

**ALEXANDRE VIEIRA GADDUCCI**

**Força muscular dos membros inferiores como preditora de sucesso no  
pós-operatório de cirurgia bariátrica**

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

Programa de Ciências em  
Gastroenterologia

Orientador: Prof. Dr. Roberto de Cleva

**São Paulo**

**2021**

**ALEXANDRE VIEIRA GADDUCCI**

**Força muscular dos membros inferiores como preditora de sucesso no  
pós-operatório de cirurgia bariátrica**

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

Programa de Ciências em  
Gastroenterologia

Orientador: Prof. Dr. Roberto de Cleva

**São Paulo**

**2021**

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

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

©reprodução autorizada pelo autor

Gadducci, Alexandre Vieira  
Força muscular dos membros inferiores como  
preditora de sucesso no pós-operatório de cirurgia  
bariátrica / Alexandre Vieira Gadducci. -- São  
Paulo, 2021.

Tese (doutorado) -- Faculdade de Medicina da  
Universidade de São Paulo.  
Programa de Ciências em Gastroenterologia.  
Orientador: Roberto de Cleve.

Descritores: 1.Obesidade mórbida 2.Força muscular  
3.Cirurgia bariátrica

USP/FM/DBD-458/21

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha mulher Karen Palma Leão Gadducci, aos meus filhos Catarina Palma Leão Gadducci e Leonardo Palma Leão Gadducci por todo amor, carinho, apoio, compreensão e alguns momentos de ausência.

Aos meus pais, Maria da Conceição Vieira Gadducci e Cláudio Aurélio Gadducci (falecido), por todo amor dedicado à minha criação, formação moral, intelectual e espiritual. Sempre fazendo o possível para proporcionar uma vida equilibrada, por meio de muito amor, trabalho e honestidade.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por possuir saúde e capacidade intelectual para realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Roberto de Cleve, pela orientação passo a passo na realização desse trabalho e por acreditar na minha força de vontade.

Ao Prof. Dr. Marco Aurélio Santo, pela oportunidade e possibilitar a realização de um sonho.

À Prof (a). Dra. Julia Maria Greve e ao Dr Paulo Roberto Santos Silva por acreditarem na parceria com o departamento da Gastroenterologia e disponibilizar o laboratório para a avaliação dos pacientes.

Aos amigos, Lilian Cardia, Gabriela Faria, Priscila Estabile pela ajuda na coleta dos dados e na troca de informações.

À todos os funcionários do Laboratório do Estudo do Movimento do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas pela dedicação na realização das avaliações.

Aos funcionários da Enfermagem do Departamento de Gastroenterologia por me acolherem e ajudarem com os pacientes.

Aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em especial Isabel Figueiredo.

À Capes pelo apoio e recebimento da Bolsa de estudos.

“Tudo que sei é que nada sei”

Sócrates

## NORMALIZAÇÃO ADOTADA

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

Referencias: 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

**Lista de abreviaturas e siglas**

**Lista de tabelas**

**Lista de gráficos**

**Lista de figuras**

**Resumo**

**Abstract**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>20</b>
1.1	OBESIDADE.....	20
1.2	AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR .....	22
1.3	AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL .....	25
1.4	CIRURGIA BARIÁTRICA .....	26
<b>2</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
3.1	CASUÍSTICA.....	31
3.2	TIPO DE ESTUDO.....	31
3.3	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO.....	31
3.4	LOCAL.....	32
3.5	MATERIAIS.....	32
3.6	METODOLOGIA .....	32

3.6.1	Medidas antropométricas e composição corporal.....	32
3.6.2	Medidas da força muscular.....	34
3.6.3	Classificação da obesidade.....	36
3.6.4	Sucesso cirúrgico.....	37
3.6.5	Análise estatística.....	37
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
4.1	AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL.....	41
4.2	AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR.....	42
4.3	CORRELAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR DE EXTENSÃO E FLEXÃO COM A COMPOSIÇÃO CORPORAL.....	43
4.4	ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL DE ACORDO COM O GÊNERO.....	45
4.5	AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR DE ACORDO COM O GÊNERO.....	47
4.6	ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL DE ACORDO COM A GRAVIDADE DA OBESIDADE.....	49
4.7	AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR DE ACORDO COM A GRAVIDADE DE OBESIDADE E DO GÊNERO.....	51
4.8	AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR DE ACORDO COM O RESULTADO DO TRATAMENTO CIRÚRGICO.....	53
4.9	FORÇA MUSCULAR DE EXTENSÃO E FLEXÃO DE ACORDO COM O GÊNERO E O RESULTADO DO TRATAMENTO CIRÚRGICO.....	57

4.10	FORÇA MUSCULAR DE EXTENSÃO E FLEXÃO DE ACORDO COM A GRAVIDADE PRÉ-OPERATÓRIO DA OBESIDADE E O RESULTADO DO TRATAMENTO CIRÚRGICO.....	60
4.11	FORÇA MUSCULAR DOS MEMBROS INFERIORES COMO PREDITORA DE SUCESSO CIRÚRGICO.....	63
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>72</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>74</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IMC	índice de massa corpórea
Kg/m <sup>2</sup>	quilogramas pela altura ao quadrado
OMS	Organização Mundial de Saúde
AVDs	atividades de vida diárias
T	torque
F	força
D	distância
Nm	Newton metro
BIA	bioimpedância elétrica
DEXA	duplo feixe de raios-x
PDA	pletismografia de deslocamento aéreo
KHz	quilohertz
Kg/m <sup>3</sup>	quilograma por metro cúbico
Nm/Kg	pico de torque relativo ao peso corporal
Nm/KgMI	pico de torque relativo ao peso do membro inferior
MLG	massa livre de gordura corporal
MG	massa gorda corporal
MLGMI	massa livre de gordura de membros inferiores
MGMI	massa gorda de membros inferiores
EXT.	extensão
FLEX.	flexão
FM	força muscular
RYGB	bypass gástrico em Y de Roux

PEP	perda do excesso de peso
T0	pré-operatório
T1	6 meses após a cirurgia
T2	36 meses após a cirurgia
OM	grupo obeso mórbido
SO	grupo superobeso
GS	grupo sucesso
GI	grupo insucesso
GSM	grupo sucesso mulheres
GIM	grupo insucesso mulheres
GSH	grupo sucesso homens
GIH	grupo insucesso homens
GSOM	grupo sucesso obeso mórbido
GIOM	grupo insucesso obeso mórbido
GSS	grupo sucesso superobeso
GIS	grupo insucesso superobeso

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Resultados das medidas antropométricas, da composição corporal total e segmentar dos pacientes com obesidade grave no pré e pós-operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021) .....41
- Tabela 2** - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal dos pacientes com obesidade grave no pré e pós-operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)..... 42
- Tabela 3** - Correlação da força de extensão absoluta e relativa ao peso corporal com a composição corporal total e segmentar dos pacientes com obesidade grave no pré e pós-operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021).....43
- Tabela 4** - Correlação da força de flexão absoluta e relativa ao peso corporal com a composição corporal total e segmentar dos pacientes com obesidade grave no pré e pós-operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021).....44
- Tabela 5** - Resultados das medidas antropométricas, da composição corporal total e segmentar dos pacientes de acordo com o gênero no pré e pós-operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021) .....46
- Tabela 6** - Resultados da composição corporal total e segmentar dos pacientes de acordo com o grau de obesidade no pré e pós-operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP(2021).....50
- Tabela 7** - Resultados das medidas antropométricas e da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal dos pacientes de acordo com o resultado do tratamento cirúrgico no HCFMUSP (2021). .....55
- Tabela 8** - Resultado da força muscular relativa de extensão dos pacientes com sucesso cirúrgico de acordo com o gênero e gravidade da obesidade no HCFMUSP (2021).....64

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Evolução de indicadores de obesidade na população acima de 18 anos de idade, por sexo, no Brasil: períodos 2006, 2013 e 2018, em percentual (2021) .....	20
<b>Gráfico 2</b> - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal das mulheres no pré e pós operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021).....	48
<b>Gráfico 3</b> - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal dos homens no pré e pós operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021).....	49
<b>Gráfico 4</b> - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal dos pacientes de acordo com o grau de obesidade no pré e pós-operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021).....	52
<b>Gráfico 5</b> - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal dos pacientes de acordo com o grau de obesidade no pré e pós-operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021).....	53
<b>Gráfico 6</b> - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal dos pacientes de acordo com sucesso ou insucesso da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021).....	57
<b>Gráfico 7</b> - Resultados da força muscular absoluta e relativa ao peso corporal na extensão e flexão das mulheres de acordo com o resultado da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021).....	59
<b>Gráfico 8</b> - Resultados da força muscular absoluta e relativa ao peso corporal na extensão e flexão dos homens de acordo com o resultado no pós operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021).....	60
<b>Gráfico 9</b> - Resultados da força muscular absoluta e relativa ao peso corporal na extensão e flexão dos pacientes obesos de acordo com o resultado da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021).....	63
<b>Gráfico 10</b> - Resultados da força muscular absoluta e relativa ao peso corporal na extensão e flexão dos pacientes superobesos de acordo com o resultado da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021).....	64

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** - Posicionamento adequado do participante para a avaliação da força muscular dos membros inferiores .....34

**Figura 2** - Curvas de força x distância do movimento de extensão (esquerda) e flexão (direita) dos membros inferiores .....36

## RESUMO

Gadducci AV. *Força muscular dos membros inferiores como preditora de sucesso no pós-operatório de cirurgia bariátrica* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2021.

**INTRODUÇÃO:** A cirurgia bariátrica promove melhora nos parâmetros metabólicos, antropométricos, funcionais, posturais e ortopédicos. Entretanto, após a cirurgia há diminuição da força muscular absoluta e melhora inicial na força muscular relativa após 6 meses, não se mantém no seguimento de longo prazo. **OBJETIVO:** Avaliar a força muscular de membros inferiores como preditora de sucesso cirúrgico tardio (36 meses). **Métodos:** Os pacientes foram submetidos a avaliação antropométrica e dinamométrica antes (T0: n = 123), seis meses (T1: n = 123) e 36 meses (T2: n = 79) após o bypass gástrico em Y de Roux (RYGB). Os torques máximos de contração voluntária dos membros inferiores foram medidos por meio de um dinamômetro isocinético. O grupo sucesso cirúrgico (GS) foi definido como  $\geq 50\%$  da perda do excesso de peso (PEP) 36 meses após a cirurgia. PEP inferior a 50% foi considerado insucesso cirúrgico (GI). **RESULTADOS:** Dos 79 pacientes avaliados 36 meses após a cirurgia, não houve diferença significativa entre a força muscular relativa Ext e Flex em T1 e T2. Não houve diferença significativa entre a força muscular relativa Ext e Flex em T1 e T2 entre os pacientes com SS e FS. No entanto, na força muscular relativa houve diferença significativa entre os pacientes GS e GI em T2. **CONCLUSÕES:** Nossos resultados demonstram que a força muscular de membros inferiores em 6 meses pode predizer aproximadamente 76% de

chances de sucesso em 36 meses. A redução de peso aliada ao aumento da força muscular podem predizer o SS.

Descritores: Obesidade mórbida; Força muscular; Cirurgia bariátrica.

## ABSTRACT

Gadducci AV. *Lower Limbs Muscle Strength as a predictor of postoperative success in bariatric surgery* [thesis]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2021.

**INTRODUCTION:** Bariatric surgery promote improvement in metabolic, anthropometric, functional, postural and orthopedic parameters. However after surgery there is a decrease of absolute muscle strength and observed the initial improvement in a relative muscle strength 6 months but was not maintained on long term follow up. **OBJECTIVE:** To assess muscle strength of lower limbs as a predictor of late surgical success (36 months). **Methods:** Patients were subject to anthropometric measurements and dynamometry evaluation before (T0: n=123), six months (T1: n=123) and 36 months (T2: n=79) after Roux-in-y gastric bypass (RYGB) maximum voluntary contraction torques of the lower limbs were measured using an isokinetic dynamometer. Surgical success (SS) was defined as  $\geq 50\%$  excess weight loss (EWL) 36 months after surgery. EWL of less than 50% was considered surgical failure (FS). **RESULTS:** Of 79 patients evaluated 36 months after surgery, there was no significant difference between relative muscle strength Ext and Flex in T1 and T2. There was also no significant difference between relative muscle strength Ext and Flex in T1 and T2 between patients with SS and FS. But when showing the relative muscle strength, there was a significant difference between patients SS and FS in T2. **CONCLUSIONS:** Our findings demonstrate that muscle strength of lower limbs at 6 months can predict approximately 76% of the chances of success in 36 months. There are factors combined within weight reduction and the increase in

muscle strength that can predict the SS. To determine goals for the surgical post process is necessary to preserve functionality and benefits long term.

Descriptors: Morbid Obesity; Muscle strength; Bariatric surgery.

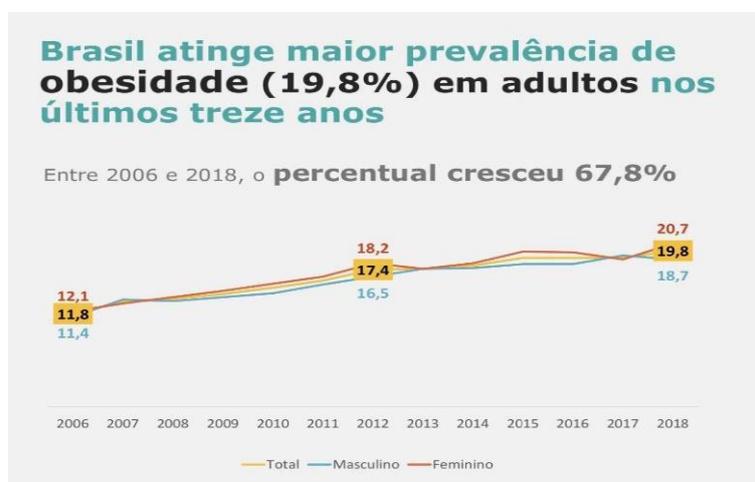


## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 OBESIDADE

A obesidade é um problema mundial de saúde pública e sua prevalência cresce a cada ano<sup>(1)</sup>. A Organização Mundial de Saúde (OMS) faz uma projeção que 2,3 bilhões de adultos estejam com sobrepeso e o que representará 700 milhões de obesos até 2025<sup>(2)</sup>. No Brasil cerca de 19,8% dos adultos têm obesidade, com prevalência crescente nos últimos anos<sup>(3)</sup>.

**Gráfico 1** - Evolução de indicadores de obesidade na população acima de 18 anos de idade, por sexo, no Brasil: períodos 2006, 2013 e 2018.



Adaptado: Ministério da Saúde, 2018

A obesidade é considerada grave quando o índice de massa corporal (IMC) é  $\geq 35 \text{ Kg/m}^2$  na presença de comorbidades ou  $\geq 40 \text{ Kg/m}^2$ <sup>(4, 5)</sup>.

A obesidade grave está associada a várias comorbidades como diabetes tipo 2, hipertensão, dislipidemia, doenças cardiovasculares, apneia do sono, alguns

tipos de câncer e a problemas musculoesqueléticos, com aumento da morbimortalidade<sup>(6,7)</sup>. O aumento da massa gorda (MG) causa sobrecarga mecânica e fraqueza muscular<sup>(8)</sup>, podendo contribuir para diminuição da habilidade em executar tarefas simples, além de determinar mudanças na força e resistência dos músculos esqueléticos<sup>(9, 10)</sup>.

Observa-se relação crescente entre a gravidade da obesidade e osteoartrose, osteoporose e redução da mobilidade<sup>(8, 11, 12)</sup>. A dor e a sobrecarga de peso nas articulações alteram a capacidade em realizar movimentos como subir escadas ou levantar-se de uma posição sentada, promovendo instabilidade postural e aumento do risco de quedas, prejudicando o grau de autonomia nas atividades de vida diárias (AVDs) e a qualidade de vida<sup>(13-15)</sup>.

O músculo quadríceps atua no amortecimento, estabilização da articulação do joelho e ações com altos níveis de força concêntrica em movimentos repetitivos. O quadríceps resiste a sobrecarga estimada de três vezes o peso corporal durante uma caminhada, e de seis vezes o peso corporal ao subir escadas, o que contribui para a redução da capacidade funcional de indivíduos com obesidade grave<sup>(16-18)</sup>.

