Richard D. Effects of bariatric surgery on energy homeostasis. *Can J Diabetes*. 2017;41(4):426-431.
71. Lamarca F, Melendez-Araújo MS, Toledo IP, Dutra ES, Carvalho KMB. Relative energy expenditure decreases during the first year after bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis. *Obes Surg*. 2019;29(8):2648-2659.



72. Weigle DS, Sande KJ, Iverius PH, Mosen ER, Brunzell JD. Weight loss leads to a marked decrease in nonresting energy expenditure in ambulatory human subjects. *Metabolism*. 1988;37(10):930-6.
73. Wang ZM, Deurenberg P, Guo SS, Pietrobelli A, Wang J, Pierson Júnior RN, et al. Six-compartment body composition model: inter-method comparisons of total body fat measurement. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1998;22(4):329-37.
74. Heymsfield SB, Lichtman S. New approaches to body composition research: a reexamination of two-compartment model assumptions. *Infusionstherapie*. 1990;17(Suppl 3):4-8.
75. Shephard RJ, Kofsky PR, Harrison JE, McNeill KG, Kronl A. Body composition of older female subjects: new approaches and their limitations. *Hum Biol*. 1985;57(4):671-86.
76. Garrow JS. New approaches to body composition. *Am J Clin Nutr*. 1982;35(Suppl 5):1152-8.
77. Heymsfield SB, Matthews D. Body composition: research and clinical advances --1993 A.S.P.E.N. research workshop. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 1994;18(2):91-103.
78. Ward LC. Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardisation. *Eur J Clin Nutr*. 2019;73(2):194-199.
79. Schiavo L, Pilone V, Tramontano S, Rossetti G, Iannelli A. May bioelectrical impedance analysis method be used in alternative to the dual-energy X-ray absorptiometry in the assessment of fat mass and fat-free mass in patients with obesity? Pros, cons, and perspectives. *Obes Surg*. 2020;30(8):3212-3215.
80. Faria SL, Faria OP, Cardeal MD, Ito MK. Validation study of multi-frequency bioelectrical impedance with dual-energy X-ray absorptiometry among obese patients. *Obes Surg*. 2014;24(9):1476-80.
81. Das SK, Roberts SB, McCrory MA, Hsu LKG, Shikora SA, Kehayias JJ, et al. Long-term changes in energy expenditure and body composition after massive weight loss induced by gastric bypass surgery. *Am J Clin Nutr*. 2003;78(1):22-30.
82. Das SK, Saltzman E, McCrory MA, Hsu LKG, Shikora SA, Dolnikowski G, et al. Energy expenditure is very high in extremely obese women. *J Nutr*. 2004;134(6):1412-6.
83. Wahrlich V, Anjos LA. Aspectos históricos e metodológicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão da literatura. *Cad Saúde Pública*. 2001;17(4):801-7.

84. EndoNutry. Bioimpedância InBody 230 [online]. [s.l.] EndoNutry, 2015 [citado 2022 abr 22]. Disponível em: <https://www.endonutry.com.br/bioimp>
85. World Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Genebra: World Health Organization; 1995. (Technical Report Series; 854).
86. Corcelles R, Boules M, Froylich D, Hag A, Daigle CR, Aminian A, et al. Total weight loss as the outcome measure of choice after roux-en-Y gastric bypass. *Obes Surg.* 2016;26(8):1794–8.
87. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol.* 1949;109(1-2):1-9.
88. Carey DG, Pliego GJ, Raymond RL, Skau KB. Body composition and metabolic changes following bariatric surgery: effects on fat mass, lean mass and basal metabolic rate. *Obes Surg.* 2006;16(4):469-77.
89. Heymsfield SB, Gonzalez MC, Shen W, Redman L, Thomas D. Weight loss composition is one-fourth fat-free mass: a critical review and critique of this widely cited rule. *Obes Rev.* 2014;15(4):310-21.
90. Skogar M, Holmbäck U, Hedberg J, Risérus U, Sundbom M. Preserved Fat-Free Mass after Gastric Bypass and Duodenal Switch. *Obes Surg.* 2017;27(7):1735-1740.
91. Kulovitz MG, Kolkmeier D, Conn CA, Cohen DA, Ferraro RT. Medical weight loss versus bariatric surgery: does method affect body composition and weight maintenance after 15% reduction in body weight? *Nutrition.* 2014;30(1):49-54.
92. Wadström C, Backman L, Forsberg AM, Nilsson E, Hultman E, Reizenstein P, et al. Body composition and muscle constituents during weight loss: studies in obese patients following gastroplasty. *Obes Surg.* 2000;10(3):203-13.
93. Lim HS, Kim YJ, Lee J, Yoon SJ, Lee B. Establishment of adequate nutrient intake criteria to achieve target weight loss in patients undergoing bariatric surgery. *Nutrients.* 2020;12(6):1774.
94. Rabl C, Rao MN, Schwarz JM, Mulligan K, Campos GM. Thermogenic changes after gastric bypass, adjustable gastric banding or diet alone. *Surgery.* 2014;156(4):806-12.
95. Galtier F, Farret A, Verdier R, Barbotte E, Nocca D, Fabre JM, et al. Resting energy expenditure and fuel metabolism following laparoscopic adjustable gastric banding in severely obese women: relationships with excess weight lost. *Int J Obes (Lond).* 2006;30(7):1104-10.

