

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**PAULA ANGÉLICA RICCI**

**EFEITOS DA ELETROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR DE CORPO  
INTEIRO ASSOCIADA AO EXERCÍCIO DINÂMICO NA COMPOSIÇÃO  
CORPORAL, NA CAPACIDADE FUNCIONAL E VARIABILIDADE DA  
FREQUÊNCIA CARDÍACA APÓS A CIRURGIA BARIÁTRICA EM  
INDIVÍDUOS COM OBESIDADE**

**São Carlos**

**2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**PAULA ANGÉLICA RICCI**

**EFEITOS DA ELETROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR DE CORPO  
INTEIRO ASSOCIADA AO EXERCÍCIO DINÂMICO NA COMPOSIÇÃO  
CORPORAL, NA CAPACIDADE FUNCIONAL E VARIABILIDADE DA  
FREQUÊNCIA CARDÍACA APÓS A CIRURGIA BARIÁTRICA EM  
INDIVÍDUOS COM OBESIDADE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutorado em Fisioterapia, área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Audrey Borghi Silva

**Co-orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Luciana Di Thommazo Luporini

**São Carlos**

**2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

---

**Folha de Aprovação**

---

Defesa de Tese de Doutorado da candidata Paula Angelica Ricci, realizada em 22/11/2021.

**Comissão Julgadora:**

Profa. Dra. Audrey Borghi e Silva (UFSCar)

Prof. Dr. Bruno Archiza (UFSCar)

Profa. Dra. Luciana Maria Malosá Sampaio Jorge (UNINOVE)

Profa. Dra. Viviane Castello Simões (UFSCar)

Profa. Dra. Livia Pinheiro Carvalho (USHERBROOKE)

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

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia.

**Investigação conduzida no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Projeto desenvolvido com apoio da FAPESP (2015/04101-1 e 2018/13332-5), CNPq (141803/2019 -3) e CAPES (001).**

## DEDICATÓRIA

---

*Dedico este trabalho aos meu pais, Osmar e Célia, e a minha irmã Luisa, que são os pilares da minha formação como ser humano. Dedico também ao meu marido e companheiro Guilherme, pelo apoio incondicional em toda minha trajetória.*

*Dedico a todos que se interessam na leitura deste trabalho, e que ele possa contribuir de alguma forma no aprendizado de alguém.*

## AGRADECIMENTOS

---

*Agradeço a Deus pelo dom da vida. Sou grata pelas oportunidades e pelos aprendizados que tive ao longo desses anos.*

*Sou grata aos meus pais, Osmar e Célia, por tudo o que fazem por mim. Sei que muitas vezes, colocaram seus planos de lado para que hoje eu estivesse aqui, realizando uma etapa tão importante. Obrigada por tanto. Agradeço também a minha irmã Luisa, que sempre me incentivou, ouviu diversas vezes as minhas apresentações, e mesmo sem entender muito, estava lá me escutando. Agradeço imensamente por serem a minha família.*

*Agradeço ao meu marido Guilherme, que desde a graduação me apoia, me incentiva, e enxerga o meu potencial, mesmo quando os meus dias estão mais cinzentos. Ao seu lado, descobri o significado de companheirismo. Obrigada por me ouvir nos dias em que eu só precisava desabafar, e por falar também, quando era necessário me colocar no eixo, me distrair quando era necessário, me fazer rir, e embarcar nas loucuras comigo. Obrigada por tudo o que você é.*

*Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Audrey Borghi Silva, que me abriu todas as portas possíveis. Desde quando cheguei, me permitiu crescer. Sua confiança em mim me fez acreditar que tudo era possível, até mesmo situações que eu jamais imaginei vivenciar. Obrigada por cada conversa, palavra de apoio, e por tudo que me proporcionou. Serei eternamente grata.*

*Sou muito grata a minha co-orientadora, Luciana Di Thommazo Luporini. Obrigada, Lu, por me ajudar a enxergar as coisas por uma outra perspectiva, e por me ensinar na prática, o significado de resiliência. Você é uma amiga que quero levar para sempre. Você foi e é essencial na minha formação e na minha vida. E como as nossas conversas foram importantes para o meu crescimento! E como eu dizia, quando eu crescer, quero ser como você!*

*Agradeço a todos os colegas de laboratório que participaram da minha trajetória: Clara, Flavia, Soraia, Gabi, Guilherme Arêas, Luis, Guilherme Back, Daniela Bassi, Adriana Mazzuco, Adriana Garcia, Bruno, Polyana, Vivi, Rodrigo, Ramona, Rebeca, Claudio, Debora, Nathany, Naty.*

*Em especial, agradeço aos que estiveram mais próximos, compartilhando das dificuldades e garantindo as boas risadas: Erika, Cássia, Ana Farche, Shida, Aldair e Paty. Obrigada pela amizade, respeito e pela companhia no laboratório. Em especial também, agradeço a Larissa, minha parceira de coletas e de desabafos. Obrigada pelas risadas e pelos bons momentos.*

*Agradeço à Renata Basso, por todos os ensinamentos e pelo carinho que teve comigo, obrigada por me apresentar a melhor bolacha que existe. Agradeço à Renata Trimer, por me ensinar tanto no começo, e pelas oportunidades. Também agradeço à Livia Carvalho, por todo suporte, ensinamento e pela amizade. Como disse uma vez, você é meu espelho. Sinto saudade dos nossos áudios imensos.*

*Agradeço à Profa. Renata Mendes, por todas as conversas que tivemos e por toda sua gentileza ao lidar com as coisas. Também sou grata à Profa. Kamilla Marrara, minha primeira orientadora, minha professora da graduação, por todos os conselhos e por confiar em mim.*

*Agradeço às duas amigas que me apoiam e que fazem a diferença na minha vida: Carolina França e Monique Dallacqua. Obrigada pelos dez anos de amizade, pelo carinho e por todas as palavras de apoio nessa fase tão importante.*

*Agradeço aos médicos da clínica Gastro Vita, de Araraquara, Dr. Guilherme e Dr. Michel Haddad, por cederem um espaço na clínica para que pudéssemos realizar parte da nossa intervenção.*

*Aos médicos Dr. Fernando Ortega e Dr. Noé Azambuja por permitir o contato com os pacientes do nosso projeto, e ao Dr. Claudio, por toda disposição durante as avaliações.*

*Aos meus pacientes, sou grata por poder participar de uma fase tão importante na vida de cada um. Obrigada pelos momentos e todo o aprendizado que me proporcionaram.*

*Aos professores da banca examinadora, pela disponibilidade, leitura e contribuições.*

*À FAPESP pelo auxílio financeiro.*

*Agir, eis a inteligência verdadeira. Serei o que quiser. Mas tenho que querer o que for.  
O êxito está em ter êxito, e não em ter condições de êxito. Condições de palácio tem  
qualquer terra larga, mas onde estará o palácio se não o fizerem ali?*

*(Fernando Pessoa)*

## RESUMO

A obesidade é considerada uma doença crônica, com diversos fatores de risco associados. Alterações no perfil metabólico e lipídico, excesso de gordura corporal e prejuízos na capacidade funcional estão normalmente presentes em indivíduos com obesidade. Portanto, a avaliação funcional bem como os efeitos de intervenções reabilitadoras pode ser de especial relevância para esses pacientes, sobretudo após intervenções cirúrgicas. Nesse contexto, foi realizado o primeiro estudo intitulado “Respostas de diferentes testes funcionais em candidatos à cirurgia bariátrica e a associação com a composição corporal, perfil metabólico e lipídico” que teve como objetivo analisar se a composição corporal, perfil metabólico e lipídico influenciam no desempenho máximo e submáximo do exercício de indivíduos com obesidade, bem como, investigar as respostas dessas variáveis em diferentes testes funcionais. Nós avaliamos indivíduos candidatos à cirurgia bariátrica Y-de-Roux, homens e mulheres, entre 18 e 50 anos, que realizaram um teste incremental em esteira (TI), teste de caminhada de seis minutos (TC6) e teste de degrau de dois minutos (TD2), além da análise da composição corporal, perfil metabólico e lipídico. Verificamos que as alterações na composição corporal e no perfil metabólico e lipídico comprometem a capacidade funcional desses indivíduos. Além disso o TI gerou maior demanda metabólica, ventilatória e cardiovascular quando comparado ao TD2 e TC6, sendo que o TD2 necessita de maior demanda metabólica e cronotrópica quando comparado ao TC6. Posteriormente, propusemos um protocolo de intervenção para esses indivíduos após a cirurgia bariátrica, composto por eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro (EENMC) e exercícios dinâmicos. Sendo assim, o objetivo do nosso segundo estudo, intitulado “Efeitos da eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro associado com exercício dinâmico na capacidade funcional e variabilidade da frequência cardíaca após a cirurgia bariátrica: um estudo randomizado, duplo-cego e *Sham*-controlado” foi analisar os efeitos dessa intervenção realizada por seis semanas, de forma precoce, comparado a um grupo *Sham*, que realizou somente os exercícios dinâmicos, com a corrente elétrica desligada, na capacidade funcional e na modulação autonômica cardíaca, logo após a cirurgia bariátrica. Nesse estudo concluímos que a aplicação de EENMC foi capaz de reduzir o Índice de massa corporal e melhorar a capacidade funcional, avaliada pelo TC6, quando comparado ao grupo *Sham*. No entanto, a EENMC não potencializou os efeitos dos exercícios na modulação autonômica cardíaca. Por fim,

o terceiro estudo intitulado “O exercício dinâmico associado à eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro é eficaz para melhorar a capacidade aeróbica após a cirurgia bariátrica? Um ensaio clínico randomizado, duplo-cego e *Sham*-controlado” objetivou analisar o impacto deste mesmo protocolo de intervenção na capacidade aeróbica, composição corporal, no nível de ansiedade e na qualidade do sono desses indivíduos de forma precoce, após a cirurgia bariátrica. Finalmente, demonstramos que a EENMC foi capaz de melhorar o desempenho ao exercício observado pela maior tolerância do teste (em tempo, e maior distância percorrida) no teste de exercício cardiopulmonar, além de demonstrar melhores respostas da pressão arterial e fadiga de membros inferiores durante a recuperação do teste. Entretanto, a EENMC não potencializou os efeitos dos exercícios em relação ao consumo de oxigênio, na composição corporal, nos níveis de ansiedade e qualidade de sono, visto que nessas variáveis, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos.

**Palavras-chave:** obesidade, cirurgia bariátrica, capacidade funcional, variabilidade da frequência cardíaca, exercício dinâmico, eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro.

## ABSTRACT

Obesity is considered a chronic disease, with several associated risk factors. Changes in the metabolic and lipid profile, excess body fat and impairments in functional capacity are usually present in obese individuals. Therefore, the functional assessment as well as the effects of rehabilitation interventions can be of special relevance for these patients, especially after surgical interventions. In this context, the first study entitled "Responses of different functional tests in candidates for bariatric surgery and the association with body composition, metabolic and lipid profile" was carried out, which aimed to analyze whether body composition, metabolic and lipid profile influence performance maximal and submaximal of individuals with obesity, as well as investigating the responses of these variables in different functional tests. We evaluated candidates for Roux-en-Y bariatric surgery, men and women, aged between 18 and 50 years, who underwent an incremental treadmill test (ITMT), six-minute walk test (6MWT) and two-minute step test (2MST), in addition to the analysis of body composition, metabolic and lipid profile. We found that changes in body composition and metabolic and lipid profile compromise the functional capacity of these individuals. In addition, the ITMT generated greater metabolic, ventilatory and cardiovascular demand when compared to the 2MST and 6MWT, as well as the 2MST requires greater metabolic and chronotropic demand when compared to the 6MWT. Subsequently, we proposed an intervention protocol for these individuals after bariatric surgery, consisting of whole-body electromyostimulation (WB-EMS) and dynamic exercises. Therefore, the aim of our second study, entitled "Effects of whole-body electromyostimulation associated with dynamic exercise on functional capacity and heart rate variability after bariatric surgery: a randomized, double-blind, *sham*-controlled study" was to analyze the effects of this intervention performed for six weeks, early, compared to a *Sham* group, who performed only the dynamic exercises, with the electrical current turned off. In this study, we concluded that the application of WB-EMS was able to reduce body mass index and improve functional capacity, as assessed by the 6MWT, when compared to *Sham*. However, the WB-EMS did not enhance the effects of exercises on cardiac autonomic modulation. Finally, the third study entitled "Is dynamic exercise associated with whole-body electromyostimulation effective in improving aerobic capacity after bariatric surgery? A randomized, double-blind, *sham*-controlled clinical trial" aimed to analyze the impact of this same intervention

protocol on the aerobic capacity, body composition, anxiety level and sleep quality of these individuals early after bariatric surgery. Finally, we demonstrated that the WB-EMS was able to improve the exercise performance observed by the greater test tolerance (in time, and greater distance covered) in cardiopulmonary exercise test, in addition to demonstrating better responses in blood pressure and lower limb fatigue during test recovery. However, the WB-EMS did not potentiate the effects of exercises in relation to oxygen uptake, body composition, anxiety levels and sleep quality, as both groups showed improvements in these variables.

**Keywords:** obesity, bariatric surgery, functional capacity, heart rate variability, dynamic exercise, whole-body electromyostimulation.

## LISTA DE FIGURAS

---

**Figura 1.** A - Paciente com a roupa e coletes de eletroestimulação; B – Eletroestimulador de corpo inteiro.....23

### ESTUDO I

**Figura 1.** Ilustração da avaliação da composição corporal pelo aparelho DXA.....39

**Figura 2.** Ilustração do teste de exercício incremental em esteira.....41

**Figura 3.** Fluxograma representando recrutamento e perda amostral.....43

**Figura 4.** Diferentes respostas do  $\dot{V}O_2$  mL.min<sup>-1</sup> no TI, TC6 e TD2.....45

**Figura 5.** A - Correlação entre distância percorrida no TI e CSD no TD2; B - Correlação entre distância percorrida no TI e no TC6; C - Correlação entre os CSD no TD2 e a distância percorrida no TC6; D - Correlação entre  $\dot{V}O_2$ , mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> no TI e MG; E - Correlação entre  $\dot{V}O_2$ , mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> no TD2 e MG; F - Correlação entre  $\dot{V}O_2$ , mL.min<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> no TC6 e MG.....47

### ESTUDO II:

**Figura 1.** Ilustração da avaliação da composição corporal por meio da bioimpedância elétrica.....66

**Figura 2.** Exercícios realizados em ambos os protocolos de treinamentos.....68

**Figura 3.** Ilustração do sinal de análise da variabilidade da frequência cardíaca em ortostatismo de um voluntário homem, antes da intervenção.....70

**Figura 4.** Fluxograma que representa o recrutamento e a perda da amostra.....72

**Figura 5.** Mudanças na distância percorrida ( $\Delta DP$ ) durante o TC6 em ambos os grupos.74

### ESTUDO III

**Figura 1.** Fluxograma que representa o recrutamento e a perda amostral.....100

**Figura 2.** Distância percorrida (A e B) e tempo (C e D) no TECP pré e pós-intervenção nos indivíduos de ambos os grupos.....105

**LISTA DE TABELAS**

---

**ESTUDO I**

**Tabela 1.** Fatores de risco, composição corporal, perfil metabólico e lipídico.....44

**Tabela 2.** Respostas do teste incremental em esteira (TI), teste do degrau de dois minutos (TD2) e teste de caminhada de seis minutos (TC6) no pico dos testes.....45

**Tabela 3.** Modelo preditivo do  $\dot{V}O_2$  pico ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) considerando a massa gorda total e o LDL.....48

**Tabela 4.** Modelo preditivo da distância percorrida baseado na massa gorda total, glicose e CSD durante o TD2.....48

**ESTUDO II**

**Tabela 1.** Eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro – protocolo do estudo.....69

**Tabela 2.** Dados antropométricos, composição corporal e nível de atividade física.....73

**Tabela 3.** Variáveis no pico do teste de caminhada de seis minutos (TC6).....75

**Tabela 4.** Variáveis da variabilidade da frequência cardíaca na posição ortostática..... 77

**ESTUDO III**

**Tabela 1.** Características amostrais, fatores de risco e medicamentos utilizados antes da cirurgia.....101

**Tabela 2.** Dados de composição corporal, circunferência e questionários.....102

**Tabela 3.** Variáveis do teste de exercício cardiopulmonar .....104

**LISTA DE ABREVIATURAS**

---

<b>%pred</b>	porcentagem do predito
<b>ΔDP</b>	Delta da distância percorrida
<b>ApEn</b>	Entropia aproximada
<b>AF (n.u)</b>	Banda de alta frequência em unidades normalizadas
<b>BF (n.u)</b>	Banda de baixa frequência em unidades normalizadas
<b>BF/AF</b>	Razão entre as bandas de baixa frequência e alta frequência
<b>BPM</b>	Batimentos por minuto
<b>CMO</b>	Conteúdo mineral ósseo
<b>CSD</b>	Ciclo de subida e descida
<b>DM</b>	<i>Diabetes mellitus</i>
<b>DP</b>	Distância percorrida
<b>DXA</b>	<i>Dual Energy X-Ray Absorptiometry</i>
<b>EENMC</b>	Eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro
<b>FC</b>	Frequência cardíaca
<b>FR</b>	Frequência respiratória
<b>HDL-c</b>	Lipoproteína de alta densidade de colesterol
<b>HOMA-IR</b>	<i>Insulin Resistance Homeostasis Model Assessment Method</i>
<b>IC</b>	Intervalo de confiança
<b>IMC</b>	Índice de massa corporal
<b>iRR</b>	Intervalo RR
<b>LDL-c</b>	Lipoproteína de baixa densidade de colesterol
<b>m</b>	Metros
<b>MG</b>	Massa gorda
<b>MM</b>	Massa magra
<b>MMII</b>	Membros inferiores
<b>PA</b>	Pressão arterial
<b>PAD</b>	Pressão arterial diastólica
<b>PAS</b>	Pressão arterial sistólica

<b>QUICKI</b>	Índice de sensibilidade à insulina
<b>RMSSD</b>	Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os iRR sucessivos
<b>RRtri</b>	Índice triangular
<b>SD1</b>	Variabilidade instantânea batimento a batimento
<b>SD2</b>	Variabilidade contínua de longo prazo batimento a batimento
<b>SampEn</b>	Entropia de amostra
<b>Shannon</b>	Entropia de Shannon
<b>TC6</b>	Teste de caminhada de seis minutos
<b>TD2</b>	Teste de degrau de dois minutos
<b>TD6</b>	Teste de degrau de seis minutos
<b>TECP</b>	Teste de exercício cardiopulmonar
<b>TFD</b>	Treinamento físico dinâmico
<b>TGL</b>	Triglicérides
<b>TI</b>	Teste incremental
$\dot{V}_E$	Ventilação minuto
$\dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2}$	Equivalente ventilatório para dióxido de carbono
<b>VFC</b>	Variabilidade da frequência cardíaca
$\dot{V}_{CO_2}$	Produção de dióxido de carbono
$\dot{V}_{O_2}$	Consumo de oxigênio
$\dot{V}_{O_2pico}$	Consumo de oxigênio no pico do exercício

## SUMÁRIO

---

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
Lista de figuras.....	xiii
Lista de tabelas.....	xiv
Lista de abreviaturas.....	xv
CONTEXTUALIZAÇÃO.....	18
ESTUDO I.....	34
Resumo.....	35
Introdução.....	36
Materiais e Métodos.....	37
Resultados.....	43
Discussão.....	49
Conclusão.....	53
Referências.....	54
ESTUDO II.....	59
Resumo.....	60
Introdução.....	61
Materiais e métodos.....	62
Resultados.....	70
Discussão.....	77
Conclusão.....	83
Referências.....	83
ESTUDO III.....	89
Resumo.....	90
Introdução.....	91
Materiais e métodos.....	92
Resultados.....	98
Discussão.....	104
Conclusão.....	109
Referências.....	110
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	117
ANEXOS.....	119
Anexo A – Artigo publicado no período <i>Scientific Reports</i> .....	119
Anexo B – Artigo publicado no período <i>Obesity Surgery</i> .....	120
Anexo C – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	121
Anexo D – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFSCar.....	123

## CONTEXTUALIZAÇÃO

---

A obesidade é considerada uma doença crônica, caracterizada como uma massa corporal desproporcional para a estatura, com acúmulo excessivo de gordura corporal, geralmente acompanhada por inflamação sistêmica crônica (GONZÁLEZ-MUNIESA et al., 2017; YUMUK et al., 2015). Atualmente a obesidade já atingiu dimensões pandêmicas e está se tornando uma das principais causas de morte e invalidez em todo o mundo (LUCA et al., 2018). Houve aumento considerável das taxas de sobrepeso e obesidade nos últimos 35 anos, a ponto de mais de um terço da população mundial ser classificada como com sobrepeso ou obesa (CHOOI et al., 2019).

O aumento da massa corporal é resultado de um desequilíbrio entre a ingestão calórica e o gasto energético (GONZÁLEZ-MUNIESA et al., 2017). No entanto, a etiologia da obesidade é mais complexa: a predisposição genética, o intenso declínio de dispêndio energético, aliados a padrões alimentares inadequados e fatores comportamentais, se enquadram no contexto multifatorial (BRAY et al., 2016; MELDRUM; MORRIS; GAMBONE, 2017). Dentre os danos decorrentes da obesidade, a literatura destaca o desenvolvimento de *diabetes mellitus* tipo 2, doenças cardiovasculares, e outras condições patológicas adversas (ABESO, 2009; ENGIN, 2017). Segundo o estudo realizado pelo Comitê Global de mortalidade pelo índice de massa corporal (IMC) (2016), foi demonstrado que o IMC igual ou superior a 30 kg/m<sup>2</sup> está associado à diminuição da expectativa de vida.

Diversos fatores de risco cardiovascular são influenciados pelo excesso de peso, como hipertensão e dislipidemia (WYATT; WINTERS; DUBBERT, 2006). O risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares na obesidade, normalmente, é atribuído ao excesso de adiposidade, que pode induzir mudanças na estrutura e função cardíaca e endotelial (ELAGIZI, 2020). Além disso, sabe-se que o aumento da gordura corporal pode acarretar alterações no perfil metabólico e lipídico (URANGA; KELLER, 2019). Isso é caracterizado principalmente por níveis elevados de triglicerídeos (TG), redução das lipoproteínas de alta densidade (HDL) e presença de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) pequenas e densas (GUTIERREZ; PUGLISI; HASTY, 2009).

Outro fator a se considerar são as limitações que indivíduos com obesidade podem apresentar frente a um estímulo externo, como o exercício físico, gerando adaptações menos eficientes (LEDIKWE et al., 2006). Diminuição da massa magra (MM) e

demasiada infiltração de tecido adiposo intramuscular, somados à desvantagem mecânica devido ao excesso de peso corporal, podem explicar o mecanismo da diminuição da força e potência muscular, bem como, da diminuição da capacidade muscular aeróbia e anaeróbia em indivíduos com obesidade (HILTON et al., 2008; HULENS et al., 2001).

Para mensurar a tolerância ao exercício e possíveis limitações da capacidade funcional, o teste de exercício cardiopulmonar (TECP) é considerado o padrão-ouro para avaliar as respostas integradas dos sistemas musculoesquelético, pulmonar e cardiovascular (KAMINSKY; MYERS; ARENA, 2019; WEISMAN et al., 2003). Esse teste possibilita a análise da troca gasosa em repouso, durante o exercício e até mesmo, durante a recuperação, oferecendo aos avaliadores uma variedade de informações, que podem ser medidas respiração-a-respiração (BALADY et al., 2010). A análise de gases ventilatórios envolve a medição direta não invasiva da ventilação ( $\dot{V}_E$ ) e dos gases expirados para determinar o consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e a produção de dióxido de carbono ( $\dot{V}CO_2$ ), ilustrando as respostas ao estresse físico progressivo. A capacidade funcional é comumente definida com o valor de pico do  $\dot{V}O_2$ , que reflete o funcionamento central e periférico do sistema cardiopulmonar (ARENA et al., 2020). Além disso, em conjunto com essas medidas, a análise da frequência cardíaca (FC), pressão arterial (PA) e avaliação subjetiva dos sintomas (percepção de esforço), também podem ser integradas nessa avaliação (BALADY et al., 2010). Por certo, com o intuito de quantificar a dimensão das respostas fisiológicas frente a um estímulo de esforço, os indivíduos que apresentam prejuízos na saúde e / ou comorbidades que influenciam na função fisiológica de um ou mais dos sistemas avaliados durante o TECP, podem se beneficiar com essa avaliação (ARENA; CAHALIN, 2014).

Entretanto, visto o alto custo dos recursos de estrutura (ergômetro, ergoespirômetro, local adequado) e humanos (equipe previamente treinada, com presença de um médico) necessários para a realização do TECP, a capacidade funcional pode também ser avaliada por meio de diferentes testes de campo. Em geral, esses testes são atraentes por representarem uma atividade de vida diária e serem menos dispendiosos quando comparados ao TECP; nesse sentido, o teste de caminhada de seis minutos (TC6), teste de simples execução, tem sido bastante utilizado na prática clínica (CRAPO et al., 2002; WEISMAN et al., 2003). Visto que o TC6 reflete a capacidade de caminhar, uma importante função física e cotidiana, é necessário um corredor de 30 metros, medindo a distância que um paciente pode caminhar em uma superfície plana, em um período de 6

minutos (CRAPO et al., 2002). Estudos já demonstram que o TC6 é reproduzível em indivíduos com obesidade (LARSSON; REYNISDOTTIR, 2008), após a reabilitação pulmonar, e após a cirurgia bariátrica (DE SOUZA et al., 2009; HULENS et al., 2003). Outra alternativa é o teste de degrau de dois minutos (TD2), que necessita de um espaço mínimo para sua aplicação. Enquanto no TC6 o paciente caminha sobre uma superfície plana, os movimentos realizados durante o TD2 são similares ao subir escadas. Ainda quando contrastado com o TC6, que apresenta apenas o componente horizontal, o teste de degrau se torna interessante por apresentar também o deslocamento vertical (MARRARA et al., 2012). O TD2 se mostrou confiável para avaliar a capacidade funcional de indivíduos com insuficiência cardíaca (WEGRZYNOWSKA-TEODORCZYK et al., 2016), e para avaliar as limitações funcionais dos indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica (PESSOA et al., 2012), além disso, esse teste já foi validado para indivíduos com obesidade (RICCI et al., 2019). Contudo, para o nosso conhecimento, ainda não existe uma comparação direta entre as respostas fisiológicas destes aos de um teste máximo (e.g., TECP) nesta população.

A partir do exposto, foi realizado um primeiro estudo que analisou a influência da composição corporal, do perfil metabólico e lipídico na capacidade funcional máxima (TECP) e submáxima (TC6 e TD2) desses indivíduos. Além disso, também verificamos as diferentes respostas em três testes de capacidade funcional (TECP, TC6 e TD2) nas variáveis metabólicas, ventilatórias, cardiovasculares, de desempenho ao exercício e nas respostas de esforço percebido. Esse estudo foi publicado no periódico *Scientific Reports* (**Estudo I**).

Paralelamente, diversos estudos realizaram avaliações dos prejuízos autonômicos causado pela obesidade (NAULT et al., 2007; PINHEL et al., 2017), uma vez que o sistema nervoso autônomo (SNA) exerce um papel importante no balanço energético, bem como, na regulação do sistema cardiovascular (VAN BAAK, 2001). A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) refere-se à flutuação dos intervalos entre os batimentos cardíacos consecutivos e reflete a regulação do equilíbrio autonômico (SHAFFER; GINSBERG, 2017). A obesidade tem sido associada com redução da VFC e da sua complexidade (CABIDDU et al., 2015; DIETRICH et al., 2008), e à hiperatividade do sistema nervoso simpático, com diminuição do tônus do sistema nervoso parassimpático (LIPS et al., 2013; NAULT et al., 2007), e além dessas alterações, pode contribuir no desenvolvimento de comorbidades (VAN BAAK, 2001). Sugere-se que o aumento da

atividade simpática em indivíduos com obesidade dependa, em grande parte, da sua associação com a hipertensão e alterações metabólicas, como a resistência à insulina (CARVALHO et al., 2018; TENTOLOURIS; ARGYRAKOPOULOU; KATSILAMBROS, 2008). Portanto, menor VFC em diferentes contextos clínicos, incluindo obesidade, revelou-se um marcador de risco para mortalidade (PINHEL et al., 2017).

No que diz respeito à saúde mental, embora seja um tópico menos explorado, estudos apontam uma associação positiva entre obesidade e transtornos psiquiátricos (AMIRI et al., 2019), como a ansiedade (AMIRI; BEHNEZHAD, 2019; GARIEPY; NITKA; SCHMITZ, 2010), depressão (MILANESCHI et al., 2019) e mudanças no comportamento alimentar (RIBEIRO et al., 2018). No entanto, pelo nosso conhecimento, ainda não foi bem estabelecido de forma conclusiva a relação de causa e efeito entre as duas condições. Adicionalmente, Ogilve e Patel (2017) sugerem que maus hábitos de sono também podem colaborar para o risco de obesidade, contudo, devido a confusão de causalidade reversa, podendo também a obesidade causar transtornos do sono, ainda não está claro se o sono insatisfatório realmente causa obesidade (OGILVIE; PATEL, 2017). Os distúrbios do sono parecem ter uma relação com o desenvolvimento ou exacerbação da adiposidade corporal ou vice-versa (HARGENS et al., 2013), e acredita-se que os principais hormônios opostos relacionados ao controle do apetite (leptina e a grelina) desempenham um papel significativo na interação entre a curta duração do sono e alto IMC (TAHERI et al., 2004).

Nesse sentido, sabendo que a obesidade é uma doença progressiva capaz de afetar a qualidade de vida dos indivíduos (TAYLOR et al., 2013), além de desempenhar um papel central no desenvolvimento de diversos fatores de risco e doenças crônicas (LUCA et al., 2018), diferentes tratamentos são propostos para essa população, envolvendo diversos tipos de abordagens (KUSHNER, 2014; WOLFE; KVACH; ECKEL, 2016). A orientação e controle dietético, programas de atividade física, farmacoterapia e psicoterapia são os pilares principais do tratamento conservador, realizados por meio de uma equipe multiprofissional (SCHUTZ et al., 2019; YUMUK et al., 2015). Entretanto, a redução de peso e a manutenção desta perda de peso é um desafio à longo prazo, visto que o tratamento convencional muitas vezes não apresenta resultados tangíveis à curto prazo e é altamente dependente da força de vontade do indivíduo (HALL; KAHAN, 2018). Nesse sentido, mais da metade do peso eliminado pode ser recuperado em um

período de dois anos após início do tratamento, segundo a meta-análise realizada por Anderson e colegas (2001).

Há um reconhecimento de que o controle da obesidade deve focar na melhoria da saúde e do bem-estar, e não apenas na perda de peso *per se* (GONZÁLEZ-MUNIESA et al., 2017). Nesse contexto, considerada uma boa opção para o tratamento a longo prazo, a cirurgia bariátrica atualmente é o tratamento mais eficaz (LUCA et al., 2018; WILSON; AMINIAN; TAHRANI, 2021), com melhora das comorbidades associadas, além da redução da mortalidade (GONZÁLEZ-MUNIESA et al., 2017; RYAN; KAHAN, 2018). Esse procedimento é indicado para indivíduos com perfis de: IMC maior que 40 kg/m<sup>2</sup>; IMC acima de 35 kg/m<sup>2</sup>, quando associado à presença de comorbidades; e, IMC maior que 30 kg/m<sup>2</sup>, se estiver associado ao *diabetes mellitus* tipo 2 (LUCA et al., 2018).