Embora a força muscular absoluta de indivíduos com obesidade seja maior do que a de eutróficos, observa-se diminuição da FM corrigida pelo peso corporal ou pela massa livre de gordura (MLG)<sup>(15, 19, 20)</sup>. Além disso, observou-se um limite máximo (platô) na força absoluta de extensão e flexão nos pacientes com obesidade grave, provavelmente devido à redução percentual da MLG dos membros inferiores<sup>(21, 22)</sup>.

Observa-se também diminuição de 20 a 30% na força muscular dos músculos (extensores e flexores dos joelhos) responsáveis pela execução do movimento de sentar e levantar<sup>(23-25)</sup>.

Assim, embora haja aumento do peso sustentado com sobrecarga dos membros inferiores, que poderia determinar aumento da força e da MLG, observa-se redução linear e progressiva de ambas<sup>(22)</sup>. Tal redução poderia ser explicada pelo desuso<sup>(26)</sup>, condição em que o indivíduo, embora suportando excesso de carga pelo peso excessivo, passa a apresentar alterações posturais, atrofia muscular e limitações funcionais por inatividade física<sup>(27)</sup>.

Alguns estudos observaram fraca relação ( $r = 0,29-0,49$ ) entre a força dos membros inferiores e a MLG de mulheres obesas<sup>(20, 22)</sup> ou moderada correlação entre a força dos membros inferiores e a massa livre de gordura segmentar ( $r = 0,53-0,67$ )<sup>(21)</sup>.

A correlação entre a força dos membros inferiores e a MLG dos membros inferiores na obesidade grave foi estudada por Gadducci e colaboradores. Este estudo observou que a redução da força muscular na obesidade grave antes da cirurgia bariátrica está diretamente relacionada à MLG dos membros inferiores. Por isso, avaliar as alterações na composição corporal e sua influência sobre a força muscular a longo prazo após cirurgia bariátrica se faz necessário, devido à esperada perda de MLG, fator decisivo para limitação funcional<sup>(19-22, 27)</sup>.

## 1.2 AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR

A atividade física (aeróbica ou anaeróbica) exercida pelo indivíduo determina o recrutamento preferencial do tipo de fibra muscular mais envolvido com a modalidade do exercício e, conseqüentemente, modifica a proporção dos diversos tipos de fibras que compõem o músculo estriado esquelético<sup>(28)</sup>.

A composição muscular, além da atividade física, também depende das características genéticas e nutricionais<sup>(29)</sup>. As fibras musculares são classificadas de acordo com o tipo de contração e consumo energético. As fibras de contração lenta ou tipo I utilizam o sistema mitocondrial oxidativo, as fibras de contração rápida ou tipo IIa utilizam o sistema glicolítico e oxidativo rápido, enquanto as fibras de contração rápida tipo IIb utilizam apenas o sistema glicolítico<sup>(30)</sup>.

A maioria das atividades cotidianas são eventos de baixa intensidade e repetitivos e, por essa razão, recrutam um maior número de fibras de contração lenta (tipo I)<sup>(29)</sup>.

Atividade física de curta duração, alta intensidade e baixa repetição utilizam as fibras tipo II<sup>(28)</sup>. Estudos de composição muscular na obesidade grave constataam o aumento das fibras tipo IIb e diminuição das fibras tipo I em comparação a indivíduos eutróficos<sup>(31)</sup>.

Os testes de capacidade física como a caminhada de 6 minutos, o teste de sentar e levantar e o de levantar e ir<sup>(32)</sup>, avaliam especificamente funções importantes tais como equilíbrio, agilidade e flexibilidade, não sendo utilizados para avaliar a força muscular máxima principalmente dos membros inferiores<sup>(33)</sup>. A força muscular é um importante aspecto da capacidade

funcional. Existem apenas dois métodos de avaliação da força máxima: os testes de uma repetição máxima (1RM) e o dinamômetro isocinético<sup>(34)</sup>. Os testes 1RM são mais utilizados para avaliar o efeito de um treinamento físico sobre variáveis fisiológicas e de *performance*<sup>(35)</sup>.

Os testes realizados em laboratório utilizam principalmente o dinamômetro isocinético. A dinamometria isocinética é utilizada na avaliação da função muscular dinâmica devido à confiabilidade e reprodutibilidade do método<sup>(20, 36)</sup>.

A força exercida por grupos musculares durante o arco de movimento, denominado momento angular de força ou torque, varia devido ao braço da alavanca que se altera conforme a amplitude da contração muscular. O torque (T) representa o resultado da força (F) aplicada num ponto multiplicada pela distância (D) do ponto de aplicação da força ao centro de rotação do eixo de movimento [ $T=F \times D$ , medida em Newton metro (Nm)]. O pico de torque representa o ponto de maior desempenho, dado em Nm. O pico de torque está relacionado ao peso corporal do indivíduo e, em valor percentual, permite comparar a força muscular de indivíduos com características antropométricas diversas. O torque e a velocidade angular de movimento são grandezas inversamente proporcionais, ou seja, quanto menor a velocidade angular realizada, maior será o torque e vice-versa<sup>(37, 38)</sup>. O teste fornece informações sobre a potência, resistência e a força máxima. A potência representa a capacidade de torque em alta velocidade para qual o músculo deve responder num breve limite de tempo em velocidades funcionais com ângulo igual ou superior a 180°. A resistência representa a capacidade realizar um número elevado de repetições por segundo em velocidades muito rápidas (acima de 300° a 400° graus) para verificar o trabalho total realizado, assim como a perda

de desempenho durante o teste<sup>(30)</sup>.

A força muscular avaliada em baixas velocidades, como 60 graus por segundo (60°/s), permite o recrutamento de maior número de unidades motoras e melhor representação da força máxima pela musculatura avaliada<sup>(30, 31, 38)</sup>.

A avaliação da relação agonista\antagonista dos membros inferiores permite comparar grupos musculares e membros contralaterais. O dinamômetro isocinético é considerado padrão ouro para avaliação quantitativa da força muscular<sup>(31)</sup>.

### 1.3 AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

A massa corporal total de um indivíduo é formada por diversos componentes [MLG, MG, água corporal (AC)] sua avaliação é fundamental para análise do estado nutricional <sup>(39)</sup>.

A composição corporal total pode ser realizada por diversas metodologias, apoiadas em diferentes princípios físicos<sup>(40)</sup>. As principais técnicas são antropometria, medidas de pregas cutâneas, bioimpedância elétrica (BIA), absorciometria por duplo feixe de raio-x (DEXA), pesagem hidrostática, pletismografia de deslocamento aéreo (PDA), ressonância magnética e tomografia computadorizada<sup>(41)</sup>.

Vários mecanismos de avaliação da composição corporal baseiam-se no modelo de 2 compartimentos: MLG (tecido livre de gordura: água, proteína e minerais) e MG<sup>(40)</sup>. A AC está predominantemente (70%) contida na MLG. O

tecido gorduroso é composto por 83% de gordura e 17% de água e proteínas<sup>(42-44)</sup>.

O método para análise da composição corporal empregado depende do custo, validação, aplicabilidade, disponibilidade e treinamento do avaliador. A BIA é geralmente um recurso amplamente disponível para estimativa da composição corporal na prática clínica, é um método simples, sem risco, baixo custo e fácil acesso<sup>(41, 45-47)</sup>.

Os aparelhos convencionais de BIA estimam a composição corporal e utilizam a corrente de frequência única de 50 kHz, capaz de atravessar parcialmente a membrana celular e predizer melhor a água <sup>(48)</sup>. Entretanto, a BIA tetrapolar utiliza um método de eletrodo com 8 pontos táteis, medindo diretamente a impedância de cada segmento corporal em frequências de 20 e 100 kHz, com resultados altamente precisos e alto grau de correlação com o DEXA, padrão ouro de composição corporal<sup>(48, 49)</sup>.

#### 1.4 CIRURGIA BARIÁTRICA

Diretrizes baseadas em evidências para o tratamento da obesidade mostram uma manutenção deficiente da perda de peso a longo prazo apenas com tratamento clínico<sup>(50)</sup>. Há consenso que um dos métodos de tratamento mais bem estabelecidos, eficazes e com baixa mortalidade para pacientes com obesidade mórbida é a cirurgia bariátrica<sup>(51)</sup>.

A cirurgia bariátrica pode resultar em perda maior que 60% do excesso de peso, definido como peso corporal que excede o peso ideal, determinado pelo

IMC 25 kg/m<sup>2</sup>, conforme o registro de acompanhamento por um período de 12 meses<sup>(52, 53)</sup>.

A rápida e intensa perda de peso após a cirurgia causa redução da MLG,<sup>(54)</sup> que proporcionalmente não deveria ultrapassar 22% do excesso de peso perdido<sup>(54)</sup>. Entretanto, estudo recente observou perda de 30% a 35% na MLG nos primeiros 6 meses após a cirurgia<sup>(55)</sup>. Essa perda determina a redução de 16% a 35% na força máxima do membro superior e redução de 15% a 40% na força máxima do membro inferior após 1 ano de cirurgia bariátrica<sup>(7, 55-57)</sup>. Apesar do significativo declínio na massa muscular após a cirurgia bariátrica, os pacientes mantiveram sua capacidade física, como flexibilidade, agilidade e força relativa ao peso corporal<sup>(57, 58)</sup>.

Em meta-análise recente observou-se que a melhora inicial da força muscular observada 6 meses após cirurgia bariátrica parece não se manter a longo prazo (36 meses)<sup>(59)</sup>.

A composição corporal total e segmentar (MLG dos membros inferiores) em obesos graves poderá determinar com mais precisão a capacidade de produzir força no pós-operatório de cirurgia bariátrica.



## **2 OBJETIVO**

Correlacionar à força muscular dos membros inferiores com a composição corporal (MLG e MG) no pré e pós-operatório da cirurgia bariátrica(6 e 36 meses).

Identificar o nível de força muscular dos membros inferiores no pós-operatório precoce(6 meses) como preditor de sucesso cirúrgico tardio (36 meses).



### 3 MÉTODOS

#### 3.1 CASUÍSTICA

123 pacientes que realizaram tratamento cirúrgico da obesidade na Unidade de Cirurgia Bariátrica e Metabólica da FMUSP.

#### 3.2 TIPO DE ESTUDO

O estudo foi prospectivo, observacional, que avaliou a composição corporal total e segmentar e a força muscular dos membros inferiores em pacientes submetidos à cirurgia bariátrica entre junho de 2013 a setembro de 2016 na Unidade de Cirurgia Bariátrica e Metabólica do Hospital das Clínicas da FMUSP. Foram coletados dados antropométricos, seguida das análises da FM dos membros inferiores e da composição corporal no pré-operatório, 6 e 36 meses após a cirurgia.

#### 3.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

- i) Idade mínima de 18 e máxima de 60 anos;
- ii) IMC entre 40 a 60 kg/m<sup>2</sup> no pré-operatório de cirurgia bariátrica;
- iii) Ter gastroplastia redutora em Y de Roux;
- iv) Assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

### 3.4 LOCAL

OS pacientes selecionados da Unidade de Cirurgia Bariátrica e Metabólica da Disciplina de Cirurgia do Aparelho Digestivo do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP) foram avaliados no laboratório do estudo do movimento (LEM) do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do HCFMUSP.

### 3.5 MATERIAIS

- Um dinamômetro isocinético, modelo Biodex<sup>®</sup> Multi-joint System 3 (Biodex Medical System Inc, Shirley, NY, USA).
- Uma balança microeletrônica (*Biospace Co.; InBody 230<sup>®</sup>*, EUA com capacidade de 250kg e intervalos de 100g );
- Um estadiômetro portátil (Estadiômetro Standard Sanny<sup>®</sup>, Brasil, com régua de 80 até 220 cm, graduada em milímetros);

Todos os aparelhos utilizados na realização das coletas foram calibrados quando necessário para garantir a uniformidade e precisão das medidas.

### 3.6 METODOLOGIA

#### 3.6.1 Medidas antropométricas e da composição corporal

Primeiramente foram obtidas as medidas antropométricas, sendo o peso do paciente determinada com vestimentas leves, sem portar objetos pesado, em

posição ortostática, membros inferiores paralelos, sem calçados, olhar ao horizonte, membros superiores ao lado do corpo e sem se movimentar no centro da balança microeletrônica instalada em superfície lisa para se evitar oscilações nas medidas ( Biospace Co., InBody 230<sup>®</sup>, EUA com capacidade de 250kg, com intervalos de 100g). A medida da estatura foi feita no milímetro mais próximo, com os pés e calcanhares paralelos, ombros e glúteos encostados no estadiômetro portátil ( Estadiômetro Standard Sanny<sup>®</sup>, Brasil, com régua de 80 até 220 cm, graduada em milímetros). O IMC foi obtido através da fórmula: [ massa corporal(kg)/estatura (m<sup>2</sup>)].

A seguir foi a avaliação da composição corporal através da Impedância Bioelétrica (BIA, Inbody 230<sup>®</sup>) com o paciente em posição ortostática, sem se movimentar ou dialogar. O aparelho possui um sistema de eletrodos tetrapolar com 8 pontos táteis (dois para cada membro inferior e superior) realizando a medida dos valores de impedância de cada segmento corporal( membro superior direito e esquerdo, membro inferior direito e esquerdo e tronco) 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>(42)</sup>. A massa corporal magra segmentada é dividida pelo peso total do corpo para estimar a massa corporal magra segmentar<sup>(49)</sup>.

Foram obtidas as seguintes variáveis em valores absolutos e percentuais(%): massa livre de gordura(MLG), massa livre de gordura dos membros inferiores (MLGMI), massa de gordura (MG), massa de gordura dos membros inferiores (MGMI).

### 3.6.2 Avaliação da força muscular (FM)

A avaliação da força muscular foi realizada no dinamômetro isocinético, modelo Biodex® Multi-joint System 3 (Biodex Medical Systems Inc, Shirley, NY, USA).

O dinamômetro foi calibrado trinta minutos antes do início dos testes.

Os participantes foram orientados a executar os movimentos de extensão e flexão da articulação do joelho no modo concêntrico/concêntrico. Para isso, permaneceram sentados com o quadril em 90° de flexão, afixados na cadeira com cintas em X na altura do tórax, uma cinta em torno da cintura pélvica, uma cinta sobre o terço distal da coxa e uma no terço distal da perna avaliada, de forma a deixar livre os movimentos do tornozelo (Figura 1).

**Figura 1** – Posicionamento adequado do participante para a avaliação da força muscular dos membros inferiores

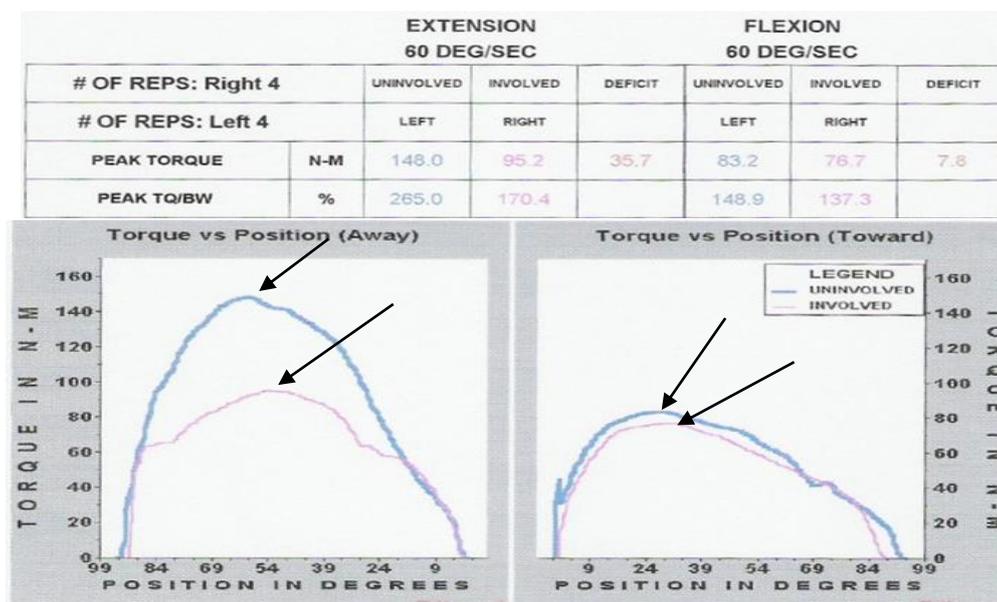


Todos os indivíduos realizaram quatro movimentos com força submáxima para familiarização com o equipamento. O teste foi realizado primeiramente no membro dominante e, posteriormente, no membro não dominante. O membro avaliado foi posicionado com o côndilo lateral do fêmur (eixo do movimento da articulação do joelho) alinhado ao eixo mecânico do dinamômetro. A perna que não estava sendo avaliada ficou alinhada com o outro membro. Os indivíduos foram então orientados a realizar duas séries de 4 repetições ininterruptas de extensão e flexão do joelho com intervalo de 60 segundos. Durante o período de execução do teste foram realizados encorajamentos verbais padronizados e constantes para obter dos participantes o máximo de força possível durante as contrações<sup>(37)</sup>. Os testes foram realizados com movimentos concêntricos de flexão e extensão do joelho, partindo de 90° de flexão e atingindo 20° de extensão, com correção da força da gravidade. A velocidade angular utilizada foi 60 graus por segundo (60°/s).