96. Livhits M, Mercado C, Yermilov I, Parikh JA, Dutson E, Mehran A, et al. Exercise following bariatric surgery: systematic review. *Obes Surg*. 2010;20(5):657-65.
97. Werling M, Fändriks L, Olbers T, Bueter M, Sjöström L, Lönroth H, Wallenius V, Stenlöf K, le Roux CW. Roux-en-Y Gastric Bypass Surgery Increases Respiratory Quotient and Energy Expenditure during Food Intake. *PLoS One*. 2015 Jun 22;10(6):e0129784.
98. Cardeal MA, Faria SL, Faria OP, Facundes M, Ito MK. Diet-induced thermogenesis in postoperative Roux-en-Y gastric bypass patients with weight regain. *Surg Obes Relat Dis*. 2016;12(5):1098-1107.
99. Tamboli RA, Hossain HA, Marks PA, Eckhauser AW, Rathmacher JA, Phillips SE, et al. Body composition and energy metabolism following Roux-en-Y gastric bypass surgery. *Obesity (Silver Spring)*. 2010;18(9):1718-24.
100. Heymsfield SB, Gallagher D, Kotler DP, Wang Z, Allison DB, Heshka S. Body-size dependence of resting energy expenditure can be attributed to nonenergetic homogeneity of fat-free mass. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2002;282(1):E132-8.
101. Hall KD. Body fat and fat-free mass inter-relationships: Forbes's theory revisited. *Br J Nutr*. 2007;97(6):1059-63.
102. Heymsfield SB, Thomas D, Bosy-Westphal A, Shen W, Peterson CM, Müller MJ. Evolving concepts on adjusting human resting energy expenditure measurements for body size. *Obes Rev*. 2012;13(11):1001-14.
103. Flancbaum L, Choban PS, Bradley LR, Burge JC. Changes in measured resting energy expenditure after Roux-en-Y gastric bypass for clinically severe obesity. *Surgery*. 1997;122(5):943-9.
104. Castro Cesar M, Lima Montebelo MI, Rasera I Jr, Oliveira AV Jr, Gomes Gonelli PR, Aparecida Cardoso G. Effects of Roux-en-Y gastric bypass on resting energy expenditure in women. *Obes Surg*. 2008;18(11):1376-80.
105. Redman LM, Kraus WE, Bhapkar M, Das SK, Racette SB, Martin CK, et al. Energy requirements in nonobese men and women: results from CALERIE. *Am J Clin Nutr*. 2014;99(1):71-8.
106. Perrone F, Bianciardi E, Benavoli D, Tognoni V, Niolu C, Siracusano A, et al. Gender influence on long-term weight loss and comorbidities after laparoscopic sleeve gastrectomy and Roux-en-Y gastric bypass: a prospective study with a 5-year follow-up. *Obes Surg*. 2016;26(2):276-81.
107. Arciero PJ, Goran MI, Poehlman ET. Resting metabolic rate is lower in women than in men. *J Appl Physiol (1985)*. 1993;75(6):2514-20.

108. Moehlecke M, Andriatta Blume C, Rheinheimer J, Trindade MRM, Crispim D, Leitão CB. Early reduction of resting energy expenditure and successful weight loss after Roux-en-Y gastric bypass. *Surg Obes Relat Dis.* 2017;13(2):204-9.
109. Ye Y, Abu El Haija M, Morgan DA, Guo D, Song Y, et al. Endocannabinoid Receptor-1 and Sympathetic Nervous System Mediate the Beneficial Metabolic Effects of Gastric Bypass. *Cell Rep.* 2020;33(4):108270.
110. An Z, Wang H, Mokadem M. Role of the autonomic nervous system in mechanism of energy and glucose regulation post bariatric surgery. *Front Neurosci.* 2021;15:770690.
111. Hatoum IJ, Stein HK, Merrifield BF, Kaplan LM. Capacity for physical activity predicts weight loss after Roux-en-Y gastric bypass. *Obesity (Silver Spring).* 2009;17(1):92-9.