Dentre as técnicas cirúrgicas existentes, a derivação gástrica em Y de Roux, também conhecida como *bypass*, é a técnica mais realizada no Brasil e nos Estados Unidos, devido sua segurança e eficácia (COEN; CARNERO; GOODPASTER, 2018; NEDELJKOVIC-ARSENOVIC et al., 2019; TONATTO-FILHO et al., 2019). Ela é descrita como um procedimento misto, ou seja, uma combinação de um processo restritivo e mal absorptivo. Nesse procedimento, ocorre o grampeamento de parte do estômago, sendo desconectado do fluxo alimentar, além da criação de uma bolsa gástrica, conseqüentemente, reduzindo o espaço para o alimento. Essa bolsa gástrica é anastomosada ao jejuno distal, contornando as secreções bílio-pancreáticas para combinar os componentes restritivos e mal absorptivos (LIM et al., 2016). Os efeitos principais desta técnica são a saciedade mais precoce e o menor peso final atingido pelos indivíduos quando comparados aos resultados das técnicas puramente restritivas (LIASKOS et al., 2018).

No entanto, diversas são as alterações que ocorrem após o procedimento cirúrgico. Com os efeitos da má absorção de nutrientes, o cálcio, ferro, e vitamina B12 são os menos absorvidos após a cirurgia (WOLFE; KVACH; ECKEL, 2016), contudo, as diretrizes recomendam a suplementação de nutrientes de rotina após o procedimento (MECHANICK et al., 2013). Nos primeiros dias após a cirurgia, os pacientes são orientados a ingerir uma dieta inteiramente líquida e, somente após cerca de duas ou três semanas, ocorre mudança gradual da dieta, passando de líquida para pastosa, até alcançar a dieta sólida (ELRAZEK; ELBANNA; BILASY, 2014). Sabe-se que o pós-operatório é um momento marcado pela intensa perda de peso, não apenas massa de gordura (MG),

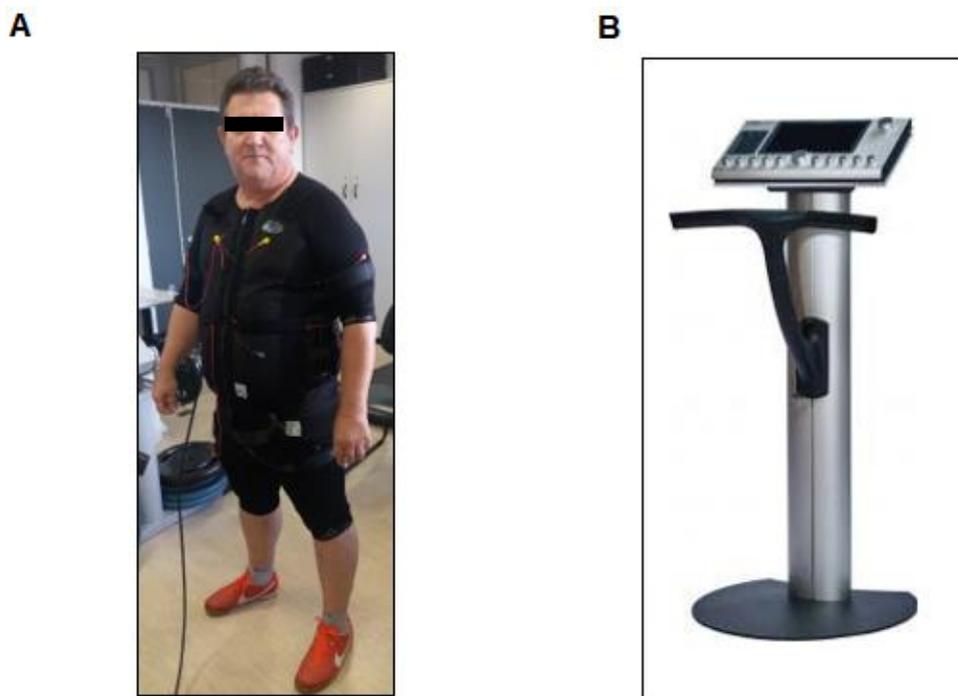
mas também, de massa magra (MM) (CIANGURA et al., 2010; SCIBORA, 2014). Nesse sentido, a inatividade física e a rápida perda de peso, somados à ingestão inadequada de proteínas, podem levar à redução da massa e da força muscular, prejudicando a capacidade funcional desses indivíduos, o que afeta diretamente as atividades de vida diária (DEREPPE et al., 2019; HASSANNEJAD et al., 2017; O'BRIEN et al., 2006). Embora a má absorção seja mínima, reduções na concentração de hemoglobina e do conteúdo de ferro podem ser prejudiciais ao desempenho do exercício, devido à redução na capacidade de transporte de oxigênio (MCCLUNG, 2019).

Outro ponto válido de ser mencionado é que embora diversos estudos demonstrem melhora da VFC após a cirurgia bariátrica (CASTELLO et al., 2011; NAULT et al., 2007; PERUGINI et al., 2010), há uma lacuna na literatura sobre quando isso realmente ocorre, devido às diferenças no tempo de avaliação (em média 3, 6 e 12 meses após o procedimento) dos pacientes. Uma revisão atual (BENJAMIM et al., 2021) demonstrou que apenas dois estudos avaliaram a VFC nos primeiros dias após o procedimento cirúrgico: Perugini e col. (2010) e Lips e col. (2013) avaliaram suas amostras de pacientes após 14 e 21 dias do procedimento cirúrgico (técnica *by-pass*), respectivamente, e observaram que nessa fase aguda não há melhora nos índices da VFC, tanto nos que representam o componente parassimpático, bem como, no equilíbrio simpato-vagal.

Diante do exposto, posteriormente ao procedimento cirúrgico, um programa de exercícios dinâmicos iniciado de forma precoce, seria importante para esses indivíduos, podendo colaborar com uma rápida recuperação (WIKLUND; SUNDQVIST; FAGEVIK OLSÉN, 2015). Apesar de diversos estudos demonstrarem os benefícios do exercício físico após a cirurgia bariátrica (CASTELLO-SIMÕES et al., 2012; HASSANNEJAD et al., 2017; ONOFRE et al., 2017), não é de nosso conhecimento, estudos que tenham iniciado um programa de reabilitação de forma precoce. Compreendendo que nos primeiros dias após a cirurgia bariátrica, a dieta hipocalórica aliada ao repouso cirúrgico pode dificultar as abordagens para a prática precoce de exercício físico moderado, surge a necessidade da introdução de estratégias de intervenção que sejam viáveis de serem aplicadas nesse período.

Nesse contexto, a estimulação elétrica neuromuscular de corpo inteiro (EENMC) associada a programas de exercícios físicos convencionais, pode ser uma estratégia interessante. Ela já é aplicada de maneira satisfatória em diferentes populações (SILLEN et al., 2013) devido sua eficiência em questões de tempo reduzido de treinamento,

apresentando bons resultados relacionados à saúde e ao condicionamento físico (KEMMLER et al., 2021). A EENMC é um novo método de treinamento que surgiu com a evolução da estimulação elétrica muscular aplicada localmente, a qual permite ativar vários grupos musculares de forma sincronizada, possibilitando movimentos globais durante o estímulo elétrico (PANO-RODRIGUEZ et al., 2019). Essa tecnologia possibilita a ativação simultânea de 8-12 grupos musculares (membros inferiores e superiores, glúteos, abdômen, tórax, parte inferior e superior das costas) com intensidades pré-selecionáveis para cada região (KEMMLER et al., 2014; KEMMLER; VON STENGEL, 2013), conforme demonstrado na figura 1.



**Figura 1:** A - Paciente com roupa e coletes de eletroestimulação. B – Eletroestimulador de corpo inteiro.

Uma vantagem que se pode destacar na aplicação da EENMC é a sua utilização para populações que são incapazes, ou que apresentam dificuldade de adesão a longos protocolos de treinamento moderado ou intenso (KEMMLER; FROEHLICH;

KLEINÖDER, 2016), podendo ser uma alternativa promissora quando o exercício físico é inviável. Kemmler e colegas (2014) ressaltam os efeitos dessa técnica que é capaz de atuar benéficamente na composição corporal e nos parâmetros de força global, quando a aplicação de técnicas convencionais de exercício é contraindicada ou não atraente para o paciente.

Diversos estudos demonstram os efeitos benéficos de uma intervenção composta por EENMC e exercícios, como o aumento da massa muscular e força isométrica em idosas (KEMMLER, 2014); melhora nos parâmetros de sarcopenia e na gordura corporal em mulheres idosas (KEMMLER; VON STENGEL, 2013); incremento no desempenho em corredores recreativos (AMARO-GAHETE et al., 2018); efeitos favoráveis no desenvolvimento da força dinâmica de membros inferiores, além de ganho de agilidade e resistência cardiovascular em mulheres na pós menopausa (PANO-RODRIGUEZ et al., 2020); e até mesmo, manutenção da MM em mulheres com excesso de peso associado à restrição energética (WILLERT et al., 2019). Entretanto, para nosso conhecimento, nenhum estudo foi encontrado com aplicação de um protocolo de intervenção com tal técnica após a cirurgia bariátrica.

Neste contexto, parece haver base teórica relevante para supor que a EENMC poderia ser uma alternativa atrativa para pacientes no pós-operatório de cirurgia bariátrica, sobretudo em fase precoce, quando a abordagem por meio do exercício físico de alta intensidade e resistidos, ainda é inviável. Portanto, considerando os seus efeitos benéficos, parece lícito supor que essa técnica, associada a exercícios convencionais, poderia ter maior aceitação, sobretudo em fases mais precoces da intervenção cirúrgica. Além disso, a aplicação de um protocolo composto por EENMC associado a exercícios dinâmicos poderia trazer benefícios no que diz respeito as respostas autonômicas, de capacidade funcional máxima e submáxima, na qualidade do sono e no índice de ansiedade. Tendo isso em pauta, foi desenvolvido um segundo estudo que teve como objetivo analisar os efeitos de um programa de reabilitação composto por EENMC e exercícios dinâmicos na capacidade funcional e na modulação autonômica cardíaca, aplicado de forma precoce após a cirurgia bariátrica. Tal estudo foi publicado em 2020 no periódico *Obesity Surgery* (**APÊNDICE II**). Além disso, um terceiro estudo foi desenvolvido para analisar o impacto do mesmo programa de intervenção precoce (EENMC associado a exercícios dinâmicos) após a cirurgia bariátrica na capacidade

aeróbia, composição corporal e qualidade do sono. Esse trabalho será submetido ao corpo editorial do periódico *Obesity* (**APÊNDICE III**).

### Referências

ABESO. **Diretrizes Brasileiras de Obesidade**, 2009-2010.

AMARO-GAHETE, F. J. et al. Whole-body electromyostimulation improves performance-related parameters in runners. **Frontiers in Physiology**, v. 9, 2018.

AMIRI, S.; BEHNEZHAD, S. Obesity and anxiety symptoms: a systematic review and meta-analysis. **Neuropsychiatrie**, v. 33, n. 2, p. 72–89, 2019.

ANDERSON, J. W. et al. Long-term weight-loss maintenance : a meta-analysis of US studies. **Am J Clin Nutr**, v.74, p.579-584, 2001.

ARENA, R. et al. Cardiopulmonary exercise testing—refining the clinical perspective by combining assessments. **Expert Review of Cardiovascular Therapy**, v. 18, n. 9, p. 563–576, 2020.

ARENA, R.; CAHALIN, L. P. Evaluation of cardiorespiratory fitness and respiratory muscle function in the obese population. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 56, n. 4, p. 457–464, 2014.

BALADY, G. J. et al. Clinician’s guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: A scientific statement from the American heart association. **Circulation**, v. 122, n. 2, p. 191–225, 2010.

BENJAMIM, C. J. R. et al. Does bariatric surgery improve cardiac autonomic modulation assessed by heart rate variability? A systematic review. **Surgery for Obesity and Related Diseases**, v. 17, n. 8, p. 1497-1509, 2021.

BRAY, G. A. et al. Management of obesity. **The Lancet**, v. 387, n. 10031, p. 1947–1956, 2016.

CABIDDU, R. et al. Are complexity metrics reliable in assessing HRV control in obese patients during sleep? **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, p. 1–15, 2015.

CARVALHO, L. P. et al. Metabolic syndrome impact on cardiac autonomic modulation and exercise capacity in obese adults. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**, v.

213, n. March, p. 43–50, 2018.

CASTELLO-SIMÕES, V. et al. Effects of aerobic exercise training on variability and heart rate kinetic during submaximal exercise after gastric bypass surgery – a randomized controlled trial. **Disability and Rehabilitation**, v. 35, n. 4, p. 334–342, 2012.

CASTELLO, V. et al. Impact of aerobic exercise training on heart rate variability and functional capacity in obese women after gastric bypass surgery. **Obesity Surgery**, v. 21, n. 11, p. 1739–1749, 2011.

CHOOI, Y. C.; DING, C.; MAGKOS, F. The epidemiology of obesity. **Metabolism**, v. 92, p.6-11, 2019.

CIANGURA, C. et al. Dynamics of change in total and regional body composition after gastric bypass in obese patients. **Obesity**, v. 18, n. 4, p. 760–765, 2010.

COEN, P. M.; CARNERO, E. A.; GOODPASTER, B. H. Exercise and Bariatric Surgery: An Effective Therapeutic Strategy. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 46, n. 4, p. 262–270, 2018.

CRAPO, R. O. et al. ATS statement: Guidelines for the six-minute walk test. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 166, n. 1, p. 111–117, 2002.

Comitê de colaboração global de Mortalidade pelo IMC. **Lancet**, v.388, p.776-86, 2016.

DE SOUZA, S. A. F. et al. Six-minute walk test: functional capacity of severely obese before and after bariatric surgery. **Surgery for Obesity and Related Diseases**, v. 5, n. 5, p. 540–543, set. 2009.

DEREPPE, H. et al. Impact of Bariatric Surgery on Women Aerobic Exercise Capacity. **Obesity Surgery**, v. 29, n. 10, p. 3316–3323, 2019.

DIETRICH, D. F. et al. Effect of physical activity on heart rate variability in normal weight, overweight and obese subjects: results from the SAPALDIA study. **European Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 3, p. 7–20, 2008.

ELAGIZI, A. A Review of Obesity , Physical Activity , and Cardiovascular Disease American College of Cardiology. **Curr Obes Rep**, v. 9, n. 4, p. 571-581, 2020.

ELRAZEK, A. E. M. A. A.; ELBANNA, A. E. M.; BILASY, S. E. Medical management of patients after bariatric surgery: Principles and guidelines. **World Journal of**

**Gastrointestinal Surgery**, v. 6, n. 11, p. 220, 2014.

ENGIN, A. The Definition and Prevalence of Obesity and Metabolic Syndrome. **Obesity and Lipotoxicity**, v. 960, p. 1-17, 2017.

GARIEPY, G.; NITKA, D.; SCHMITZ, N. The association between obesity and anxiety disorders in the population: A systematic review and meta-analysis. **International Journal of Obesity**, v. 34, n. 3, p. 407–419, 2010.

GONZÁLEZ-MUNIESA, P. et al. Obesity. **Nature Reviews Disease Primers**, v. 3, 2017.

GUTIERREZ, D. A.; PUGLISI, M. J.; HASTY, A. H. Impact of Increased Adipose Tissue Mass on Inflammation, Insulin Resistance, and Dyslipidemia. **Curr Diab Rep**, v. 9, n. 1, p. 26–32, 2009.

HALL, K. D.; KAHAN, S. Maintenance of Lost Weight and Long-Term Management of Obesity. **Medical Clinics of North America**, v. 102, n. 1, p. 183–197, 2018.

HARGENS, T. A. et al. Association between sleep disorders, obesity, and exercise: a review. **Nature and Science of Sleep**, v. 5, p. 27–35, 2013.

HASSANNEJAD, A. et al. 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. **Obesity Surgery**, v. 27, n. 11, p. 2792–2801, 2017.

HILTON, T. N. et al. Excessive adipose tissue infiltration in skeletal muscle in individuals with obesity, diabetes mellitus, and peripheral neuropathy: Association with performance and function. **Physical Therapy**, v. 88, n. 11, p. 1336–1344, 2008.

HULENS, M. et al. Exercise capacity in lean versus obese women. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 11, n. 5, p. 305–309, 2001.

HULENS, M. et al. Predictors of 6-minute walk test results in lean, obese and morbidly obese women. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 13, n. 2, p. 98–105, 2003.

KAMINSKY, L. A.; MYERS, J.; ARENA, R. Determining Cardiorespiratory Fitness With Precision: Compendium of Findings From the FRIEND Registry. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 62, n. 1, p. 76–82, 2019.

KEMMLER, W. et al. Impact of whole-body electromyostimulation on body composition in elderly women at risk for sarcopenia: The Training and ElectroStimulation Trial (TEST-III). **Age**, v. 36, n. 1, p. 395–406, 2014.

KEMMLER, W. et al. Efficacy of Whole-Body Electromyostimulation (WB-EMS) on Body Composition and Muscle Strength in Non-athletic Adults. A Systematic Review and Meta-Analysis. **Frontiers in Physiology**, v. 12, 2021.

KEMMLER, W.; FROEHLICH, M.; KLEINÖDER, H. Whole-Body Electromyostimulation – The Need for Common Sense ! Rationale and Guideline for a Safe and Effective Training. **SHORT REPORT**, v. 9, p. 218–220, 2016.

KEMMLER, W.; VON STENGEL, S. Whole-body electromyostimulation as a means to impact muscle mass and abdominal body fat in lean, sedentary, older female adults: Subanalysis of the TEST-III trial. **Clinical Interventions in Aging**, v. 8, p. 1353–1364, 2013.

KUSHNER, R. F. Weight loss strategies for treatment of obesity. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 56, n. 4, p. 465–472, 2014.

LARSSON, U. E.; REYNISDOTTIR, S. The six-minute walk test in outpatients with obesity : reproducibility and known group validity. v. 13, p. 84–93, 2008.

LEDIKWE, J. H. et al. Dietary energy density is associated with energy intake and weight status in US adults. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 83, n. 6, p. 1362–1368, 2006.

LIASKOS, C. et al. Roux-en-Y Gastric Bypass Is More Effective than Sleeve Gastrectomy in Improving Postprandial Glycaemia and Lipaemia in Non-diabetic Morbidly Obese Patients: a Short-term Follow-up Analysis. **Obesity Surgery**, v. 28, n. 12, p. 3997–4005, 2018.

LIM, C. H. et al. The future of the Roux-en-Y gastric bypass The future of the Roux-en-Y gastric bypass. **Expert review of gastroenterology & hepatology**, v. 10, n. 7, p. 777–784, 2016.

LIPS, M. A. et al. Autonomic nervous system activity in diabetic and healthy obese female subjects and the effect of distinct weight loss strategies. **European Journal of Endocrinology**, v. 169, n. 4, p. 383–390, 2013.

LUCA, M. DE et al. Indications for Surgery for Obesity and weight-related diseases: position statements from the International Federation for the surgery of obesity and metabolic disorders (IFSO). **Obes Surg**, v. 26, n. 8, p. 1659–1696, 2018.

MARRARA, K. T. et al. Responsiveness of the six-minute step test to a physical training program in patients with COPD. **J Bras Pneumol**, v. 38, n. 5, p. 579–587, 2012.

MCCLUNG, J. P. Iron, Zinc, and Physical Performance. **Biological Trace Element Research**, v. 188, n. 1, p. 135–139, 2019.

MECHANICK, J. I. et al. Clinical Practice Guidelines for the Perioperative Bariatric Surgery Patient — 2013 Update : **Endocr Pract.**, v. 19, n. 2, p. 337–372, 2013.

MELDRUM, D. R.; MORRIS, M. A.; GAMBONE, J. C. Obesity pandemic: causes, consequences, and solutions—but do we have the will? **Fertility and Sterility**, v. 107, n. 4, p. 833–839, 2017.

MILANESCHI, Y. et al. Depression and obesity: evidence of shared biological mechanisms. **Molecular Psychiatry**, v. 24, n. 1, p. 18–33, 2019.

NAULT, I. et al. Impact of bariatric surgery-induced weight loss on heart rate variability. **Metabolism: Clinical and Experimental**, v. 56, n. 10, p. 1425–1430, 2007.

NEDELJKOVIC-ARSENOVIC, O. et al. The amount of weight loss six months after bariatric surgery: It makes a difference. **Obesity Facts**, v. 12, n. 3, p. 281–290, 2019.

O'BRIEN, P. E. et al. Systematic review of medium-term weight loss after bariatric operations. **Obesity Surgery**, v. 16, n. 8, p. 1032–1040, 2006.

OGILVIE, R. P.; PATEL, S. R. The epidemiology of sleep and obesity. **Sleep Health**, v. 3, n. 5, p. 383–388, 2017.

ONOFRE, T. et al. Effects of a Physical Activity Program on Cardiorespiratory Fitness and Pulmonary Function in Obese Women after Bariatric Surgery: a Pilot Study. **Obesity Surgery**, v. 27, n. 8, p. 2026–2033, 2017.

PANO-RODRIGUEZ, A. et al. Effects of whole-body ELECTROMYOSTIMULATION on health and performance: A systematic review. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 19, n. 1, p. 1–14, 2019.

PANO-RODRIGUEZ, A. et al. Effects of whole-body electromyostimulation on physical

fitness in postmenopausal women: A randomized controlled trial. **Sensors (Switzerland)**, v. 20, n. 5, p. 1–16, 2020.

PERUGINI, R. A. et al. Reduced heart rate variability correlates with insulin resistance but not with measures of obesity in population undergoing laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass. **SOARD**, v. 6, n. 3, p. 237–241, 2010.

PESSOA, B. V. et al. Teste do degrau e teste da cadeira : comportamento das respostas metabólo-ventilatórias e cardiovasculares na DPOC. **Fisioterapia em Movimento**, v. 25, n. 1, p. 105–115, 2012.

PINHEL, M. A. S. et al. Heart Rate Variability as a Tool for Predicting Risk of Cardiovascular Disease in Patients with Obesity. **Journal of Scientific Research**, v. 4, 2017.

RIBEIRO, G. et al. Depression, Anxiety, and Binge Eating Before and After Bariatric Surgery: Problems That Remain. **Arq Bras Cir Dig**, v. 31, n. 1, p. e1356, 2018.

RICCI, P. A. et al. Validation of the two-minute step test in obese with comorbidities and morbidly obese patients. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 52, p. 1–9, 2019.

RYAN, D. H.; KAHAN, S. Guideline Recommendations for Obesity Management. **Medical Clinics of North America**, v. 102, n. 1, p. 49–63, 2018.

SCHUTZ, D. D. et al. European Practical and Patient-Centred Guidelines for Adult Obesity Management in Primary Care. **Obesity Facts**, v. 12, n. 1, p. 40–66, 2019.

SCIBORA, L. M. Skeletal effects of bariatric surgery: Examining bone loss, potential mechanisms and clinical relevance. **Diabetes, Obesity and Metabolism**, v. 16, n. 12, p. 1204–1213, 2014.

SHAFFER, F.; GINSBERG, J. P. An Overview of Heart Rate variability Metrics and Norms. **Frontiers in Public Health**, v. 5, p. 1–17, 2017.

SILLEN, M. J. H. et al. Metabolic and Structural Changes in Lower-Limb Skeletal Muscle Following Neuromuscular Electrical Stimulation: A Systematic Review. **PLoS ONE**, v. 8, n. 9, p. e69391, 2013.

TAHERI, S. et al. Short sleep duration is associated with reduced leptin, elevated ghrelin, and increased body mass index. **PLoS Medicine**, v. 1, n. 3, p. 210–217, 2004.

TAYLOR, V. H. et al. The impact of obesity on quality of life. **Best Practice and Research: Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 27, n. 2, p. 139–146, 2013.

TENTOLOURIS, N.; ARGYRAKOPOULOU, G.; KATSILAMBROS, N. Perturbed autonomic nervous system function in metabolic syndrome. **NeuroMolecular Medicine**, v. 10, n. 3, p. 169–178, 2008.

TONATTO-FILHO, A. J. et al. Bariatric surgery in Brazilian public health system: The good, the bad and the ugly, or a long way to go. yellow sign. **Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva**, v. 32, n. 4, p. 4–8, 2019.

URANGA, R. M.; KELLER, J. N. The complex interactions between obesity, metabolism and the brain. **Frontiers in Neuroscience**, v. 13, p. 1–21, 2019.

VAN BAAK, M. A. The peripheral sympathetic nervous system in human obesity. **Obesity Reviews**, v. 2, n. 1, p. 3–14, 2001.

WEGRZYNOWSKA-TEODORCZYK, K. et al. Could the two-minute step test be an alternative to the six-minute walk test for patients with systolic heart failure ? **European Journal of Preventive Cardiology**, p. 1–7, 2016.

WEISMAN, I. M. et al. ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 167, n. 2, p. 211–277, 15 jan. 2003.

WIKLUND, M.; SUNDQVIST, E.; FAGEVIK OLSÉN, M. Physical Activity in the Immediate Postoperative Phase in Patients Undergoing Roux-en-Y Gastric Bypass—a Randomized Controlled Trial. **Obesity Surgery**, v. 25, n. 12, p. 2245–2250, 2015.

WILLERT, S. et al. Effects of whole-body electromyostimulation on the energy-restriction-induced reduction of muscle mass during intended weight loss. **Frontiers in Physiology**, v. 10, 2019.

WILSON, R.; AMINIAN, A.; TAHRANI, A. A. Metabolic surgery: A clinical update. **Diabetes, Obesity and Metabolism**, v. 23, n. S1, p. 63–83, 2021.

WOLFE, B. M.; KVACH, E.; ECKEL, R. H. Treatment of obesity. **Circulation**

**Research**, v. 118, n. 11, p. 1844–1855, 2016.

WYATT, S. B.; WINTERS, K. P.; DUBBERT, P. M. Overweight and obesity: Prevalence, consequences, and causes of a growing public health problem. **American Journal of the Medical Sciences**, v. 331, n. 4, p. 166–174, 2006.

YUMUK, V. et al. European Guidelines for Obesity Management in Adults. **Obesity Facts**, v. 8, n. 6, p. 402–424, 2015.

**Respostas de diferentes testes funcionais em candidatos à cirurgia bariátrica e a associação com a composição corporal, perfil metabólico e lipídico**

Artigo publicado no periódico *Scientific Reports*

Fator de impacto: 4.379 Qualis: A2

**Citação:** Ricci, P.A., André, L.D., Jürgensen, S.P. *et al.* *Responses of different functional tests in candidates for bariatric surgery and the association with body composition, metabolic and lipid profile. Sci Rep* **11**, 22840 (2021).  
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-02072-x>

Versão em português com acréscimo de conteúdo

## RESUMO

**Introdução:** Indivíduos com obesidade podem apresentar distúrbios metabólicos e apresentar prejuízo na capacidade de praticar exercícios. O teste de exercício cardiopulmonar incremental máximo é amplamente utilizado para avaliar a capacidade funcional. No entanto, testes submáximos como o teste do degrau de dois minutos (TD2) e o teste de caminhada de seis minutos (TC6) também permitem tal avaliação. **Objetivo:** analisar se a composição corporal, o perfil metabólico e lipídico influenciam no desempenho máximo e submáximo ao exercício, bem como, investigar as respostas dessas variáveis nos diferentes testes funcionais. **Métodos:** Quarenta e quatro indivíduos com obesidade (IMC: 41,0 [39,3-42,7 kg/m<sup>2</sup>], idade: 36,3 [33,3 – 39,4 anos]), foram submetidos a análises de composição corporal, perfil metabólico e lipídico, teste incremental em esteira (TI), TC6 e TD2. Foram realizadas, ANOVA *one-way*, correlação de Pearson ou Spearman e análise de regressão linear múltipla. **Resultados:** o TI induziu uma maior demanda metabólica, ventilatória, cardiovascular e de esforço percebido quando comparado ao TC6 e ao TD2 ( $p < 0,05$ ). Além disso, o TD2 induziu uma maior demanda cronotrópica (FC) e metabólica ( $\dot{V}O_2$ ) quando comparado ao TC6 ( $p < 0,05$ ). Correlações significativas foram encontradas entre os testes funcionais e a composição corporal, o perfil metabólico e o lipídico. A MG e o LDL podem explicar 30% da variância do  $\dot{V}O_2$  no TI; além disso, a MG, a glicose e o desempenho no TD2 podem explicar 42% da variância da distância percorrida no TI. **Conclusões:** Os comprometimentos metabólicos decorrentes da obesidade influenciam as respostas ao exercício. O TI gerou maior demanda devido ao alto estresse imposto, entretanto, o TD2 necessitou de uma maior demanda metabólica e cronotrópica quando comparado ao TC6.

## Introdução

A obesidade é uma doença global (JAMES, 2018), crônica e multicausal, acarretando incapacidades e alterações fisiológicas nos indivíduos (JASTREBOFF et al., 2019). Além disso, a obesidade está relacionada a diversas comorbidades que prejudicam a saúde (CAPODAGLIO et al., 2014), e os detrimientos causados pelo excesso de peso, podem ser atribuídos, em parte, à inflamação sistêmica crônica (GREGOR; HOTAMISLIGIL, 2011), resistência à insulina e distúrbios do metabolismo lipídico (RADER, 2007), concomitante à diminuição da capacidade funcional (PATAKY et al., 2014) e da qualidade de vida (LARSSON; KARLSSON; SULLIVAN, 2002; TAYLOR et al., 2013).

Indivíduos com obesidade apresentam alterações na composição corporal, mais especificamente, aumento da gordura corporal (CERCATO; FONSECA, 2019; SCHWARTZ et al., 2017), podendo também apresentar alterações no perfil metabólico e lipídico (URANGA; KELLER, 2019). Ainda, indivíduos com obesidade com distúrbios metabólicos podem apresentar maiores limitações quando um estímulo externo é aplicado, como o exercício físico, com ajustes adaptativos menos eficientes, levando a uma menor capacidade funcional (DIPLA; NASSIS; VRABAS, 2012). Alguns autores demonstram que a baixa capacidade funcional está associada de forma independente a desfechos negativos, como o aumento do risco de mortalidade (BARRY A; MCCULLOUGH, 2009; WULSIN et al., 2015).

O teste de exercício cardiopulmonar incremental máximo é o padrão ouro para avaliação da capacidade funcional (WEISMAN et al., 2003), e também é considerado um teste que possui importante valor prognóstico no período pré-operatório de cirurgia bariátrica (HENNIS et al., 2012). No entanto, testes alternativos para avaliação da capacidade física também são viáveis, tornando esta avaliação mais acessível, uma vez que ajustes cardiorrespiratórios e metabólicos também podem ser observados por meio de testes de campo submáximos. Os testes submáximos podem ser vantajosos quando aplicados no pós-operatório de cirurgia bariátrica, além de serem importantes para avaliar o impacto dos programas de intervenção. O TC6 é um teste comumente utilizado para diferentes populações, e pode ser facilmente aplicado devido sua simplicidade (SALZMAN, 2009), promovendo respostas de  $\dot{V}O_2$  e FC similares com o TI em mulheres obesas (DI THOMMAZO-LUPORINI et al., 2012). Da mesma forma, outro teste acessível de ser aplicado é o TD2, uma vez que já foi validado para indivíduos obesos

(RICCI et al., 2019). Ambos são considerados testes de campo e atraentes por representarem atividades da vida diária.