As variáveis obtidas através da avaliação da força muscular foram:

- Pico de Torque (Nm): é o máximo de força atingida em cada uma das repetições nas quais o teste foi realizado. O pico de torque representa a maior contração muscular no arco do movimento e corresponde ao ponto mais alto da curva força x distância. (Figura 2).

**Figura 2** – Curvas de força x distância do movimento de extensão (esquerda) e flexão (direita) dos membros inferiores. A curva do membro dominante está representada em vermelho e a do membro não-dominante em azul. As setas representam o ponto máximo de força ou pico de torque durante todo o movimento



- Pico de torque relativo ao peso corporal (Nm/Kg): força máxima corrigida pelo peso corporal, sendo o resultado expresso em percentual newton-quilograma.

Para padronização e comparação da avaliação da força muscular em diferentes populações, foi realizada correção pelo peso corporal através da divisão da força em newtons pelo peso em quilogramas x 100 (força relativa).

### 3.6.3 Classificação de acordo com a gravidade da obesidade

Os pacientes foram separados de acordo com a gravidade da obesidade no pré-operatório em:

Grupo obeso mórbido (OM): IMC de 40 a 49,9 kg/m<sup>2</sup>

Grupo superobeso (SO): IMC de 50 a 59,9 kg/m<sup>2</sup>.

### 3.6.4 Sucesso cirúrgico

Foi considerado como sucesso cirúrgico a perda  $\geq 50\%$  do excesso de peso (PEP) 36 meses após a cirurgia - grupo sucesso (GS). Foi considerada insucesso a PEP inferior a 50% - grupo insucesso (GI)<sup>(60)</sup>. Os pacientes foram separados de acordo com a gravidade da obesidade em GS obesos mórbidos (GSOM), GI obesos mórbidos (GIOM), GS superobesos (GSS) e GI superobesos (GIS). Os pacientes foram também separados por gênero em GS mulheres (GSM), em GI mulheres (GIM), GS homens (GSH) e GI homens (GIH).

A PEP foi calculada através da seguinte fórmula<sup>(61)</sup>:

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

### 3.6.5 Análise Estatística

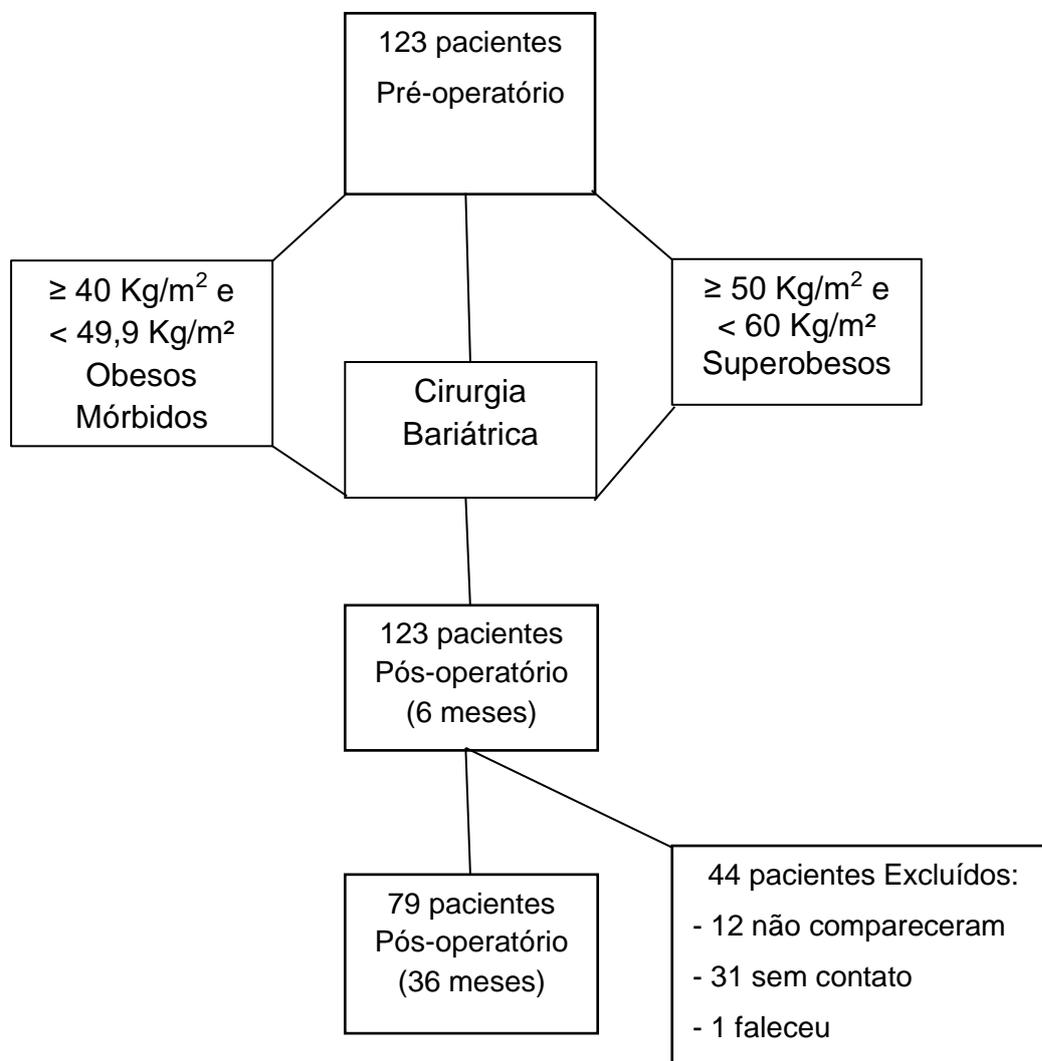
Na análise descritiva, as variáveis contínuas foram expressas em média e desvio padrão enquanto as variáveis categóricas em frequência e porcentagens. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para avaliar a distribuição das variáveis quantitativas. Para avaliar a correlação entre as variáveis foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman. Para a comparação entre dois instantes de tempo diferentes nas variáveis contínuas foram utilizados o teste t pareado e o teste não paramétrico de Mann-Whitney pareado para os que não seguiram distribuição normal (teste de Anderson-Darling). O nível de significância adotado nos testes foi de 0,05. Foram

consideradas hipóteses bicaudais. Além disso, os intervalos de confiança construídos são de 95%.

O software R versão 4.0.2 foi utilizado para a realização de todas as análises.



## 4 RESULTADOS



Foram avaliados 123 pacientes com obesidade grave no pré-operatório e após 6 meses da cirurgia bariátrica. 79 pacientes foram reavaliados no pós-operatório tardio (36 meses). 44 pacientes foram excluídos: 31 não responderam às tentativas de contato, 12 não compareceram no momento da avaliação e 1 paciente faleceu de causa desconhecida.

#### 4.1 AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

Os resultados das medidas antropométricas e da composição corporal estão na Tabela 1. Houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre todos os parâmetros da composição corporal após a cirurgia bariátrica (T1 e T2) em relação a T0. Não houve diferença na composição corporal entre os dois períodos de avaliação pós-operatória (T1 x T2).

**Tabela 1** - Resultados das medidas antropométricas, da composição corporal total e segmentar dos pacientes com obesidade grave no pré e pós operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)

Pacientes	T 0 (n=123)	T 1 (n=123)	T 2 (n=79)
Idade (anos)	39 ± 10	41 ± 9,7*	45 ± 10 ** ***
Estatura (cm)	163,6 ± 10	163,0 ± 9,9	161,8 ± 9,5
Peso (kg)	128,0 ± 20,8	91,6 ± 15,7*	87 ± 16,4** ***
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	47,6 ± 4,7	34,3 ± 4,4*	33,1 ± 4,8**
MLG (%)	49,5 ± 4,2	61,7 ± 8,2*	61,1 ± 8,0**
MG (%)	50,5 ± 4,2	38,5 ± 8,0*	38,9 ± 8,0**
MLG (kg)	63,4 ± 12,3	56,3 ± 11,9*	52,8 ± 10,6**
MG (Kg)	64,6 ± 11,2	35,3 ± 10,3*	34,2 ± 11,0**
MLGMI (Kg)	18,6 ± 4,4	16,3 ± 4,7*	15,5 ± 3,6**
MGMI (Kg)	17,7 ± 4,3	10,8 ± 6,2*	10,1 ± 3,4**
MLGMI (%)	51,3 ± 5,6	60,8 ± 9,0*	60,8 ± 8,4**
MGMI (%)	48,7 ± 5,6	39,2 ± 9,0*	39,2 ± 8,4**

Legenda: T0 = pré-operatório; T1 - 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; IMC = índice de massa corpórea; MLG = massa livre de gordura; MG = massa gorda; MLGMI = massa livre de gordura dos membros inferiores; MGMI = massa gorda dos membros inferiores. Diferenças entre os tempos: \* T0 x T1-  $p < 0,01$ ; \*\* T0 x T2-  $p < 0,01$ ; \*\*\*T1 x T2-  $p < 0,01$

## 4.2 AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR

Os resultados da força muscular (FM) de extensão (FM EXT) e flexão absolutas (FM FLEX) e relativa ao peso corporal (FM EXT /Kg e FM FLEX /Kg) estão na Tabela 2. Observou-se diminuição ( $p < 0,01$ ) da FM Ext em T1 ( $140,2 \pm 40,7$  Nm) e T2 ( $124,6 \pm 42,7$  Nm) em relação a T0 ( $160,7 \pm 46,0$  Nm). Houve redução significativa ( $p < 0,01$ ) da FM Ext em T2 em relação a T1. Observou-se redução ( $p < 0,01$ ) da FM Flex em T1 ( $63,0 \pm 22,7$  Nm) e T2 ( $62,2 \pm 23,1$  Nm) em relação a T0 ( $73,7 \pm 24,0$  Nm). Não houve diferença entre os dois períodos de avaliação pós-operatório. Houve aumento ( $p < 0,01$ ) da FM Ext /Kg em T1 ( $141,9 \pm 35,0$  Nm/Kg) e T2 ( $140,0 \pm 38,6$  Nm/Kg) em relação a T0 ( $125,3 \pm 31,2$  Nm/Kg). Não houve diferença entre os dois períodos de avaliação pós-operatória. Houve aumento ( $p < 0,01$ ) da FM Flex /Kg em T1 ( $67,9 \pm 20,9$  Nm/Kg) e T2 ( $70,2 \pm 21,4$  Nm/Kg) em relação a T0 ( $57,4 \pm 16,8$  Nm/Kg). Houve aumento significativo ( $p < 0,01$ ) da FM Flex /Kg de T2 em relação a T1.

**Tabela 2** - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal dos pacientes com obesidade grave no pré e pós operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)

Pacientes	T 0 (n=123)	T 1 (n=123)	T 2 (n=79)
Ext (Nm)	$160,7 \pm 46$	$140,2 \pm 40,7^*$	$124,6 \pm 42,7^{** ***}$
Ext (Nm/Kg)	$125,3 \pm 31,2$	$141,9 \pm 35,0^*$	$140,0 \pm 38,6^{**}$
Flex (Nm)	$73,7 \pm 24,0$	$63,0 \pm 22,7^*$	$62,2 \pm 23,1^{**}$
Flex (Nm/Kg)	$57,4 \pm 16,8$	$67,9 \pm 20,9^*$	$70,2 \pm 21,4^{** ***}$

Legenda: T0 = pré-operatório; T1 - 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; Ext = extensão; Flex = flexão; Nm = newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal. Diferenças entre os tempos: \* T0 x T1-  $p < 0,01$ ; \*\* T0 x T2-  $p < 0,01$ ; \*\*\*T1 x T2-  $p < 0,01$

### 4.3 CORRELAÇÃO DA FM DE EXTENSÃO E FLEXÃO COM A COMPOSIÇÃO CORPORAL

Os resultados das correlações entre a FM EXT com a composição corporal total e do membro inferior estão na Tabela 3. Observou-se correlação positiva e significativa ( $p < 0,01$ ) entre a FM Ext e a MLG (kg) ( $r=0,65$ ;  $r=0,71$ ;  $r=0,66$ ) e a MLGMI (kg) ( $r=0,61$ ;  $r=0,70$ ;  $r=0,63$ ) nos três tempos analisados. Houve correlação positiva e significativa ( $p < 0,01$ ) entre a FM Ext /kg e a MLG% ( $r=0,49$ ;  $r=0,59$ ;  $r=0,46$ ) e a MLGMI% ( $r=0,51$ ;  $r=0,63$ ;  $r=0,49$ ) nos três tempos analisados.

**Tabela 3** - Correlação da força de extensão absoluta e relativa ao peso corporal com a composição corporal total e segmentar dos pacientes com obesidade grave no pré e pós operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)

<b>Extensão</b>	<b>T 0 (n=123)</b>	<b>T 1 (n=123)</b>	<b>T 2 (n=79)</b>
<b>(Nm)</b>			
MLG (kg)	0,65**	0,71**	0,66**
MLGMI (kg)	0,61**	0,70**	0,63**
MG (kg)	0,22*	0,005	0,2
MGMI (kg)	0,09	0,006	0,06
<b>(Nm/Kg)</b>			
MLG (%)	0,49**	0,59**	0,46**
MLGMI (%)	0,51**	0,63**	0,49**
MG (%)	(-0,49)**	(-0,59)**	(-0,46)**
MGMI (%)	(-0,51)**	(-0,63)**	(-0,49)**

Legenda: T0 = pré-operatório; T1 - 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; Nm= newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal; MLG = massa livre de gordura; MG = massa gorda; MLGMI = massa livre de gordura do membro inferior; MGMI = massa gorda do membro inferior. \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

Os resultados das correlações entre a FM Flex com a composição corporal total e do membro inferior estão na Tabela 4. Observou-se correlação positiva e significativa ( $p < 0,01$ ) entre a FM Flex, a MLG(kg) ( $r=0,54$ ;  $r=0,59$ ;  $r=0,63$ ) e a MLGMI (kg) ( $r=0,54$ ;  $r=0,59$ ;  $r=0,59$ ) nos três tempos analisados. Observou-se correlação positiva e significativa ( $p < 0,01$ ) entre a FM Flex /kg, a MLG% ( $r=0,49$ ;  $r=0,54$ ;  $r=0,50$ ) e a MLGMI% ( $r=0,42$ ;  $r=0,57$ ;  $r=0,53$ ) nos três tempos analisados.

**Tabela 4** - Correlação da força de flexão absoluta e relativa ao peso corporal com a composição corporal total e segmentar dos pacientes com obesidade grave no pré e pós-operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)

Flexão	T 0 (n=123)	T 1 (n=123)	T 2 (n=79)
<b>(Nm)</b>			
MLG (kg)	0,54**	0,59**	0,63**
MLGMI (kg)	0,54**	0,59**	0,59**
MG (kg)	0,97	(-0,41)*	0,08
MGMI (kg)	0,1	(-0,1)	(-0,04)
<b>(Nm/Kg)</b>			
MLG (%)	0,49**	0,54**	0,50**
MLGMI (%)	0,42**	0,57**	0,53**
MG (%)	(-0,49)**	(-0,55)**	(-0,50)**
MGMI (%)	(-0,42)**	(-0,46)**	(-0,53)**

Legenda: T0 = pré-operatório; T1 - 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; Nm = newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal; MLG = massa livre de gordura; MG = massa gorda; MLGMI = massa livre de gordura do membro inferior; MGMI = massa gorda do membro inferior. \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

#### 4.4 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL DE ACORDO COM O GÊNERO

Os resultados da composição corporal de acordo com o gênero (M = mulher; H=homem) estão na tabela 5.

Grupo M: Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre todos os parâmetros da composição corporal no pós-operatório. Observou-se redução ( $p < 0,05$ ) da MLG (kg) em T1 ( $50,3 \pm 6,2$ ) e T2 ( $48,6 \pm 6,2$ ) em relação a T0 ( $57,4 \pm 7,2$ ). Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) da MLG entre os dois períodos de avaliação no pós-operatório. Observou-se redução ( $p < 0,05$ ) da MLGMI (kg) em T1 ( $14,6 \pm 2,5$ ) e T2 ( $14,2 \pm 2,4$ ) em relação a T0 ( $16,5 \pm 2,5$ ). Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) da MLGMI (Kg) entre os dois períodos de avaliação no pós-operatório.

Grupo H: Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre todos os parâmetros da composição corporal em relação ao pré-operatório. Observou-se redução ( $p < 0,05$ ) da MLG (kg) em T1 ( $69 \pm 9,0$ ) e T2 ( $67,1 \pm 9,5$ ) em relação a T0 ( $75,5 \pm 9,6$ ). Não houve redução ( $p > 0,05$ ) da MLG entre os dois períodos de avaliação no pós-operatório. Observou-se redução ( $p < 0,05$ ) da MLGMI (kg) em T1 ( $20,3 \pm 3,2$ ) e T2 ( $20,1 \pm 3,1$ ) em relação a T0 ( $22,5 \pm 3,3$ ). Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) da MLGMI (Kg) entre os dois períodos de avaliação no pós-operatório.

**Tabela 5** - Resultados das medidas antropométricas, da composição corporal total e segmentar dos pacientes de acordo com o gênero no pré e pós-operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)

M (n=61)	T0	T1	T2
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	46,9 ± 4,6	34,4 ± 4,2*	32,8 ± 4,6**
MLG (%)	48,2 ± 3,4	58,4 ± 5,4*	59,3 ± 6,8**
MG (%)	51,7 ± 3,4	41,7 ± 5,4*	40,7 ± 6,8**
MLG (Kg)	57,4 ± 7,2	50,3 ± 6,2*	48,6 ± 6,2**
MG (Kg)	61,7 ± 8,8	36,4 ± 8,7*	34,2 ± 10**
MLGMI (Kg)	16,5 ± 2,5	14,6 ± 2,5*	14,2 ± 2,4**
MGMI (Kg)	17,1 ± 3,5	10,9 ± 2,7*	10,4 ± 3,3**
H (n=18)	T0	T1	T2
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	47,9 ± 4,6	33,6 ± 3,4*	33,9 ± 5,3**
MLG (%)	52,7 ± 4,4	68,9 ± 6,5*	67,3 ± 8,5**
MG (%)	47,3 ± 4,4	31,1 ± 6,5*	32,7 ± 8,5**
MLG (Kg)	75,5 ± 9,6	69 ± 9,0*	67,1 ± 9,5**
MG (Kg)	68,4 ± 13,4	31,6 ± 8,3*	34,1 ± 13,4**
MLGMI (Kg)	22,5 ± 3,3	20,3 ± 3,2*	20,1 ± 3,1**
MGMI (Kg)	17,1 ± 4,5	8,7 ± 2,5*	9,3 ± 3,5**

Legenda: T0 = pré-operatório; T1 - 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia: Ext = extensão; Flex = flexão; Nm= newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal.. Diferenças entre os tempos: \* T0 x T1- p<0,01; \*\* T0 x T2- p<0,01; \*\*\*T1 x T2- p<0,01

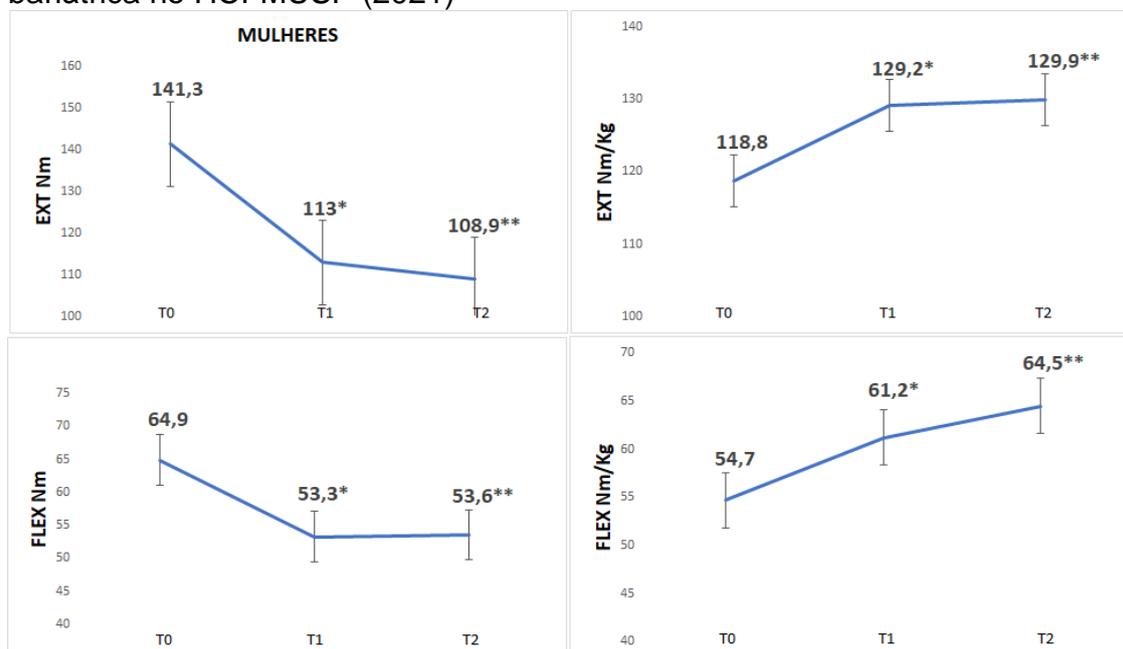
#### 4.5 AVALIAÇÃO DA FM DE ACORDO COM O GÊNERO

Os resultados da avaliação da FM de Ext e Flex do grupo M estão no Gráfico 2. Houve diminuição ( $p < 0,05$ ) da FM Ext em T1 ( $113,0 \pm 26,2$  Nm) e T2 ( $108,9 \pm 25,1$  Nm) em relação a T0 ( $141,3 \pm 31,1$  Nm) e da FM Flex em T1 ( $53,3 \pm 12,7$  Nm) e T2 ( $53,6 \pm 11,4$  Nm) em relação a T0 ( $64,9 \pm 15,9$  Nm). Não houve diferença entre os dois períodos de avaliação pós-operatória.

Houve aumento ( $p < 0,05$ ) da FM Ext /Kg em T1 ( $129,2 \pm 31,1$  Nm/Kg) e T2 ( $129,9 \pm 31,2$  Nm/Kg) em relação a T0 ( $118,8 \pm 25,7$  Nm/Kg). Não houve diferença entre os dois períodos de avaliação pós-operatório.

Observou-se aumento ( $p < 0,05$ ) da FM Flex /Kg em T1 ( $61,2 \pm 15,4$  Nm/Kg) e T2 ( $64,5 \pm 15,7$  Nm/Kg) em relação a T0 ( $54,7 \pm 13,9$  Nm/Kg). Não houve diferença entre os dois períodos de avaliação pós-operatória.

**Gráfico 2** - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal das mulheres no pré e pós-operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)



Legenda: T0 = pré-operatório; T1 - 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; Ext = extensão; Flex = flexão; Nm= newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal.. Diferenças entre os tempos: \* T0 x T1-  $p < 0,01$ ; \*\* T0 x T2-  $p < 0,01$ ; \*\*\*T1 x T2-  $p < 0,01$

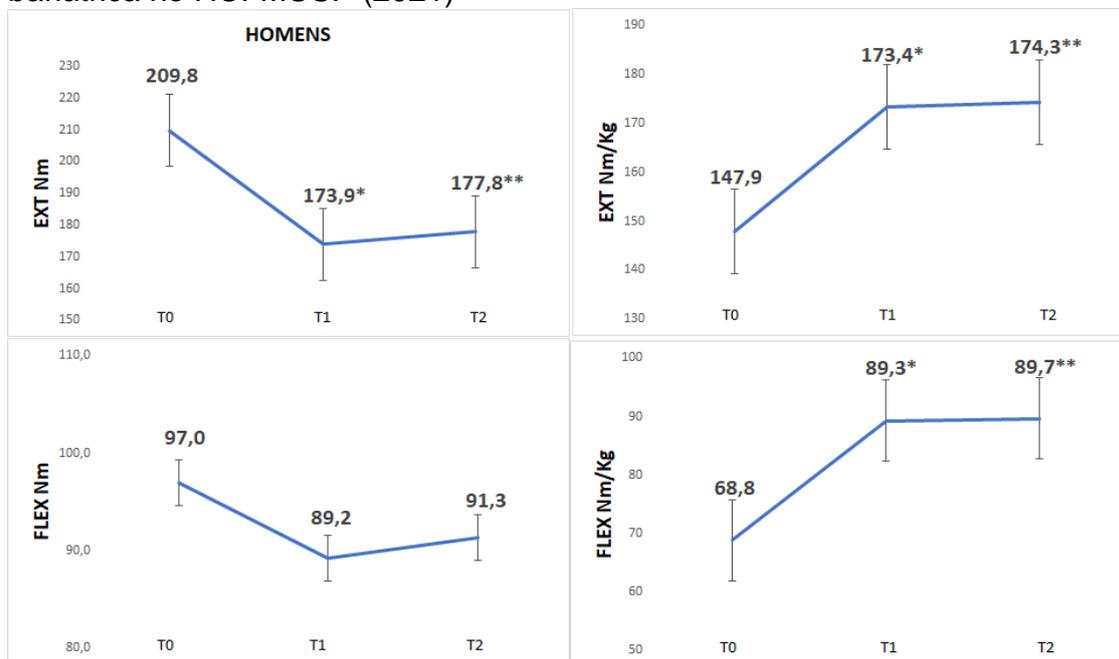
Os resultados da avaliação da FM de Ext e Flex do grupo H estão no Gráfico 3.

Houve redução ( $p < 0,05$ ) da FM Ext em T1 ( $173,9 \pm 37$  Nm) e T2 ( $177,8 \pm 45,7$  Nm) em relação a T0 ( $209,8 \pm 38,8$  Nm). Não houve diferença entre os dois períodos de avaliação pós-operatória. Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) da FM Flex entre três períodos de avaliação analisados.

Houve aumento ( $p < 0,05$ ) da FM Ext /kg em T1 ( $173,4 \pm 30,9$  Nm/Kg) e T2 ( $174,3 \pm 40,7$  Nm/Kg) em relação ao pré-operatório T0 ( $147,9 \pm 30,6$  Nm/Kg). Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os dois períodos de avaliação pós-operatório.

Houve aumento ( $p < 0,05$ ) da FM Flex /kg em T1 ( $89,3 \pm 22,4$  Nm/Kg) e T2 ( $89,7 \pm 25,8$  Nm/Kg) em relação ao pré-operatório ( $68,8 \pm 17,8$  Nm/Kg). Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os dois períodos de avaliação pós-operatório.

**Gráfico 3** - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal dos homens no pré e pós operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)



Legenda: T0 = pré-operatório; T1 - 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; Ext = extensão; Flex = flexão; Nm= newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal.. Diferenças entre os tempos: \* T0 x T1-  $p < 0,01$ ; \*\* T0 x T2-  $p < 0,01$ ; \*\*\*T1 x T2-  $p < 0,01$

#### 4.6 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL DE ACORDO COM A GRAVIDADE DA OBESIDADE

Os resultados da composição corporal de acordo com a gravidade da obesidade pré-operatória estão na tabela 6.

GRUPO OBESO MORBIDO (OM): houve diferença ( $p < 0,01$ ) entre todos os parâmetros da composição corporal no pós-operatório. Observou-se diminuição ( $p < 0,01$ ) da MLG (kg) em T1 ( $54,0 \pm 10,7$ ) e T2 ( $52,2 \pm 9,8$ ) em relação a T0 ( $60,0 \pm 10,5$ ). Houve redução ( $p < 0,01$ ) da MLG em T2 em relação a T1. Observou-se redução ( $p < 0,01$ ) da MLGMI (kg) em T1 ( $15,7 \pm 3,6$ ) e T2 ( $15,2 \pm 3,4$ ) em relação a T0 ( $17,6 \pm 3,6$ ). Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) na MLGMI entre os dois períodos de avaliação pós-operatório.

GRUPO SUPEROBESO (SO): Houve diferença ( $p < 0,01$ ) entre todos os parâmetros da composição corporal em relação ao pré-operatório (T0 X T1 e T0 X T2). Não houve diferença na composição corporal entre os dois períodos de avaliação no pós-operatório em todas as variáveis obtidas.

**Tabela 6** - Resultados da composição corporal total e segmentar dos pacientes de acordo com o grau de obesidade no pré e pós operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)

(OM) (n=59)	T 0	T 1	T 2
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	45,0 ± 3,1	33,1 ± 3,3*	32,1 ± 4,1**
MLG (%)	50,2 ± 4,2	61,9 ± 7,0*	62,4 ± 7,7**
MG (%)	49,8 ± 4,2	38,1 ± 7,0*	37,6 ± 7,7**
MLG (Kg)	60,0 ± 10,5	54,0 ± 10,7*	52,2 ± 9,8** ***
MG (Kg)	59,4 ± 7,6	33,2 ± 7,6*	32,1 ± 9,4**
MLGMI (Kg)	17,6 ± 3,6	15,7 ± 3,6*	15,2 ± 3,4** ***
MGMI (Kg)	15,8 ± 2,4	9,6 ± 2,2*	9,3 ± 2,6**

(SO) (n=20)	T0	T1	T2
IMC(Kg/m <sup>2</sup> )	53,5 ± 2,1	37,6 ± 4,4*	36,1 ± 5,6**
MLG (%)	46,8 ± 2,8	57,5 ± 7,1*	57,7 ± 8,0**
MG (%)	53,2 ± 2,8	42,5 ± 7,1*	42,3 ± 8,0**
MLG (Kg)	66,1 ± 11,5	56,3 ± 10,2*	54,4 ± 13,0**
MG (Kg)	74,7 ± 9,5	41,7 ± 9,5*	40,5 ± 12,9**
MLGMI (Kg)	18,7 ± 4,4	16,3 ± 3,8*	16,2 ± 4,2**
MGMI (Kg)	20,7 ± 4,6	12,5 ± 3,2*	12,2 ± 4,2**

Legenda: T0 = pré-operatório; T1 - 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; IMC = índice de massa corpórea; MLG = massa livre de gordura; MG = massa gorda; MLGMI = massa livre de gordura dos membros inferiores; OM = obeso morbido; SO = superobeso; MGMI = massa gorda dos membros inferiores. Diferenças entre os tempos: \* T0 x T1-  $p < 0,01$ ; \*\* T0 x T2-  $p < 0,01$ ; \*\*\*T1 x T2-  $p < 0,01$

#### 4.7 AVALIAÇÃO DA FM DE ACORDO COM A GRAVIDADE DE OBESIDADE

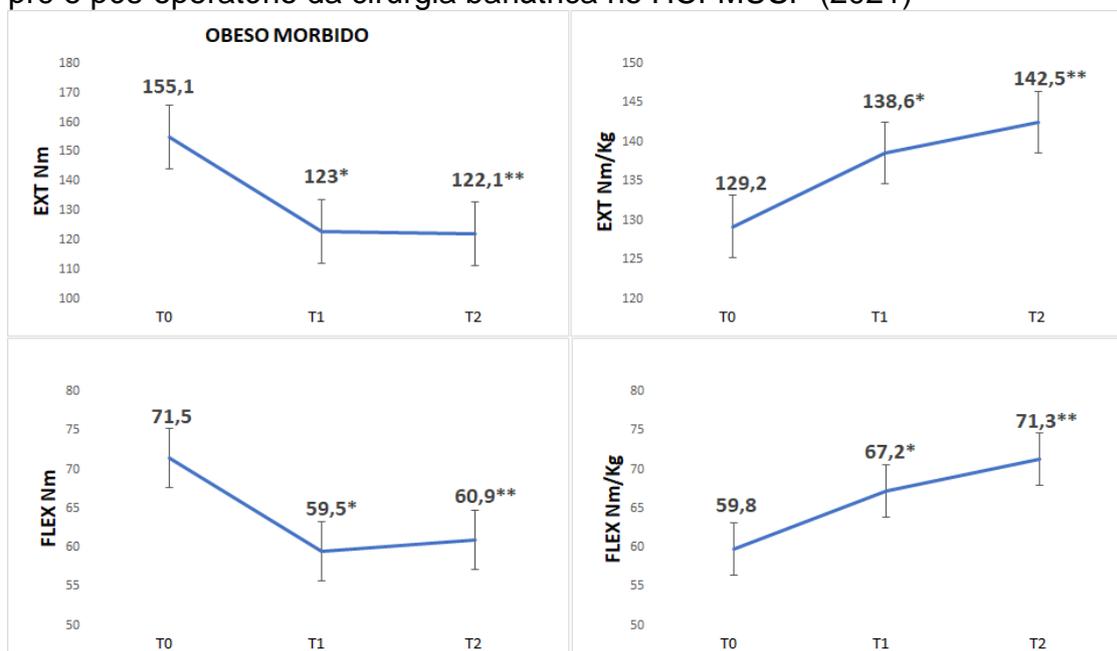
##### GRUPO OM

Os resultados da avaliação da FM de Ext e Flex do Grupo OM estão no Gráfico 4. Houve diminuição ( $p < 0,01$ ) da FM Ext em T1 ( $123,0 \pm 40,1$  Nm) e T2 ( $122,1 \pm 37,5$  Nm) em relação a T0 ( $155,1 \pm 42,5$  Nm) e da FM Flex em T1 ( $59,5 \pm 22,9$  Nm) e T2 ( $60,9 \pm 21,4$  Nm) em relação a T0 ( $71,5 \pm 21,1$  Nm). Não houve diferença entre os dois períodos de avaliação pós-operatória.