No entanto, não é de nosso conhecimento estudos que demonstrem as diferentes respostas entre esses testes, bem como, qual teste submáximo seria ideal para aplicar em obesos com comorbidades, ou logo após um procedimento cirúrgico. Sabe-se que o TD2 exige um tempo de exercício menor, além de requerer um deslocamento vertical do corpo quando comparado ao TC6. Além disso, ainda não está claro se a composição corporal, o perfil metabólico e o lipídico podem comprometer as respostas funcionais, conforme observado pelas variáveis metabólicas, ventilatórias, cardiovasculares e de desempenho no teste máximo e submáximo em indivíduos candidatos à cirurgia bariátrica.

Nesse sentido, o objetivo principal deste estudo foi investigar se a composição corporal, e os perfis metabólico e lipídico podem influenciar na capacidade funcional máxima e submáxima desses indivíduos. Como objetivo secundário, verificar as respostas metabólicas, ventilatórias e cardiovascular, assim como o desempenho ao exercício e percepção de esforço em indivíduos com obesidade em diferentes testes de capacidade funcional (TI, TD2 e TC6). Hipotetizamos que as variáveis de composição corporal, metabólica e de perfil lipídico podem estar associadas às respostas dos testes de capacidade funcional desses indivíduos. Além disso, acreditamos que o TD2 é um teste mais próximo do TI do que o TC6 em relação às respostas metabólicas e cardiovasculares, de percepção de esforço, sendo uma boa alternativa quando o TI não é viável, como após a cirurgia bariátrica.

## **Materiais e métodos**

### *Desenho e estudo da população*

Esse foi um estudo transversal e atendeu ao *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE) (VON ELM et al., 2008). Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (966.613). Os sujeitos receberam orientações sobre os procedimentos e todos os participantes forneceram consentimento por escrito após serem esclarecidos antes do

início do estudo. As avaliações foram realizadas no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da UFSCar, no período de dois anos (2016–2018).

Este estudo recrutou indivíduos com obesidade e comorbidades relacionadas ( $\text{IMC} \geq 35 \text{ kg} / \text{m}^2$ ) e indivíduos com obesidade mórbida ( $\text{IMC} 40 \text{ kg} / \text{m}^2$ ), com idade entre 18 e 50 anos e de ambos os sexos, que estavam aguardando pela cirurgia bariátrica em três diferentes centros médicos. Todos os indivíduos selecionados foram submetidos à cirurgia Y-de-Roux, e todos os pacientes foram submetidos ao mesmo protocolo de rotina antes da cirurgia (exames, acompanhamento nutricional e psicológico). Os critérios de não inclusão foram: pacientes com limitações ortopédicas ou neurológicas que impedissem o teste de exercício; pontuação do questionário de atividade física de Baecke maior que 8; histórico consistente com doença cardíaca; hipertensão não controlada; *diabetes mellitus* não controlada e / ou insulino-dependente; uso de betabloqueador; doenças respiratórias; presença de quaisquer contraindicações ao teste de exercício (WEISMAN et al., 2003); déficit cognitivo; dificuldade de compreensão e / ou não adesão aos procedimentos do estudo; usuários de drogas ilícitas; mulheres grávidas ou na pós-menopausa.

### *Avaliações*

Todas as avaliações foram realizadas no mesmo período do dia, a fim de evitar diferentes respostas fisiológicas, e foram realizadas em uma sala climatizada, com umidade relativa do ar entre 40–60% e temperatura entre 22–24°C. Antes das avaliações, os pacientes realizaram uma adaptação e familiarização com os procedimentos e receberam orientações sobre os testes. Os pacientes foram orientados a não ingerir estimulantes e não realizar atividades extenuantes nas 24 horas anteriores às avaliações.

Os pacientes foram submetidos a anamnese com a história clínica e aplicação do questionário de Baecke (BAECKE; BUREMA; FRIJTERS, 1982), coleta de sangue, seguida de avaliação da composição corporal. Os participantes realizaram o TI em um dia separado, e, respeitando um intervalo mínimo de 48 horas, os pacientes retornaram para realizar o TD2 e o TC6, com intervalo mínimo de trinta minutos entre os mesmos. A

ordem dos testes submáximos foi escolhida de forma randomizada para evitar interferência no desempenho dos indivíduos.

#### *Questionário de atividade física de Baecke*

No primeiro dia, foi realizada uma anamnese com a história clínica do indivíduo, contendo informações sobre história pregressa e comorbidades relacionadas. O nível de atividade física foi avaliado por informações relacionadas à ocupação, atividades esportivas e hábitos de lazer por meio do questionário Baecke, que foi validado e traduzido para adultos brasileiros (FLORINDO; LATORRE, 2003). Esse questionário consiste em uma escala de um a cinco (cinco representando os mais ativos), com oito questões relacionadas à ocupação, quatro abordando atividades esportivas e quatro abordando hábitos de lazer. Os resultados são apresentados com a soma dos pontos.

#### *Coleta de sangue e análise da composição corporal*

Para a análise sanguínea, amostras de sangue foram coletadas da veia antecubital do membro superior, por um profissional habilitado, em um laboratório certificado. Os pacientes foram orientados a jejuar de 12 a 14 horas, sendo que as coletas foram realizadas no período da manhã. Glicose, índice de resistência à insulina pelo método de avaliação do Modelo de Homeostase (HOMA-IR), sensibilidade à insulina (QUICKI), além do perfil lipídico - colesterol total, triglicerídeos, HDL-c e LDL-c - foram analisados.

Em seguida, os pacientes foram submetidos à avaliação da composição corporal pela manhã, com roupas leves, descalços e sem nenhum metal em contato com o corpo. Todos foram orientados a não realizar exercícios físicos intensos na véspera do exame; jejuar quatro horas antes da avaliação e eliminar urina antes da avaliação, conforme recomendação do fabricante. A avaliação da composição corporal foi realizada através da técnica de *Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DXA)*, considerada padrão ouro e validada para indivíduos com obesidade (LAFORGIA et al., 2009) (Figura 1). As variáveis registradas e analisadas foram: conteúdo mineral ósseo (CMO), MM e MG, em

quilogramas. O software do equipamento definiu automaticamente as áreas de estimativa corporal, e os resultados foram impressos e tabelados em Excel<sup>®</sup> (Microsoft Excel, 2016).



**Figura 1:** Ilustração da avaliação da composição corporal pelo aparelho DXA.

#### *Teste de exercício incremental*

A capacidade aeróbica máxima avaliada pelo TI foi baseada no protocolo de Bruce, que possui aumentos progressivos de velocidade e inclinação a cada três minutos (BRUCE; KUSUMI; HOSMER, 1973), em esteira ergométrica (Super Inbramed ATL, Rio Grande do Sul, Brasil), conforme ilustrado na figura 2. Os pacientes realizaram dois minutos de repouso na posição sentada, seguidos de dois minutos na posição em pé; após o teste, realizaram três minutos de recuperação ativa com velocidade de 3 km/h sem inclinação, seguidos de três minutos de recuperação passiva na posição sentada. Os pacientes foram orientados a realizar o teste até a exaustão. Os critérios para interrupção / conclusão do teste seguiram as recomendações da American Thoracic Society (WEISMAN et al., 2003).

O exame foi realizado por dois fisioterapeutas previamente treinados e um médico, possibilitando a detecção de potenciais arritmias cardíacas e também para auxiliar em caso de complicações. Os voluntários foram monitorados continuamente por meio de eletrocardiograma de 12 derivações (WinCardio, Microme, Brasília, Brasil) e

cardiofrequencímetro (Polar® S810i, Kempele, Oulu, Finlândia) fixado no tórax. Para a mensuração das respostas subjetivas de dispneia e fadiga em membros inferiores foi utilizada a escala de Borg de 0 a 10, onde 0 representa nenhum esforço, e 10 representa esforço máximo (BORG, 1982). A pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) foram medidas pelo método auscultatório com uso de esfigmomanômetro.

O teste incluiu a análise dos gases com registro dos parâmetros metabólicos e ventilatórios pelo sistema ergoespirométrico portátil Oxycon Mobile® (Mijnhardt / Jäger, Würzburg, Alemanha) com medidas respiração a respiração. Todos os voluntários usaram máscara facial como interface durante os testes de exercício. Os dados foram processados e calculados em médias móveis a cada 15s, sendo que o valor do pico foi definido como o maior valor dos últimos 15s de exercício.

O  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}CO_2$ ,  $\dot{V}_E$ , a frequência respiratória (FR) e a relação de troca respiratória (RER) foram obtidos e exportados para o Excel® (Microsoft Excel, 2016).



**Figura 2:** Ilustração do teste de exercício incremental em esteira.

*Teste de caminhada de seis minutos (TC6) e teste do degrau de dois minutos (TD2)*

Ambos os testes foram realizados de acordo com as recomendações da American Thoracic Society (CRAPO et al., 2002). Os pacientes foram orientados a diminuir o ritmo, se necessário, e até mesmo interromper o teste para descanso. Em ambos os testes, os pacientes realizaram dois minutos de repouso na posição sentada, seguidos de dois minutos na posição ortostática, e realizaram seis minutos de recuperação na posição sentada, ao final de cada teste, além de receberem comandos de encorajamento verbal padronizados. Para o TC6, os pacientes foram orientados a caminhar a maior distância que pudessem, em uma superfície plana de 30m, por seis minutos (CRAPO et al., 2002). Já o TD2, foi realizado de acordo com o protocolo previamente descrito (RICCI et al., 2019), utilizando um degrau único portátil de 15 cm de altura, sem apoio para as mãos. Os voluntários foram orientados a subir e descer o degrau tantas vezes quanto possível durante dois minutos (cadência livre), com registro manual da contagem dos ciclos de subida e descida (CSD) pelo avaliador responsável.

Assim como no TI, a percepção de dispneia e fadiga em membros inferiores, bem como a FC, PAS, PAD foram monitorados em ambos os testes. O mesmo sistema para a análise de gases ventilatórios expirados, bem como o método de determinação do valor de pico durante o TI foram utilizados para ambos os testes.

*Análise estatística*

A análise do poder amostral foi realizada *a posteriori*, utilizando o pacote estatístico GPower (Versão 3.1.3 - Franz Faul Universität Kiel, Alemanha). Considerando o tamanho total da amostra de nosso estudo de 44 indivíduos, probabilidade de erro  $\alpha$  de 0,05 e tamanho do efeito de 0,50, o poder estatístico foi calculado em 98%.

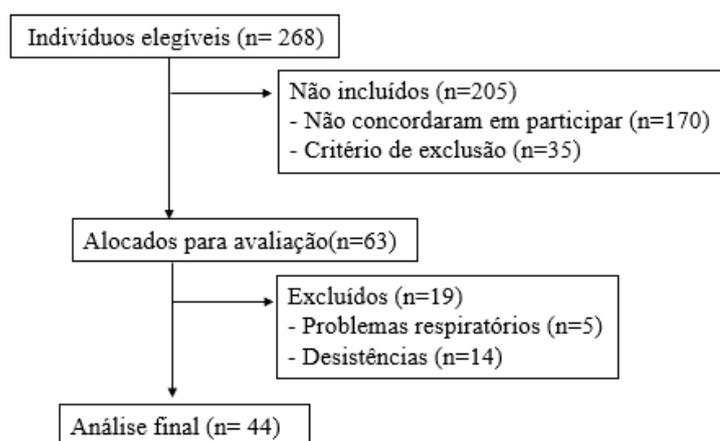
Os dados foram analisados por meio do programa estatístico SPSS Statistics, versão 20.0, EUA, e foram expressos em média e intervalo de confiança de 95%. As variáveis categóricas foram comparadas com o teste de qui-quadrado. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de *Shapiro-Wilk* e as diferenças entre os sexos foram avaliadas por meio do teste t de amostras independentes ou teste *U* de *Mann-Whitney*. O teste de

ANOVA one-way com *post hoc* de *Tukey* ou *Kruskall-Wallis* foi aplicado para avaliar a diferença entre os testes (TI, TD2 e TC6). Os coeficientes de correlação de *Pearson* ou *Spearman* foram analisados para investigar as associações entre as variáveis principais. A magnitude da correlação foi determinada considerando a classificação dos valores de  $r$ : 0,00 a 0,19 = nenhum a leve; 0,20 a 0,39 = baixo; 0,40 a 0,69 = moderado; 0,70 a 0,89 = forte ou alto; e 0,90 a 1,00 = muito alto. A análise de regressão linear múltipla do tipo *stepwise* foi realizada para avaliar os melhores preditores de  $\dot{V}O_2$  e distância percorrida no TI. As variáveis incluídas no modelo foram: sexo, composição corporal, perfil metabólico e lipídico, além de dados de desempenho nos testes submáximos (ciclos CSD e distância percorrida). O nível de significância estatística foi estabelecido em  $p < 0,05$ .

Houve apenas um valor ausente para CMO, MM e MG e um valor ausente para FC no TD2. Essas variáveis foram consideradas como dados faltantes, não sendo substituídas por um valor médio.

## Resultados

A Figura 3 ilustra o fluxograma de recrutamento dos indivíduos que participaram do estudo. Recrutamos inicialmente 268 indivíduos com obesidade, e a amostra final foi composta por 44 pacientes.



**Figura 3:** Fluxograma representando recrutamento e perda amostral.

**Tabela 1:** Fatores de risco, composição corporal, perfil metabólico e lipídico.

<b>Variáveis</b>	<b>Mulheres (n=36)</b>	<b>Homens (n=8)</b>	<b>N = 44</b>
Idade, anos	36,4 (33-39)	38,6 (30-46)	36,3 (33-39)
Questionário de Baecke	6,7 (6,4-7,2)	6,8 (5,8-7,8)	6,7 (6,4-7,1)
<i>Comorbidades</i>			
DM tipo 2, n (%)	5 (13,8)	3 (37,5)	8 (18,2)
Hipertensão, n (%)	9 (25)	5 (62,5)	14 (31,8)
Refluxo gastroesofágico, n (%)	5 (13,8)	-	5 (11,4)
Alterações na tireoide, n (%)	7 (19,4)	-	7 (15,9)
Transtorno depressivo/ansiedade, n (%)	5 (13,8)	1 (12,5)	6 (13,6)
<i>Composição corporal</i>			
Massa corporal, kg	109,2 (104,2-114,2)	129,5 (116,8-142,1)*	113,4 (107,8-119,1)
IMC, kg/m <sup>2</sup>	40,9 (39,2-42,6)	42,3 (39,0-45,6)	41,0 (39,3-42,7)
MM, kg	51,6 (46,9-53,6)	75,7 (69,4-82,0)*	55,7 (52,2-59,1)
MG, kg	55,0 (51,7-58,3)	51,0 (41,5-60,5)	55,1 (51,6-58,6)
CMO, kg	2,3 (2,2-2,3)	2,8 (2,5-3,0)*	2,4 (2,3-2,5)
<i>Análise sanguínea</i>			
TGL, mg/dL	141,6 (117,0-166,2)	194,2 (142,5-246,0)	150,9 (129,2-172,6)
Colesterol total, mg/dL	195,9 (184,2-207,6)	219,7 (172,2-267,3)	199,5 (187,5-211,5)
HDL-c, mg/dL	45,1 (42,4-47,8)	41,0 (35,8-46,2)	44,2 (41,9-46,5)
LDL-c, mg/dL	122,5 (113,0-131,9)	140,0 (96,6-183,4)	125,1 (115,0-135,2)
Glicose, mg/dL	96,0 (92,9-99,1)	100,4 (94,3-106,5)	96,6 (93,9-99,3)
Insulina, (mU/L)	14,5 (11,9-17,1)	22,2 (15,9-28,4)*	16,2 (13,3-19,1)
QUICKI	0,32 (0,31-0,33)	0,30 (0,29-0,31)*	0,32 (0,31-0,32)
HOMA-IR	3,5 (2,8-4,2)	5,4 (3,9-7,0)*	3,8 (3,2-4,4)

Os dados estão apresentados como média e intervalo de confiança (95%). IMC: índice de massa corporal; MM: massa magra; MG: massa de gordura; CMO: conteúdo mineral ósseo; TGL: triglicérides; HDL: lipoproteína de alta densidade; LDL: lipoproteína de baixa densidade; QUICKI: índice de sensibilidade à insulina; HOMA-IR: índice de resistência à insulina. \*p<0,05.

A Tabela 1 mostra as características gerais e a composição corporal dos pacientes. A maior parte da amostra foi composta por mulheres (81,8%), e a comorbidade mais referida foi hipertensão arterial (31,8). Considerando um total absoluto de 15 pontos, os resultados do questionário Baecke revelaram baixos padrões de atividade física para a amostra avaliada. Os homens apresentaram maiores valores de massa corporal, MM e CMO, insulina e HOMA, e menores valores de QUICKI quando comparados às mulheres (p <0,05).

**Tabela 2:** Respostas do teste incremental em esteira (TI), teste do degrau de dois minutos (TD2) e teste de caminhada de seis minutos (TC6) no pico dos testes.

Variáveis	TI (n=44)	TC6 (n=44)	TD2 (n=44)
$\dot{V}O_2$ , mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup>	16,1 (15,2-17,0)	10,7 (10,0-11,4) <sup>a</sup>	12,3 (11,6-13,0) <sup>b, c</sup>
$\dot{V}O_2$ , %pred	80,6 (77,5-83,7)	54,3 (51,0-57,7) <sup>a</sup>	62,6 (58,4-66,7) <sup>b, c</sup>
$\dot{V}CO_2$ , mL.min <sup>-1</sup>	2345,6 (2185,8-2505,5)	1169,3 (1076,9-1261,7) <sup>a</sup>	1390,6 (1278,0-1503,3) <sup>b</sup>
RER	1,31 (1,26-1,35)	0,96 (0,93-0,98) <sup>a</sup>	1,0 (0,96-1,04) <sup>b</sup>
$\dot{V}_E$ , L.min <sup>-1</sup>	85,3 (80,9-89,7)	40,4 (37,2-43,6) <sup>a</sup>	46,5 (42,9-50,0) <sup>b</sup>
FR, br.min <sup>-1</sup>	44,9 (42,0-47,9)	31,5 (29,0-34,1) <sup>a</sup>	30,5 (28,3-32,7) <sup>b</sup>
FC, bpm	169,7 (164,5-175,0)	126,0 (122,4-129,5) <sup>a</sup>	139,2 (133,2-145,2) <sup>b, c</sup>
FC, %pred	94,3 (92,0-96,6)	68,5 (66,3-70,6) <sup>a</sup>	75,2 (71,9-78,5) <sup>b, c</sup>
PAS, mmHg	195,1 (187,7-202,5)	163,9 (154,8-173,1) <sup>a</sup>	175,9 (164,7-187,2) <sup>b</sup>
PAD, mmHg	101,8 (98,4-105,3)	96,0 (92,4-99,6) <sup>a</sup>	100,9 (96,1-105,6)
Dispneia (0-10)	7 (1;10)	2 (0;10) <sup>a</sup>	3 (0;7) <sup>b</sup>
Fadiga MMII (0-10)	3,5 (0;10)	0,8 (0;7) <sup>a</sup>	1,5 (0;7) <sup>b</sup>

Os dados estão apresentados em média ou mediana, de acordo com a distribuição dos dados, e intervalo de confiança (95%).  $\dot{V}O_2$ : consumo de oxigênio;  $\dot{V}CO_2$ : produção de dióxido de carbono; RER: razão de troca respiratória;  $\dot{V}_E$ : ventilação minuto; FR: frequência respiratória; FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; MMII: membros inferiores. Diferenças entre os testes (ANOVA *one-way*)  $p < 0,05$ .

<sup>a</sup> TI vs. TC6

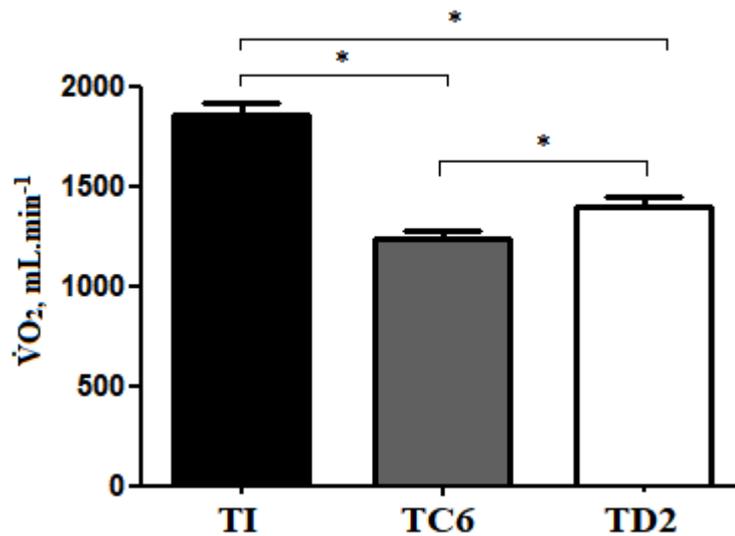
<sup>b</sup> TI vs. TD2

<sup>c</sup> TC6 vs. TD2

A Tabela 2 demonstra que o TI exigiu maior demanda metabólica, ventilatória e cardiovascular, quando comparado ao TC6 e ao TD2. No entanto, apenas a PAD não foi significativamente diferente entre TI e TD2. Além disso, os valores observados de  $\dot{V}O_2$  e FC foram maiores no TD2 quando comparados aos valores obtidos no TC6, sem diferença significativa nas demais variáveis.

#### Associações entre os testes

Foram encontradas correlações significativas entre o TD2 e o TI: CSD x distância percorrida ( $r = 0,36$ ;  $p = 0,01$ ), e entre o  $\dot{V}O_2$ , mL.min<sup>-1</sup> de ambos os testes ( $r = 0,65$ ;  $p = <0,001$ ). Quando comparamos o TC6 e o TI, também encontramos uma correlação entre a distância percorrida ( $r = 0,33$ ;  $p = 0,03$ ) e o  $\dot{V}O_2$ , mL.min<sup>-1</sup> ( $r = 0,59$ ;  $p = <0,001$ ). Além disso, foram encontradas correlações entre o TC6 e o TD2: CSD x distância percorrida ( $r = 0,56$ ;  $p = <0,001$ ) e  $\dot{V}O_2$ , mL.min<sup>-1</sup> ( $r = 0,60$ ;  $p = <0,001$ ). As respostas do  $\dot{V}O_2$ , mL.min<sup>-1</sup> nos três testes se encontram na figura 4.

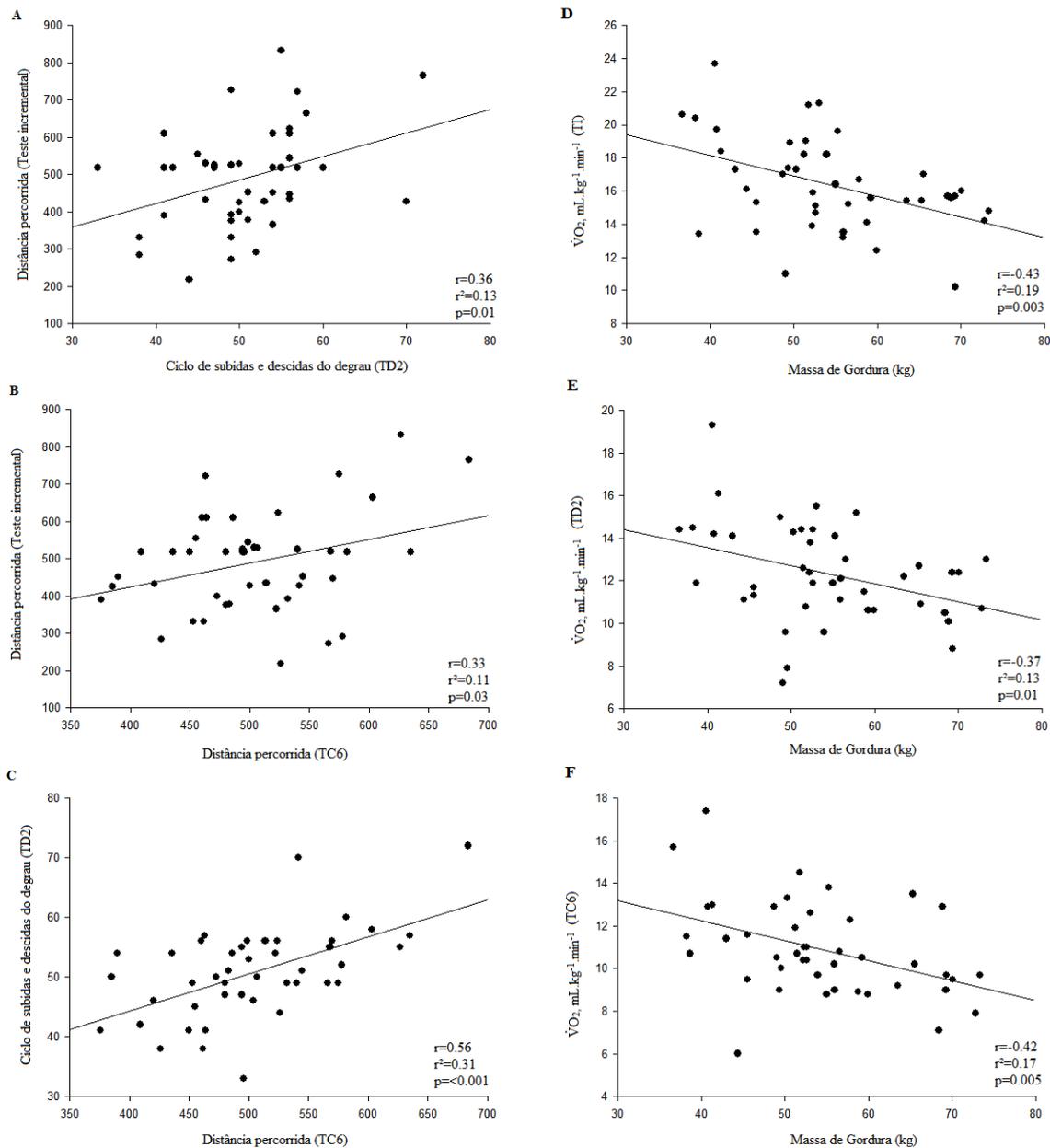


**Figura 4:** Diferentes respostas do  $\dot{V}O_2$  mL.min<sup>-1</sup> no TI, TC6 e TD2. \*  $p < 0,05$ .

#### *Associações entre testes funcionais e composição corporal*

Encontramos correlação moderada entre MG e desempenho nos testes: MG x distância percorrida no TI ( $r = -0,48$ ;  $p = 0,001$ ), MG x Distância percorrida no TC6 ( $r = -0,32$ ;  $p = 0,03$ ), sem correlação da MG com CSD ( $r = -0,22$ ;  $p = 0,16$ ).

Também foram encontradas correlações entre MM x  $\dot{V}O_2$  mL.min<sup>-1</sup> no TI ( $r = 0,41$ ;  $p = 0,007$ ), MM x  $\dot{V}O_2$  mL.min<sup>-1</sup> no TC6 ( $r = 0,51$ ;  $p = < 0,001$ ) e MM x  $\dot{V}O_2$ , mL.min<sup>-1</sup> no TD2 ( $r = 0,35$ ;  $p = 0,022$ ). Em relação ao  $\dot{V}O_2$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, podemos observar as correlações com o MG: MG x  $\dot{V}O_2$ , mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> no TI ( $r = -0,43$ ;  $p = 0,003$ ), MG x  $\dot{V}O_2$ , mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> no TC6 ( $r = -0,42$ ;  $p = 0,005$ ) e MG x  $\dot{V}O_2$ , mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> no TD2 ( $r = -0,37$ ;  $p = 0,01$ ).



**Figura 5:** A - Correlação entre distância percorrida no TI e CSD no TD2; B - Correlação entre distância percorrida no TI e no TC6; C - Correlação entre os CSD no TD2 e a distância percorrida no TC6; D - Correlação entre  $\dot{V}O_2$ , mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> no TI e MG; E - Correlação entre  $\dot{V}O_2$ , mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> no TD2 e MG; F - Correlação entre  $\dot{V}O_2$ , mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> no TC6 e MG.

Na análise de regressão linear múltipla do tipo *stepwise* para o  $\dot{V}O_2$  no pico do TI, a MG e o LDL foram considerados significativos no modelo ( $p < 0,05$ ), o que explica 30% da variância do  $\dot{V}O_2$  no TI. O modelo está descrito na Tabela 3.

**Tabela 3:** Modelo preditivo do  $\dot{V}O_2$  pico ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) considerando a massa gorda total e o LDL.

Variáveis	Coefficiente	Erro padrão	p valor
$R^2 = 0,299$			
Constante	19,782	2,450	<0,001
MG	-0,127	0,037	0,002
LDL	0,028	0,011	0,017

MG: massa de gordura; LDL: lipoproteína de baixa densidade.

Em relação à distância percorrida, o modelo considerou a MG, a glicose e os CSD realizados no TD2, que foram capazes de explicar 42% da variância da distância percorrida no TI, conforme apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4:** Modelo preditivo da distância percorrida baseado na massa gorda total, glicose e CSD durante o TD2.

Variáveis	Coefficiente	Erro padrão	p valor
$R^2 = 0,419$			
Constante	1016,789	225,380	<0,001
MG	-4,992	1,707	0,006
Glicose	-5,416	1,875	0,006
CSD (TD2)	5,281	2,215	0,022

MG: massa gorda; CSD: ciclo de subida e descida.

## Discussão

### *Principais Achados*

Este estudo apresenta alguns resultados importantes para esta população: 1) o TI necessitou de uma maior demanda metabólica, ventilatória e cardiovascular quando comparado ao TC6 e TD2 em pacientes com obesidade; 2) mesmo com a diferença de tempo entre o TC6 e o TD2, e a atividade realizada entre eles (horizontal e vertical, respectivamente), o TD2 impôs uma maior demanda cronotrópica (FC) e metabólica ( $\dot{V}O_2$ ), uma vez que essas variáveis diferiram entre os testes, e isso não pareceu perceptível do ponto de vista ventilatório, da pressão arterial, dispneia e fadiga nos membros inferiores; 3) a composição corporal (MM e MG) é capaz de influenciar a capacidade funcional dos indivíduos com obesidade, observada pelas respostas nos três diferentes testes apresentados, e, 4) o modelo de estimativa baseado na MG e LDL pode explicar 30% da variância do  $\dot{V}O_2$  no pico do TI, e o modelo baseado na MG, glicose e CSD, é capaz de explicar 42% da distância percorrida no TI.

### *Comparação entre as variáveis ventilatórias, cardiovasculares e metabólicas entre os testes*

O exercício cardiopulmonar incremental máximo pode ter limitações em sua execução, sendo pouco viável sua aplicação na fase precoce após um procedimento cirúrgico devido à alta demanda exigida. Além disso, indivíduos com obesidade e comorbidades apresentam limitações substanciais nas atividades realizadas devido à incapacidade de realizar exercícios de alta intensidade (LAFORTUNA et al., 2002). A utilização do teste ergométrico com avaliação de variáveis cardiopulmonares é de extrema importância, visto que o estado geral de saúde se correlaciona melhor com a tolerância ao exercício do que com medidas em repouso (WEISMAN et al., 2003). Dessa forma, as respostas integrativas dos sistemas podem ser avaliadas em testes submáximos, auxiliando na tomada de decisão clínica (NEDER; NERY, 2002). Outro fator importante é que esta avaliação nos fornece informações valiosas que podem ser eficazes na otimização da intensidade adequada para um programa de reabilitação física.