Observou-se aumento ( $p < 0,01$ ) da FM Ext /Kg em T1 ( $138,6 \pm 39,6$  Nm/Kg) e T2 ( $142,5 \pm 36,8$  Nm/Kg) em relação a T0 ( $129,2 \pm 30,2$  Nm/Kg). Não houve diferença entre os dois períodos de avaliação pós-operatório.

Observou-se aumento ( $p < 0,01$ ) da FM Flex /Kg em T1 ( $67,2 \pm 22,5$  Nm/Kg) e T2 ( $71,3 \pm 20,6$  Nm/Kg) em relação a T0 ( $59,8 \pm 16$  Nm/Kg). Houve aumento ( $p < 0,01$ ) da FM Flex /Kg em T2 em relação a T1.

**Gráfico 4** - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal dos pacientes de acordo com o grau de obesidade no pré e pós-operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)



Legenda: T0 = pré-operatório; T1 - 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; Ext = extensão; Flex = flexão; Nm= newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal.. Diferenças entre os tempos: \* T0 x T1-  $p < 0,01$ ; \*\* T0 x T2-  $p < 0,01$ ; \*\*\*T1 x T2-  $p < 0,01$

## GRUPO SO

Os resultados da avaliação da FM de Ext e Flex do Grupo SO no Gráfico 5.

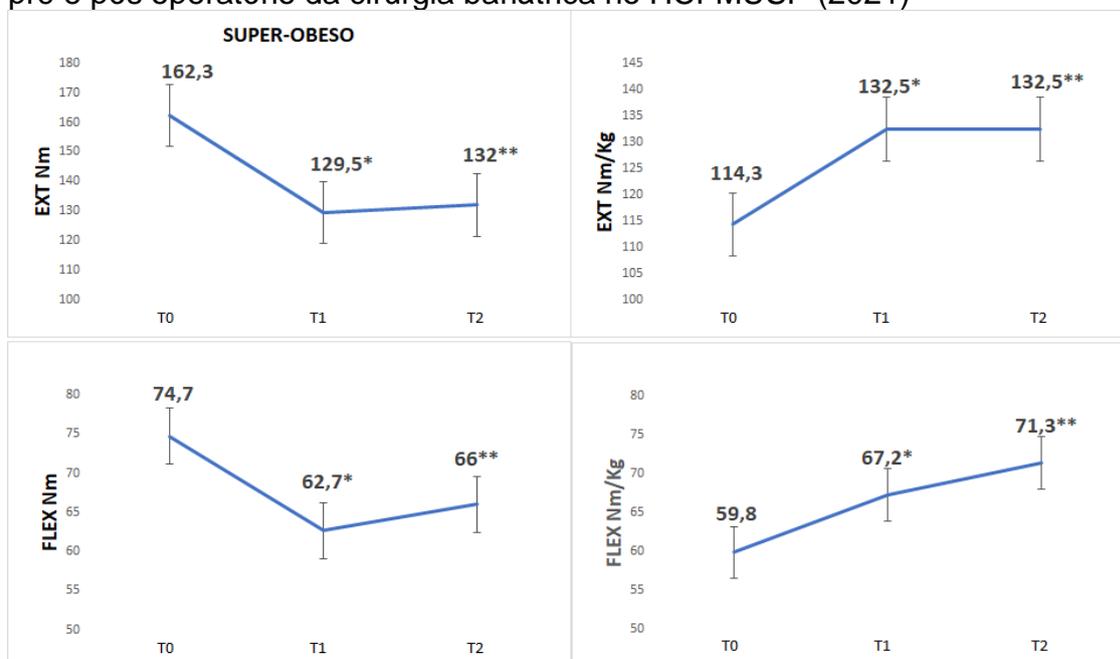
Houve redução ( $p < 0,01$ ) da FM Ext em T1 ( $129,5 \pm 43,2$  Nm) e T2 ( $132,0 \pm 55,7$  Nm) em relação a T0 ( $162,3 \pm 49,0$  Nm) e da FM Flex em T1 ( $62,7 \pm 23,7$  Nm) e T2 ( $66,0 \pm 27,8$  Nm) em relação a T0 ( $74,7 \pm 25,2$  Nm). Não houve diferença entre os dois períodos de avaliação pós-operatória.

Houve aumento ( $p < 0,01$ ) da FM Ext /kg em T1 ( $132,5 \pm 38,7$  Nm/Kg) e T2 ( $132,5 \pm 43,7$  Nm/Kg) em relação ao pré-operatório ( $114,3 \pm 25,9$  Nm/Kg). Não houve diferença ( $p > 0,01$ ) entre os dois períodos de avaliação pós-operatório (T1 X T2).

Houve aumento ( $p < 0,01$ ) da FM Flex /kg em T1 ( $64,2 \pm 21,2$  Nm/Kg) e T2 ( $67,2 \pm 23,9$  Nm/Kg) em relação ao pré-operatório ( $52,5 \pm 13,8$  Nm/Kg). Não houve

diferença ( $p>0,01$ ) entre os dois períodos de avaliação pós-operatório (T1 X T2).

**Gráfico 5** - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal dos pacientes de acordo com o grau de obesidade no pré e pós operatório da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)



Legenda: T0 = pré-operatório; T1 - 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; Ext = extensão; Flex = flexão; Nm= newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal.. Diferenças entre os tempos: \* T0 x T1-  $p<0,01$ ; \*\* T0 x T2-  $p<0,01$ ; \*\*\*T1 x T2-  $p<0,01$

#### 4.8 AVALIAÇÃO DA FM DE ACORDO COM O RESULTADO DO TRATAMENTO CIRÚRGICO

79 pacientes foram avaliados nos 3 tempos. 59 (74,6%) pacientes atingiram o sucesso cirúrgico (GS), sendo 46 mulheres (GSM) e 13 homens (GSH). 20 pacientes (25,4%) não atingiram o sucesso cirúrgico (GI), sendo 15 mulheres (GIM) e 5 homens (GIH). 59 pacientes eram OM e 20 SO no pré-operatório. 45 pacientes OM (76,3%) e 14 pacientes SO (70%) atingiram o sucesso cirúrgico (GS).

Os resultados das características antropométricas e da FM de Ext e Flex de acordo com o resultado do tratamento cirúrgico estão na tabela 7.

Houve diferenças significativas entre os períodos de avaliação nos dois grupos, com relação IMC, FM de Ext e Flex.

No GS houve diminuição ( $p < 0,05$ ) da FM Ext em T1 ( $122,6 \pm 32,3$ ) e T2 ( $120,6 \pm 39,4$  Nm) em relação ao pré-operatório T0 ( $155,5 \pm 40$  Nm). Não houve diferença ( $p = 0,44$ ) entre os dois períodos de avaliação pós-operatório.

No GI houve diminuição ( $p < 0,05$ ) da FM Ext em T1 ( $130,6 \pm 57,7$  Nm) e T2 ( $136,4 \pm 48,3$  Nm) em relação ao pré-operatório T0 ( $161,2 \pm 51,5$  Nm). Não houve diferença ( $p = 0,47$ ) entre os dois períodos de avaliação pós-operatório.

No GS houve diminuição ( $p < 0,05$ ) da FM Flex em T1 ( $59,0 \pm 17,7$  Nm) e T2 ( $60,9 \pm 21,2$  Nm) em relação ao pré-operatório T0 ( $71,6 \pm 21,1$  Nm). Não houve diferença ( $p = 0,30$ ) entre os dois períodos de avaliação pós-operatório.

No GI houve diminuição ( $p < 0,05$ ) da FM Flex em T1 ( $64,3 \pm 33,4$  Nm) e T2 ( $66 \pm 27,1$  Nm) em relação ao pré-operatório T0 ( $74,3 \pm 24,2$  Nm). Não houve diferença ( $p = 0,6$ ) entre os dois períodos de avaliação pós-operatório.

No GS houve aumento ( $p < 0,05$ ) da FM Ext /Kg em T1 ( $140,5 \pm 32,3$  Nm/ kg) e T2 ( $144,9 \pm 39,8$  Nm / Kg) em relação ao pré operatório T0 ( $125,4 \pm 28,4$  Nm /Kg). Não houve diferença ( $p = 0,5$ ) entre os dois períodos de avaliação pós-operatório.

No GI não houve diferença ( $p > 0,05$ ) da FM Ext /Kg nos três períodos de avaliação (T0  $125,3 \pm 32,6$  Nm /Kg x T1  $133,7 \pm 45,2$  Nm /Kg x T2  $125,5 \pm 29,2$  Nm /Kg).

No GS houve aumento ( $p < 0,05$ ) da FM Flex /Kg em T1 ( $67,7 \pm 17,8$  Nm /Kg) e T2 ( $73,6 \pm 21,8$  Nm /Kg) em relação ao pré-operatório T0 ( $57,9 \pm 15,7$  Nm /Kg). Não houve diferença ( $p = 0,25$ ) entre os dois períodos de avaliação pós-operatório.

No GS não houve diferença ( $p > 0,05$ ) da FM Ext /Kg nos três períodos de avaliação (T0  $125,3 \pm 32,6$  Nm /Kg x T1  $133,7 \pm 45,2$  Nm /Kg x T2  $125,5 \pm 29,2$  Nm /Kg).

**Tabela 7** - Resultados das medidas antropométricas e da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal dos pacientes de acordo com o resultado do tratamento cirúrgico no HCFMUSP (2021)

	GS (n=59)			GI (n=20)		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2
Idade (anos)	40,2±10,2	42,4±10,3*	45,5± 10,4** ***	39,5±8,9	41,5±9,2**	44,5±9,1** ***
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	47 ±4,4	33,5±3,4*	31,2±3,3** ***	47,6±5,2	36,4±5,0*	38,8±3,7** ***
Ext. (Nm)	155,5±40,7	122,6±32,3*	120,6±39,4**	161,2±51,5	130,6±57,7*	136,4±48,3**
Flex (Nm)	71,6±21,1	59,0±17,7*	60,9±21,2**	74,3±24,2	64,3±33,4*	66 ± 27,1**
Ext (Nm/kg)	125,4±28,4	140,5±32,3*	144,9±39,8**	125,3±32,6	133,7±45,2	125,5±29,2
Flex (Nm/kg)	57,9±15,7	67,7±17,8*	73,6±21,8**	57,8±16,7	62,6±30,6	60,4±15,8

Legenda: T0 = pré-operatório; T1 = 6 meses; T2 = 36 meses; IMC: índice de massa corporal; Ext: extensão; Flex: flexão; Nm: newton-metro; Nm/kg: newton-metro/peso corporal. Diferenças entre os tempos \* T0 x T1-  $p < 0,05$ ; \*\* T0 x T2-  $p < 0,05$ ; \*\*\* T1 x T2-  $p < 0,05$

Os resultados da comparação da FM Ext e Flex de acordo com o resultado do tratamento cirúrgico estão no gráfico 6.

Não houve diferença significativa ( $p=0,61$ ) entre a FM EXT do GS em T0 ( $155,5 \pm 40,7$  Nm) em relação ao GI ( $161,2 \pm 51,5$  Nm) e da da FM Flex ( $p = 0,63$ ) em T0 ( $71,6 \pm 21,1$  Nm) em relação ao GI ( $74,3 \pm 24,2$  Nm).

Não houve diferença significativa ( $p=0,45$ ) entre a FM EXT do GS em T1 ( $122,6 \pm 32,3$  Nm) em relação ao GI ( $130,6 \pm 57,7$  Nm) e da da FM Flex ( $p= 0,37$ ) em T1 ( $59,0 \pm 17,7$  Nm) em relação ao GI ( $64,3 \pm 33,4$  Nm).

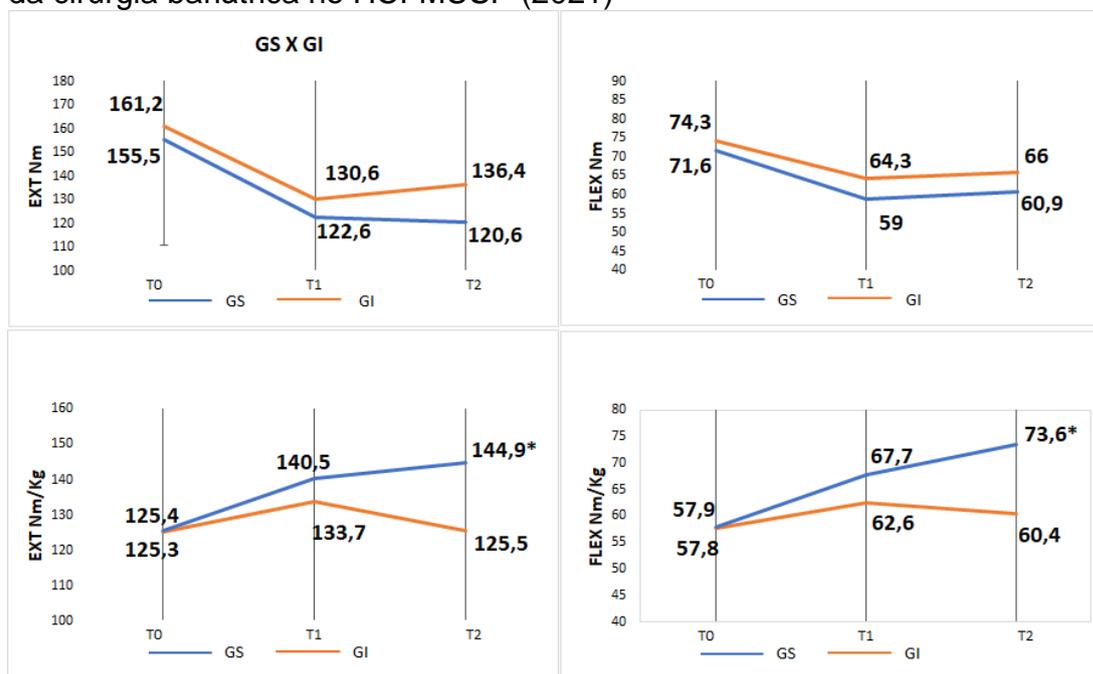
Não houve diferença significativa ( $p=0,15$ ) entre a FM EXT do GS em T2 ( $120,6 \pm 39,4$  Nm) em relação ao GI ( $136,4 \pm 48,3$  Nm) e da FM Flex ( $p = 0,39$ ) em T2 ( $73,6 \pm 21,8$  Nm) em relação ao GI ( $66,0 \pm 27,1$  Nm).