Deste modo, atividades em que o nível de esforço necessário está relacionado as atividades realizadas no dia a dia parecem adequadas para avaliar a capacidade funcional. Costa e colaboradores (2017) compararam o TC6 e o teste do degrau de seis minutos (TD6) e observaram que ambos são seguros e produzem esforços submáximos em indivíduos saudáveis e sedentários. No entanto, eles concluíram que o TD6 requer maiores demandas de oxigênio devido aos diferentes movimentos corporais quando comparado ao TC6. No entanto, o TD6 nem sempre é um teste submáximo quando utilizado em algumas populações, pois já é conhecido que o estresse para realizar atividades que requerem deslocamento vertical do corpo causam maior fadiga (DAL CORSO et al., 2007). Nesse sentido, alguns autores sugerem que um teste de degrau com um tempo menor pode ser adequado em indivíduos com limitações cardiopulmonares ou musculoesqueléticas, uma vez que a frequência dos CSD pode ser constante após o segundo ou terceiro minuto (COSTA et al., 2017; DAL CORSO et al., 2007; HADELI et al., 2001).

Portanto, o TD2 destaca-se como uma opção viável para avaliação funcional de diversas populações uma vez que, comparado ao TC6 no presente estudo, observa-se que apesar da diferente atividade motora e do menor tempo de duração do exercício, maiores demandas cronotrópica (FC) e metabólica ( $\dot{V}O_2$ ) foram exigidas, sem diferença na percepção de dispneia e fadiga de membros inferiores. Dessa forma, embora o TC6 seja amplamente utilizado na prática clínica, a demanda exigida é menor, além do tempo de exposição ao exercício e o espaço físico necessário (corredor de 30m) serem maiores do que os do TD2.

Diferentemente de outros estudos que realizam caminhada no local durante o TD2 (o indivíduo precisa elevar os joelhos, um de cada vez, até a altura entre o meio da patela e a crista ilíaca tantas vezes quanto possível) (AOIKE et al., 2015; WEGRZYNOWSKA-TEODORCZYK et al., 2016), realizamos o teste em um ergômetro, para obtenção do deslocamento vertical e horizontal do paciente, bastante semelhante ao TD6. Em comparação ao TI, o TD2 diferiu em grande parte das variáveis hemodinâmicas e metabólicas, exceto a pressão arterial diastólica. Porém, apresentou correlação moderada no desempenho do teste e no  $\dot{V}O_2$  em valores relativos à massa corporal.

*Relação entre massa gorda e capacidade funcional*

É claro na literatura que a obesidade causa muitos danos à saúde (BRAY et al., 2016; O'DONOGHUE et al., 2021), e que indivíduos com obesidade apresentam limitações significativas na realização de exercícios físicos de acordo com estudos prévios (PATAKY et al., 2014; WEARING et al., 2006) e inclusive com desenhos experimentais comparando-os com indivíduos eutróficos (DI THOMMAZO-LUPORINI et al., 2016; HULENS et al., 2003). O excesso de massa corporal afeta a função motora, fazendo com que os indivíduos com obesidade tenham maior gasto energético (GORAN et al., 2000; LAFORTUNA et al., 2013). Fisiologicamente, é mais difícil para o indivíduo com obesidade realizar a mesma quantidade de trabalho que uma pessoa eutrófica, uma vez que o excesso de gordura não contribui para o trabalho realizado, prejudicando o desempenho (GORAN et al., 2000). Uranga e colegas (2019) observaram que muitos dos fatores de risco relacionados à obesidade dependem principalmente da distribuição da gordura, uma vez que o tecido adiposo intensifica o estado inflamatório do corpo (GUTIERREZ; PUGLISI; HASTY, 2009; HURTADO-ROCA et al., 2017). Em nosso estudo, foi possível observar que a MG afetou negativamente o  $\dot{V}O_2$  pico no teste máximo e em ambos os testes submáximos.

A infiltração excessiva de gordura no tecido muscular dos membros inferiores pode explicar o prejuízo no desempenho e a dificuldade nas funções físicas diárias (HILTON et al., 2008; LAFORTUNA et al., 2013; URANGA; KELLER, 2019), e já foi associada a distúrbios metabólicos, como resistência à insulina e alterações no metabolismo da glicose (LAFORTUNA et al., 2013). Nesse sentido, o comprometimento da função motora em indivíduos com obesidade parece depender de fatores mecânicos e metabólicos que reduzem significativamente o desempenho motor global (URANGA; KELLER, 2019).

#### *Preditores de capacidade funcional*

Na análise de regressão múltipla do  $\dot{V}O_2$  no TI foram considerados a MG e o LDL como fatores dependentes. Além das implicações da gordura corporal no desempenho já mencionadas, indivíduos com obesidade apresentam níveis elevados de LDL (MITSUI et al., 2017) e elevações dessa lipoproteína já foram associadas a alto risco de desenvolver doenças cardiovasculares (FAN et al., 2019). As diretrizes do Painel III de Tratamento de

Adultos do *National Cholesterol Education Program* (2013) preconiza que o nível ideal de LDL seja  $<100\text{mg} / \text{dL}$  e, em nosso estudo, observamos que os indivíduos apresentam em média  $125,1 \text{ mg} / \text{dL}$ . Embora não avaliada no presente estudo, a disfunção endotelial, consequência da formação de produtos metabólicos derivados de lipídios, hormônios e citocinas pró-inflamatórias, normalmente está presente em indivíduos com obesidade (KWAIFA et al., 2020; ROSS, 2018). Existem vários mecanismos relacionados atribuídos à progressão da disfunção endotelial em indivíduos com obesidade e isso inclui níveis aumentados de LDL e triglicérides, aumento do estresse oxidativo, níveis elevados de fatores inflamatórios e atividades hemodinâmicas desequilibradas (KWAIFA et al., 2020), e pode ser um fator que justifique a contribuição do nível de LDL no modelo preditivo.

Na análise preditora da distância percorrida no TI foram considerados a MG, o desempenho no TD2 (obtido através dos CSD), além da glicemia. Os CSD do TD2 correlacionaram-se com a distância percorrida no TI, e as respostas no TD2 parecem ser mais comparáveis às do TI do que as do TC6. Adicionalmente, sabe-se que a obesidade também está associada à dislipidemia, o que pode ser explicado pela expansão do tecido adiposo visceral (GUTIERREZ; PUGLISI; HASTY, 2009). A resistência à insulina, o *diabetes mellitus* e o comprometimento do metabolismo da glicose são comumente encontrados em indivíduos com obesidade (CERCATO; FONSECA, 2019; RUUD; STECULORUM; BRUNING, 2017) e estão associados à má qualidade dos músculos esqueléticos (LAFORTUNA et al., 2013). Além disso, vale ressaltar que os indivíduos de nosso estudo apresentaram valores alterados nos índices HOMA e QUICK, estimativas válidas para o perfil de pacientes com resistência à insulina (SARAFIDIS et al., 2007).

Diante de todas as alterações mencionadas, vários são os benefícios do exercício físico para indivíduos com obesidade (DINAS; MARKATI; CARRILLO, 2014; O'DONOGHUE et al., 2021), na redução da aterogênese (KANNAN et al., 2014; OU et al., 2017), na melhora da disfunção endotelial (MAN; LI; XIA, 2020; ROSS, 2018), com potentes efeitos cardiovasculares (KWAIFA et al., 2020) e na redução da mortalidade (OU et al., 2017). No entanto, a prescrição de exercícios físicos muitas vezes torna-se um desafio para a população obesa (CASTELLANI et al., 2003). Nesse sentido, métodos eficazes de avaliação da capacidade funcional devem ser aplicados, tanto para a determinação de prognóstico antes da cirurgia bariátrica (HENNIS et al., 2012), e como

também após o procedimento cirúrgico, para iniciar um programa de intervenção composto por exercício físico.

Nesse sentido, indivíduos com obesidade e comorbidades associadas são candidatos à cirurgia bariátrica, e um teste para avaliação da capacidade funcional eficaz, simples e rápido, pode ser benéfico no momento pré-operatório, e logo após o procedimento cirúrgico, uma vez que pode ajudar na monitorização de possíveis declínios funcionais, além de auxiliar nas estratégias de reabilitação física, como tem sido realizado nos estudos de nosso grupo (ANDRÉ et al., 2021; RICCI et al., 2020).

#### *Limitações do estudo*

O presente estudo apresenta limitações que devem ser consideradas. De acordo com nossos critérios de exclusão, esses achados não podem ser extrapolados para indivíduos com distúrbios neurológicos, cardíacos e respiratórios. Infelizmente, não avaliamos a função endotelial dos voluntários deste estudo, tampouco a infiltração de gordura intramuscular. Nossa amostra foi composta em sua maioria por mulheres, entretanto, o sexo não foi significativo nos modelos preditivos na análise estatística, portanto, podemos considerar que este não foi um fator de confusão. No entanto, os indivíduos submetidos à cirurgia bariátrica no Brasil são constituídos em sua maioria por mulheres (TONATTO-FILHO et al., 2019), o que refletiu em nossa amostra. Além disso, consideramos apropriado que estudos futuros investiguem esses achados de forma mais equilibrada.

#### **Conclusões**

Concluimos que a obesidade e as alterações na composição corporal e no perfil metabólico e lipídico são capazes de comprometer a capacidade funcional desses indivíduos. Como esperado, o TI gerou maior demanda metabólica, ventilatória e cardiovascular, quando comparado ao TD2 e ao TC6. Além disso, ambos os testes submáximos mostraram associações com o TI no desempenho e  $\dot{V}O_2$ . No entanto, o TD2 impôs maior demanda metabólica ( $\dot{V}O_2$ ) e cronotrópica (FC) quando comparado ao TC6. Nossos achados podem indicar a importância da realização de testes submáximos que considerem os deslocamentos horizontais e verticais como ferramentas importantes na

avaliação clínica dos pacientes que serão submetidos à cirurgia bariátrica, a fim de avaliar as atividades de vida diária, bem como, os efeitos de intervenções com exercício físico após procedimento cirúrgico.

### Referências

ANDRÉ, L. D. et al. Whole-body electrical stimulation as a strategy to improve functional capacity and preserve lean mass after bariatric surgery: a randomized triple-blind controlled trial. **International Journal of Obesity**, 2021.

AOIKE, D. T. et al. Impact of home-based aerobic exercise on the physical capacity of overweight patients with chronic kidney disease. **International Urology and Nephrology**, v. 47, n. 2, p. 359–367, 2015.

BAECKE, J. A. H.; BUREMA, J.; FRIJTERS, J. E. R. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 36, n. 5, p. 936–942, 1982.

BARRY A, F.; MCCULLOUGH, P. A. Cardiorespiratory fitness: An independent and additive marker of risk stratification and health outcomes. **Mayo Clinic Proceedings**, v. 84, n. 9, p. 776–779, 2009.

BORG, G. A. V. **Psychophysical bases of perceived exertion**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.

BRAY, G. A. et al. Management of obesity. **The Lancet**, v. 387, n. 10031, p. 1947–1956, 2016.

BRUCE, R.; KUSUMI, F.; HOSMER, D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. **American Heart Journal**, v. 85, n. 4, p. 546–562, 1973.

CAPODAGLIO, P. et al. Disability in obesity with comorbidities. A perspective from the PRM Societies. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 50, p. 1–4, 2014.

CASTELLANI, W. et al. Adherence to structured physical exercise in overweight and obese subjects: A review of psychological models. **Eating and Weight Disorders**, v. 8, n. 1, p. 1–11, 2003.

CERCATO, C.; FONSECA, F. A. Cardiovascular risk and obesity. **Diabetology and Metabolic Syndrome**, v. 11, n. 1, p. 1–15, 2019.

COMMUNICATION, S. Executive Summary of the Third Report ( NCEP ) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III ). **JAMA**, v. 285, n. 19, p. 2486–2497, 2013.

CRAPO, R. O. et al. ATS statement: Guidelines for the six-minute walk test. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 166, n. 1, p. 111–117, 2002.

COSTA, C. H. et al. Can we use the 6-minute step test instead of the 6-minute walking test? An observational study. **Physiotherapy (United Kingdom)**, v. 103, n. 1, p. 48–52, 2017.

DAL CORSO, S. et al. A step test to assess exercise-related oxygen desaturation in interstitial lung disease. **European Respiratory Journal**, v. 29, n. 2, p. 330–336, 2007.

DI THOMMAZO-LUPORINI, L. et al. Metabolic and clinical comparative analysis of treadmill six-minute walking test and cardiopulmonary exercise testing in obese and eutrophic women. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 16, n. 6, p. 469–478, 2012.

DI THOMMAZO-LUPORINI, L. et al. Are cardiovascular and metabolic responses to field walking tests interchangeable and obesity-dependent? **Disability and Rehabilitation**, v. 38, n. 18, p. 1820–1829, 2016.

DINAS, P. C.; MARKATI, A. S.; CARRILLO, A. E. Exercise-Induced Biological and Psychological Changes in Overweight and Obese Individuals: A Review of Recent Evidence. **ISRN Physiology**, v. 2014, p. 1–11, 2014.

DIPLA, K.; NASSIS, G. P.; VRABAS, I. S. Blood pressure control at rest and during exercise in obese children and adults. **Journal of Obesity**, v. 2012, 2012.

FAN, J. et al. Small dense LDL cholesterol is associated with metabolic syndrome traits independently of obesity and inflammation. **Nutrition and Metabolism**, v. 16, n. 1, p. 1–9, 2019.

FLORINDO, A. A.; LATORRE, M. R. D. DE O. Validação e reprodutibilidade do questionário de Baecke de avaliação da atividade física habitual em homens adultos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 9, n. 3, p. 129–135, 2003.

GORAN, M. I. et al. Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. **International Journal of Obesity**, v. 24, n. 7, p. 841–848, 2000.

GREGOR, M. F.; HOTAMISLIGIL, G. S. Inflammatory mechanisms in obesity. **Annual Review of Immunology**, v. 29, p. 415–445, 2011.

GUTIERREZ, D. A.; PUGLISI, M. J.; HASTY, A. H. Impact of Increased Adipose Tissue Mass on Inflammation, Insulin Resistance, and Dyslipidemia. **Curr Diab Rep**, v. 9, n. 1, p. 26–32, 2009.

HADELI, K. O. et al. Predictors of oxygen desaturation during submaximal exercise in 8,000 patients. **Chest**, v. 120, n. 1, p. 88–92, 2001.

HENNIS, P. J. et al. Cardiopulmonary exercise testing predicts postoperative outcome in patients undergoing gastric bypass surgery. **British Journal of Anaesthesia**, v. 109, n. 4, p. 566–571, 2012.

HILTON, T. N. et al. Excessive adipose tissue infiltration in skeletal muscle in individuals with obesity, diabetes mellitus, and peripheral neuropathy: Association with performance and function. **Physical Therapy**, v. 88, n. 11, p. 1336–1344, 2008.

HULENS, M. et al. Predictors of 6-minute walk test results in lean, obese and morbidly obese women. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 13, n. 2, p. 98–105, 2003.

HURTADO-ROCA, Y. et al. Oxidized LDL is associated with metabolic syndrome traits independently of central obesity and insulin resistance. **Diabetes**, v. 66, n. 2, p. 474–482, 2017.

JAMES, W. P. T. Obesity: A Global Public Health Challenge. **Clinical Chemistry**, v. 64, n. 1, p. 24–29, 2018.

JASTREBOFF, A. M. et al. Obesity as a Disease: The Obesity Society 2018 Position Statement. **Obesity**, v. 27, n. 1, p. 7–9, 2019.

KANNAN, U. et al. Effect of exercise intensity on lipid profile in sedentary obese adults. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 8, n. 7, p. 8–10, 2014.

KWAIFA, I. K. et al. Endothelial dysfunction in obesity-induced inflammation: Molecular mechanisms and clinical implications. **Biomolecules**, v. 10, n. 2, 2020.

LAFORGIA, J. et al. Validation of DXA body composition estimates in obese men and women. **Obesity**, v. 17, n. 4, p. 821–826, 2009.

LAFORTUNA, C. L. et al. Effect of mechanical and metabolic factors on motor function and fatigue in obese men and women: A cross-sectional study. **Journal of Endocrinological Investigation**, v. 36, n. 11, p. 1062–1068, 2013.

LARSSON, U.; KARLSSON, J.; SULLIVAN, M. Impact of overweight and obesity on health-related quality of life - A Swedish population study. **International Journal of Obesity**, v. 26, n. 3, p. 417–424, 2002.

MAN, A. W. C.; LI, H.; XIA, N. Impact of Lifestyles (Diet and Exercise) on Vascular Health: Oxidative Stress and Endothelial Function. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2020, 2020.

MITSUI, T. et al. Changes in oxidized LDL during a half marathon in athletes with spinal cord injuries. **Spinal Cord Series and Cases**, v. 3, n. 1, p. 1–5, 2017.

NEDER, J.; NERY, L. Teste de Exercício Cardiopulmonar. **Jornal de Pneumologia**, v. 28, n. 3, p. 166–206, 2002.

O'DONOGHUE, G. et al. What exercise prescription is optimal to improve body composition and cardiorespiratory fitness in adults living with obesity? A network meta-analysis. **Obesity Reviews**, v. 22, n. 2, p. 1–19, 2021.

OU, S. M. et al. Impact of physical activity on the association between lipid profiles and mortality among older people. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–9, 2017.

PATAKY, Z. et al. Effects of obesity on functional capacity. **Obesity**, v. 22, n. 1, p. 56–62, jan. 2014.

RADER, D. J. Effect of Insulin Resistance, Dyslipidemia, and Intra-abdominal Adiposity on the Development of Cardiovascular Disease and Diabetes Mellitus. **American Journal of Medicine**, v. 120, n. 3 SUPPL. 1, p. 12–18, 2007.

RICCI, P. A. et al. Validation of the two-minute step test in obese with comorbidities and morbidly obese patients. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 52, p. 1–9, 2019.

RICCI, P. A. et al. Effects of Whole-Body Electromyostimulation Associated with

Dynamic Exercise on Functional Capacity and Heart Rate Variability After Bariatric Surgery : a Randomized , Double-Blind , and Sham-Controlled Trial. **Obesity Surgery**, v. 30, n. 10, p. 3862–3871, 2020.

ROSS, M. D. Endothelial Regenerative Capacity and Aging: Influence of Diet, Exercise and Obesity. **Current Cardiology Reviews**, v. 14, n. 4, p. 233–244, 2018.

RUUD, J.; STECULORUM, S. M.; BRUNING, J. C. Neuronal control of peripheral insulin sensitivity and glucose metabolism. **Nature Communications**, v. 8, n. May, 2017.

SARAFIDIS, P. A. et al. Validity and reproducibility of HOMA-IR, 1/HOMA-IR, QUICKI and McAuley's indices in patients with hypertension and type II diabetes. **Journal of Human Hypertension**, v. 21, n. 9, p. 709–716, 2007.

SCHWARTZ, M. W. et al. Obesity pathogenesis: An endocrine society scientific statement. **Endocrine Reviews**, v. 38, n. 4, p. 267–296, 2017.

TAYLOR, V. H. et al. The impact of obesity on quality of life. **Best Practice and Research: Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 27, n. 2, p. 139–146, 2013.

URANGA, R. M.; KELLER, J. N. The complex interactions between obesity, metabolism and the brain. **Frontiers in Neuroscience**, v. 13, n. MAY, p. 1–21, 2019.

VON ELM, E. et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 61, n. 4, p. 344–349, 2008.

WEARING, S. C. et al. The biomechanics of restricted movement in adult obesity. **Obesity Reviews**, v. 7, p. 13–24, 2006.

WEGRZYNOWSKA-TEODORCZYK, K. et al. Could the two-minute step test be an alternative to the six-minute walk test for patients with systolic heart failure ? **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 0, p. 1–7, 2016.

WEISMAN, I. M. et al. ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 167, n. 2, p. 211–277, 2003.

WULSIN, L. R. et al. Autonomic imbalance as a predictor of metabolic risks, cardiovascular disease, diabetes, and mortality. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 100, n. 6, p. 2443–2448, 2015.

**ESTUDO II**

---

**Efeitos da eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro associada ao exercício dinâmico na capacidade funcional e variabilidade da frequência cardíaca após a cirurgia bariátrica: um estudo randomizado, duplo-cego e *sham*-controlado**

Artigo publicado no periódico *Obesity Surgery*

Fator de Impacto: 4.129    Qualis: A1

**Citação:** Ricci PA, Di Thommazo-Luporini L, Jürgensen SP, André LD, Haddad GF, Arena R, et al. *Effects of Whole-Body Electromyostimulation Associated with Dynamic Exercise on Functional Capacity and Heart Rate Variability After Bariatric Surgery: a Randomized, Double-Blind, and Sham-Controlled Trial*. *Obes Surg* 30 (10), 3862–3871 (2020)

doi: 10.1007/s11695-020-04724-9.

Versão em português com acréscimo de conteúdo

## RESUMO

A cirurgia bariátrica é o tratamento mais eficaz para a obesidade mórbida. No entanto, em associação com as restrições alimentares, a capacidade de exercício na fase pós-cirúrgica imediata é limitada. Neste contexto, a EENMC é uma estratégia que estimula vários grupos musculares, e em conjunto com o exercício físico, pode promover melhora da capacidade funcional e do controle autonômico cardíaco após a cirurgia. **Objetivo:** analisar se um programa de reabilitação com EENMC composto por 30 sessões de treinamento físico após cirurgia bariátrica melhoraria significativamente a capacidade funcional, a massa corporal e a VFC. **Métodos:** Ensaio randomizado, duplo-cego e *sham*-controlado. Vinte pacientes com obesidade foram randomizados para os grupos EENMC ( $n = 10$ ) e *Sham* ( $n = 10$ ). Em média, 7 dias após a cirurgia, os indivíduos foram submetidos ao TC6, VFC em repouso e análise da composição corporal. No dia seguinte, os pacientes iniciaram um protocolo de treinamento físico, cinco vezes por semana, durante 6 semanas. Mudanças na distância percorrida (pós-pré =  $\Delta DP$ ) obtidas pelo TC6 e os índices de VFC foram avaliados após a intervenção. **Resultados:** Apenas o grupo EENMC aumentou significativamente a DP e o IMC após a intervenção ( $p = 0,002$ ) e o  $\Delta DP$  foram significativamente maiores neste grupo quando comparado com o grupo *Sham* ( $p = 0,04$ ). Além disso, ambos os grupos demonstraram melhora nas principais variáveis de VFC após a intervenção. **Conclusão:** Uma intervenção de treinamento de exercício iniciada logo após a cirurgia bariátrica melhorou a capacidade funcional e o tônus autonômico cardíaco. As melhorias na capacidade funcional e no IMC após o treinamento físico foram maiores com a adição de EENMC, mas tal terapia combinada não promoveu melhorias adicionais na VFC além daquelas realizadas apenas com o treinamento físico.

**Palavras-chave:** Eletromioestimulação de corpo inteiro; Capacidade funcional; Controle autonômico; Cirurgia bariátrica.

## Introdução

Um índice de massa corporal (IMC) elevado, particularmente ultrapassando o limite que define a obesidade (ou seja,  $\geq 30 \text{ kg / m}^2$ ), leva a limitações de mobilidade, baixa força muscular (HASSANNEJAD et al., 2017), déficits posturais e um risco aumentado de queda (HANDRIGAN et al., 2010), todos impactando negativamente a capacidade funcional (PATAKY et al., 2014). Além disso, a obesidade também causa prejuízos no controle autonômico cardíaco (ALAM et al., 2009; THORP; SCHLAICH, 2015). A cirurgia de *bypass* gástrico é um método eficaz para o tratamento da obesidade mórbida (COEN; CARNERO; GOODPASTER, 2018), demonstrando melhora da perda de massa corporal e das comorbidades, além de redução da mortalidade a longo prazo (RYAN; KAHAN, 2018).

A inclusão de um programa de treinamento de exercícios estruturado após a cirurgia bariátrica tem o potencial de melhorar os resultados dos pacientes de várias maneiras. Além de promover um impacto positivo na perda de peso, o treinamento físico ajuda a melhorar a função cardiopulmonar (COEN; CARNERO; GOODPASTER, 2018; EVANS, 2010) e a capacidade funcional. Nesse contexto, um estudo anterior realizou um programa de exercícios de 12 semanas, iniciado 1 mês após a cirurgia bariátrica, e demonstrou melhorias significativas na capacidade funcional e na modulação autonômica cardíaca, perceptível pela melhora na VFC (CASTELLO et al., 2011). Pesquisas anteriores demonstraram que a VFC está comprometida em pacientes com obesidade, potencialmente devido ao aumento da inflamação sistêmica (BOBBIONI-HARSCH et al., 2004; DAVY; ORR, 2009).

Estratégias de reabilitação aplicadas logo após a cirurgia bariátrica podem prevenir a perda de MM e seu impacto deletério na capacidade funcional. Uma estratégia potencial para preservar / melhorar a MM e a capacidade funcional em um curto espaço de tempo é a EENMC (LA CÁMARA SERRANO; PARDOS SEVILLA, 2016). O uso da EENMC demonstrou melhorar a composição corporal em indivíduos com obesidade em diferentes populações de pacientes (KEMMLER; VON STENGEL, 2013), especificamente, melhorando a quantidade de massa muscular e reduzindo o acúmulo de gordura abdominal (KEMMLER et al., 2014). Além disso, a EENMC pode aumentar a adesão a um protocolo de exercício, especialmente em pacientes que são incapazes de realizar exercícios nas intensidades de treinamento desejadas (ou seja, moderada a vigorosa), devido a um procedimento cirúrgico, como pacientes após cirurgia bariátrica.

Neste contexto, a EENMC pode ser um excelente complemento ao treinamento físico estruturado (FILIPOVIC et al., 2011; SILLEN et al., 2013; KEMMLER, SCHLIFFKA, MAYHEW, 2010), podendo aumentar ainda mais a perda de peso após a cirurgia bariátrica, além de melhorar a capacidade funcional, especialmente se introduzida o mais precocemente possível.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi analisar se um programa de reabilitação incluindo EENMC e exercícios dinâmicos iniciados logo após a cirurgia bariátrica melhoraria a capacidade funcional e a modulação autonômica cardíaca e composição corporal quando comparado a um grupo *sham*, que realizou o mesmo protocolo de exercícios, mas com a corrente elétrica desligada. Nossa hipótese era que a combinação de EENMC com exercícios dinâmicos melhoraria a capacidade funcional, a VFC e a composição corporal em indivíduos submetidos à cirurgia bariátrica quando comparados ao grupo *Sham*.

## **Materiais e métodos**

### *Desenho e população do estudo*

Este é um estudo clínico randomizado, duplo-cego e *sham*-controlado. Os pacientes foram recrutados ao longo de um período de dois anos (2016-2018) e o estudo foi conduzido no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da UFSCar, São Carlos, SP, Brasil. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local (966.613) e incluído no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (ReBEC, RBR-99qw5h). Todos os pacientes receberam orientações e esclarecimentos sobre os procedimentos experimentais e assinaram o termo de consentimento por escrito antes do início do estudo. Este estudo aderiu às recomendações do *Consolidated Standards for Reporting Trials* (CONSORT) (SCHULZ et al., 2010).

Foram recrutados pacientes obesos do sexo masculino e feminino com idades entre 18 e 50 anos, submetidos à cirurgia de *bypass* gástrico em Y de Roux, de acordo com os novos critérios de classificação de obesidade (DE LORENZO et al., 2016). Os critérios de não inclusão foram: (1) pacientes com deficiências ortopédicas ou neurológicas que impedissem a participação em um programa de exercícios físicos; (2)

pontuação do questionário de atividade física de Baecke (BAECKE; BUREMA; FRIJTERS, 1982) maior que 8; (3) marca-passo implantado ou qualquer prótese metálica; (4) história consistente com doença cardíaca; (5) hipertensão não controlada; (6) *diabetes mellitus* não controlado e / ou insulino-dependente; (7) uso de beta-bloqueador; (8) doenças respiratórias; (9) presença de qualquer contraindicação ao teste de exercício cardiopulmonar (CRAPO et al., 2002; WEISMAN et al., 2003); (10) hipersensibilidade à eletroestimulação; (11) arteriopatia distal; (12) doenças inflamatórias, renais e hepáticas; (13) neuropatia diabética documentada; (14) déficit cognitivo; (15) dificuldade de compreensão e / ou não adesão aos procedimentos do estudo; (16) usuários de drogas ilícitas; e (17) mulheres grávidas ou na pós-menopausa.

### *Recrutamento e mascaramento*

Os pacientes elegíveis foram submetidos a anamnese e avaliação da função pulmonar antes da cirurgia bariátrica, com o objetivo de descartar a presença de doenças respiratórias associadas. Em média, sete dias após o procedimento cirúrgico, foram realizadas avaliações da composição corporal, da modulação autonômica cardíaca e da capacidade funcional. Em seguida, os pacientes foram randomizados em dois grupos com uma alocação de bloco 1:1 para os grupos de eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro (EENMC) ou grupo *sham* (*Sham*). A randomização foi realizada por meio do site [www.randomization.com](http://www.randomization.com), por um pesquisador não envolvido no estudo. O protocolo de intervenção foi aplicado por um fisioterapeuta que não participou das avaliações. Tanto os investigadores que aplicaram as avaliações e reavaliações, como os sujeitos do estudo, desconheciam a alocação de grupo. No dia seguinte às avaliações, os pacientes iniciaram o protocolo de intervenção. Após o término do protocolo, ambos os grupos foram reavaliados pelos mesmos procedimentos iniciais (composição corporal, registro de FC e RRI e TC6).

### *Procedimentos experimentais*

Todas as avaliações foram realizadas no mesmo período do dia, evitando diferentes respostas fisiológicas devido à influência do ciclo circadiano. Os pacientes

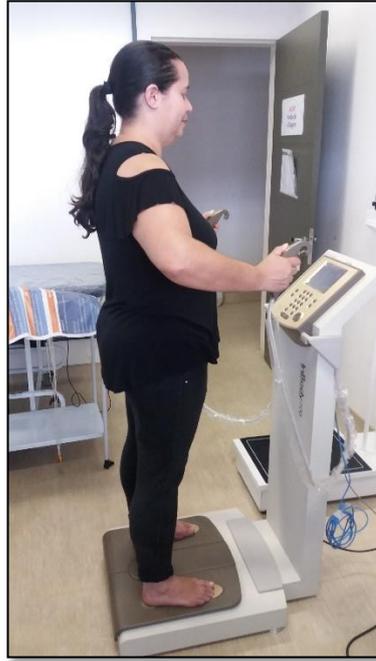
foram orientados a não ingerir nenhum estimulante e não realizar atividades extenuantes nas 24 horas anteriores às avaliações. A aquisição da FC e do intervalo RR (iRR) foi realizada em sala silenciosa, com temperatura e umidade relativa do ar controladas. Após orientação e familiarização com os procedimentos, os pacientes iniciaram o protocolo de intervenção supervisionados por um fisioterapeuta previamente treinado.

#### *Medidas Espirométricas*

A avaliação espirométrica foi realizada apenas como critério de inclusão, utilizando o equipamento Oxycon Mobile<sup>®</sup> (Mijnhardt / Jäger, Würzburg, Alemanha) para mensurar volumes, capacidades e fluxos pulmonares. Os pacientes realizaram pelo menos três manobras expiratórias lentas e forçadas máximas aceitáveis e reprodutíveis de acordo com os critérios da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (PEREIRA, 1996).

#### *Composição corporal*

A avaliação da composição corporal foi realizada com uma balança digital, usando oito eletrodos analisadores, que fornece análises da composição corporal (Modelo InBody 720, Biospace, Seul, Coreia), como demonstra a figura 1. A massa corporal total, MM e MG foram registradas. Para padronizar a coleta de dados, os pacientes realizaram essa avaliação no período da manhã com roupas leves e descalços, sem qualquer tipo de metal em contato com o corpo. Todos os pacientes foram orientados a não realizar exercícios físicos intensos na véspera do exame; jejuar pelo menos 4 h antes, bem como eliminar a urina antes da avaliação (KYLE et al., 2004). Após a avaliação, os pacientes realizaram um lanche leve antes de continuar as demais avaliações.



**Figura 1:** Ilustração da avaliação da composição corporal por meio da bioimpedância elétrica.

#### *Registro de FC e RRI*

Após 5 minutos de repouso para estabilização dos sinais vitais, o registro dos sinais de FC e iRR teve início e durou 10 minutos na posição ortostática. A FC e os iRR foram registrados usando um monitor Polar S810i fixado no tórax (Polar Electro, Kempele, Oulu, Finlândia). Os iRR foram transmitidos simultaneamente para um relógio que armazenava os dados, e posteriormente, foram transferidos para um computador por meio de uma interface para análise da VFC.

#### *Teste de caminhada de seis minutos*

O TC6 foi realizado de acordo com as recomendações da *American Thoracic Society* (CRAPO et al., 2002). Os pacientes foram instruídos a caminhar a maior distância possível, sem correr, em uma superfície plana de 30m de comprimento por 6 minutos. A

percepção de dispneia e fadiga de membros inferiores foram obtidas pela escala CR-10 de Borg (BORG, 1982) no pico do TC6 e a FC foi obtida pelo monitor Polar S810i (Polar Electro, Kempele, Oulu, Finlândia). A PAS e a PAD, bem como a FC e a distância percorrida (DP) foram registradas. Além disso, posteriormente, as variações no desempenho pré e pós-intervenção ( $\Delta DP = \text{pós-pré}$ ) foram calculadas e comparadas entre os grupos. Os parâmetros metabólicos foram registrados respiração a respiração pelo sistema de ergoespirometria portátil Oxycon Mobile® (Mijnhardt / Jäger, Würzburg, Alemanha), com uma máscara facial que foi utilizada pelos pacientes como interface para a coleta dos gases expirados. Os dados metabólicos foram processados e calculados em médias móveis a cada 15s, e os maiores valores dos últimos 15s de exercício foram definidos como o valor pico de  $\dot{V}O_2$  e RER. Esses valores foram exportados para Excel® (Microsoft Excel, 2016).

#### *Protocolo de intervenção e protocolo sham*

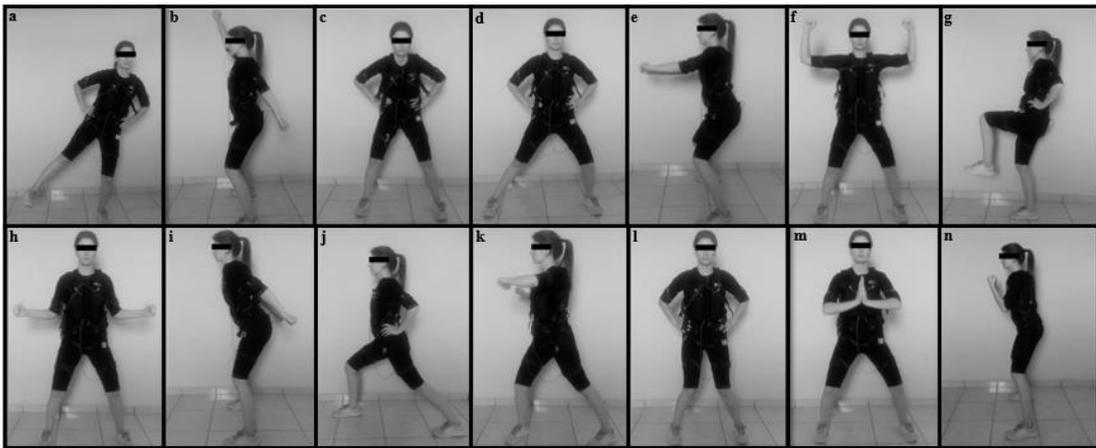
O protocolo de treinamento consistiu em 30 sessões, cinco vezes por semana, durante seis semanas. Os pacientes foram autorizados a faltar no máximo em cinco sessões, sendo que as sessões perdidas seriam repostas durante a sétima semana após o início do protocolo. Pacientes ausentes por mais de cinco sessões foram excluídos da análise final.

Todos os pacientes tiveram o mesmo número de sessões. O protocolo EENMC foi realizado com eletromioestimulador (Miha Bodytec, Augsburg, Alemanha); os eletrodos permitem a estimulação de 14 a 18 grupos musculares ou 10 regiões com intensidades de estimulação ajustáveis para cada grupo / região. A intensidade da corrente elétrica foi selecionada para cada região e modificada progressivamente durante uma sessão de treinamento individual ou de uma sessão para outra, para otimizar a intensidade da estimulação. No grupo intervenção, os exercícios dinâmicos foram realizados simultaneamente à EENMC. O protocolo do estudo está resumido na Tabela 1.

Os exercícios dinâmicos foram realizados sem adição de cargas externas, em posição ortostática, respeitando a contração efetiva durante o protocolo. Os exercícios foram combinados para gerar dez tipos diferentes de movimentos: agachamento, flexão de tronco, exercícios de membros superiores e contração isométrica de abdômen,

conforme descrito por André et al. (ANDRÉ et al., 2018) e ilustrado na figura 2. A escala de Borg (0-10) foi utilizada para manter uma intensidade de exercício tolerável durante as sessões de treinamento, variando de 3-5. Todos os pacientes foram orientados a relatar se havia algum tipo de dor e, caso fosse relatada, a intensidade era reajustada para um nível anterior ao doloroso.

O grupo *Sham* realizou os mesmos exercícios dinâmicos usando o mesmo equipamento, porém com a corrente elétrica desligada. Durante o período de intervenção, os participantes deste estudo foram orientados a não realizar nenhum outro exercício físico regular, e a adesão a essa recomendação foi confirmada semanalmente até o final dos procedimentos experimentais.



**Figura 2:** Exercícios realizados em ambos os protocolos de treinamentos.

**Tabela 1.** Eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro - protocolo do estudo.

	<b>Treino de <i>Endurance</i></b>	<b>Treino de Força</b>
Frequência de estimulação, Hz	85	30
Duração do impulso, s	6	4
Pausa do impulso, s	4	10
Largura de pulso, $\mu$ s	350	350
Tipo de impulso	bipolar	bipolar
Duração, min	15	12
Séries	3	2
Frequência do treinamento	3x/semana	2x/semana

#### *Análise da variabilidade da frequência cardíaca*

Para a análise da VFC, foi selecionado por inspeção visual na tela do computador, o período mais estável, sem artefatos, contendo 300 pontos. Índices lineares e não lineares foram calculados no *software* Kubios HRV (MATLAB, versão 2beta, Kuopio, Finlândia) (figura 3).

Para a análise no domínio do tempo, os índices calculados a partir do tacograma foram (1) média da FC; (2) a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre iRR normais adjacentes (RMSSD), expressas em ms; (VANDERLEI et al., 2009) e (3) e o índice geométrico - número total de todos os intervalos NN dividido pela altura do histograma de todos os intervalos NN medidos em uma escala discreta (RRtri). No domínio da frequência, os índices foram calculados a partir do espectro de potência do tacograma pelo modelo autorregressivo ou *Fast Fourier Transform*. Posteriormente, analisamos potências normalizadas nas bandas de baixa (BF) e alta frequência (AF). Os índices não lineares que representam a modulação parassimpática e a variabilidade geral da VFC incluíram a variabilidade instantânea de batimento a batimento (SD1) e a variabilidade batimento a batimento contínua (SD2), respectivamente, além dos índices de complexidade: entropia de Shannon, entropia aproximada (ApEn) e entropia de amostra (SampEn) (SHAFFER; GINSBERG, 2017).



**Figura 3:** Ilustração do sinal de análise da variabilidade da frequência cardíaca em ortostatismo de um voluntário homem, antes da intervenção.

### Análise Estatística

O cálculo do tamanho amostral foi realizado pelo programa GPower<sup>®</sup>, versão 3.1.3 (Franz Faul Universität Kiel, Alemanha) para determinar  $\Delta DP \geq 50$  m entre os grupos (CASTELLO et al., 2011). Um mínimo de 20 pacientes, 10 em cada grupo, foi calculado *a priori* de acordo com o teste da família F ANOVA (interação intra-inter) considerando uma probabilidade de erro  $\alpha$  de 0,05, um tamanho de efeito moderado (0,35) e um poder de amostra  $(1 - \beta)$  de 80%.

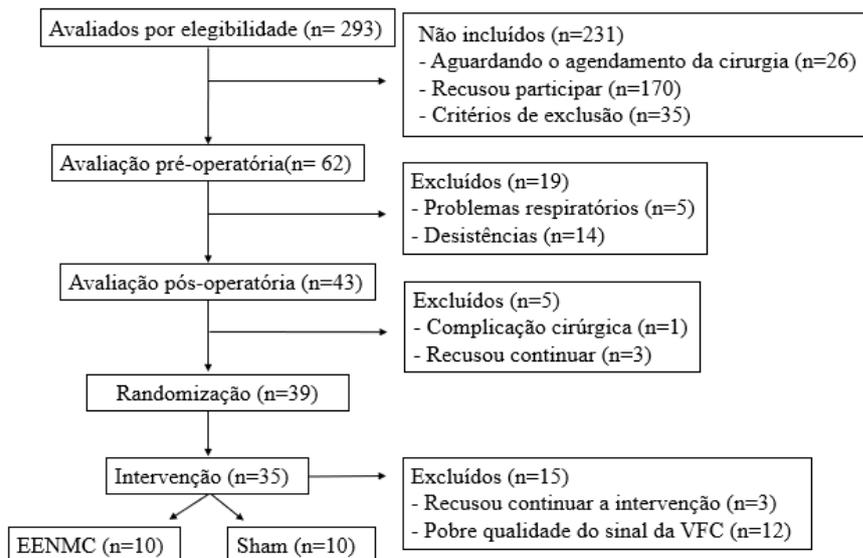
Foi utilizado o programa estatístico SigmaPlot<sup>®</sup> (versão 11.0. Systat Software Inc., San Jose, CA). Os dados foram expressos em média e 95% do intervalo de confiança ou mediana (mínimo, máximo). A normalidade dos dados foi analisada pelo teste Shapiro-Wilk e as diferenças entre os grupos (variações pós – pré-treino =  $\Delta$ ) foram avaliados por meio de teste *t* de amostras independentes ou Teste U de Mann-Whitney. ANOVA *two-way* com *post hoc* de Tukey foi aplicada para avaliar os resultados de capacidade funcional, índices de VFC e para os parâmetros de composição corporal,

considerando os fatores de tempo (pré vs. pós-intervenção) e de grupo (EENMC vs. *Sham*), bem como a interação entre eles. Dois pacientes apresentaram valores faltantes para FC no pico do TC6 devido a problemas técnicos e esses parâmetros foram tratados como dados faltantes, não sendo substituídos por um valor médio. O nível de significância estatística foi estabelecido em  $p < 0,05$ .

## Resultados

Duzentos e noventa e três indivíduos que tinham agendamento de cirurgia bariátrica foram recrutados. Destes, 231 indivíduos foram excluídos por uma ou mais das seguintes causas: distúrbios cardíacos ou respiratórios, *diabetes mellitus* não controlada, deficiência ortopédica, dificuldade de horário para agendamento ou alto tempo de espera para a realização do procedimento cirúrgico. Vinte indivíduos completaram os procedimentos experimentais, dez indivíduos em cada grupo (EENMC e *Sham*). Todos os indivíduos iniciaram o protocolo de intervenção em média ~ 6,5 (5,5 a 7,6) dias após a cirurgia, e completaram 30 sessões do protocolo de intervenção.

Pacientes que perderam até cinco sessões durante o treinamento de 6 semanas, completaram essas sessões na sétima semana após o início do protocolo. Todas as faltas foram justificadas por conflitos de horário devido a retorno ao trabalho ou por consulta médica. Apenas um paciente do grupo EENMC apresentou complicação médica não relacionada ao protocolo de treinamento (crise de cólica renal). Nenhum paciente relatou dor ou desconforto durante o protocolo. As perdas amostrais do estudo são apresentadas na Figura 4.



**Figura 4:** Fluxograma que representa o recrutamento e a perda da amostra.

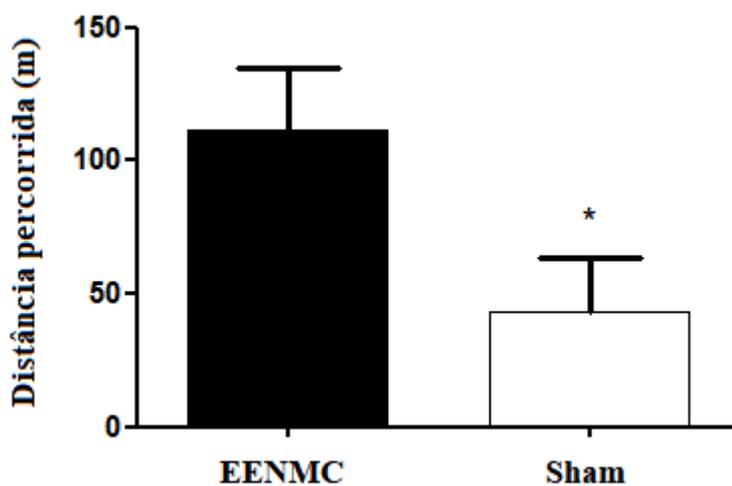
A Tabela 2 demonstrou não haver diferenças entre os grupos em relação à idade, dados antropométricos e composição corporal. Após a intervenção, ambos os grupos apresentaram menor peso e MG; no entanto, apenas o grupo EENMC reduziu significativamente o IMC após a intervenção ( $p < 0,05$ ; efeito do tempo). Além disso, menor MM foi observada após o programa de treinamento no grupo EENMC quando comparado ao *Sham* ( $p < 0,05$ ; efeito do grupo). No entanto, não houve interação entre o grupo de fatores *versus* tempo.

**Tabela 2:** Dados antropométricos, composição corporal e nível de atividade física.

Variáveis	EENMC (n=10) M = 8/ H = 2		Sham (n=10) M = 8/ H = 2		Tempo	Grupo	Interação
	Pré	Pós	Pré	Pós			
<i>Dados antropométricos</i>							
Idade, anos	40,7 (36,2-45,4)	-	37,6 (32,4-42,8)	-	-	-	-
Altura, m	1,7 (1,5-1,7)	-	1,7 (1,6-1,7)	-	-	-	-
Massa Corporal, kg	104,7 (96,6-112,7)	92,6 (85,4-99,9)*	109,7 (99,6-118,3)	98,6 (85,2-109,3)*	0,001	0,098	0,885
IMC, kg/m <sup>2</sup>	38,2 (36,0-40,4)	33,9 (31,9-36,0)*	39,9 (33,6-46,1)	36,2 (29,0-40,3)	0,006	0,157	0,830
<i>Composição corporal</i>							
MM, kg	49,8 (45,4-54,2)	47,3 (42,8-51,8)	55,3 (48,2-54,5)	53,6 (47,4-63,0)†	0,308	0,007	0,840
MG, kg	52,9 (47,0-56,7)	42,4 (38,4-46,5)*	51,3 (47,6-61,7)	41,9 (26,4-51,1)*	0,001	0,844	0,990
<i>Questionário de Baecke</i>	6,0 (2,4-8,0)	-	6,9 (6,2-7,6)	-	-	0,319	-

Os dados são apresentados em média ou mediana, de acordo com a distribuição dos dados, e intervalo de confiança (95%). IMC: índice de massa corporal; MM: massa magra; MG: massa gorda. ANOVA *two way* para dados antropométricos e composição corporal; Teste t de Student não pareado para o questionário de Baecke. \* efeito tempo; † efeito grupo.

Os dados metabólicos e cardiovasculares durante o TC6 são apresentados na Tabela 3. Um efeito positivo do tempo foi observado no  $\dot{V}O_2$  em  $\text{mL kg}^{-1} \text{min}^{-1}$  e na PAS após a intervenção. Vale ressaltar que a DP apresentou aumento significativo apenas para o grupo EENMC ( $p < 0,05$ ; efeito do tempo). Comparando os dois grupos, o EENMC demonstrou melhora significativa no desempenho do teste funcional após a intervenção (EENMC:  $111,3 \pm 73,5$  m vs. Sham:  $43,3 \pm 64,4$  m;  $p = 0,04$ ). No entanto, nenhuma interação entre tempo e grupo foi encontrada. A figura 5 demonstra o delta de DP durante o TC6.



**Figura 5:** Mudanças na distância percorrida ( $\Delta$ DP) durante o TC6 em ambos os grupos.

**Tabela 3:** Variáveis no pico do teste de caminhada de seis minutos (TC6).

Variáveis	EENMC (n=10)		Sham (n=10)		Tempo	Grupo	Interação
	Pré	Pós	Pré	Pós			
Distância, m	450,3 (390,4-510,2)	561,6 (504,2-619,0)*	470,4 (415,0-473,4)	513,7 (500,7-574,6)	0,002	0,556	0,155
<i>Metabólicas</i>							
VO <sub>2</sub> , mL.min <sup>-1</sup>	1065,6 (921,6-1175,4)	1102,1 (980,6-1207,2)	1095,7 (845,6-1248,7)	1171,7 (901,4-1655,2)	0,472	0,524	0,800
VO <sub>2</sub> , mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup>	10,2 (9,1-11,2)	11,9 (10,9-12,8)*	10,1 (7,6-11,7)	11,9 (9,5-16,5)*	0,025	0,915	0,936
VO <sub>2</sub> , %pred	51,4(45,3-57,5)	53,3 (45,4-61,1)	48,7 (37,3-62,6)	56,7 (51,2-67,8)	0,134	0,914	0,352
RER	0,86 (0,8-0,9)	0,89 (0,83-0,95)	0,84 (0,79-0,88)	0,88 (0,83-0,93)	0,116	0,551	0,832
<i>Cardiovasculares</i>							
FC, bpm	124,1 (115,6-132,6)	119,0 (110,2-127,8)	127,7 (100,9-152,2)	124,6 (102,6-149,7)	0,432	0,379	0,847
FC, %pred	69,2 (64,6-73,8)	66,4 (61,0-71,8)	70,3 (51,7-87,3)	68,7 (56,0-82,0)	0,484	0,595	0,853
PAS, mmHg	153,2 (139,0-167,4)	140,6 (131,9-149,3)*	160,4 (143,3-170,3)	150,8 (128,0-178,6)*	0,049	0,119	0,785
PAD, mmHg	96,0 (85,8-106,2)	90,2 (83,1-97,3)	96,8 (87,8-100,8)	93,2 (88,0-105,2)	0,156	0,562	0,737
<i>Sintomas</i>							
Dispneia	0,8 (0,2-2,2)	0,5 (0,1-1,0)	2 (0,6-5,8)	1 (0,6-3,4)	0,199	0,091	0,891
Fadiga MMII	0,6 (0,2-1,4)	0 (0,05-0,2)	0,5 (0,2-3)	0 (0,5-1,2)	0,135	0,135	0,866

Os dados são apresentados em média ou mediana, de acordo com a distribuição dos dados, e intervalo de confiança (95%). VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio; FC: frequência cardíaca; RER: razão de troca respiratória; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica, MMII: membros inferiores. \* efeito tempo.

Os índices de VFC estão apresentados na Tabela 4. Em ambos os grupos, os índices médios de FC e Shannon diminuíram, enquanto RMSSD, RRtri, SD1, SD2, ApEn e SampEn aumentaram após a intervenção. É possível observar que o grupo EENMC apresentou melhor efeito nos índices não lineares (ApEn, SampEn, Shannon), enquanto o grupo *sham* teve incremento nos índices RMSSD, RRtri, SD1 e SD2 após o treinamento. No entanto, não houve interações entre os grupos em relação ao tempo.

Ambos os grupos demonstraram uma diminuição na FC na condição de repouso, demonstrando mudanças positivas na modulação autonômica cardíaca com o treinamento realizado. Não foi encontrado efeito de grupo nem interação entre o tempo e o grupo.

**Tabela 4:** Variáveis de variabilidade da frequência cardíaca na posição ortostática.

Variáveis	EENMC (n=10)		Sham (n=10)		Tempo	Grupo	Interação
	Pré	Pós	Pré	Pós			
<i>Domínio do tempo</i>							
Média FC, bpm	99,3 (93,5-105,2)	87,4 (81,2-93,7)*	99,5 (88,0-110,9)	79,0 (73,6-84,5)*	<0,001	0,234	0,215
RMSSD, ms	10,4 (5,2-15,7)	16,8 (11,4-22,3)	10,9 (5,9-15,8)	23,9 (16,0-31,8)*	<0,001	0,165	0,218
<i>Índice geométrico</i>							
RRtri	5,3 (4,0-6,7)	6,9 (5,3-8,7)	6,1 (3,7-8,5)	10,1 (7,0-13,2)*	0,006	0,052	0,241
<i>Domínio da frequência</i>							
BF, n.u	80,8 (67,8-93,8)	73,4 (61,4-85,3)	82,9 (76,7-89,2)	84,7 (80,0-89,5)	0,513	0,123	0,289
AF, n.u	19,2 (6,2-32,2)	26,6 (14,6-38,5)	17,0 (10,8-23,2)	15,2 (10,5-20,0)	0,513	0,122	0,289
BF/AF	11,0 (3,1-19,0)	4,9 (1,9-7,9)	6,6 (3,7-9,5)	7,0 (4,0-10,2)	0,185	0,592	0,125
<i>Não-lineares</i>							
SD <sub>1</sub> , ms	7,4 (3,7-11,1)	11,9 (8,0-15,8)	7,7 (4,2-11,2)	16,9 (11,4-22,5)*	<0,001	0,165	0,218
SD <sub>2</sub> , ms	27,4 (21,0-33,7)	34,4 (24,9-43,9)	30,2 (15,4-45,1)	52,4 (36,9-67,8)*	0,010	0,060	0,168
ApEn	0,9 (0,7-1,0)	1,0 (0,9-1,0)*	0,9 (0,8-1,0)	1,0 (0,9-1,1)	0,020	0,423	0,380
SampEn	1,0 (0,8-1,2)	1,3 (1,1-1,5)*	1,1 (0,9-1,4)	1,3 (1,1-1,6)	0,024	0,510	0,485
Shannon	3,4 (3,2-3,6)	3,1 (2,9-3,2)*	3,2 (3,0-3,4)	3,1 (2,9-3,3)	0,022	0,410	0,245

Os dados estão apresentados em média ou mediana, de acordo com a distribuição dos dados e intervalo de confiança (95%). FC: frequência cardíaca; RMSSD: raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre iRR normais adjacentes, em um intervalo de tempo; RRtri: número total de todos os intervalos NN dividido pela altura do histograma de todos os intervalos NN medidos em uma escala discreta; BF: baixa frequência; AF: alta frequência; BF/AF: razão baixa frequência/alta frequência; SD<sub>1</sub>: variabilidade instantânea de batimento a batimento; SD<sub>2</sub>: variabilidade batimento a batimento contínua; ApEn: entropia aproximada; SampEn: entropia de amostra; Shannon: Entropia de Shannon. \* efeito tempo.

## Discussão

Até onde sabemos, este é o primeiro estudo a demonstrar que um programa de treinamento físico estruturado aplicado simultaneamente com a EENMC, iniciada em aproximadamente uma semana após a cirurgia bariátrica, melhorou significativamente a capacidade funcional em pacientes com obesidade. Apenas o grupo EENMC foi capaz de melhorar a DP após o programa de treinamento. Além disso, o  $\Delta DP$  neste grupo foi significativamente maior quando comparado ao *Sham*. Apesar de uma redução significativa do IMC estar presente apenas no grupo EENMC após o programa de treinamento, ambos os grupos apresentaram redução significativa de massa corporal, MG e PAS. Além disso, ambos os grupos expressaram melhora em alguns índices de VFC nos parâmetros no domínio do tempo, geométrico e não lineares após o programa de treinamento.

### *EENMC e exercícios dinâmicos*

Os benefícios do exercício para o tratamento da obesidade estão bem estabelecidos (DANIELS et al., 2018; WOLFE; KVACH; ECKEL, 2016). Mesmo quando o tratamento conservador não é bem-sucedido e a cirurgia bariátrica é indicada, o treinamento físico tem um papel importante, como a redução da MG e manutenção da MM (COEN; CARNERO; GOODPASTER, 2018; KING; BOND, 2013) em curto prazo após a cirurgia, bem como, manutenção do peso corporal em médio e longo prazo. Nesse sentido, oferecer diferentes modalidades de exercícios físicos (por exemplo, protocolos de resistência e força) como um programa de reabilitação precoce, poderia auxiliar os pacientes na adesão de novos hábitos de vida, especificamente, se exercitar com mais frequência. Diferentes protocolos de exercícios são aplicados após a cirurgia bariátrica, com foco no treinamento para melhorar a força (HUCK, 2015), a resistência (DANIELS et al., 2018) ou ambos (BAILLOT et al., 2013) e com o objetivo final de aumentar a capacidade funcional (CASTELLO-SIMÕES et al., 2012). No entanto, estudos anteriores iniciaram programas de treinamento entre o primeiro e sexto mês após a cirurgia bariátrica e, até onde sabemos, nenhum estudo anterior havia iniciado um programa de treinamento físico precoce, o que aumenta a novidade de nossos achados.

Como a melhor intensidade de treinamento de exercício logo após a cirurgia bariátrica ainda não está bem estabelecida, deve-se tomar cuidado para supervisionar

adequadamente o exercício, que deve ser adaptado à capacidade individual dos pacientes, visto que ele está em fase de dieta hipocalórica (DAGAN et al., 2017; YUMUK et al., 2015; PARROTT et al., 2017). Nesse contexto, a EENMC, indicada inclusive para indivíduos incapazes de realizar exercícios físicos (KEMMLER; FROEHLICH; KLEINÖDER, 2016), poderia potencializar as contrações musculares realizadas durante exercícios dinâmicos de baixa intensidade, facilitando a execução do movimento e, possivelmente, aumentando a aderência ao protocolo de treinamento. Além disso, a adesão aos exercícios após a cirurgia bariátrica em si é de extrema importância em longo prazo para otimizar a saúde geral e o prognóstico do indivíduo.

No presente estudo, ambos os grupos apresentaram uma perda significativa de peso e de MG; no entanto, apenas o grupo EENMC reduziu significativamente o IMC após 6 semanas ( $p < 0,05$ , efeito do tempo). Embora não tenha ocorrido diferença significativa entre os grupos, é importante observar que esse resultado pode ser altamente relevante clinicamente, uma vez que o grupo EENMC apresentou redução de dois graus em relação à obesidade, enquanto a realização apenas de exercícios resultou em redução da obesidade em apenas um grau. Este achado é notável, pois este pequeno ganho foi observado em um estudo anterior, com a mesma modalidade de um programa de treinamento, no entanto, com um tempo de treinamento mais longo, e aplicado a outra população (KEMMLER et al., 2017).

Conforme explicado por Sillen et al. (2008), a estimulação elétrica neuromuscular pode ser aplicada como uma intervenção complementar, a fim de melhorar a ação dos movimentos realizados. Seguimos este princípio no estudo atual, aplicando a EENMC simultaneamente durante o exercício dinâmico. A duração do protocolo de intervenção deste estudo foi baseada em estudos anteriores que observaram sucesso após uma intervenção de seis semanas em indivíduos com doenças crônicas (DAL CORSO et al., 2007; VIVODTZEV et al., 2012). A EENMC realizada no presente estudo foi aplicada previamente em pacientes com obesidade sarcopênica e também em indivíduos sedentários (KEMMLER et al., 2018; KEMMLER, SCHLIFFKA, MAYHEW, 2010). Além disso, a eletroestimulação é uma opção para populações de pacientes que não são capazes de realizar o treinamento físico, bem como, aqueles que recentemente foram submetidos a um procedimento cirúrgico e possuem restrições de treinamento. A aplicação de eletroestimulação nesses cenários pode ajudar a aumentar ainda mais a perda de peso e melhorar a capacidade de exercício (FILIPOVIC et al., 2011; KEMMLER et al., 2018; W. KEMMLER, R. SCHLIFFKA, J. MAYHEW, 2010).

Ao comparar o efeito do treinamento de resistência convencional com o EENMC, estudos anteriores descobriram que ambos os métodos são eficazes na melhoria da massa e força muscular (KEMMLER; FROEHLICH; KLEINÖDER, 2016). No entanto, a EENMC mostra-se uma opção interessante para pessoas que não conseguem realizar protocolos de treinamento intenso, como foi o caso dos pacientes do presente estudo.

#### *Efeitos da EENMC na capacidade funcional*

Em nosso estudo, apenas a EENMC combinada com exercícios dinâmicos aumentou significativamente a DP após o treinamento, promovendo maior ganho na capacidade funcional durante o TC6 em comparação com a aplicação de exercícios dinâmicos de intensidade leve ( $111,3 \pm 73,5$  versus  $43,3 \pm 64,4$  m), sugerindo que a EENMC poderia ter potencializado o efeito do treinamento com exercício dinâmico logo após a cirurgia bariátrica. O ganho de aproximadamente 111 m no grupo EENMC é aproximadamente quatro vezes maior do que a mínima diferença clinicamente relevante no desempenho funcional no TC6 apresentado por pacientes com aplicado doença cardíaca crônica após reabilitação física (ou seja, 25 m) (HOLLAND et al., 2010). Até onde sabemos, nenhuma diferença mínima clinicamente relevante foi estabelecida ainda para pacientes pós-cirurgia bariátrica.

Um estudo demonstrou uma proporção reduzida de fibras do tipo I em pacientes com síndrome metabólica e obesidade (ALBERS et al., 2015). Gondin e colaboradores (2011) realizaram biópsias musculares antes e após a aplicação de oito semanas de eletroestimulação neuromuscular e observaram hipertrofia das fibras musculares tipo I e II, bem como aumento das enzimas oxidativas. Em nosso estudo, o grupo EENMC apresentou maiores ganhos de DP no TC6 após um protocolo de reabilitação de seis semanas, no qual três das cinco sessões semanais foram focadas em exercícios de endurance. Melhorias semelhantes nas fibras musculares dos tipos I e II podem ter ocorrido como resultado de nosso protocolo de treinamento e o que potencializou o ganho de capacidade funcional.