Não houve diferença significativa ( $p=0,98$ ) da FM Ext /Kg do GS em T0 ( $125,4 \pm 28,4$  Nm/Kg) em relação ao GI ( $125,3 \pm 32,6$  Nm/Kg) e da FM Flex /Kg ( $p=0,96$ ) em T0 ( $58 \pm 15,7$  Nm/Kg) em relação ao GI ( $57,8 \pm 16,7$  Nm/Kg).

Não houve diferença significativa ( $p=0,42$ ) da FM Ext /Kg do GS em T1 ( $140,5 \pm 32,3$  Nm/Kg) em relação ao GI ( $133,7 \pm 45,2$  Nm/Kg) e da FM Flex/Kg ( $p=0,74$ ) em T1 ( $67,7 \pm 17,8$  Nm/Kg) em relação ao GI ( $62,6 \pm 30,6$  Nm/Kg).

Houve diferença significativa ( $p=0,04$ ) da FM Ext /Kg do GS em T2 ( $144,9 \pm 39,8$  Nm/Kg) em relação ao GI ( $125,5 \pm 29,2$  Nm/Kg) e da FM Flex Nm/Kg ( $p=0,02$ ) em T2 ( $73,6 \pm 21,8$  Nm/Kg) em relação ao GI ( $60,4 \pm 15,8$  Nm/Kg).

**Gráfico 6** - Resultados da força muscular de extensão e flexão absoluta e relativa ao peso corporal dos pacientes de acordo com sucesso ou insucesso da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)



Legenda: GS = grupo sucesso; GI = grupo insucesso; T0 = pré-operatório; T1 = 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; Ext = extensão; Flex = flexão; Nm = newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal. Diferenças entre os grupos nos tempos T0, T1 e T2. \*  $p < 0,05$

#### 4.9 FM EXT E FLEX DE ACORDO COM O GÊNERO E O RESULTADO DO TRATAMENTO CIRÚRGICO

Os resultados da comparação da FM Ext e Flex de acordo com o gênero estão nos gráficos 7 e 8.

Não houve diferença significativa ( $p=0,49$ ) entre a FM EXT do GSM em T0 ( $141,3 \pm 31,9$  Nm) em relação ao GIM ( $141,5 \pm 28,5$  Nm) e da da FM Flex ( $p = 0,44$ ) em T0 ( $64,7 \pm 15,6$  Nm) em relação ao GI ( $65,5 \pm 16,6$  Nm).

Não houve diferença significativa ( $p=0,20$ ) entre a FM EXT do GSM em T1 ( $111,2 \pm 25,1$  Nm) em relação ao GIM ( $118,6 \pm 28,5$  Nm) e da FM Flex ( $p = 0,24$ ) em T1 ( $52,5 \pm 11,6$  Nm) em relação ao GIM ( $55,6 \pm 15,2$  Nm).

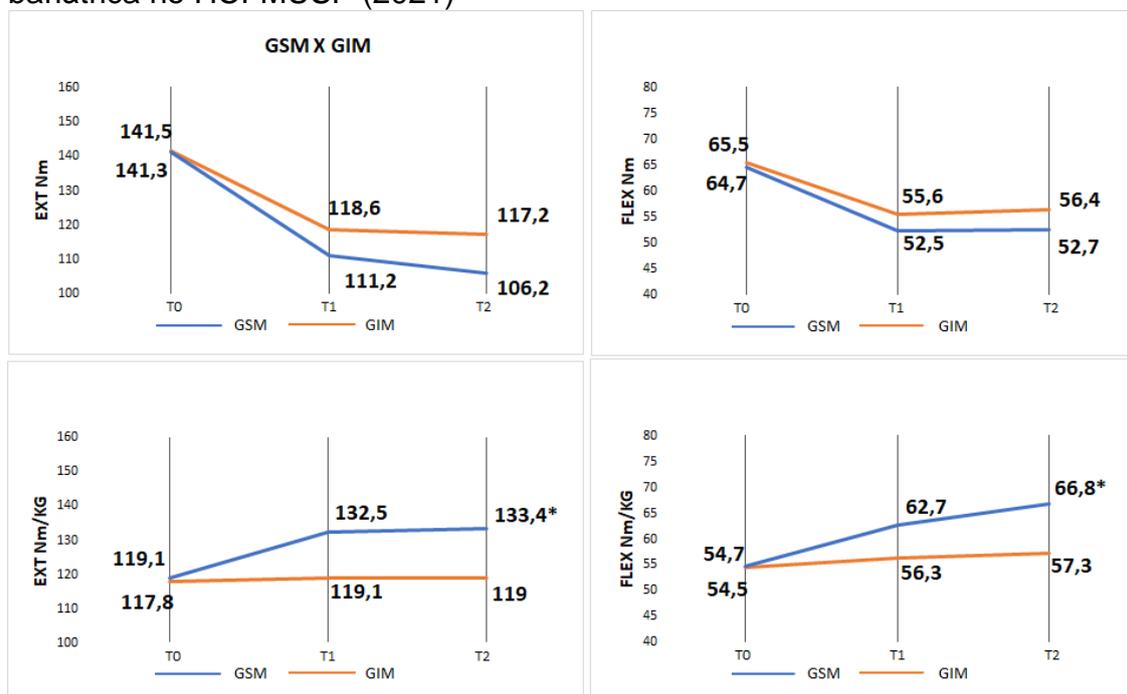
Não houve diferença significativa ( $p=0,07$ ) entre a FM EXT do GSM em T2 ( $106,2 \pm 25,3$  Nm) em relação ao GIM ( $117,2 \pm 22,5$  Nm) e da da FM Flex ( $p = 0,17$ ) em T2 ( $52,7 \pm 10,7$  Nm) em relação ao GIM ( $56,4 \pm 13,0$  Nm).

Não houve diferença significativa ( $p=0,44$ ) da FM Ext/ kG do GSM em T0 ( $119,1 \pm 24,7$  Nm/Kg) em relação ao GIM ( $117,8 \pm 28,4$  Nm/Kg) e da FM Flex /Kg ( $p=0,48$ ) em T0 ( $54,8 \pm 13,0$  Nm/Kg) em relação ao GIM ( $54,5 \pm 16,5$  Nm/Kg).

Não houve diferença significativa ( $p=0,10$ ) da FM Ext /Kg do GSM em T1 ( $132,5 \pm 29,1$  Nm/Kg) em relação ao GIM ( $119,1 \pm 34,6$  Nm/Kg) e da FM Flex/Kg ( $p=0,13$ ) em T1 ( $62,8 \pm 13,6$  Nm/Kg) em relação ao GIM ( $56,3 \pm 19$  Nm/Kg).

Houve diferença significativa ( $p=0,03$ ) da FM Ext /Kg do GSM em T2 ( $133,4 \pm 31,5$  Nm/Kg) em relação ao GIM ( $119,0 \pm 26,9$  Nm/Kg) e da FM Flex /Kg ( $p=0,02$ ) em T2 ( $66,9 \pm 15,3$  Nm/Kg) em relação ao GIM ( $57,3 \pm 14,5$  Nm/Kg).

**Gráfico 7** - Resultados da força muscular absoluta e relativa ao peso corporal na extensão e flexão das mulheres de acordo com o resultado da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)



Legenda: GSM = grupo sucesso mulheres; GIM = grupo insucesso mulheres; T0 = pré-operatório; T1 = 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; Ext = extensão; Flex = flexão; Nm = newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal. Diferenças entre os grupos nos tempos T0, T1 e T2. \*  $p < 0,05$

Não houve diferença significativa ( $p=0,31$ ) entre a FM EXT do GSM em T0 ( $204,3 \pm 25,4$  Nm) em relação ao GIM ( $220,4 \pm 54,1$  Nm) e da FM Flex ( $p = 0,33$ ) em T0 ( $94,6 \pm 19,7$  Nm) em relação ao GIM ( $100,7 \pm 22,0$  Nm). Não houve diferença significativa ( $p=0,46$ ) entre a FM EXT do GSM em T1 ( $162,4 \pm 21,2$  Nm) em relação ao GIM ( $208,5 \pm 46,9$  Nm) e da FM Flex ( $p = 0,38$ ) em T1 ( $81,8 \pm 16,4$  Nm) em relação ao GIM ( $90,3 \pm 49,0$  Nm).

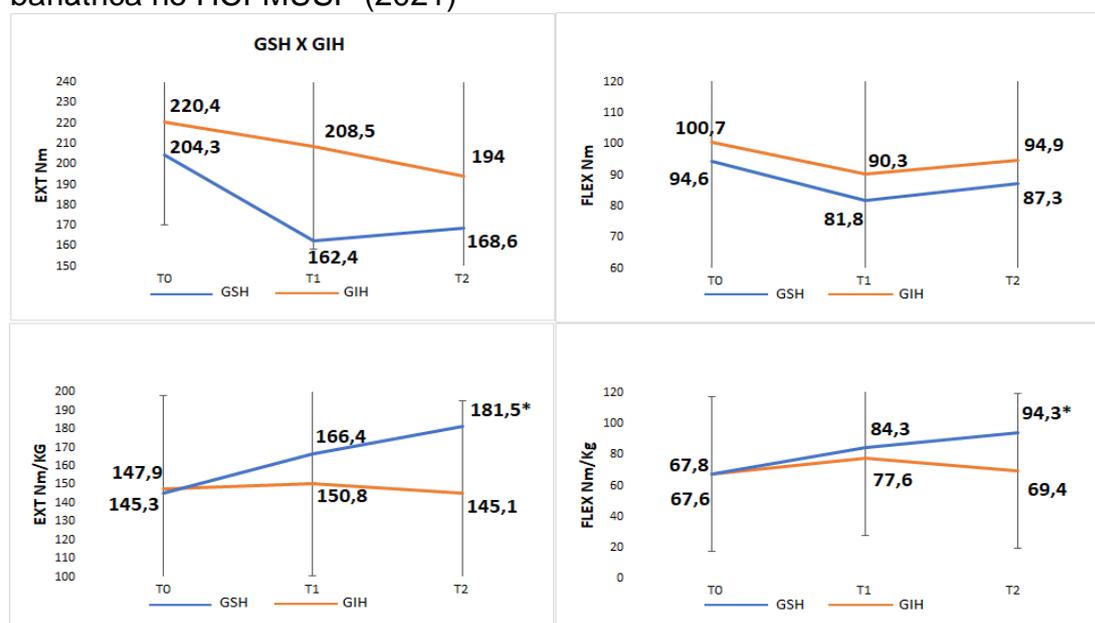
Não houve diferença significativa ( $p=0,22$ ) entre a FM EXT do GSM em T2 ( $168,6 \pm 36,6$  Nm) em relação ao GIM ( $193,9 \pm 53,1$  Nm) e da FM Flex ( $p = 0,35$ ) em T2 ( $87,3 \pm 22,0$  Nm) em relação ao GIM ( $94,9 \pm 33,1$  Nm).

Não houve diferença significativa ( $p=0,45$ ) da FM Ext /Kg do GSH em T0 ( $145,3 \pm 27,8$  Nm/Kg) em relação ao GIH ( $147,9 \pm 31,0$  Nm/Kg) e da FM Flex /Kg ( $p=0,49$ ) em T0 ( $67,8 \pm 18,4$  Nm/Kg) em relação ao GIH ( $67,6 \pm 12,3$  Nm/Kg).

Não houve diferença significativa ( $p=0,36$ ) da FM Ext /Kg do GSH em T1 ( $166,4 \pm 25,6$  Nm/Kg) em relação ao GIH ( $150,8 \pm 75,4$  Nm/Kg) e da FM Flex /Kg ( $p=0,45$ ) em T1 ( $84,3 \pm 19,5$  Nm/Kg) em relação ao GIH ( $81,7 \pm 42,6$  Nm/Kg).

Houve diferença significativa ( $p=0,03$ ) da FM Ext /Kg do GSH em T2 ( $181,5 \pm 37,0$  Nm/Kg) em relação ao GIH ( $145,1 \pm 24,9$  Nm/Kg) e da FM Flex /Kg ( $p=0,02$ ) em T2 ( $94,3 \pm 22,0$  Nm/Kg) em relação ao GIH ( $69,4 \pm 14,8$  Nm/Kg).

**Gráfico 8** - Resultados da força muscular absoluta e relativa ao peso corporal na extensão e flexão dos homens de acordo com o resultado da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)



Legenda: GSH = grupo sucesso homens; GIH = grupo insucesso homens; T0 = pré-operatório; T1 = 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; Ext = extensão; Flex = flexão; Nm = newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal. Diferenças entre os grupos nos tempos T0, T1 e T2. \*  $p<0,05$

#### 4.10 FM EXT E FLEX DE ACORDO COM A GRAVIDADE PRÉ-OPERATÓRIA DA OBESIDADE E O RESULTADO DO TRATAMENTO CIRÚRGICO

Os resultados da comparação da FM Ext e Flex de acordo com a gravidade pré-operatória da obesidade e o resultado do tratamento cirúrgico estão no gráfico 9 e 10.

Não houve diferença significativa ( $p=0,21$ ) entre a FM EXT do GSOM em T0 ( $152,3 \pm 39,6$  Nm) em relação ao GIOM ( $164,0 \pm 48,2$  Nm) e da FM Flex ( $p = 0,13$ ) em T0 ( $69,5 \pm 20,0$  Nm) em relação ao GIOM ( $77,6 \pm 22,7$  Nm).

Não houve diferença significativa ( $p=0,26$ ) entre a FM EXT do GSOM em T1 ( $120,3 \pm 30,6$  Nm) em relação ao GIOM ( $131,5 \pm 59,6$  Nm) e da FM Flex ( $p = 0,21$ ) em T1 ( $57,6 \pm 16,7$  Nm) em relação ao GIOM ( $65,6 \pm 34,9$  Nm).

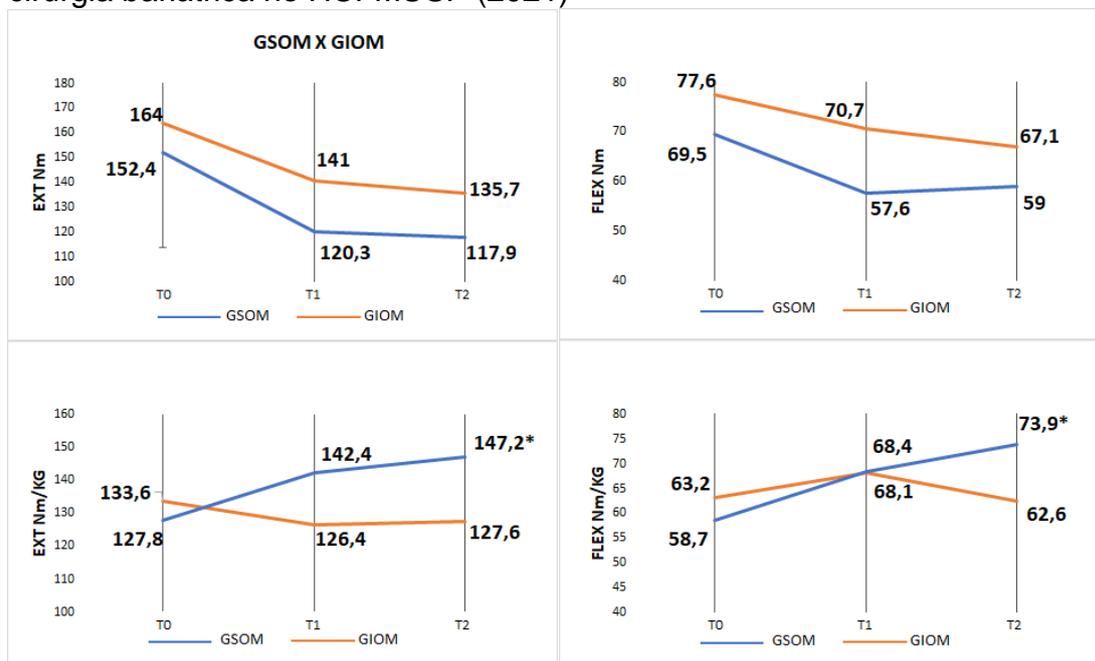
Não houve diferença significativa ( $p=0,08$ ) entre a FM EXT do GSOM em T2 ( $117,9 \pm 35,0$  Nm) em relação ao GIOM ( $135,6 \pm 40,4$  Nm) e da FM Flex ( $p = 0,27$ ) em T2 ( $59 \pm 19,5$  Nm) em relação ao GIOM ( $67,1 \pm 25,0$  Nm).