No estudo de Castello et al. (2011), os indivíduos foram submetidos a um programa de treinamento com exercícios aeróbicos por três meses, a partir de um mês após a cirurgia bariátrica. Apesar dos dois grupos estudados terem aumentado a DP ao final do protocolo, o incremento do grupo de intervenção foi aproximadamente três vezes maior do que o grupo controle, que não realizou nenhuma atividade física ( $49,6$  m versus

16,4 m). O grupo EENMC em nosso estudo, apresentou um aumento na DP duas vezes maior do que o grupo de intervenção de Castello e colegas, mesmo tendo realizado um protocolo de treinamento na metade do tempo de duração e tendo iniciado mais precocemente após a cirurgia. Em outro estudo (BAILLOT et al., 2013), uma diferença de 28 m na DP foi observada em 12 indivíduos após um treinamento de 12 semanas iniciado antes da cirurgia bariátrica, combinando exercícios de resistência e força. Apesar de nenhum estudo ter demonstrado previamente uma diferença mínima clinicamente relevante de DP após intervenções na população obesa pós-bariátrica, a EENMC aliada ao exercício físico dinâmico foi capaz de promover uma variação clinicamente significativa se contrastada com o incremento observado no grupo *Sham* (exercício isolado) (111 *versus* 43 m,  $p < 0,05$ ).

Em nosso estudo, ambos os grupos alcançaram valores mais elevados de  $\dot{V}O_2$  em  $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  após a intervenção. Os indivíduos do grupo *Sham* apresentaram maiores valores de MM antes da cirurgia bariátrica quando comparados ao grupo EENMC. Apesar da aleatorização para inclusão dos voluntários em ambos os grupos, o intervalo de confiança de 95% nos resultados do questionário de Baecke revela uma grande variação, indicando um nível de atividade física muito menor no grupo EENMC em comparação com o *Sham* (Tabela 2). De fato, do grupo *Sham*, sete indivíduos tiveram médias próximas de oito, sendo este o caso em apenas três pacientes no grupo EENMC. Como podemos ver, os indivíduos do grupo *Sham* eram mais ativos quando comparado aos indivíduos do grupo EENMC no início do estudo, o que pode estar relacionado ao menor valor de MM antes da cirurgia. Porém, ambos os grupos obtiveram resultado semelhante após o protocolo de intervenção, com uma pequena diminuição não significativa da MM o que pode ser explicado pela redução do hormônio grelina, que tem efeito protetor contra a perda muscular (IBACACHE et al., 2019). A grelina é produzida no estômago e no pâncreas em resposta à regulação do apetite (MEEK et al., 2016), e estudos demonstram que essa redução se inicia dentro de 24 horas após o *bypass* gástrico (TUERO et al., 2020). Adicionalmente, esses baixos níveis de grelina após a cirurgia Y-de-Roux podem produzir o aumento da saciedade, reduzindo a ingestão de alimentos, sendo importante para promover e manter a perda de peso (BROGLIO et al., 2001; TUERO et al., 2020).

Um protocolo de seis semanas com EENMC foi proposto porém associado a exercícios isométricos em uma coorte de jovens saudáveis, e observaram redução da PAS e ganho de  $\dot{V}O_2$  em exercícios submáximos e máximos (JEE, 2018). Em nosso estudo, também observamos redução da PAS e ganho de  $\dot{V}O_2$  no pico do TC6 em ambos os

grupos. Além disso, Amaro-Gahete et al. (2018) demonstraram que o EENMC na mesma duração do protocolo atual, pode ser uma metodologia de treinamento eficaz para melhorar o desempenho da corrida, evitando o descondicionamento quando o treinamento convencional não é viável. É importante ressaltar que a adesão precoce ao programa de reabilitação após a cirurgia bariátrica no presente estudo demonstrou auxiliar os pacientes a obter maiores ganhos na capacidade funcional e na melhora da composição corporal.

#### *Efeitos da EENMC na VFC*

Os estudos que mostram os efeitos da EENMC na aptidão cardiorrespiratória e na modulação autonômica são escassos. A estimulação elétrica é comumente usada para aliviar a dor e estimular os músculos (SILLEN et al., 2008), mas pouco se sabe sobre os efeitos da EENMC na VFC em indivíduos com obesidade após uma cirurgia bariátrica.

Um estudo anterior mostrou melhora da sensibilidade barorreflexa e aumento da modulação parassimpática da FC após aplicação de eletroestimulação por quatro semanas nos músculos periféricos em ratos com insuficiência cardíaca, em comparação com um grupo *Sham* submetido aos mesmos procedimentos, mas com o equipamento desligado (RUCATTI et al., 2015). No entanto, dados os efeitos benéficos alcançados, os autores sugerem que este protocolo em humanos pode ser uma alternativa para tratamento de alterações clínicas no sistema nervoso autônomo.

Já está bem estabelecido na literatura que a obesidade acarreta alterações na função autonômica cardíaca e hiperatividade simpática devido ao excesso de gordura, o que resulta em aumento da FC (ALAM et al., 2009; THORP; SCHLAICH, 2015). Estudos relataram efeitos de longo prazo após cirurgia bariátrica (KOKKINOS et al., 2013; MASER et al., 2013; NAULT et al., 2007) e os benefícios da perda de peso na VFC (KARASON et al., 1999; SJOBERG et al., 2011). Além disso, a restrição calórica e a rápida perda de peso em indivíduos com obesidade provavelmente diminuem o fluxo do nervo simpático central (SOWERS et al., 2008), melhorando o equilíbrio simpático-vagal (NICOLL; HENEIN, 2018) após a redução de massa corporal.

Portanto, no presente estudo, ambos os grupos apresentaram diminuição da FC média pós-intervenção em relação ao período pré-intervenção. Além disso, os índices RMSSD e SD1, representantes do tônus vagal, aumentaram em ambos os grupos, indicando melhora da atuação do componente parassimpático, fator benéfico para

indivíduos com obesidade que se apresentam comumente com predominância de modulação simpática (PINHEL et al., 2017).

Os índices de VFC que representam a complexidade também aumentaram em ambos os grupos após a intervenção. O SampEn mais baixo na população obesa, pode ser indicativo de uma mudança do equilíbrio simpático-vagal em direção ao componente simpático (CABIDDU et al., 2015); por outro lado, o índice ApEn representa a modulação vagal (GODOY, 2015). Assim, nossos resultados sugerem que ambos os grupos melhoraram o equilíbrio simpato-vagal e aumentaram o componente vagal. Além disso, os índices RRtri e SD2, que representam a VFC total, aumentaram em ambos os grupos após a intervenção, sugerindo uma melhora na complexidade, indicando melhor saúde cardiovascular (GODOY, 2016).

Embora nenhuma diferença significativa tenha sido encontrada entre os grupos em relação à VFC pós-intervenção, é importante afirmar que ambos os grupos realizaram exercícios dinâmicos logo após a cirurgia bariátrica; esse fator poderia explicar a melhora nos índices de VFC. Nesse sentido, a eletroestimulação não acarretou efeito adicional na modulação autonômica cardíaca em uma intervenção iniciada precocemente a cirurgia.

#### *Limitações do Estudo*

Algumas limitações devem ser abordadas neste estudo. Em primeiro lugar, devido à baixa adesão de nossa população e à má qualidade de alguns sinais de VFC, avaliamos uma coorte relativamente pequena após a cirurgia bariátrica. No entanto, considerando nosso principal desfecho no presente estudo – a capacidade funcional medida pelo desempenho no TC6 - o número de pacientes apresentou poder amostral aceitável. Nesse contexto, em relação às demais variáveis utilizadas no presente estudo, acreditamos que mais estudos são necessários para confirmar nossos achados.

Em segundo lugar, nossa amostra foi composta em sua maioria por mulheres; entretanto, reflete a realidade epidemiológica de nosso país, onde as mulheres são maioria tanto na população obesa quanto em indivíduos submetidos à cirurgia bariátrica (MELDRUM; MORRIS; GAMBONE, 2017). Na verdade, foi difícil rastrear indivíduos do sexo masculino que se submeteram à cirurgia bariátrica e que estavam dispostos a participar de nosso estudo. Portanto, mais estudos são necessários para confirmar nossos achados em coortes maiores, incluindo homens e mulheres. Além disso, acreditamos que o treinamento físico após a cirurgia bariátrica deve ser incentivado o mais precocemente

possível. Assim, a EENMC pode ser uma abordagem valiosa para encorajar os pacientes a iniciar um programa de exercícios logo após a cirurgia. No entanto, a EENMC não substitui os efeitos dos programas de exercícios dinâmicos, especialmente no que tange a modulação autonômica cardíaca. Além disso, estudos futuros avaliando custos, além de outros resultados de perda de massa corporal a longo prazo, devem ser realizados.

### **Conclusão**

Em conclusão, um programa de intervenção de seis semanas composto por exercícios físicos dinâmicos simultâneos a EENMC, aplicados precocemente em indivíduos após cirurgia bariátrica, aumentam o ganho da capacidade funcional e a redução do IMC. Nesse sentido, a EENMC pode ser um coadjuvante eficiente para melhorar a capacidade funcional na fase inicial de reabilitação física nessa população. Por outro lado, esta estratégia não foi capaz de potencializar os efeitos dos exercícios dinâmicos na modulação autonômica cardíaca em indivíduos com obesidade pós-cirurgia bariátrica.

### **Referências**

- ALAM, I. et al. Influence of bariatric surgery on indices of cardiac autonomic control. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**, v. 151, n. 2, p. 168–173, 2009.
- ALBERS, P. H. et al. Human muscle fiber type-specific insulin signaling: Impact of obesity and type 2 diabetes. **Diabetes**, v. 64, n. 2, p. 485–497, 2015.
- AMARO-GAHETE, F. J. et al. Whole-body electromyostimulation improves performance-related parameters in runners. **Frontiers in Physiology**, v. 9, 2018.
- ANDRÉ, L. D. et al. Functional and systemic effects of whole body electrical stimulation post bariatric surgery : study protocol for a randomized controlled trial. p. 1–10, 2018.
- BAECKE, J. A. H.; BUREMA, J.; FRIJTERS, J. E. R. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 36, n. 5, p. 936–942, 1982.
- BAILLOT, A. et al. Feasibility and impacts of supervised exercise training in subjects with obesity awaiting bariatric surgery: A pilot study. **Obesity Surgery**, v. 23, n. 7, p.

882–891, 2013.

BOBBIONI-HARSCH, E. et al. Relationship between sympathetic reactivity and body weight loss in morbidly obese subjects. **International Journal of Obesity**, v. 28, n. 7, p. 906–911, 18 jul. 2004.

BORG, G. A. V. **Pshychophysical bases of perceived exertion**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.

BROGLIO, F. et al. Ghrelin, a natural GH secretagogue produced by the stomach, induces hyperglycemia and reduces insulin secretion in humans. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolsim**, v. 86, n. 10, p. 5083–5086, 2001.

CABIDDU, R. et al. Are complexity metrics reliable in assessing HRV control in obese patients during sleep? **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, p. 1–15, 2015.

CASTELLO-SIMÕES, V. et al. Effects of aerobic exercise training on variability and heart rate kinetic during submaximal exercise after gastric bypass surgery – a randomized controlled trial. **Disability and Rehabilitation**, n. May, p. 1–9, 2012.

CASTELLO, V. et al. Impact of aerobic exercise training on heart rate variability and functional capacity in obese women after gastric bypass surgery. **Obesity Surgery**, v. 21, n. 11, p. 1739–1749, 2011.

COEN, P. M.; CARNERO, E. A.; GOODPASTER, B. H. Exercise and Bariatric Surgery: An Effective Therapeutic Strategy. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 46, n. 4, p. 262–270, 2018.

CRAPO, R. O. et al. ATS statement: Guidelines for the six-minute walk test. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 166, n. 1, p. 111–117, 2002.

DAGAN, S. S. et al. Nutritional Recommendations for Adult Bariatric: Clinical Practise. **Adv Nutr**, v. 8, n. 12, p. 382–394, 2017.

DAL CORSO, S. et al. Skeletal muscle structure and function in response to electrical stimulation in moderately impaired COPD patients. **Respiratory Medicine**, v. 101, n. 6, p. 1236–1243, 2007.

DANIELS, P. et al. Effect of a randomised 12-week resistance training programme on muscular strength, cross-sectional area and muscle quality in women having undergone Roux-en-Y gastric bypass. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 5, p. 529–535, 2018.

DAVY, K. P.; ORR, J. S. Sympathetic Nervous System Behavior in Human Obesity. **Neurosci Biobehav Rev.**, v. 33, n. 2, p. 116–124, 2009.

LA CÁMARA SERRANO, M. Á.; PARDOS SEVILLA, A. I. Revisión de los beneficios

físicos de la electroestimulación integral. **Apunts Educación Física y Deportes**, n. 123, p. 28–33, 2016.

DE LORENZO, A. DE et al. New obesity classification criteria as a tool for bariatric surgery indication. **World Journal of Gastroenterology**, v. 22, n. 2, p. 681, 2016.

EVANS, R. K. The Role of Physical Activity Participation in Weight Loss Outcomes Following Weight Loss Surgery. **American Journal of Lifestyle Medicine**, v. 4, n. 2, p. 124–129, 2010.

FILIPOVIC, A. et al. Electromyostimulation—a systematic review of the influence of training regimens and stimulation parameters on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 11, p. 3218–3238, 2011.

GODOY, M. F. DE. Nonlinear Analysis of Heart Rate Variability: A Comprehensive Review. **Journal of Cardiology and Therapy**, v. 3, n. 3, p. 528–533, 2016.

GONDIN, J. et al. Neuromuscular electrical stimulation training induces atypical adaptations of the human skeletal muscle phenotype: A functional and proteomic analysis. **Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 2, p. 433–450, 2011.

HANDRIGAN, G. et al. Weight loss and muscular strength affect static balance control. **International Journal of Obesity**, v. 34, n. 5, p. 936–942, 2010.

HASSANNEJAD, A. et al. 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. **Obesity Surgery**, v. 27, n. 11, p. 2792–2801, 2017.

HOLLAND, A. E. et al. Updating the Minimal Important Difference for Six-Minute Walk Distance in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 91, n. 2, p. 221–225, 2010.

HUCK, C. J. Effects of supervised resistance training on fitness and functional strength in patients succeeding bariatric surgery. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 3, p. 589–595, 2015.

IBACACHE, P. et al. Physical fitness and physical activity in women with obesity: short term effects of sleeve gastrectomy. **Nutrición Hospitalaria**, v. 36, p. 840–845, 2019.

JEE, Y.-S. The efficacy and safety of whole-body electromyostimulation in applying to human body: based from graded exercise test. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 14, n. 1, p. 49–57, 2018.

KARASON, K. et al. Heart rate variability in obesity and the effect of weight loss. **American Journal of Cardiology**, v. 83, n. 8, p. 1242–1247, 1999.

KEMMLER, W. et al. Impact of whole-body electromyostimulation on body composition in elderly women at risk for sarcopenia: The Training and ElectroStimulation Trial (TEST-III). **Age**, v. 36, n. 1, p. 395–406, 2014.

KEMMLER, W. et al. Whole-body electromyostimulation and protein supplementation favorably affect sarcopenic obesity in community-dwelling older men at risk: The randomized controlled FranSO study. **Clinical Interventions in Aging**, v. 12, p. 1503–1513, 2017.

KEMMLER, W. et al. Efficacy and Safety of Low Frequency Whole-Body Electromyostimulation (WB-EMS) to Improve Health-Related Outcomes in Non-athletic Adults. A Systematic Review. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. 573, p. 1–12, 2018.

KEMMLER, W.; FROEHLICH, M.; KLEINÖDER, H. Whole-Body Electromyostimulation – The Need for Common Sense ! Rationale and Guideline for a Safe and Effective Training. **SHORT REPORT**, v. 9, n. July, p. 218–220, 2016.

KEMMLER, W.; VON STENGEL, S. Whole-body electromyostimulation as a means to impact muscle mass and abdominal body fat in lean, sedentary, older female adults: Subanalysis of the TEST-III trial. **Clinical Interventions in Aging**, v. 8, p. 1353–1364, 2013.

KEMMLER, R. SCHLIFFKA, MAYHEW, AND S. V. S. Effects of whole body electromyostimulation on resting metabolic rate, body composition, and maximum strength in postmenopausal women: the training and electrostimulation trial. **Journal of strength and conditioning research**, v. 7, n. 24, p. 1880–1887, 2010.

KING, W. C.; BOND, D. S. The Importance of Preoperative and Postoperative Physical Activity Counseling in Bariatric Surgery. **Activity Counseling in Bariatric Surgery**, v. 41, p. 1–35, 2013.

KOKKINOS, A. et al. Improvement in cardiovascular indices after Roux-en-Y gastric bypass or sleeve gastrectomy for morbid obesity. **Obesity Surgery**, v. 23, n. 1, p. 31–38, 2013.

KYLE, U. G. et al. Bioelectrical impedance analysis - Part I: Review of principles and methods. **Clinical Nutrition**, v. 23, n. 5, p. 1226–1243, 2004.

MASER, R. E. et al. Effects of surgically induced weight loss by Roux-en-Y gastric bypass on cardiovascular autonomic nerve function. **Surgery for Obesity and Related Diseases**, v. 9, n. 2, p. 221–226, 2013.

MEEK, C. L. et al. The effect of bariatric surgery on gastrointestinal and pancreatic

- peptide hormones. **Peptides**, v. 77, p. 28–37, 2016.
- MELDRUM, D. R.; MORRIS, M. A.; GAMBONE, J. C. Obesity pandemic: causes, consequences, and solutions—but do we have the will? **Fertility and Sterility**, v. 107, n. 4, p. 833–839, 2017.
- NAULT, I. et al. Impact of bariatric surgery-induced weight loss on heart rate variability. **Metabolism: Clinical and Experimental**, v. 56, n. 10, p. 1425–1430, 2007.
- NICOLL, R.; HENEIN, M. Y. Caloric restriction and its effect on blood pressure, heart rate variability and arterial stiffness and dilatation: A review of the evidence. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 3, 2018.
- PARROTT, J. et al. American Society for Metabolic and Bariatric Surgery Integrated Health Nutritional Guidelines for the Surgical Weight Loss Patient 2016 Update: Micronutrients. **Surgery for Obesity and Related Diseases**, v. 13, n. 5, p. 727–741, 2017.
- PATAKY, Z. et al. Effects of obesity on functional capacity. **Obesity**, v. 22, p. 56–62, 2014.
- PEREIRA, C. A. D. C. Espirometria. p. 45–51, 1996.
- PINHEL, M. A. S. et al. Heart Rate Variability as a Tool for Predicting Risk of Cardiovascular Disease in Patients with Obesity. **Journal of Scientific Research**, v. 4, 2017.
- RUCATTI, A. L. et al. Skeletal muscle electrical stimulation improves baroreflex sensitivity and heart rate variability in heart failure rats. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**, v. 193, p. 92–96, 2015.
- RYAN, D. H.; KAHAN, S. Guideline Recommendations for Obesity Management. **Medical Clinics of North America**, v. 102, p. 49–63, 2018.
- SCHULZ, K. F. et al. CONSORT 2010 Statement : Updated Guidelines for Reporting Parallel Group Randomised Trials. **BMC Medicine**, v. 7, n. 3, 2010.
- SHAFFER, F.; GINSBERG, J. P. An Overview of Heart Rate variability Metrics and Norms. **Frontiers in Public Health**, v. 5, n. September, p. 1–17, 2017.
- SILLEN, M. J. H. et al. The metabolic response during resistance training and neuromuscular electrical stimulation (NMES) in patients with COPD, a pilot study. **Respiratory Medicine**, v. 102, n. 5, p. 786–789, 2008.
- SILLEN, M. J. H. et al. Metabolic and Structural Changes in Lower-Limb Skeletal Muscle Following Neuromuscular Electrical Stimulation: A Systematic Review. **PLoS**

**ONE**, v. 8, n. 9, p. e69391, 2013.

SJOBERG, N. et al. Moderate weight loss improves heart rate variability in overweight and obese adults with type 2 diabetes. **Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 4, p. 1060–1064, 2011.

SOWERS, J. R. et al. Role of the Sympathetic Nervous System in the Nocturnal Fall in Blood Pressure. **Hypertension Research**, v. 19, n. 3, p. 195–200, 2008.

THORP, A. A.; SCHLAICH, M. P. Relevance of sympathetic nervous system activation in obesity and metabolic syndrome. **Journal of Diabetes Research**, v. 2015, 2015.

TUERO, C. et al. Revisiting the Ghrelin Changes Following Bariatric and Metabolic Surgery. **Obesity Surgery**, v. 30, n. 7, p. 2763–2780, 2020.

VANDERLEI, L. C. M. et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc**, v. 24, n. 2, p. 205–217, 2009.

VIVODTZEV, I. et al. Functional and muscular effects of neuromuscular electrical stimulation in patients with severe COPD: A randomized clinical trial. **Chest**, v. 141, n. 3, p. 716–725, 2012.

WEISMAN, I. M. et al. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. **American journal of respiratory and critical care medicine**, v. 167, n. 2, p. 211–277, 2003.

WOLFE, B. M.; KVACH, E.; ECKEL, R. H. Treatment of obesity. **Circulation Research**, v. 118, n. 11, p. 1844–1855, 2016.

YUMUK, V. et al. European Guidelines for Obesity Management in Adults. **Obesity Facts**, v. 8, n. 6, p. 402–424, 2015.

**ESTUDO III**

---

**O exercício dinâmico associado à eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro é eficaz para melhorar a capacidade aeróbica após a cirurgia bariátrica? Um ensaio clínico randomizado, duplo-cego e *sham*-controlado**

Artigo a ser submetido no periódico *Obesity*

## RESUMO

**Introdução:** A eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro (EENMC) associada ao exercício físico pode ser uma estratégia eficaz após a cirurgia bariátrica. **Objetivo:** analisar se um programa de treinamento físico dinâmico (TFD) associado à EENMC após a cirurgia bariátrica melhora a capacidade aeróbica, a composição corporal, o nível de ansiedade e a qualidade do sono em indivíduos com obesidade. **Métodos:** Estudo randomizado, duplo-cego e *sham*-controlado. Trinta e quatro pacientes foram randomizados para os grupos EENMC (n = 17) ou *Sham* (n = 17). A composição corporal, o nível de ansiedade, a qualidade do sono, e o teste de exercício cardiopulmonar (TECP) foram realizados antes da cirurgia bariátrica e após o TFD, que consistia em exercícios dinâmicos aplicados cinco vezes por semana, durante seis semanas. As sessões de EENMC foram intercaladas por 3 dias / semana para endurance (85 Hz, 350 ms) e duas sessões para força (30 Hz, 350 ms). **Resultados:** Apenas o grupo EENMC aumentou significativamente o tempo de teste ( $p = 0,002$ ) e a distância percorrida ( $p = 0,004$ ) no TECP e apresentou melhor resposta da PAS ( $p = <0,001$ ) e PAD ( $p = <0,001$ ), enquanto o grupo *Sham* aumentou a fadiga em membros inferiores ( $p = 0,04$ ) na recuperação do exercício, após a intervenção. Além disso, ambos os grupos melhoraram o  $\dot{V}O_2$ pico ( $p = 0,03$ ), diminuíram a MG ( $p = <0,001$ ), melhoraram o nível de ansiedade ( $p = 0,004$ ) e a qualidade do sono ( $p = 0,007$ ) após a intervenção. **Conclusão:** O TFD associado a EENMC melhorou a capacidade aeróbica, o desempenho do exercício e a resposta cardiovascular. Além disso, a intervenção precoce composta por exercícios dinâmicos foi capaz de melhorar o nível de ansiedade e a qualidade do sono.

**Palavras-chave:** Cirurgia bariátrica; Teste de exercício cardiopulmonar; Eletromioestimulação de corpo inteiro.

## Introdução

A obesidade é resultado de vários fatores associados que incluem aspectos biológicos, composição genética e comportamentais (APOVIAN, 2016). Tanto a obesidade como o sedentarismo apresentam uma estreita relação, exercendo um efeito negativo na capacidade aeróbica (BOOTH; ROBERTS; LAYE, 2012; GONZÁLEZ-GROSS; MELÉNDEZ, 2013; VARGAS et al., 2013), dessa forma, os indivíduos com obesidade necessitam de maior demanda metabólica durante a atividade física devido à sobrecarga de trabalho necessário para compensar o excesso de massa corporal, o que prejudica a realização de atividades de vida diárias (DE SOUZA; FAINTUCH; SANT'ANNA, 2010).

A inatividade física também é uma das causas do aumento da gordura corporal, e do aparecimento de comorbidades tais como *diabetes mellitus* do tipo II e doenças cardiovasculares (BOOTH; ROBERTS; LAYE, 2012). Foi estabelecido que um baixo nível de  $\dot{V}O_2$  máximo pode ser um fator de risco para mortalidade cardiovascular (MONDAL, 2017). Além dos fatores supracitados, existe forte relação entre obesidade e distúrbios psicológicos (AMIRI; BEHNEZHAD, 2019), demonstrando que a ansiedade e depressão estão associadas à obesidade e repercutem negativamente no estado de saúde desses pacientes (MILANESCHI et al., 2019), bem como na qualidade do sono (OGILVIE; PATEL, 2017).

A cirurgia de *bypass* gástrico em Y-de-Roux tem sido um dos tratamentos mais comuns e eficazes para obesidade e suas comorbidades (SHOAR et al., 2016), causando rápida redução de peso com diminuição da MG (SCIBORA, 2014). Porém, também ocorre redução da ingestão de nutrientes essenciais que auxiliam na manutenção da MM com conseqüente declínio da mineralização óssea (CAMPANHA-VERSIANI et al., 2017). Portanto, visto as conseqüências nutricionais após a cirurgia bariátrica, já está bem definido na literatura que a atividade física tem um papel fundamental na perda de peso (HASSANNEJAD et al., 2017), no alcance do objetivo de preservação da MM, associada à redução da MG.

Mesmo diante dos diversos benefícios do exercício físico já documentados (ALBA et al., 2018; BOOTH; ROBERTS; LAYE, 2012; SCHUTZ et al., 2019), como redução da MG, liberação de hormônios do bem-estar e também, na adoção de um hábito saudável, a taxa de pacientes que não seguem as recomendações de exercícios após o procedimento cirúrgico ainda é alta (EVANS, 2010). Nesse contexto, para melhor adesão

aos programas de exercícios físicos após a cirurgia bariátrica, é necessário inserir estratégias de intervenção atrativas, combinando um curto período de tempo dedicado ao exercício físico e boa eficácia (KEMMLER; FROEHLICH; KLEINÖDER, 2016). Vale ressaltar que o período pós-operatório é marcado por uma fase de adaptação do paciente a novos hábitos de vida e isso inclui um programa de reabilitação física que contenha recursos que permitam maior adesão a longo prazo (CAMPANHA-VERSIANI et al., 2017).

Nesse sentido, a eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro (EENMC) associada ao exercício físico pode ser uma estratégia eficaz principalmente em pacientes que não conseguem realizar exercício em intensidades adequadas, devido às limitações ou após um procedimento cirúrgico substancial (PANO-RODRIGUEZ et al., 2019). Estudos demonstraram que a EENMC associada a exercícios dinâmicos foi eficaz na manutenção da MM em pacientes obesos com restrição energética (WILLERT et al., 2019), na redução do IMC e na melhora da capacidade funcional de pacientes com obesidade após cirurgia bariátrica (RICCI et al., 2020) e na prevenção da deterioração da função muscular também logo após a cirurgia bariátrica (ANDRÉ et al., 2021). Além disso, a associação entre EENMC e exercícios voluntários pode aumentar o gasto energético (KEMMLER et al., 2012), o que pode melhorar a composição corporal e o condicionamento físico. Dados os benefícios de sua utilização, essa estratégia pode ser um complemento ao treinamento com exercícios dinâmicos, principalmente se for introduzida de forma precoce, logo após a cirurgia bariátrica.

Portanto, o objetivo principal deste estudo foi determinar se um programa de treinamento físico dinâmico (TFD) composto por EENMC introduzido logo após a cirurgia bariátrica, melhoraria a capacidade aeróbica quando comparado a um grupo *sham*, que realizou o mesmo protocolo de exercícios (TFD), mas com a corrente elétrica desligada. Como objetivo secundário, investigar os efeitos na composição corporal, nível de ansiedade e a qualidade do sono. Nossa hipótese é que ambos os grupos apresentarão melhoras após a intervenção na capacidade aeróbica, composição corporal, nível de ansiedade e qualidade do sono, no entanto, acreditamos que a combinação de EENMC e TFD pode apresentar melhoras substanciais quando comparado ao grupo *sham*.

## **Métodos**

### *Desenho e população do estudo*

Este é um ensaio clínico randomizado, duplo-cego e *sham*-controlado, seguindo as diretrizes do CONSORT (SCHULZ et al., 2010). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da UFSCar (966.613) e incluído no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (RBR-5nj644k). Todas as avaliações foram realizadas no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da UFSCar. Os pacientes foram informados sobre os procedimentos experimentais e assinaram um termo de consentimento por escrito antes do início do estudo.

Os indivíduos eram de ambos os sexos, com idades entre 18 e 50 anos, submetidos à cirurgia de *bypass* gástrico em Y-de-Roux. Todos os pacientes sabiam ler e interpretar os formulários de consentimento, questionários e todo o procedimento realizado. Os critérios de não inclusão foram: deficiências ortopédicas ou neurológicas que impedissem a participação em um programa de exercícios físicos; marca-passo ou qualquer prótese metálica; doença cardíaca; hipertensão não controlada; pontuação maior que 8 no questionário de atividade física de Baecke (BAECKE; BUREMA; FRIJTERS, 1982); *diabetes mellitus* não controlada e / ou insulino-dependente; uso de beta-bloqueador; doenças respiratórias; presença de qualquer contra-indicação ao teste de exercício cardiopulmonar (WEISMAN et al., 2003); doenças inflamatórias, renais e hepáticas; neuropatia diabética; déficit cognitivo; dificuldade em compreender a adesão aos procedimentos do estudo; mulheres grávidas ou na pós-menopausa e usuários autorreportados de drogas ilícitas. Se os pacientes apresentassem hipersensibilidade à eletroestimulação e/ou complicações pós-operatórias (fístulas, tromboembolismo venoso, embolia pulmonar, pneumonia) eram excluídos do estudo.

#### *Recrutamento e cegamento*

Antes da cirurgia, os pacientes foram submetidos à anamnese, avaliação da capacidade aeróbica, avaliação da composição corporal, inventário de ansiedade e questionário de qualidade do sono. Após o procedimento cirúrgico, os pacientes foram randomizados em dois grupos com uma alocação de bloco 1: 1 para os grupos EENMC ou *Sham*. A randomização foi realizada pelo site [www.randomization.com](http://www.randomization.com) por um pesquisador não envolvido no estudo. Tanto os sujeitos do estudo bem como os pesquisadores que realizaram as avaliações e reavaliações desconheciam a alocação dos grupos. Todos os pacientes participaram de um programa de exercícios físicos, visto que o grupo *Sham* realizou o TFD concomitantemente à utilização da vestimenta e do colete

do sistema EENMC, porém com corrente elétrica desligada. Após o término do protocolo de intervenção, os dois grupos foram reavaliados pelos mesmos procedimentos aplicados previamente à intervenção.