Não houve diferença significativa ( $p=0,27$ ) da FM Ext /Kg do GSOM em T0 ( $127,7 \pm 29,6$  Nm/Kg) em relação ao GIOM ( $133,6 \pm 30,4$  Nm/Kg) e da FM Flex /Kg ( $p=0,18$ ) em T0 ( $58,7 \pm 16,5$  Nm/Kg) em relação ao GIOM ( $63,2 \pm 15,4$  Nm/Kg).

Não houve diferença significativa ( $p=0,15$ ) da FM Ext /Kg do GSOM em T1 ( $142,4 \pm 33,2$  Nm/Kg) em relação ao GIOM ( $126,4 \pm 52,6$  Nm/Kg) e da FM Flex /Kg ( $p=0,28$ ) em T1 ( $68,4 \pm 18,4$  Nm/Kg) em relação ao GIOM ( $63,2 \pm 31,3$  Nm/Kg).

Houve diferença significativa ( $p=0,02$ ) da FM Ext /Kg do GSOM em T2 ( $147,2 \pm 37,9$  Nm/Kg) em relação ao GIOM ( $127,6 \pm 26,3$  Nm/Kg) e da FM Flex /Kg ( $p=0,02$ ) em T2 ( $74 \pm 21,2$  Nm/Kg) em relação ao GIOM ( $62,6 \pm 14,7$  Nm/Kg).

**Gráfico 9** - Resultados da força muscular absoluta e relativa ao peso corporal na extensão e flexão dos pacientes obesos de acordo com o resultado da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)



Legenda: GSOM = grupo sucesso obeso morbido; GIOM = grupo insucesso obeso morbido; T0 = pré-operatório; T1 = 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; Ext = extensão; Flex = flexão; Nm = newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal. Diferenças entre os grupos nos tempos T0, T1 e T2. \*  $p < 0,05$

Houve diferença significativa ( $p=0,02$ ) entre a FM EXT do GSSO em T0 ( $165,5 \pm 42,3$  Nm) em relação ao GISO ( $130,5 \pm 21,3$  Nm) e da FM Flex ( $p = 0,05$ ) em T0 ( $78,1 \pm 23,0$  Nm) em relação ao GISO ( $55,6 \pm 8,7$  Nm).

Não houve diferença significativa ( $p=0,06$ ) entre a FM EXT do GSSO em T1 ( $129,8 \pm 36,4$  Nm) em relação ao GISO ( $106,4 \pm 20,1$  Nm). Houve diferença significativa ( $p=0,03$ ) entre a FM Flex em T1 ( $65,4 \pm 19,8$  Nm) em relação ao GISO ( $48,6 \pm 9,3$  Nm).

Não houve diferença significativa ( $p=0,11$ ) entre a FM EXT do GSSO em T2 ( $129,4 \pm 49,9$  Nm) em relação ao GISO ( $110,5 \pm 13,12$  Nm). Houve diferença

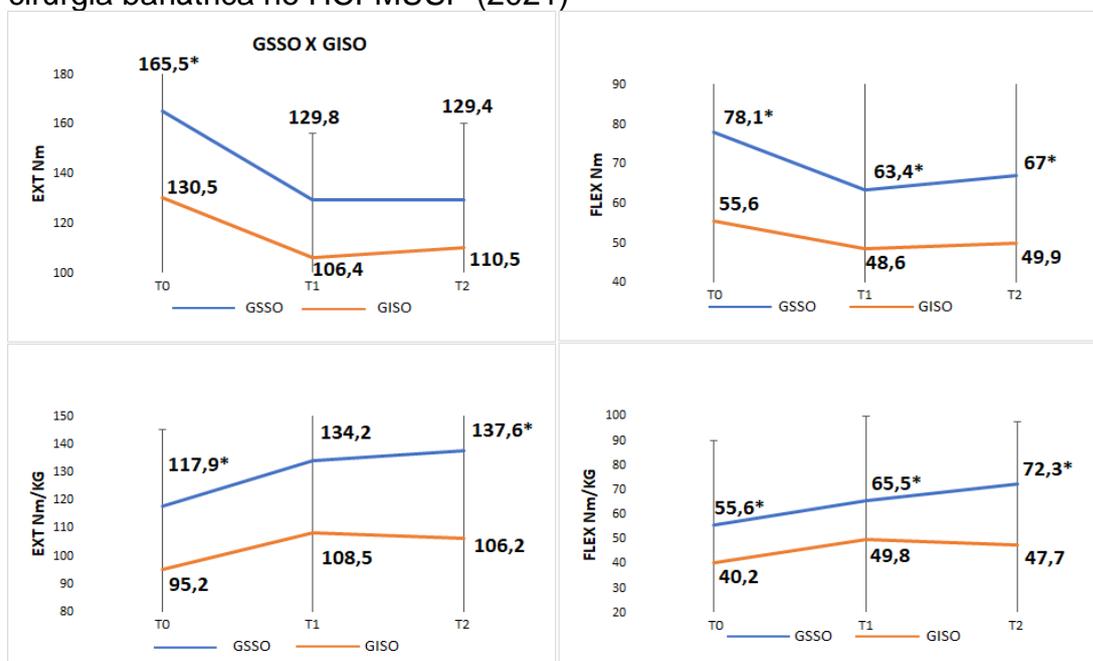
significativa ( $p=0,02$ ) entre a FM Flex em T2 ( $67,0 \pm 25,1$  Nm) em relação ao GISO ( $49,9 \pm 7,3$  Nm).

Houve diferença significativa ( $p=0,04$ ) da FM Ext /Kg do GSSO em T0 ( $117,9 \pm 22,3$  Nm/Kg) em relação ao GISO ( $95,20 \pm 8,7$  Nm/Kg) e da FM Flex /Kg ( $p=0,02$ ) em T0 ( $55,6 \pm 12,7$  Nm/Kg) em relação ao GISO ( $40,2 \pm 5,6$  Nm/Kg).

Não houve diferença significativa ( $p=0,09$ ) da FM Ext /Kg do GSSO em T1 ( $134,2 \pm 28,2$  Nm/Kg) em relação ao GISO ( $108,5 \pm 32,0$  Nm/Kg) e da FM Flex /Kg ( $p=0,055$ ) em T1 ( $65,5 \pm 15,7$  Nm/Kg) em relação ao GISO ( $49,8 \pm 14,7$  Nm/Kg).

Houve diferença significativa ( $p=0,02$ ) da FM Ext /Kg do GSSO em T2 ( $137,6 \pm 44,5$  Nm/Kg) em relação ao GISO ( $106,2 \pm 13,9$  Nm/Kg) e da FM Flex /Kg ( $p=0,001$ ) em T2 ( $72,3 \pm 23,7$  Nm/Kg) em relação ao GISO ( $47,7 \pm 4,5$  Nm/Kg).

**Gráfico 10** - Resultados da força muscular absoluta e relativa ao peso corporal na extensão e flexão dos pacientes superobesos de acordo com o resultado da cirurgia bariátrica no HCFMUSP (2021)



Legenda: GSSO = grupo sucesso superobeso; GISO = grupo insucesso superobeso; T0 = pré-operatório; T1 = 6 meses após cirurgia; T2 = 36 meses após cirurgia; Ext = extensão; Flex = flexão; Nm = newton-metro; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal. Diferenças entre os grupos nos tempos T0, T1 e T2. \*  $p<0,05$

#### 4.11 FM DOS MEMBROS INFERIORES COMO PREDITORA DE SUCESSO CIRÚRGICO

59 pacientes (75%) atingiram sucesso com o tratamento cirúrgico em 36 meses. Dos 59 pacientes, 45 (76%) e 43 (73%) apresentaram aumento da FM de Ext e Flex  $\geq 4$  Nm/kg em 6 meses, respectivamente. Apenas 14 (24%) e 16 (27%) não apresentaram aumento da FM de Ext e Flex, respectivamente, e atingiram o sucesso do tratamento cirúrgico.

No gênero feminino, 46 atingiram o sucesso cirúrgico em 36 meses, sendo que 32 (70%) apresentaram aumento em ambas as FM de Ext e Flex  $\geq 4$  Nm/kg em 6 meses. 14 pacientes (30%) não apresentaram aumento da FM de Ext e Flex em 6 meses, mas obtiveram o sucesso com o tratamento cirúrgico.

No gênero masculino, 13 (100%) atingiram o sucesso do tratamento cirúrgico e apresentaram aumento da FM Ext e Flex  $\geq 4$  Nm/kg em 6 meses.

45 pacientes OM atingiram o sucesso do tratamento cirúrgico em 36 meses, sendo que 34 (75%) e 31 (69%) apresentaram aumento FM de Ext e Flex  $\geq 4$  Nm/kg em 6 meses, respectivamente. Apenas 11 (25%) e 14 (31%) respectivamente, não apresentaram aumento da FM de Ext e Flex e conseguiram atingir o sucesso do tratamento cirúrgico.

14 SO atingiram o sucesso do tratamento cirúrgico em 36 meses, sendo que 11 (79%) e 12 (86%) respectivamente, apresentaram aumento da FM de Ext e Flex  $\geq 4$  Nm/kg em 6 meses. Apenas 3 (21%) e 2 (14%) pacientes

respectivamente, não apresentaram aumento da FM de Ext e Flex e conseguiram atingir o sucesso do tratamento cirúrgico.

**Tabela 8** - Resultados da força muscular relativa de extensão e flexão dos pacientes com sucesso cirúrgico de acordo com o gênero e gravidade da obesidade no HCFMUSP (2021)

<b>EXT Nm/kg</b>	Sucesso n=59	Mulheres n=46	Homens n=13	Obesos n=45	Superobesos n=14
Força 6M <4	14 (24%)	14 (30%)	0 (0%)	11 (25%)	3 (21%)
Força 6M ≥4	45 (76%)	32 (70%)	13 (100%)	34 (75%)	11 (79%)

<b>FLEX Nm/kg</b>	Sucesso	Mulheres	Homens	Obesos	Superobesos
Força 6M <4	16 (27%)	14 (30%)	0 (0%)	14 (31%)	2 (14%)
Força 6M ≥4	43 (73%)	32 (70%)	13(100%)	31 (69%)	12 (86%)

Legenda: Ext = extensão; Flex = flexão; Nm/Kg = newton-metro/peso corporal



## 5 DISCUSSÃO

O estudo teve como objetivo correlacionar a força muscular dos membros inferiores com a composição corporal após cirurgia bariátrica e às possíveis alterações ocasionadas na FM pelo emagrecimento acentuado. A FM dos membros inferiores dos pacientes com superobesidade no pré-operatório apresentam um baixo nível de FM absoluta de Ext e Flex em comparação ao grupo obeso. Uma grande massa corporal deveria gerar um nível de força absoluta acima do esperado em relação aos indivíduos eutróficos, que possuem uma menor massa corpórea. Entretanto, isso fica mais claro ao relativizar a força pelo peso corporal, havendo diminuição da força por quilo de peso. Os indivíduos com obesidade grave segundo Nocera et al. deveriam apresentar uma FM de membros inferiores equivalente a três vezes ao peso corporal para subir escadas e quase duas vezes para realizar uma breve caminhada. Essas análises são confirmadas quando os indivíduos avaliados são separados de acordo com a gravidade da obesidade em OM e SO, não sendo possível observar o esperado aumento da FM absoluta da Ext e Flex nos SO. Dessa forma, a força dos indivíduos com obesidade grave apresentam um platô, evidenciando que o aumento da MG nos indivíduos SO não produz força muscular de extensão ou flexão superior aos OM.

Esses resultados reforçam a associação da FM dos membros inferiores com a composição corporal, quando há associação positiva e moderada entre a FM absoluta e relativa de ext e flex e a MLG. Em mulheres com obesidade observou-se relação fraca a moderada <sup>(22)</sup>.

A correlação da FM dos membros inferiores com a composição corporal pode ser mantida após emagrecimento acentuado?

Para isso, foram realizadas as avaliações da FM de absoluta e relativa de ext e flex no T1 e T2, demonstraram que há diminuição da FM absoluta de Ext e Flex do pré-operatório para o T1 e T2, essa relação é inversamente associada à massa gorda dos indivíduos no pré-operatório. Inversamente, houve o aumento da força relativa de ext e flex do pré-operatório para o T1 e T2. Da mesma forma, estudos anteriores, observaram a diminuição da força muscular absoluta<sup>(7, 62)</sup> e o aumento da força relativa ao peso corporal após cirurgia bariátrica, resultados coincidentes com nosso estudo. A ausência de diferença nas forças de Ext e Flex do T1 para o T2, não havia sido apresentada em estudos anteriores que acompanharam a força muscular no máximo 24 meses após a cirurgia. A melhora da força muscular pode ser explicada devido à funcionalidade, pela diminuição da sobrecarga de peso, que facilitaria as mudanças biomecânicas e a condução das atividades cotidianas, sem aumento dos níveis de FM (absoluta ou relativa)<sup>(62,63)</sup>.

Esses resultados nos fizeram questionar se esse comportamento seria observado em todos pacientes. Para isso, foram realizadas análises separadamente em grupos por gênero e gravidade da obesidade (OM e SO).

Da mesma forma, foi possível observar que a FM absoluta e relativa de Ext e Flex não apresentam diferença significativa entre T1 e T2, não dependem do gênero, o que poderia ser influenciado pelo fato dos homens possuírem uma maior quantidade de MLG e muito menos pela gravidade da obesidade que poderia sofrer influência ao emagrecimento acentuado.

Essa perda da MLG não ultrapassou os 20% do PEP do pré-operatório para o T1, o que está dentro do esperado, esses indivíduos poderiam ter o aumento da força a longo prazo, mas isso não foi observado do T1 para o T2 devido a MLG não se modificar ao longo prazo, independentemente do gênero e da gravidade da obesidade. As mudanças na função e níveis de força podem ocorrer devido à diminuição na infiltração de gordura intermuscular (entre as fibras e músculos) e intramuscular (dentro das fibras musculares)<sup>(64,65)</sup> associados a funcionalidade física limitada<sup>(66)</sup>.

Dessa forma, a correlação da força muscular e da composição corporal no T0, T1 e T2 se mantiveram independentemente da redução da MLG ou da FM absoluta e relativa. Essa associação em mulheres com obesidade apresentou relação moderada a fraca e até deixaram de ser significativas no pós-operatório<sup>(63)</sup>

O que poderia diferenciar os indivíduos que atingem o sucesso daqueles que não atingem? No segundo momento do estudo, procuramos identificar se o nível de força muscular dos membros inferiores no pós-operatório precoce (6 meses) poderia prever o sucesso cirúrgico tardio (36 meses).

Para identificar esses indivíduos que atingiram o sucesso cirúrgico, foi considerada a perda  $\geq 50\%$  da PEP 36 meses após a cirurgia<sup>(61)</sup> (75% dos pacientes). Segundo Coen et al. de 15-35% dos indivíduos não atingiram o sucesso cirúrgico ou metas clínicas e muitos recuperaram parte do peso perdido em menos de um ano<sup>(67)</sup>, esses dados corroboram com os nossos achados. Foi possível observar que os indivíduos que atingiram o sucesso apresentam o mesmo comportamento que os outros grupos analisados. Há redução da força

absoluta de Ext e Flex independentemente do resultado da cirurgia nos pacientes com sucesso ou insucesso em T1 e T2.

Nos indivíduos que não atingiram o sucesso não apresentam diferença significativa da força relativa de ext e flex no T0, T1 e T2. Dessa forma, nos questionamos se seria possível identificar esses resultados nas mulheres, homens, OM e SO, que atingiram o sucesso cirúrgico. Para isso, esses indivíduos foram separados e os resultados analisados entre os três tempos nos grupos sucesso e insucesso.

Com essa separação pode se observar que os indivíduos que não atingem o sucesso não apresentam diferença significativa entre os três tempos avaliados na força relativa de ext e flex.