### *Conformidade e adesão*

Todos os pacientes iniciaram o protocolo de intervenção em média, sete dias após o procedimento cirúrgico. A adesão aceita foi de 85%, e se os pacientes estivessem abaixo desse valor, seriam excluídos da amostra final. Os pacientes tiveram que repor as ausências na sétima semana, após o término do período de seis semanas. Além disso, após o término das avaliações pós-intervenção, o protocolo com EENMC foi oferecido ao grupo *sham*.

### *Variáveis desfecho*

#### *Teste de exercício cardiopulmonar (TECP)*

O TECP sintoma-limitado foi realizado em esteira ergométrica (Super ATL, Inbramed, Porto Alegre, RS, Brasil), com protocolo de Bruce, utilizado em estudos anteriores para avaliar a capacidade aeróbica em indivíduos com obesidade (DI THOMMAZO-LUPORINI et al., 2012). O teste foi realizado por um médico e dois fisioterapeutas experientes. Os critérios para interrupção / conclusão do teste seguiram as recomendações da *American Thoracic Society* (WEISMAN et al., 2003). As avaliações foram realizadas no mesmo período do dia, em sala climatizada. Os pacientes foram orientados a não ingerir nenhum estimulante e não realizar atividades extenuantes nas 24 horas anteriores às avaliações.

Os indivíduos foram monitorados por eletrocardiograma de 12 derivações (Sistema Wincardio, Micromed, Brasília, Brasil). A FC, a PA e a percepção de esforço pela escala de Borg CR-10 (BORG, 1982), foram registradas. O registro dos parâmetros metabólicos e ventilatórios foi realizado respiração a respiração por meio do sistema ergoespirométrico portátil Oxycon Mobile® (Mijnhardt / Jäger, Würzburg, Alemanha).

Para a avaliação dos parâmetros metabólicos e ventilatórios, foram utilizados os dados obtidos no pico do exercício. Os dados foram processados em médias móveis a cada 15 segundos. O maior valor dos últimos 15 segundos de exercício foi definido como

o valor de pico. Durante o TECP, os seguintes parâmetros foram medidos:  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}CO_2$ , RER,  $\dot{V}_E$ , FR,  $\dot{V}_E / \dot{V}CO_2$  e pulso de  $O_2$  ( $\dot{V}O_2 / FC$ ) do pico do exercício e do sexto minuto de recuperação (na posição sentada).

#### *Dados antropométricos e composição corporal*

As circunferências do pescoço, quadril e cintura foram obtidas com fita métrica flexível de 0,1 cm, de acordo com procedimentos padronizados (WORLD HEALTH ORGANISATION, 2008). Todas as medidas foram obtidas com o paciente em pé e realizadas três vezes pelo mesmo pesquisador, e a média foi utilizada para análise (BREDELLA et al., 2009).

O equipamento de *Dual Energy X-Ray Absorptiometry* (Discovery A, Hologi), padrão ouro para avaliação da composição corporal e já validado para indivíduos com obesidade (LAFORGIA et al., 2009) foi utilizado em nossa amostra. De acordo com as recomendações pré-teste do fabricante, os pacientes foram orientados a jejuar por, no mínimo, 4 horas e não realizar nenhuma atividade física nas 24 horas precedentes ao exame, a não portar objetos de metal em contato com o corpo; e durante o exame foram posicionados em decúbito dorsal, no centro da mesa de varredura e deveriam permanecer imóveis durante o exame (NANA et al., 2015). Os resultados foram transmitidos para um computador conectado ao aparelho e o software do equipamento definiu automaticamente as áreas de estimativa corporal. As variáveis analisadas foram: massa corporal, MM e MG total e por segmento corporal (braços, tronco e pernas), além do conteúdo mineral ósseo (CMO), todas as variáveis foram expressas em quilograma.

#### *Índice de qualidade do sono de Pittsburgh e níveis de ansiedade de Beck*

A qualidade do sono foi avaliada pelo questionário autorrelatado de Pittsburgh, que possui pontuação de 0 a 21, composta por sete subtotais. Pontuações mais altas indicam pior qualidade do sono, e um escore global superior a 5 indica má qualidade do sono (BACKHAUS et al., 2002).

Além disso, o inventário de ansiedade de Beck autorreferido foi usado para avaliar os níveis de ansiedade dos pacientes. O questionário possui 21 itens e os pacientes relatam o quanto se incomodaram com cada sintoma na semana anterior (BECK et al., 1988). As

respostas são classificadas em uma escala de 4 pontos e variam de 0 (nenhuma) a 3 (severamente). A pontuação total varia de 0 a 63 e é considerada: 0-9: normal ou sem ansiedade; 10-18: ansiedade leve a moderada; 19-29: ansiedade moderada a grave; e 30-63, ansiedade severa (JULIAN, 2011).

#### *Protocolo de EENMC ou sham*

Com base em um ensaio clínico de nosso grupo de trabalho (ANDRÉ et al., 2018), o protocolo EENMC foi realizado com um eletroestimulador (Miha Bodytec, Augsburg, Alemanha) durante o TFD. O protocolo consistia em 30 sessões, cinco vezes por semana, durante seis semanas.

A intensidade da corrente elétrica foi individualizada, para cada região do corpo, podendo ser modificada durante o protocolo ou a cada sessão de treinamento, respeitando sempre a maior intensidade tolerável para alcançar contração muscular, sem atingir o nível doloroso. Todos os pacientes foram orientados a realizar o mesmo número de repetições do exercício (mínimo de 4, máximo de 5), durante a estimulação elétrica. Além disso, os pacientes foram orientados a relatar se houvesse presença de qualquer tipo de dor; em caso afirmativo, a intensidade era reajustada.

Dentre os cinco dias de treinamento, em dias alternados foram realizados três para treinamento de endurance, e dois para treinamento de força. Para o treinamento de endurance, foi utilizada a frequência de 85 Hz, amplitude de pulso de 350  $\mu$ s, com duração do impulso de seis segundos para realização do movimento, e pausa do impulso de quatro segundos. Para o treinamento de força, foi utilizada a frequência de 30 Hz, com a mesma amplitude de pulso, com duração do impulso de quatro segundos para realização do movimento, e dez segundos para pausa do impulso.

No treinamento de endurance, os pacientes realizaram exercícios divididos em três séries, com intervalo entre elas, contendo os seguintes exercícios: (a) abdução do quadril; (b) flexão do ombro; (c) abdominal em pé; (d) avanço látero-lateral; (e) agachamento; (f) flexão horizontal de ombro com flexão de cotovelo; (g) flexão de quadril com flexão de joelho; (h) rotação lateral do ombro; (i) extensão de cotovelo; (j) avanço ântero-posterior; (k) rotação do tronco; (l) rotação interna e externa do quadril com flexão do joelho.

Para o treinamento de força, foram realizadas duas séries, com intervalo entre elas. Nesse treinamento, os pacientes realizavam: (j) avanço ântero-posterior; (k) rotação do

tronco; (e) agachamento; (m) flexão horizontal do ombro e flexão do cotovelo; (a) abdução do quadril; (d) avanço látero-lateral; (b) flexão do ombro; (l) rotação interna e externa do quadril com flexão do joelho; (n) flexão do cotovelo; e, (i) extensão de cotovelo.

O grupo *Sham* também realizou os exercícios dinâmicos, mas com a corrente elétrica desligada. Durante o período de intervenção, os participantes deste estudo foram orientados a não realizar nenhum outro exercício físico regular estruturado.

### *Análise estatística*

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado pelo pacote estatístico GPower (versão 3.1.9.2 - F. Faul, Universität Kiel, Alemanha), com base em um estudo anterior (STEGEN et al., 2011), que observou um ganho de 4,5 mL, kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> de  $\dot{V}O_2$  obtido no TECP após um programa de treinamento envolvendo exercícios aeróbicos e resistidos, comparando com dados antes da cirurgia bariátrica. Portanto, projetou-se um tamanho de amostra com nível de significância  $\alpha = 0,05$ , com tamanho de efeito de 0,47 e poder de 95%. Esses parâmetros indicam que seria necessária uma amostra de doze pacientes em cada grupo para investigar os ganhos na capacidade aeróbica após a intervenção.

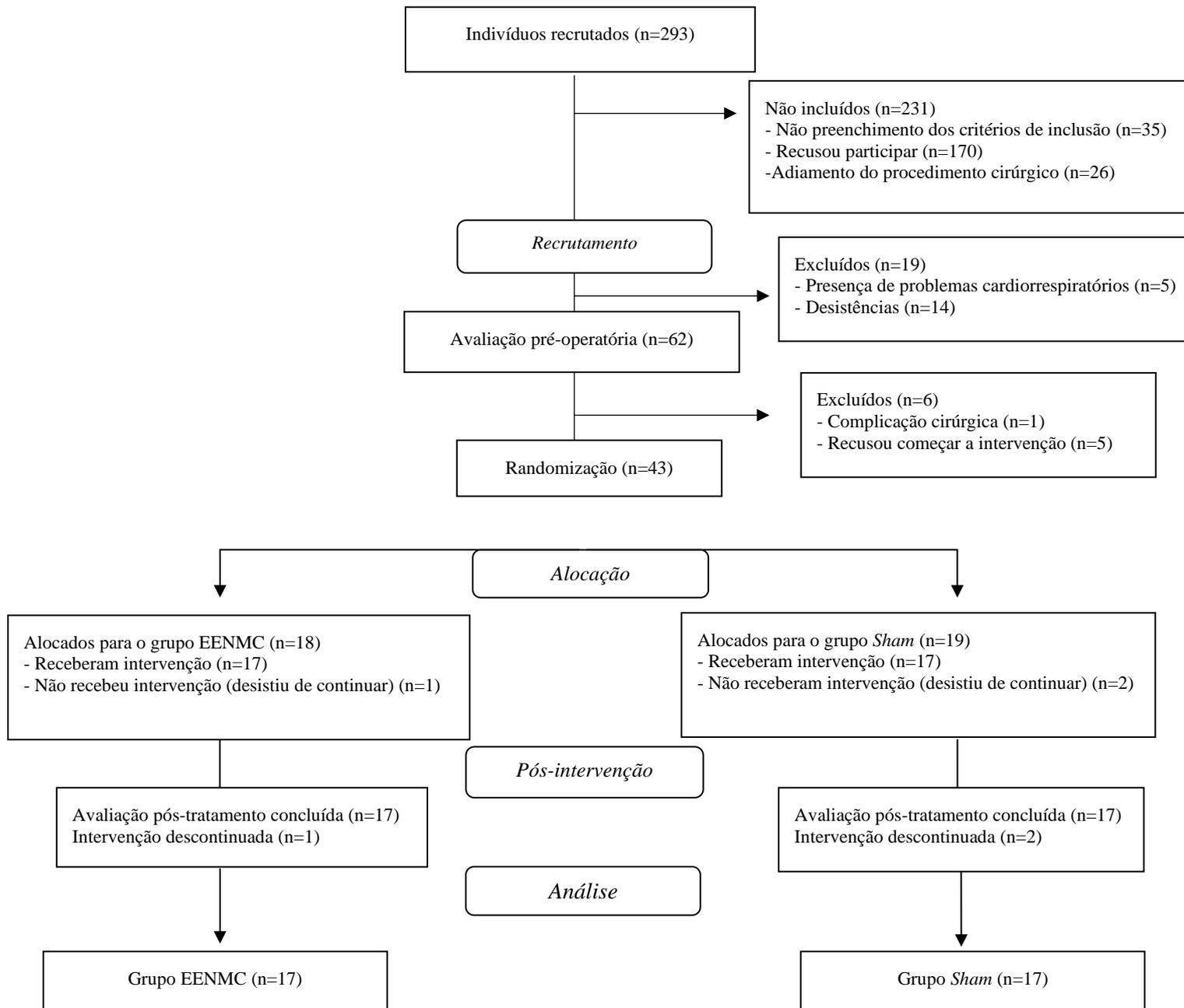
Foi utilizado o programa estatístico SigmaPlot<sup>®</sup> (versão 11.0, Systat Software Inc., San Jose, CA). A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram expressos em média ou mediana, de acordo com a natureza de distribuição dos dados, respeitando o intervalo de confiança de 95%.

Uma ANOVA *two way* com *post hoc* de Tukey foi aplicada para avaliar os desfechos primários ( $\dot{V}O_{2pico}$ ) e secundários (MG e MM), índice de ansiedade e qualidade do sono. Foram considerados os fatores tempo e grupo, bem como a interação entre eles. O nível de significância estatística foi estabelecido em  $p < 0,05$ .

## **Resultados**

O fluxograma da figura 1 demonstra o recrutamento e os pacientes elegíveis para as análises finais. Inicialmente, foram entrevistados 293 pacientes e, em seguida, 231 excluídos. Para a etapa de randomização, 43 pacientes foram selecionados. No entanto,

34 pacientes completaram a intervenção e avaliações. A adesão foi de 87% no grupo *Sham* e 91% no grupo EENMC e todas as faltas foram justificadas. Todos os pacientes iniciaram o protocolo de intervenção em ~ 6,5 (5,5 a 7,6) dias após a cirurgia. Um paciente do grupo EENMC teve uma crise de cólica renal durante o programa de intervenção e dois pacientes do grupo *Sham* tiveram uma sessão remarçada devido comportamento/respostas inadequado(s) da PA. Nenhum paciente relatou dor durante as sessões e não houve complicação em decorrência do programa de intervenção.



**Figura 1:** Fluxograma que representa o recrutamento e a perda amostral.

A Tabela 1 demonstra os dados demográficos, comorbidades e medicamentos antes da cirurgia de ambos os grupos.

**Tabela 1:** Características amostrais, fatores de risco e medicamentos utilizados antes da cirurgia.

<b>Variáveis</b>	<b>EENMC (n=17)</b>	<b>Sham (n=17)</b>
Idade, anos	39,5 (35,3-43,7)	35,6 (31,6-39,5)
Sexo feminino	13	14
<i>Comorbidades</i>		
DM tipo 2, n (%)	2 (11,8)	4 (23,5)
Hipertensão arterial sistêmica, n (%)	4 (23,5)	7 (41,2)
Refluxo gastroesofágico, n (%)	1 (5,9)	4 (23,5)
<i>Medicamentos</i>		
Antagonista do receptor de angiotensina II, n (%)	3 (23,5)	6 (41,2)
Inibidores da enzima de conversão da angiotensina, n (%)	1 (5,9)	1 (5,9)
Diuréticos, n (%)	2 (11,8)	3 (17,6)
Antidiabéticos, n (%)	2 (11,8)	4 (23,5)
Hormônio estimulante da tireoide, n (%)	4 (23,5)	1 (5,9)
Antidepressivos, n (%)	3 (17,6)	1 (5,9)
Contraceptivos, n (%)	2 (11,8)	4 (23,5)

Os dados estão apresentados em média, intervalo de confiança (95%) e frequência (em porcentagem). DM: *Diabetes Mellitus*.

Na tabela 2, observamos que não houve diferença entre os grupos em relação às medidas de circunferência, composição corporal, nível de ansiedade e qualidade do sono. Porém, ambos os grupos, apresentaram menores valores em todas as variáveis, exceto na MM em ambas as pernas e no CMO após a intervenção (efeito principal do tempo).

**Tabela 2:** Dados de composição corporal, circunferência e questionário de qualidade do sono.

Variáveis	EENMC (n=17)		Sham (n=17)		Tempo	Grupo	Interação
	Pré	Pós	Pré	Pós			
Massa corporal, kg	112,0 (103,0-121,0)	91,9 (86,0-97,8)*	111,2 (101,3-121,0)	92,4 (82,6-102,3)*	<0,001	0,890	0,943
IMC, kg/m <sup>2</sup>	40,2 (38,1-42,4)	33,3 (31,6-34,9)*	41,4 (38,4-44,5)	34,6 (31,5-37,7)*	<0,001	0,395	0,862
<i>Composição corporal</i>							
MM, total, kg	56,1 (49,7-62,5)	49,9 (44,3-55,4)*	56,6 (50,3-62,8)	49,6 (43,9-55,3)*	0,013	0,994	0,985
MG, total, kg	52,5 (48,4-56,7)	42,5 (39,3-45,7)*	52,1 (47,1-57,0)	41,3 (36,5-46,1)*	<0,001	0,870	0,992
MM, perna esquerda, kg	8,3 (7,4-9,3)	7,7 (6,8-8,5)	8,9 (7,7-10,0)	7,8 (6,8-8,8)	0,064	0,669	0,691
MG, perna esquerda, kg	9,0 (8,0-10,1)	7,7 (6,8-8,6)*	9,1 (8,1-10,1)	7,7 (6,5-8,9)*	0,008	0,776	0,866
MM, perna direita, kg	8,5 (7,6-9,4)	7,8 (6,8-8,7)	9,0 (7,8-10,1)	8,1 (7,0-9,2)	0,100	0,583	0,822
MG, perna direita, kg	9,4 (8,3-10,4)	7,8 (7,0-8,7)*	9,3 (8,3-10,2)	7,8 (6,6-9,0)*	0,005	0,924	0,949
CMO, kg	2,3 (2,2-2,5)	2,4 (2,2-2,6)	2,4 (2,2-2,6)	2,4 (2,2-2,6)	0,571	0,514	0,995
<i>Circunferência</i>							
Pescoço, cm	39,6 (37,7-41,5)	36,2 (34,6-37,8)*	38,9 (37,2-40,6)	35,6 (34,0-37,2)*	<0,001	0,792	0,642
Cintura, cm	110,3 (104,7-115,9)	93,4 (88,5-98,3)*	111,5 (106,1-116,9)	97,0 (91,3-102,7)*	<0,001	0,565	0,843
Quadril, cm	129,6 (125,3-133,8)	117,0 (113,0-121,0)*	132,8 (126,8-138,7)	119,0 (112,4-125,6)*	<0,001	0,672	0,875
<i>Questionários</i>							
Ansiedade	8,5 (1;34)	4,0 (0;12)	7,0 (0;35)	2,0 (5;11)*	0,004	0,626	0,765
Qualidade do sono	5,0 (1;18)	4,0 (0;11)	6,0 (3;13)	3,0 (1;11)*	0,007	0,805	0,641

Os dados estão apresentados em média ou mediana (min:máx), de acordo com a distribuição dos dados e intervalo de confiança (95%). IMC: índice de massa corporal; MM: massa magra; MG: massa de gordura; CMO: conteúdo mineral ósseo. Anova *two way* \* pré vs. pós.

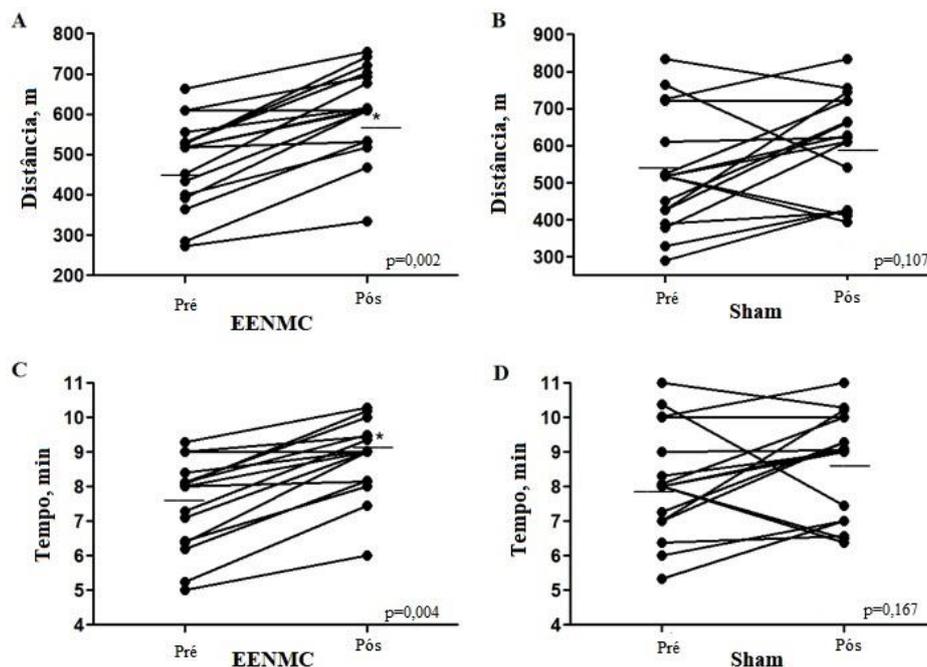
Os dados do pico e recuperação do TECP são apresentados na tabela 3. Após a intervenção (efeito do tempo), apenas o grupo EENMC apresentou maiores valores de distância percorrida (metros) e duração do teste (minutos) ( $p < 0,05$ ). No pico do exercício, o  $\dot{V}O_2$  ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) aumentou significativamente em ambos os grupos; o  $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ , o pulso de  $O_2$  e a dispneia diminuíram ( $p < 0,05$ ) nos dois grupos estudados. O  $\dot{V}CO_2$  reduziu significativamente após a intervenção apenas no grupo *Sham*. Na recuperação de exercício, apenas o grupo EENMC apresentou redução nos valores de PAS e PAD ( $p < 0,05$ ). Além disso, o EENMC apresentou menores valores de fadiga nos membros inferiores, enquanto o grupo *Sham* apresentou maiores valores na recuperação ( $p < 0,05$ ).

A Figura 2 demonstra o comportamento da distância e do tempo de todos os pacientes nos dois grupos.

**Tabela 3:** Variáveis do teste de exercício cardiopulmonar (TECP).

Variáveis	EENMC (n=17)		Sham (n=17)		Tempo	Grupo	Interação
	Pré	Pós	Pré	Pós			
Distância, m	481,0 (424,1-537,9)	608,8 (553,0-664,5)*	526,2 (445,3-607,2)	599,6 (527,8-671,5)	0,002	0,571	0,395
Tempo, min	7,8 (7,2-8,4)	9,1 (8,7-9,5)*	7,9 (6,9-8,8)	8,6 (7,8-9,4)	0,004	0,689	0,316
<b>Pico</b>							
$\dot{V}O_2$ , mL, min <sup>-1</sup>	1731,3 (1510,7-1951,9)	1600,2(1497,9-1732,5)	1807,5 (1591,8-2023,3)	1627,3 (1390,6-1864,1)	0,212	0,263	0,675
$\dot{V}O_2$ , mL, kg <sup>-1</sup> , min <sup>-1</sup>	15,4 (13,9 - 17,0)	16,9 (14,9 - 18,9)*	16,4 (14,7 - 18,1)	17,4 (15,5 - 19,4)*	0,034	0,252	0,524
$\dot{V}O_2$ %pred	78,9 (69,9 - 87,9)	81,1 (72,6 - 89,7)	83,9 (79,7 - 88,2)	80,1 (73,3 - 86,8)	0,840	0,389	0,549
$\dot{V}CO_2$ , mL.min <sup>-1</sup>	2199,9 (1928,1 - 2471,8)	2000,1 (1805,7 - 2194,6)	2300,0 (2085,8 - 2514,2)	1937,1 (1709,8 - 2164,5)*	0,035	0,560	0,483
RER	1,29 (1,20 - 1,37)	1,26 (1,18 - 1,34)	1,28 (1,21 - 1,36)	1,20 (1,12 - 1,27)	0,089	0,227	0,649
$\dot{V}_E$ , L, min <sup>-1</sup>	87,1 (78,9 - 95,4)	85,5 (76,9 - 94,1)	85,2 (77,7 - 92,7)	81,9 (72,3 - 91,5)	0,773	0,891	0,772
$\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$	25,5 (23,6-27,3)	24,0 (22,5-25,5)*	27,2 (24,7-29,8)	24,1 (22,5-25,8)*	0,014	0,299	0,373
Pulso O <sub>2</sub>	10,3 (8,9 - 11,7)	9,1 (7,9 - 10,2)*	10,9 (9,8 - 12,0)	10,0 (8,8 - 11,3)*	0,043	0,343	0,639
FC, bpm	173,3 (166,3 - 179,8)	172,9 (168,1 - 177,6)	170,3 (161,1 - 179,6)	168,1 (157,4 - 178,7)	0,792	0,642	0,438
FC, %pred	95,9 (91,9 - 100,0)	96,6 (93,7 - 99,4)	92,6 (87,7 - 97,5)	92,8 (89,1 - 96,5)	0,930	0,287	0,346
PAS, mmHg	194,9 (183,6 - 206,1)	182,5 (169,3 - 195,7)	185,7 (171,4 - 200,1)	173,3 (154,1 - 192,5)	0,223	0,134	0,903
PAD, mmHg	105,7 (99,9 - 111,6)	98,7 (94,5 - 102,8)	101,5 (95,8 - 107,3)	100,4 (94,6 - 106,3)	0,138	0,688	0,655
Dispneia	7,2 (6,0 - 8,5)	5,3 (3,5 - 7,2)*	7,8 (6,8 - 8,8)	6,0 (4,6 - 7,3)*	0,024	0,835	0,694
Fadiga MMII	4,8 (2,8 - 6,7)	2,2 (0,5 - 3,8)	4,5 (2,5 - 6,4)	3,6 (1,7 - 5,5)	0,144	0,931	0,196
<b>Recuperação, 6<sup>o</sup>min</b>							
$\dot{V}O_2$ , mL, min <sup>-1</sup>	391,5 (349,7-433,5)	367,8 (338,8-396,8)	404,7 (349,3-460,2)	380,1 (320,7-439,4)	0,786	0,278	0,569
$\dot{V}O_2$ , mL, kg <sup>-1</sup> , min <sup>-1</sup>	3,5 (3,1-3,8)	3,8 (3,3-4,2)	3,7 (3,2-4,1)	4,1 (3,5-4,47)	0,124	0,258	0,715
FC, bpm	108,1 (103,4-112,7)	104,0 (95,9-112,1)	103,7 (95,2-112,2)	96,7 (90,4-103,1)	0,132	0,077	0,757
PAS, mmHg	139,6 (125,1-154,1)	116,4 (109,8-123,0)*	137,1 (125,1-149,0)	125,3 (113,1-137,6)	<0,001	0,655	0,261
PAD, mmHg	88,8 (81,6-96,0)	87,6 (81,4-93,9)*	76,7 (71,9-81,5)	79,4 (73,2-85,6)	<0,001	0,787	0,515
Dispneia	0,3 (0,04-0,6)	0,06 (0,03-0,1)	0,6 (0,11-1,0)	0,3 (0,07-0,80)	0,079	0,068	0,894
Fadiga MMII	0,1 (0,03-0,36)	0,0 (0-0)	0,3 (0,03-0,67)	0,7 (0,10-1,6)*	0,046	0,538	0,180

Os dados estão apresentados em média ou mediana, de acordo com a normalidade dos dados e intervalo de confiança (95%),  $\dot{V}O_2$ : consume de oxigênio;  $\dot{V}CO_2$ : produção de dióxido de carbono; RER: razão de troca respiratória;  $\dot{V}_E$ : ventilação minuto;  $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ : equivalente ventilatório para dióxido de carbono, Pulso O<sub>2</sub> ( $\dot{V}O_2/FC$ ); FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; MMII: membros inferiores. \* efeito tempo; †efeito grupo.



**Figura 2:** Distância percorrida (A e B) e tempo (C e D) no TECP pré e pós-intervenção nos indivíduos de ambos os grupos.

## Discussão

Vários aspectos do presente estudo são particularmente novos. Até onde sabemos, este é o primeiro estudo a analisar o efeito do treinamento composto por EENMC e TFD iniciado aproximadamente uma semana após a cirurgia bariátrica sobre os parâmetros de desempenho aeróbico máximo, nível de ansiedade e qualidade do sono.

Em resumo, os resultados mostraram que ambos os grupos obtiveram redução nas medidas antropométricas, massa e gordura corporal, qualidade do sono, bem como melhora do  $\dot{V}O_2$  ( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) durante o TECP. Porém, apenas o grupo EENMC obteve melhor desempenho e tolerância ao exercício, refletidos na maior distância percorrida, maior tempo de teste, melhor comportamento da PA e menor fadiga de membros inferiores na recuperação do exercício.

*Capacidade aeróbica*

Está bem definido na literatura que a perda de peso decorrente da cirurgia bariátrica acarreta inúmeros benefícios, como melhora da função cardiovascular, dos sintomas respiratórios (LUCA et al., 2018) e do consumo de oxigênio (STEGEN et al., 2011). Com a aplicação do TECP é possível avaliar a aptidão cardiorrespiratória (BALADY et al., 2010), tendo como referência o  $\dot{V}O_2$  pico (ARENA et al., 2007), importante variável preditiva de complicações pós-operatórias de cirurgia bariátrica (HENNIS et al., 2012). De fato, o TECP tem sido utilizado como ferramenta importante na identificação de pacientes com maior risco de morbimortalidade, após uma cirurgia de grande porte (WEISMAN et al., 2003).

Mais especificamente, a melhora da capacidade aeróbica após a cirurgia bariátrica pode ser atribuída à perda de massa corporal associada à introdução da atividade física (HASSANNEJAD et al., 2017), porém, ainda não está claro o momento exato em que a melhora da capacidade funcional ocorre, já que a literatura nos apresenta protocolos diversos de prescrições de exercícios, considerando especificidade, volume e duração dos treinos, bem como o momento de início após intervenção cirúrgica. Em menos de três meses após a cirurgia, período marcado pela redução expressiva de massa corporal, nosso estudo demonstrou que, ao inserir o treinamento físico estruturado supervisionado, com ou sem eletroestimulação associada, é possível aumentar a capacidade aeróbica dos pacientes.

No estudo de Mundjberg et al (2018), a associação de um treinamento resistido e aeróbio de 26 semanas, iniciado seis meses após a cirurgia bariátrica, apresentou melhora do  $\dot{V}O_2$  máx ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ ) quando comparado ao grupo controle. Porém, quando reavaliado após 24 meses da cirurgia bariátrica, esse valor diminuiu, e, portanto, podemos destacar a importância da prática de exercícios físicos estruturados aliada ao processo de emagrecimento. Assim, para aumentar o pico de  $\dot{V}O_2$ , apenas a redução do peso corporal não é suficiente, visto que a perda de MM ocorre em conjunto com a perda de gordura corporal, e a extração periférica de oxigênio depende da massa muscular esquelética ativa (ONOFRE et al., 2017), ou seja, é necessário que a prática de exercícios físicos ocorra após o procedimento cirúrgico.

Em um estudo de nosso grupo de pesquisa que utilizou o mesmo protocolo de intervenção (RICCI et al., 2020), foi observado aumento do  $\dot{V}O_2$  ( $mL \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) em ambos os grupos após a intervenção, quando comparado ao pós-operatório de cirurgia bariátrica, demonstrado pelo TC6. Porém, apenas o grupo EENMC obteve resultado

significativo após intervenção com a aumento da distância percorrida, corroborando com os achados do presente estudo. Estudos demonstram que para cada aumento de um minuto no tempo máximo em esteira, é equivalente a aproximadamente uma melhora de um equivalente metabólico, com redução da mortalidade de aproximadamente 8% (DEJONG et al., 2008). Após a intervenção, entretanto, apenas o grupo EENMC percorreu uma maior distância com maior duração de teste, evidenciando o benefício do TFD com a eletroestimulação combinada no ganho de tolerância ao exercício

Além desses achados, apenas o grupo EENMC diminuiu os valores de PAS e PAD na recuperação do exercício, após a intervenção. Um estudo demonstrou que redução de 10 mmHg na PAS pode reduzir o risco de morte em longo prazo por doença isquêmica do coração em cerca de 40% (LEWINGTON et al., 2002); em nosso estudo, os pacientes no grupo EENMC apresentaram uma redução de cerca de 23 mmHg na recuperação e 12 mmHg no pico do exercício. Outro fator interessante, é que apenas o grupo EENMC diminuiu a sensação de fadiga de membros inferiores durante a recuperação do teste, chegando a atingir o valor zero, enquanto o grupo *Sham* apresentou aumento da fadiga de membros inferiores após a intervenção.