Dessa forma, quando comparamos os resultados dos três tempos avaliados no GS e GI, foi possível observar que há diferença significativa apenas no T2 entre os grupos analisados. Esses resultados nos orientaram a observar o T1, onde é possível interpretar e prever o T2. Os indivíduos que atingem o sucesso cirúrgico apresentam uma mudança nos níveis (incremento) da força relativa a partir do T1 e alcançam uma significativa diferença ao longo dos meses, mais precisamente nos T2.

Por isso, analisamos esses dados para encontrar qual seria esse incremento da força relativa que difere os GS e o GI, se seria aplicado aos outros subgrupos e o percentual de indivíduos que conseguimos abranger com esse preditor.

A FM pode ser predita no sucesso cirúrgico em T2 com o incremento da FM relativa de Ext e Flex  $\geq 4$  Nm/kg, em aproximadamente 75% dos indivíduos estudados. Da mesma forma, nos subgrupos esse valor contemplava mais 70% dos indivíduos que atingiram o sucesso cirúrgico. Portanto, o aumento da FM relativa a partir do T1, pode promover a maiores chances de atingir sucesso cirúrgico em T2 respectivamente. Os indivíduos que não apresentam aumento da FM, tendem a encontrar uma maior dificuldade em atingir sucesso no tratamento cirúrgico.

Esses resultados enfatizam a importância de um programa de exercícios, a fim de determinar metas durante o tratamento cirúrgico, para potencializar mudanças clinicamente relevantes e alterações nas capacidades físicas. Além da melhora na funcionalidade, os exercícios também pode minimizar a perda de MLG<sup>(7)</sup> crucial para manutenção das atividades da vida diária, potencializar a perda de peso e sobretudo a recuperação do peso perdido ao longo do tempo.<sup>(7, 12)</sup>.

Mais estudos precisam ser desenvolvidos para nortear os profissionais que atuam diretamente com esses indivíduos, estabelecendo metas clínicas, físicas, psicológicas e nutricionais.



## 6 CONCLUSÕES

A força absoluta de extensão e flexão apresenta-se reduzida em 6 e 36 meses após a cirurgia bariátrica.

A força relativa de extensão e flexão apresenta-se aumentada nos 6 e 36 meses após a cirurgia, sem variação entre os 2 tempos de avaliação pós-operatória.

Houve correlação positiva entre a MLG total e de membros inferiores, e força absoluta e relativa dos membros inferiores nos 6 e 36 meses após a cirurgia bariátrica.

A força muscular relativa maior ou igual a 4 Nm/kg em 6 meses, prediz aproximadamente em 76% as chances de ter sucesso cirúrgico em 36 meses.



## 7 REFERÊNCIAS

1. Malczak P, Pisarska M, Piotr M, Wysocki M, Budzynski A, Pedziwiatr M. Enhanced Recovery after Bariatric Surgery: Systematic Review and Meta-Analysis. *Obes Surg.* 2017;27(1):226-35.
2. WHO-World Health Organization. Global strategy on diet, physical activity and health. Available from: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/facts/>.
3. Portal da Saúde [homepage on the Internet]. Brasília: Ministério da Saúde[cited 2019 Julho 25]. *Vigitel Brasil 2018*: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/imagens/pdf/julho/25/coletiva-vigitel2018.pdf>.
4. Buchwald H, Buchwald JN. Metabolic (Bariatric and Nonbariatric) Surgery for Type 2 Diabetes: A Personal Perspective Review. *Diabetes Care.* 2019;42(2):331-40.
5. Bennett JC, Wang H, Schirmer BD, Northup CJ. Quality of life and resolution of co-morbidities in super-obese patients remaining morbidly obese after Roux-en-Y gastric bypass. *Surg Obes Relat Dis.* 2007;3(3):387-91.
6. Hruby A, Hu FB. The Epidemiology of Obesity: A Big Picture. *Pharmacoeconomics.* 2015;33(7):673-89.
7. Stegen S, Derave W, Calders P, Van Laethem C, Pattyn P. Physical fitness in morbidly obese patients: effect of gastric bypass surgery and exercise training. *Obes Surg.* 2011;21(1):61-70.
8. Anandacoomarasamy A, Fransen M, March L. Obesity and the musculoskeletal system. *Current Opinion in Rheumatology.* 2009;21(1):71-7.
9. Paolillo FR, Milan JC, Bueno Pde G, Paolillo AR, Borghi-Silva A, Parizotto NA, et al. Effects of excess body mass on strength and fatigability of quadriceps in postmenopausal women. *Menopause.* 2012;19(5):556-61.
10. Koenig SM. Pulmonary complications of obesity. *Am J Med Sci.* 2001;321(4):249-79.
11. Syed IY, Davis BL. Obesity and osteoarthritis of the knee: hypotheses concerning the relationship between ground reaction forces and quadriceps fatigue in long-duration walking. *Med Hypotheses.* 2000;54(2):182-5.

12. Anandacoomarasamy A, Caterson I, Sambrook P, Fransen M, March L. The impact of obesity on the musculoskeletal system. *Int J Obes (Lond)*. 2008;32(2):211-22.
13. Vakula MN, Fisher KL, Garcia SA, Holmes SC, Post BK, Costa PB, et al. Quadriceps Impairment Is Associated with Gait Mechanics in Young Adults with Obesity. *Med Sci Sports Exerc*. 2019;51(5):951-61.
14. Handrigan G, Hue O, Simoneau M, Corbeil P, Marceau P, Marceau S, et al. Weight loss and muscular strength affect static balance control. *Int J Obes (Lond)*. 2010;34(5):936-42.
15. Hulens M, Vansant G, Claessens AL, Lysens R, Muls E. Predictors of 6-minute walk test results in lean, obese and morbidly obese women. *Scand J Med Sci Sports*. 2003;13(2):98-105.
16. Nocera J, Buford TW, Manini TM, Naugle K, Leeuwenburgh C, Pahor M, et al. The impact of behavioral intervention on obesity mediated declines in mobility function: implications for longevity. *J Aging Res*. 2011;2011:392510.
17. Wakeling JM, Liphardt A-M, Nigg BM. Muscle activity reduces soft-tissue resonance at heel-strike during walking. *Journal of Biomechanics*. 2003;36(12):1761-9.
18. Shultz SP, Byrne NM, Hills AP. Musculoskeletal Function and Obesity: Implications for Physical Activity. *Curr Obes Rep*. 2014;3(3):355-60.
19. Maffiuletti NA, Jubeau M, Munzinger U, Bizzini M, Agosti F, De Col A, et al. Differences in quadriceps muscle strength and fatigue between lean and obese subjects. *Eur J Appl Physiol*. 2007;101(1):51-9.
20. Hulens M, Vansant G, Lysens R, Claessens AL, Muls E. Assessment of isokinetic muscle strength in women who are obese. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2002;32(7):347-56.
21. Gadducci AV, de Cleve R, de Faria Santarem GC, Silva PRS, Greve JMD, Santo MA. Muscle strength and body composition in severe obesity. *Clinics (Sao Paulo)*. 2017;72(5):272-5.
22. Hulens M, Vansant G, Lysens R, Claessens AL, Muls E, Brumagne S. Study of differences in peripheral muscle strength of lean versus obese women: an allometric approach. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2001;25(5):676-81.
23. Bollinger LM, Walaszek MC, Seay RF, Ransom AL. Knee extensor torque and BMI differently relate to sit-to-stand strategies in obesity. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2019;62:28-33.

24. Bollinger LM. Potential contributions of skeletal muscle contractile dysfunction to altered biomechanics in obesity. *Gait Posture*. 2017;56:100-7.
25. Capodaglio P, Vismara L, Menegoni F, Baccalaro G, Galli M, Grugni G. Strength characterization of knee flexor and extensor muscles in Prader-Willi and obese patients. *BMC Musculoskelet Disord*. 2009;10:47.
26. Vellas B, Fielding R, Bhasin S, Cerreta F, Goodpaster B, Guralnik JM, et al. Sarcopenia Trials in Specific Diseases: Report by the International Conference on Frailty and Sarcopenia Research Task Force. *J Frailty Aging*. 2016;5(4):194-200.
27. Rolland Y, Lauwers-Cances V, Pahor M, Fillaux J, Grandjean H, Vellas B. Muscle strength in obese elderly women: effect of recreational physical activity in a cross-sectional study. *Am J Clin Nutr*. 2004;79(4):552-7.
28. Terreri ASAPG, J.M.D; Amatuzzi, M.M. Avaliação isocinética no joelho do atleta. *Rev Bras Med Esporte* 2001;7:170-4.
29. Ugrinowitsch C, Barbanti V, Gonçalves A, Peres B. Capacidade dos testes isocinéticos em prever a performance no salto vertical em jogadores de voleibol. 2000;14(2);172-83.
30. De Ste Croix M, Deighan M, Armstrong N. Assessment and interpretation of isokinetic muscle strength during growth and maturation. *Sports Med*. 2003;33(10):727-43.
31. Secchi, LLB. Dinamometria isocinética dos músculos rotadores internos e adutores do ombro em nadadores. Estudo comparativo entre nados de braçadas alternadas e simultâneas [dissertation]. São Paulo: University of São Paulo, Faculdade de Medicina; 2011 [Accessed 2012-04-16]. Available from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5160/tde-22092011-123945/>.
32. Steele T, Cuthbertson DJ, Wilding JP. Impact of bariatric surgery on physical functioning in obese adults. *Obes Rev*. 2015;16(3):248-58.
33. Waldburger R, Schultes B, Zazai R, Ernst B, Thurnheer M, Spengler CM, et al. Comprehensive assessment of physical functioning in bariatric surgery candidates compared with subjects without obesity. *Surg Obes Relat Dis*. 2016;12(3):642-50.
34. Kraemer WJ. Muscle and strength: an evolution of study. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(10):1633.
35. Zemkova E, Kyselovicova O, Jelen M, Kovacikova Z, Olle G, Stefanikova G, et al. Upper and Lower Body Muscle Power Increases After 3-Month Resistance Training in Overweight and Obese Men. *Am J Mens Health*. 2017;11(6):1728-38.

36. Oliveira PCB, Back CGN, Mattiello-Sverzut AC. Análise do desempenho funcional para estimar características morfológicas do tecido muscular esquelético de sujeitos adultos. *Medicina (Ribeirão Preto)* 2008; 41 (2):143-52.
37. Calmels PM, Nellen M, van der Borne I, Jourdin P, Minaire P. Concentric and eccentric isokinetic assessment of flexor-extensor torque ratios at the hip, knee, and ankle in a sample population of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78(11):1224-30.
38. Jean M. Gaines LAT. Isokinetic Strength Testing in Research and Practice.pdf. *BIOLOGICAL RESEARCH FOR NURSING.* 1999;1.
39. Ricciardi R, Talbot LA. Use of bioelectrical impedance analysis in the evaluation, treatment, and prevention of overweight and obesity. *J Am Acad Nurse Pract.* 2007;19(5):235-41.
40. Wang ZM, Deurenberg P, Guo SS, Pietrobelli A, Wang J, Pierson RN, Jr., 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.
41. 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.
42. Heymsfield SB, Lichtman S. New approaches to body composition research: a reexamination of two-compartment model assumptions. *Infusionstherapie.* 1990;17 Suppl 3:4-8.
43. 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.
44. Garrow JS. New approaches to body composition. *Am J Clin Nutr.* 1982;35(5 Suppl):1152-8.
45. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gomez J, et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr.* 2004;23(6):1430-53.
46. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gomez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004;23(5):1226-43.
47. Kyle UG, Schutz Y, Dupertuis YM, Pichard C. Body composition interpretation. Contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition.* 2003;19(7-8):597-604.

48. Das SK. Body composition measurement in severe obesity. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2005;8(6):602-6.
49. Karelis AD, Chamberland G, Aubertin-Leheudre M, Duval C, Ecological mobility in A, Parkinson g. Validation of a portable bioelectrical impedance analyzer for the assessment of body composition. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013;38(1):27-32.
50. Said M, Lamy N, Olfa N, Hamda M. Effects of high-impact aerobics vs. low-impact aerobics and strength training in overweight and obese women. *J Sports Med Phys Fitness*. 2017;57(3):278-88.
51. Thorell A, MacCormick AD, Awad S, Reynolds N, Roulin D, Demartines N, et al. Guidelines for Perioperative Care in Bariatric Surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Society Recommendations. *World J Surg*. 2016;40(9):2065-83.
52. Buchwald H, Avidor Y, Braunwald E, Jensen MD, Pories W, Fahrbach K, et al. Bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2004;292(14):1724-37.
53. Serafim MP, Santo MA, Gadducci AV, Scabim VM, Cecconello I, de Cleva R. Very low-calorie diet in candidates for bariatric surgery: change in body composition during rapid weight loss. *Clinics (São Paulo)*. 2019;74:e560.
54. Campanha-Versiani L, Pereira DAG, Ribeiro-Samora GA, Ramos AV, de Sander Diniz MFH, De Marco LA, et al. The Effect of a Muscle Weight-Bearing and Aerobic Exercise Program on the Body Composition, Muscular Strength, Biochemical Markers, and Bone Mass of Obese Patients Who Have Undergone Gastric Bypass Surgery. *Obes Surg*. 2017;27(8):2129-37.
55. Hassannejad A, Khalaj A, Mansournia MA, Rajabian Tabesh M, Alizadeh Z. The Effect of Aerobic or Aerobic-Strength Exercise on Body Composition and Functional Capacity in Patients with BMI  $\geq 35$  after Bariatric Surgery: a Randomized Control Trial. *Obes Surg*. 2017;27(11):2792-801.
56. Miller GD, Nicklas BJ, You T, Fernandez A. Physical function improvements after laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass surgery. *Surg Obes Relat Dis*. 2009;5(5):530-7.
57. Hue O, Berrigan F, Simoneau M, Marcotte J, Marceau P, Marceau S, et al. Muscle force and force control after weight loss in obese and morbidly obese men. *Obes Surg*. 2008;18(9):1112-8.
58. Herring LY, Stevinson C, Davies MJ, Biddle SJ, Sutton C, Bowrey D, et al. Changes in physical activity behaviour and physical function after bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2016;17(3):250-61.

59. Adil MT, Jain V, Rashid F, Al-Ta'an O, Whitelaw D, Jambulingam P. Meta-analysis of the effect of bariatric surgery on physical function. *Br J Surg*. 2018;105(9):1107-18.
60. Van de Laar AW, Acherman YI. Weight loss percentile charts of large representative series: a benchmark defining sufficient weight loss challenging current criteria for success of bariatric surgery. *Obes Surg*. 2014;24(5):727-34.
61. Carbajo MA, Jimenez JM, Luque-de-Leon E, Cao MJ, Lopez M, Garcia S, et al. Evaluation of Weight Loss Indicators and Laparoscopic One-Anastomosis Gastric Bypass Outcomes. *Sci Rep*. 2018;8(1):1961.
62. Reinmann A, Gafner SC, Hilfiker R, Bruyneel AV, Pataky Z, Allet L. Bariatric Surgery: Consequences on Functional Capacities in Patients With Obesity. *Frontiers in Endocrinology*. 2021;12.
63. Lyytinen T, Liikavainio T, Pääkkönen M, Gylling H, Arokoski JP. Physical function and properties of quadriceps femoris muscle after bariatric surgery and subsequent weight loss. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2013;13(3):291-300.
64. Toro-Ramos T, Goodpaster BH, Janumala I, Lin S, Strain GW, Thornton JC, et al. Continued Loss in Visceral and Intermuscular Adipose Tissue in Weight-Stable Women Following Bariatric Surgery. *Obes Silver Spring Md* (2015) 23(1):62.
65. Yaskolka Meir A, Shelef I, Schwarzfuchs D, Gepner Y, Tene L, Zelicha H, et al. Intermuscular adipose tissue and thigh muscle area dynamics during an 18-month randomized weight loss trial. *J Appl Physiol* (2016) 121(2):518–27.
66. Therkelsen KE, Pedley A, Hoffmann U, Fox CS, Murabito JM. Intramuscular fat and physical performance at the Framingham Heart Study. *Age (Dordr)*. (2016) 38(2):31. doi: 10.1007/s11357-016-9893-2
67. Coen PM, Carnero EA, Goodpaster BH. Exercise and Bariatric Surgery: An Effective Therapeutic Strategy. *Exerc Sport Sci Rev*. 2018;46(4):262-70.