#### *Medidas antropométricas e composição corporal*

Em relação às medidas antropométricas, podemos confirmar que ambas as intervenções compostas por TFD, somadas ao efeito da intervenção cirúrgica, ajudaram a reduzir todas as medidas. Além disso, já foi descrito que as medidas de circunferência corporal, principalmente a elevada relação cintura-quadril, são indicadoras de risco cardiovascular (HAN et al., 1997). Ligeiras reduções da circunferência da cintura (~ 10 cm) podem melhorar os fatores de risco cardiovascular, com um melhor prognóstico para os pacientes (HAN et al., 1996). Quando contrastamos a redução de ~ 7cm na circunferência do quadril após um mês de cirurgia bariátrica, sem intervenção adicional nesse período (JASTRZEBSKA-MIERZYŃSKA et al., 2015), com a diminuição de ~ 13,8 cm e 12,6 cm para os grupos Sham e EENMC, respectivamente, fica evidente o benefício relevante do TFD isolado e ainda mais o combinado com a EENMC no período precoce após a cirurgia bariátrica.

A cirurgia bariátrica resulta em perda significativa de peso, afetando principalmente a MG (35-45%) (SCIBORA, 2014), porém não se limita a ela, pois a perda da MM é também documentada na literatura, variando, em média, de 18 a 33% (CIANGURA et al., 2010; SCIBORA, 2014) da perda total de peso no primeiro ano de pós-operatório. Além disso, apenas 10% dos pacientes submetidos à cirurgia bariátrica mantêm a MM antes da cirurgia (SCIBORA, 2014). Um estudo forneceu evidências para a introdução da EENMC no tratamento do sobrepeso e da obesidade, demonstrando que tal técnica associada à alta ingestão proteica, pode ser um método adequado para manter a MM, devido à diminuição do balanço energético durante a perda de peso (WILLERT et al., 2019). No entanto, vale ressaltar que após a cirurgia bariátrica, os pacientes costumam seguir uma dieta hipocalórica, o que pode ter contribuído para a diminuição da MM. Em nosso estudo, ambos os grupos apresentaram redução da MM total após a intervenção. Tal resultado pode ser atribuído aos efeitos do procedimento cirúrgico associado à dieta hipocalórica exigida nessa fase precoce da reabilitação, apesar de ambos os grupos terem realizado TFD.

Kemmler e colegas (KEMMLER et al., 2014) avaliaram idosas com um protocolo composto por EENMC associado a exercício por 54 semanas e obtiveram resultados benéficos na composição corporal (diminuição da gordura e circunferência abdominal com aumento da MM total) quando comparada ao grupo controle. Em contraste com o tempo de intervenção de nosso estudo, vale enfatizar que nosso objetivo foi a reabilitação precoce logo após o procedimento cirúrgico. Ademais, uma reabilitação com um período longo não seria viável para nossa população, devido às diferenças nas dietas nutricionais e à busca dos pacientes por outras formas de treinamento após a liberação médica, o que reduziria a adesão.

Nesse sentido, as implicações na MM podem aumentar a possibilidade de um efeito negativo na força muscular e no desempenho físico (ALBA et al., 2018), portanto, há uma necessidade de intervenções precoces para que os pacientes consigam manter a MM e evitar a incapacidade a longo prazo. Apesar disso, a literatura parece ser escassa em estudos que avaliaram esses pacientes logo após a cirurgia bariátrica, dessa forma, acreditamos que nosso programa de treinamento físico pode ter ajudado na promoção de perda de peso, além de maior redução de gordura, o que pode favorecer na biomecânica corporal e gerar melhor capacidade de exercício.

### *Nível de ansiedade e qualidade do sono*

Os dados de frequência de ansiedade nos primeiros meses após a cirurgia bariátrica ainda são limitados na literatura. Além da associação positiva encontrada entre obesidade e incidência de distúrbios psicológicos (AMIRI; BEHNEZHAD, 2019), a presença de comorbidades relacionadas à obesidade pode aumentar o risco de ansiedade (GARIEPY; NITKA; SCHMITZ, 2010), o que afeta a saúde funcional do indivíduo, com possível ganho consequente de peso. Fatores sociais como estilo de vida, dietas hipercalóricas, aliados à inatividade física, podem contribuir para o desenvolvimento de transtornos de ansiedade (DE MOOR et al., 2008). Nesse sentido, a redução do peso corporal e a combinação de exercícios podem ser benéficos para esses pacientes. Um estudo prévio demonstrou redução média de cinco pontos no Inventário de Ansiedade de Beck após dois anos da cirurgia bariátrica, sugerindo que as alterações no comportamento alimentar e a insatisfação com o próprio corpo podem melhorar depois do procedimento cirúrgico (ZALDÍVAR et al., 2009). Nossa amostra apresentou um declínio de aproximadamente sete pontos na mesma ferramenta logo após o programa de intervenção, no entanto, somente o grupo *Sham* apresentou resultado significativo.

Gill e colaboradores (2019) observaram que há melhora a longo prazo em relação a ansiedade após a cirurgia bariátrica. No entanto, sabe-se que a cirurgia bariátrica é apenas uma ferramenta, visto que uma modificação comportamental, tanto nos hábitos alimentares, quanto de exercício físico é necessária (VAN HOUT; VAN OUDHEUSDEN; VAN HECK, 2004). Maddi e colaboradores (2001) acreditam que o otimismo com os resultados que os pacientes alcançarão no futuro após a cirurgia, auxiliam na redução dos fatores psicológicos.

Já foi demonstrado que a má qualidade do sono altera o balanço energético e resulta em ganho de peso por meio de alterações hormonais e do apetite (PINTO et al., 2017). No entanto, Ogilve e Patel (2017) demonstraram que essa relação pode ser inversa, em que o sono ruim pode levar ao ganho de peso, o qual pode induzir a um maior comprometimento do sono. O questionário de Pittsburgh, utilizado em nosso estudo, já foi utilizado em estudos anteriores, sendo aplicado após três (TOOR; KIM; BUFFINGTON, 2012) e seis meses (PINTO et al., 2017) de cirurgia bariátrica e expressando melhores resultados em pacientes que realizaram somente a intervenção cirúrgica, sem uma intervenção realizada. Em nosso estudo, após a intervenção precoce,

a qualidade do sono melhorou em ambos os grupos, no entanto, só foi significativo no grupo *sham*.

Além disso, algumas comorbidades, como apneia obstrutiva do sono e depressão são prevalentes na obesidade e também podem contribuir para a pior qualidade do sono (PANOSSIAN; VEASEY, 2012), prejudicando o estilo de vida, com alimentação de baixa qualidade e altos níveis de sedentarismo (OGILVIE; PATEL, 2017). A perda de peso imposta pela cirurgia bariátrica tem sido documentada como fator adjuvante na melhora da qualidade do sono (TOOR; KIM; BUFFINGTON, 2012). De acordo com achados de Sivas e colaboradores (2020), a melhora das comorbidades, bem como, da perda de peso, pode contribuir para o alívio dos distúrbios do sono nesses pacientes e podem motivar o indivíduo a mudar seu estilo de vida. No mesmo sentido, o exercício físico também é extremamente benéfico para mitigar os distúrbios do sono com benefícios na melhora do humor e da qualidade de vida (HARGENS et al., 2013).

#### *Limitações do Estudo*

Algumas limitações devem ser abordadas neste estudo. Primeiramente, a maioria dos pacientes de nossa amostra eram mulheres. De fato, ao longo do rastreamento, corroboramos dados publicados anteriormente que demonstram que maioria da população se submete à cirurgia bariátrica é do sexo feminino (CARVALHO; ROSA, 2019; TONATTO-FILHO et al., 2019). Nesse sentido, apesar de nossa amostra refletir tal padrão, estudos futuros para verificar se os efeitos positivos do treinamento combinado de TFD e EENMC em amostra composta somente por homens são similares aos que encontramos.

Outro fator limitante, é que não avaliamos um grupo controle, sem aplicação de nenhum protocolo. Seria importante para estudos futuros realizar protocolos de intervenção separadamente, a fim de analisar diferentes comportamentos em ambos os sexos, além de aplicar as intervenções o quanto antes após a cirurgia bariátrica, com acompanhamento em longo prazo desses pacientes.

#### **Conclusões**

A intervenção precoce composta por EENMC e TFD aplicada logo após a cirurgia bariátrica, mostrou-se eficaz na melhora do desempenho do exercício no TECP, além de uma melhora na PA e fadiga em membros inferiores ao se recuperar do teste. No entanto, o grupo EENMC não foi superior na resposta do  $\dot{V}O_2$  quando comparado ao grupo *Sham*. Adicionalmente, após a intervenção, ambos os grupos reduziram massa e gordura corporal, bem como, houve redução dos índices de ansiedade e melhora dos índices da qualidade do sono, sem efeito adicional da EENMC. É importante destacar que essa estratégia de intervenção aplicada precocemente, pode resultar em uma recuperação mais rápida, além de ser o ponto de partida para uma vida mais ativa.

### Referências

ALBA, D. L. et al. Changes in Lean Mass, Absolute and Relative Muscle Strength, and Physical Performance after Gastric Bypass Surgery. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 104, n. 3, p. 711–720, 2018.

AMIRI, S.; BEHNEZHAD, S. Obesity and anxiety symptoms: a systematic review and meta-analysis. **Neuropsychiatrie**, v. 33, n. 2, p. 72–89, 2019.

ANDRÉ, L. D. et al. Functional and systemic effects of whole body electrical stimulation post bariatric surgery: study protocol for a randomized controlled trial. **Trials**, p. 1–10, 2018.

ANDRÉ, L. D. et al. Whole-body electrical stimulation as a strategy to improve functional capacity and preserve lean mass after bariatric surgery: a randomized triple-blind controlled trial. **International Journal of Obesity**, 2021.

APOVIAN, C. M. Obesity: Definition, Comorbidities, Causes, and Burden. **AJMC**, v. 22, n. 7, p. 176–185, 2016.

ARENA, R. et al. Assessment of functional capacity in clinical and research settings: A scientific statement from the American Heart Association committee on exercise, rehabilitation, and prevention of the council on clinical cardiology and the council on cardiovascular n. **Circulation**, v. 116, n. 3, p. 329–343, 2007.

BACKHAUS, J. et al. Test-retest reliability and validity of the Pittsburgh Sleep Quality

Index in primary insomnia. **Journal of Psychosomatic Research**, v. 53, n. 3, p. 737–740, 2002.

BAECKE, J. A. H.; BUREMA, J.; FRIJTERS, J. E. R. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 36, n. 5, p. 936–942, 1982.

BALADY, G. J. et al. Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: A scientific statement from the American heart association. **Circulation**, v. 122, n. 2, p. 191–225, 2010.

BECK et al. An inventory for measuring clinical anxiety: Psychometric properties. *Journal of Consulting and*. **Clinical Psychology**, v. 56, n. 6, p. 893–897, 1988.

BOOTH, F. W.; ROBERTS, C. K.; LAYE, M. J. Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. **Comprehensive Physiology**, v. 2, n. 2, p. 1143–1211, 2012.

BORG, G. A. V. **Pshychophysical bases of perceived exertion**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.

BREDELLA, M. A. et al. Anthropometry, CT, and DXA as predictors of GH deficiency in premenopausal women: ROC curve analysis. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 2, p. 418–422, 2009.

CAMPANHA-VERSIANI, L. 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. **Obesity Surgery**, v. 27, n. 8, p. 2129–2137, 2017.

CARVALHO, A. DA S.; ROSA, R. D. S. Cirurgias bariátricas realizadas pelo Sistema Único de Saúde no período 2010-2016: estudo descritivo das hospitalizações no Brasil. **Epidemiologia e servicos de saude : revista do Sistema Unico de Saude do Brasil**, v. 28, n. 1, p. e2018260, 2019.

CIANGURA, C. et al. Dynamics of change in total and regional body composition after gastric bypass in obese patients. **Obesity**, v. 18, n. 4, p. 760–765, 2010.

DE MOOR, M. H. M. et al. Testing causality in the association between regular exercise and symptoms of anxiety and depression. **Archives of General Psychiatry**, v. 65, n. 8, p. 897–905, 2008.

DE SOUZA, S. A. F.; FAINTUCH, J.; SANT'ANNA, A. F. Effect of weight loss on aerobic capacity in patients with severe obesity before and after bariatric surgery. **Obesity Surgery**, v. 20, n. 7, p. 871–875, 2010.

DEJONG, A. T. et al. Peak oxygen consumption and the minute ventilation/carbon dioxide production relation slope in morbidly obese men and women: Influence of subject effort and body mass index. **Preventive Cardiology**, v. 11, n. 2, p. 100–105, 2008.

DI THOMMAZO-LUPORINI, L. et al. Metabolic and clinical comparative analysis of treadmill six-minute walking test and cardiopulmonary exercise testing in obese and eutrophic women. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 16, n. 6, p. 469–478, 2012.

EVANS, R. K. The Role of Physical Activity Participation in Weight Loss Outcomes Following Weight Loss Surgery. **American Journal of Lifestyle Medicine**, v. 4, n. 2, p. 124–129, 2010.

GARIEPY, G.; NITKA, D.; SCHMITZ, N. The association between obesity and anxiety disorders in the population: A systematic review and meta-analysis. **International Journal of Obesity**, v. 34, n. 3, p. 407–419, 2010.

GILL, H. et al. The long-term effect of bariatric surgery on depression and anxiety. **Journal of Affective Disorders**, v. 246, n. December 2018, p. 886–894, 2019.

GONZÁLEZ-GROSS, M.; MELÉNDEZ, A. Sedentarism, active lifestyle and sport: impact on health and obesity prevention. **Nutrición Hospitalaria**, v. 28, n. 5, p. 89–98, 2013.

HAN, T. S. et al. Waist circumference reduction and cardiovascular benefits during weight loss in women. **International Journal of Obesity**, v. 21, n. 2, p. 127–134, 1997.

HAN, T. S. et al. Waist circumference as a screening tool for cardiovascular risk factors: Evaluation of receiver operating characteristics (ROC). **Obesity Research**, v. 4, n. 6, p. 533–547, 1996.

HARGENS, T. A. et al. Association between sleep disorders, obesity, and exercise: a review. **Nature and Science of Sleep**, v. 5, p. 27–35, 2013.

HASSANNEJAD, A. et al. 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. **Obesity Surgery**, v. 27, n. 11, p. 2792–2801, 2017.

HENNIS, P. J. et al. Cardiopulmonary exercise testing predicts postoperative outcome in patients undergoing gastric bypass surgery. **British Journal of Anaesthesia**, v. 109, n. 4, p. 566–571, 2012.

JASTRZEBSKA-MIERZYŃSKA, M. et al. The impact of bariatric surgery on nutritional status of patients. **Wideochirurgia I Inne Techniki Maloinwazyjne**, v. 10, p. 115–124, 2015.

JULIAN, L. J. Measures of Anxiety. **Arthritis Care**, v. 63, n. 0 11, p. 1–11, 2011.

KEMMLER, W. et al. Impact of whole-body electromyostimulation on body composition in elderly women at risk for sarcopenia: The Training and ElectroStimulation Trial (TEST-III). **Age**, v. 36, n. 1, p. 395–406, 2014.

KEMMLER, W.; FROEHLICH, M.; KLEINÖDER, H. Whole-Body Electromyostimulation – The Need for Common Sense ! Rationale and Guideline for a Safe and Effective Training. **SHORT REPORT**, v. 9, n. July, p. 218–220, 2016.

KEMMLER, W. O. K. et al. Effect of whole-body electromyostimulation on energy expenditure during exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 1, p. 240–245, 2012.

LAFORGIA, J. et al. Validation of DXA body composition estimates in obese men and women. **Obesity**, v. 17, n. 4, p. 821–826, 2009.

Lewington, S. et al. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. **Lancet (London, England)**, v. 360, n. 9349, p. 1903–1913, 2002.

LUCA, M. DE et al. Indications for Surgery for Obesity and weight-related diseases: position statements from the International Federation for the surgery of obesity and metabolic disorders (IFSO). **Obes Surg**, v. 26, n. 8, p. 1659–1696, 2018.

MADDI, S. R. et al. Reduction in Psychopathology following Bariatric Surgery for Morbid Obesity. **Obesity Surgery**, p. 680–685, 2001.

MILANESCHI, Y. et al. Depression and obesity: evidence of shared biological mechanisms. **Molecular Psychiatry**, v. 24, n. 1, p. 18–33, 2019.

MONDAL, H. Effect of BMI, Body Fat Percentage and Fat Free Mass on Maximal

Oxygen Consumption in Healthy Young Adults. **Journal of clinical and diagnostic research**, v. 11, n. 6, p. CC17–CC20, 2017.

MUNDBJERG, L. H. et al. Effects of 6 months supervised physical training on muscle strength and aerobic capacity in patients undergoing Roux-en-Y gastric bypass surgery : a randomized controlled trial. **Clinical Obesity**, v. 8, p. 227–235, 2018.

NANA, A. et al. Methodology review: Using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 25, n. 2, p. 198–215, 2015.

OGILVIE, R. P.; PATEL, S. R. The epidemiology of sleep and obesity. **Sleep Health**, v. 3, n. 5, p. 383–388, 2017.

ONOFRE, T. et al. Effects of a Physical Activity Program on Cardiorespiratory Fitness and Pulmonary Function in Obese Women after Bariatric Surgery: a Pilot Study. **Obesity Surgery**, v. 27, n. 8, p. 2026–2033, 2017.

PANO-RODRIGUEZ, A. et al. Effects of whole-body ELECTROMYOSTIMULATION on health and performance: A systematic review. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 19, n. 1, p. 1–14, 2019.

PANOSSIAN, L. A.; VEASEY, S. C. Daytime Sleepiness in Obesity: Mechanisms Beyond Obstructive Sleep Apnea—A Review. **Sleep**, v. 35, n. 5, p. 605–615, 2012.

PINTO, T. F. et al. Obesity, Hypersomnolence, and Quality of Sleep: the Impact of Bariatric Surgery. **Obesity Surgery**, v. 27, n. 7, p. 1775–1779, 2017.

RICCI, P. A. et al. Effects of Whole-Body Electromyostimulation Associated with Dynamic Exercise on Functional Capacity and Heart Rate Variability After Bariatric Surgery : a Randomized , Double-Blind , and Sham-Controlled Trial. **Obesity Surgery**, v. 30, n. 10, p. 3862–3871, 2020.

LEWINGTON, S. et al. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. **Lancet (London, England)**, v. 360, n. 9349, p. 1903–1913, 2002.

SCHULZ, K. F. et al. CONSORT 2010 Statement : Updated Guidelines for Reporting Parallel Group Randomised Trials. v. 7, n. 3, 2010.

SCHUTZ, D. D. et al. European Practical and Patient-Centred Guidelines for Adult Obesity Management in Primary Care. **Obesity Facts**, v. 12, n. 1, p. 40–66, 2019.

SCIBORA, L. M. Skeletal effects of bariatric surgery: Examining bone loss, potential mechanisms and clinical relevance. **Diabetes, Obesity and Metabolism**, v. 16, n. 12, p. 1204–1213, 2014.

SHOAR, S. et al. Roux-en-Y gastric bypass reversal : a systematic review. **Surgery for Obesity and Related Diseases**, v. 12, n. 7, p. 1366–1372, 2016.

SIVAS, F. et al. Physical activity, musculoskeletal disorders, sleep, depression, and quality of life before and after bariatric surgery. **Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 66, n. 3, p. 281–290, 2020.

STEGEN, S. et al. Physical fitness in morbidly obese patients: Effect of gastric bypass surgery and exercise training. **Obesity Surgery**, v. 21, n. 1, p. 61–70, 2011.

TONATTO-FILHO, A. J. et al. Bariatric surgery in Brazilian public health system: The good, the bad and the ugly, or a long way to go. yellow sign. **Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva**, v. 32, n. 4, p. 4–8, 2019.

TOOR, P.; KIM, K.; BUFFINGTON, C. K. Sleep quality and duration before and after bariatric surgery. **Obesity Surgery**, v. 22, n. 6, p. 890–895, 2012.

VAN HOUT, G. C. M.; VAN OUDHEUSDEN, I.; VAN HECK, G. L. Psychological profile of the morbidly obese. **Obesity Surgery**, v. 14, n. 5, p. 579–588, 2004.

VARGAS, C. B. et al. Functioning of obese individuals in pre- and postoperative periods of bariatric surgery. **Obesity Surgery**, v. 23, n. 10, 2013.

WEISMAN, I. M. et al. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. **American journal of respiratory and critical care medicine**, v. 167, n. 2, p. 211–277, 2003.

WILLERT, S. et al. Effects of whole-body electromyostimulation on the energy-restriction-induced reduction of muscle mass during intended weight loss. **Frontiers in Physiology**, v. 10, 2019.

WORLD HEALTH ORGANISATION (WHO). WHO | Waist Circumference and Waist–Hip Ratio. Report of a WHO Expert Consultation. Geneva, 8-11 December 2008, p. 8–

11, 2008.

ZALDÍVAR, S. S. et al. Evolución de alteraciones psicopatológicas en pacientes con obesidad mórbida tras cirugía bariátrica. **Medicina Clínica**, v. 133, n. 6, p. 206–212, 2009.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

---

A presente tese trouxe importantes considerações no entendimento das respostas frente ao exercício físico do indivíduo com obesidade. Além disso, demonstramos os efeitos de um treinamento composto por EENMC associado a exercícios dinâmicos em desfechos como capacidade funcional máxima e submáxima, composição corporal, VFC, índice de ansiedade e qualidade do sono.

- A composição corporal e o perfil metabólico e lipídico podem comprometer a capacidade funcional de indivíduos com obesidade;

- Observamos que o TI gerou uma maior demanda metabólica, ventilatória e cardiovascular, como esperado, quando comparado ao TD2 e TC6;

- O TD2 impôs maior demanda metabólica ( $\dot{V}O_2$ ) e cronotrópica (FC) quando comparado ao TC6;

- O programa de intervenção foi capaz de reduzir o IMC e aumentar a capacidade funcional submáxima, demonstrada pelo TC6, além de melhorar o desempenho do exercício no TECP, quando comparado ao Sham;

- Ambos os grupos melhoraram a modulação autonômica cardíaca, a massa corporal e massa gorda total e os níveis de ansiedade e da qualidade de sono;

- Os benefícios da aplicação dos exercícios dinâmicos realizados precocemente foram demonstrados nesses estudos, visto que o grupo *Sham* não foi inferior com relação as melhoras nas respostas de modulação autonômica cardíaca, composição corporal, nível de ansiedade e qualidade de sono.

Como desdobramentos do estudo atual, pesquisas futuras devem ser conduzidas, considerando:

- A adição de um grupo controle para contrastar com um grupo EENMC e exercício dinâmico, e um grupo Exercício (*Sham*);

- Diferentes protocolos de EENMC;

- Contrastar os sexos nas diferenças entre os testes, bem como nos efeitos do treinamento;

- Avaliar a possibilidade de avaliação nutricional concomitante ao período de treinamento;

- Considerar a possibilidade de progressão dos exercícios com o passar da intervenção (adição de cargas).

Frente aos resultados encontrados, acreditamos ser de extrema importância estudos que deem continuidade em intervenções para essa população, com início precoce, visto as diversas alterações ocorridas nesse período, além dos diversos benefícios encontrados.

## ANEXOS

## ANEXO A

## Artigo publicado no periódico Scientific Reports (Estudo I)

**scientific reports** View all journals Search Login

[Explore content](#) [About the journal](#) [Publish with us](#) [Sign up for alerts](#) [RSS feed](#)

[nature](#) > [scientific reports](#) > [articles](#) > [article](#)

Article | [Open Access](#) | [Published: 24 November 2021](#)

## Responses of different functional tests in candidates for bariatric surgery and the association with body composition, metabolic and lipid profile

[Paula Angélica Ricci](#), [Larissa Delgado André](#), [Soraia Pilon Jürgensen](#), [Claudio Ricardo de Oliveira](#), [Fernando Pinheiro Ortega](#), [Luciana Di Thommazo-Luporini](#) & [Audrey Borghi-Silva](#) 

[Scientific Reports](#) **11**, Article number: 22840 (2021) | [Cite this article](#)

**144** Accesses | [Metrics](#)

**Abstract**

Individuals with obesity can have metabolic disorders and may develop impairments that

[Download PDF](#) 

**Sections** [Figures](#) [References](#)

- [Abstract](#)
- [Introduction](#)
- [Materials and methods](#)
- [Results](#)
- [Discussion](#)
- [Conclusions](#)
- [Data availability](#)
- [References](#)
- [Acknowledgements](#)

SpringerLink Search  Log in

---

Original Contributions | [Published: 24 May 2020](#)

## Effects of Whole-Body Electromyostimulation Associated with Dynamic Exercise on Functional Capacity and Heart Rate Variability After Bariatric Surgery: a Randomized, Double-Blind, and Sham-Controlled Trial

[Paula Angélica Ricci](#), [Luciana Di Thommazo-Luporini](#), [Soraia Pilon Jürgensen](#), [Larissa Delgado André](#), [Guilherme Focchi Haddad](#), [Ross Arena](#) & [Audrey Borghi-Silva](#) 

[Obesity Surgery](#) **30**, 3862–3871 (2020) | [Cite this article](#)

424 Accesses | 3 Citations | [Metrics](#)

### Abstract

---

Purpose

Access options

[Buy article PDF](#)

**USD 39.95**

Price includes VAT (Brazil)  
Tax calculation will be finalised during checkout.

Instant access to the full article PDF.

---

[Rent this article via DeepDyve.](#)

---

[Learn more about Institutional subscriptions](#)

**ANEXO C****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Consentimento de participação no trabalho: **Efeitos funcionais, clínicos e sistêmicos da estimulação elétrica corpórea no pós-operatório de cirurgia bariátrica.**

**Responsáveis:**

Profa. Dra. Audrey Borghi e Silva – Departamento de Fisioterapia - UFSCar

Aluna: Paula Angélica Ricci – Programa de Pós-graduação em Fisioterapia – UFSCar

Eu, \_\_\_\_\_, RG N.º \_\_\_\_\_ e CPF N.º \_\_\_\_\_,

declaro estar ciente das condições sob as quais me submeterei ao trabalho acima citado, proposto pela Prof<sup>a</sup>. Dra. Audrey Borghi e Silva. O trabalho tem como objetivo principal verificar a existência de associação entre variáveis obtidas por testes de avaliação funcional e muscular de forma não invasiva e coleta sanguínea venosa de forma invasiva por profissional qualificado e delegado para tal função.

Inicialmente serei submetido a uma avaliação física, um teste cardiopulmonar máximo em esteira ergométrica, sob supervisão médica e fisioterapêutica e entrevista e, caso selecionado, realizarei uma avaliação de constituição física por bioimpedância elétrica, uma avaliação de força muscular em equipamento apropriado para este fim e testes funcionais em campo (testes de caminhada e subida e descida de degraus), sob supervisão dos profissionais responsáveis pelo estudo. Após a cirurgia, serei reavaliado e participarei de um programa de exercícios leves junto com a eletroestimulação, que é um tratamento para auxiliar no fortalecimento dos músculos e poderá auxiliar na perda de peso. O tratamento poderá causar desconforto, e este será reduzido com a dosagem corrigida, de acordo com a minha tolerância.

Estou ciente de que minha participação no presente estudo envolve mínimo risco, uma vez que os testes são de fácil execução e possuem alta aplicabilidade clínica, sendo amplamente utilizados, além de serem acompanhados pelos profissionais responsáveis integralmente. Adicionalmente, as devidas medidas de segurança serão tomadas. Os testes propostos consistem em modalidades de caminhada em terreno plano, subida de degrau único de 20 cm de altura e caminhada em esteira ergométrica com todos os aparatos de segurança necessários para a execução dos mesmos e avaliação de força muscular em equipamento bastante seguro (dinamômetro isocinético), sendo que o mesmo também possui dispositivo de segurança para interrupção do teste quando necessário e solicitado a qualquer instante.

No início, durante e após os testes serão monitorizadas variáveis fisiológicas, de modo que será medida minha pressão arterial pelo método auscultatório indireto, frequência cardíaca e questionada minha percepção subjetiva ao esforço e qualquer alteração serei avisado pelo fisioterapeuta e o teste será interrompido imediatamente.

Além disso, durante o teste será analisado o comportamento do meu coração, pelo uso de um equipamento semelhante a um relógio, sem a utilização de drogas medicamentosas ou de procedimentos invasivos.

Serei orientado (a) a comunicar os avaliadores sobre eventuais sintomas, tais como tontura, turvação visual, náuseas, dor, cansaço e fadiga, que eu possa vir a apresentar para que providências adequadas sejam tomadas.

No teste cardiopulmonar máximo, realizado previamente aos demais testes e acompanhado pelo profissional médico, serei monitorado por meio da derivação MC5, no qual será avaliado o comportamento eletrocardiográfico com relação a possíveis alterações isquêmicas e à existência bem como quantidade, se houver, dos seguintes tipos de arritmias: extra-sístole isolada, ventricular unifocal ou multifocal, bloqueio divisional, fibrilação atrial, bloqueio completo de ramo direito, pausa sinusal e taquicardia ventricular não sustentada antes, durante e após o teste.

Na ocasião de ocorrerem riscos de qualquer natureza, quais sejam, quedas e/ou demais acidentes, lesões osteomioarticulares, mal-estar e/ou instabilidade hemodinâmica, os próprios pesquisadores se responsabilizam pelas condutas de primeiros socorros, bem como encaminhamento médico quando necessário e/ou qualquer tipo de avaliação fisioterapêutica como resultado de dano físico.

Ressalta-se que somente farei parte do trabalho se estiver de acordo com critérios estabelecidos para um grupo de indivíduos cujas características serão determinadas por meio de uma avaliação detalhada, sendo selecionado (a) apenas se estiver em condição clinicamente estável.

Além disso, sei que minha participação nesse estudo é estritamente voluntária e, portanto, não receberei qualquer forma de remuneração pela minha participação no experimento, podendo desistir de participar da pesquisa a qualquer momento sem danos ou prejuízo. Por fim, sei que os dados obtidos desse trabalho serão mantidos em sigilo e não poderão ser consultados por outras pessoas sem minha autorização por escrito, ao menos para fins científicos, resguardando, portanto, minha privacidade.

Eu li e entendi todas as informações contidas neste documento, assim como as da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

São Carlos, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Voluntário

### **Responsáveis**

---

Prof. Dra. Audrey Borghi e Silva

Pós-doutoranda: Luciana Di Thommazo Luporini

## ANEXO D

## Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFSCar

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO CARLOS/UFSCAR



Continuação do Parecer 966.613

**Recomendações:**

aprovar

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

nada a declarar

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

SÃO CARLOS, 27 de Fevereiro de 2013

Assinado por:

Ricardo Carneiro Borra  
(Coordenador)

