



PROGRAMA
DE CIÊNCIAS
DA REABILITAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação

Doutorado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

CESAR ANTONIO LUCHESA

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE FUNCIONAL PRÉ-OPERATÓRIA E PAPEL
DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NERVOSA TRANSCUTÂNEA NO PÓS-
OPERATÓRIO DE PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA BARIÁTRICA**

RIO DE JANEIRO

2022

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pelo Sistema de bibliotecas e
Informação – SBI – UNISUAM

616.398 Luchesa, Cear Antônio
L936a Avaliação da capacidade funcional pré-operatória e papel da
estimulação elétrica nervosa transcutânea no pré-operatório de
pacientes submetidos à cirurgia bariátrica / Cesar Antônio Luchesa. –
Rio de Janeiro, 2022.
116p.

Tese (Doutorado em Ciências da Reabilitação) Centro
Universitário Augusto Motta, 2022.

1. Capacidade residual funcional. 2. Estimulação elétrica
nervosa transcutânea. 3. Cirurgia bariátrica. 4. Desempenho físico
funcional. 5. Dor. 6. Obesidade. Título

CDD 22.ed.

CESAR ANTONIO LUCHESA

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE FUNCIONAL PRÉ-OPERATÓRIA E PAPEL DA
ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NERVOSA TRANSCUTÂNEA NO PÓS-
OPERATÓRIO DE PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA BARIÁTRICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, do Centro Universitário Augusto Motta, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências da Reabilitação.

Linha de Pesquisa: Avaliação Funcional em Reabilitação.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo José Lopes

Rio de Janeiro

2022

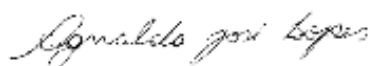
**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE FUNCIONAL PRÉ-OPERATÓRIA E PAPEL DA
ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NERVOSA TRANSCUTÂNEA NO PÓS-
OPERATÓRIO DE PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA BARIÁTRICA**

Cesar Antonio Luchesa

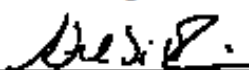
Orientação: Prof. Dr. Agnaldo José Lopes.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu Em Ciências da Reabilitação da UNISUAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências da Reabilitação. Linha de pesquisa: Avaliação Funcional em Reabilitação.

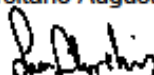
Examinada em: 28/04/2022



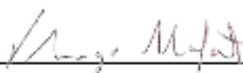
Prof. Dr. Agnaldo José Lopes
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Arthur de Sá Ferreira
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Luis Felipe da Fonseca Reis
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Thiago Thomaz Mafort
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ



Prof. Dr. Espeditão Elias Aquim
Faculdade Inspirar

RIO DE JANEIRO
2022

DEDICATÓRIA

A minha amada mãe Iris Terezinha Colombelli (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Quando tomei a decisão de realizar um doutorado, sabia que o percurso não seria fácil. Foram quatro anos de muito trabalho e dedicação! Neste período, passamos por uma pandemia e vivemos um momento de incertezas na educação com aulas on-line, orientação a distância e o medo de não cumprir as obrigações exigidas pelo Programa.

A construção de uma tese é fruto de esforço, dedicação e participação de muitas pessoas. Assim, desejo exprimir os meus agradecimentos a todos aqueles que, de alguma forma, me auxiliaram e permitiram a realização desta Tese. Primeiramente, gostaria de agradecer aos pacientes pela disponibilidade e participação no trabalho.

Ao Prof. Dr. Agnaldo José Lopes, por ter aceitado a tarefa de orientar minha caminhada no Doutorado, e a condução no desenvolvimento da minha tese. Sempre disponível, íntegro, sua participação não foi apenas como orientador, foi amigo, foi parceiro, foi uma peça fundamental nesta trajetória. Agradeço todos os dias pela honra de ter sido orientado pelo Dr.

Agradeço ao Centro Universitário FAG pelo auxílio através da bolsa de capacitação docente e a Professora e Coordenadora do Curso de Fisioterapia Leda Paes Walkler pelo apoio e incentivo.

Escrever uma Tese implica em pedir muita paciência aos mais próximos e, ao mesmo tempo, precisar de muito apoio. Em todos os sentidos, minha amada esposa Débora Rigo Viganó e minha filha Cecília Viganó Luchesa foram parceiras e pacientes (amo vocês duas).

Por fim, agradeço a meu irmão Julio Luchesa, minha irmã Marta Luchesa e meu cunhado Alexandre do Carmo pelas aulas de inglês, estadias e longas conversas, e principalmente a meu pai Claudio José Luchesa, que sempre primou pela minha educação; muito do que faço e sou, não seria ou faria, sem o apoio e carinho dele.

Resumo

Introdução: As mudanças no hábito de vida, a alimentação rica em carboidratos e a diminuição da atividade física são partes do contexto que levaram a uma pandemia de obesidade. Indivíduos obesos apresentam redução da força muscular esquelética, sobrecarga articular, menor capacidade cardiopulmonar, alto gasto energético e redução da tolerância ao esforço. Tais alterações resultam em ineficiência do ato de andar, que é a modalidade mais acessível para o controle de peso. Trata-la é uma tarefa que requer atendimento multidisciplinar, porém em muitos casos a terapêutica convencional não surte efeito, sendo necessária a intervenção cirúrgica. Esta, por sua vez, não é isenta de riscos e causa importantes alterações na função pulmonar e na capacidade funcional. **Objetivo:** Avaliar a capacidade funcional desta população no pré-operatório e associar a medida da função pulmonar e dados epidemiológicos na equação da distância percorrida prevista, além de verificar o efeito da eletroanalgesia através da eletroestimulação nervosa transcutânea (TENS) convencional sobre a função pulmonar no pós-operatório de cirurgia bariátrica. **Metodologia:** Este trabalho foi desenvolvido em dois momentos distintos. No primeiro momento 367 obesos foram incluídos nesta pesquisa. 104 homens e 263 mulheres foram avaliados em uma clínica escola na cidade de Cascavel/Paraná e realizado a avaliação da capacidade funcional através do teste de caminhada de 6 minutos (TC6'), espirometria e força muscular respiratória. No segundo momento, foi realizado um ensaio clínico controlado e cego em 66 sujeitos submetidos à cirurgia bariátrica. Os participantes foram randomizados em dois grupos, conforme segue: grupo intervenção tratado com TENS (n = 33) e grupo placebo (n = 33). Os participantes foram submetidos a 4 sessões de TENS e foi verificado o efeito na dor usando a escala analógica visual para dor, função pulmonar medida pela espirometria e dados hemodinâmicos. **Resultados:** A distância percorrida no TC6' (DTC6') para homens se correlacionou com idade ($r = -0,388$, $P = 0,0005$), peso ($r = -0,365$, $P = 0,0007$), altura ($r = 0,285$, $P = 0,022$), índice de massa corporal-IMC ($r = -0,543$, $P < 0,0001$), capacidade vital forçada-CVF ($r = 0,472$, $P < 0,0001$), pico de fluxo expiratório-PFE ($r = 0,253$, $P = 0,031$) e pressão inspiratória máxima-Plmáx ($r = 0,313$, $P = 0,017$). Na análise de regressão múltipla, IMC, CVF e idade foram as únicas variáveis que previram de forma independente a DTC6' e explicaram 40% de sua variabilidade. A equação de referência proposta para homens brasileiros obesos foi $DTC6 (m) = 570,5 - (3,984 \times IMC_{kg/m^2}) + (1,093 \times CVF_{\%previsto}) - (0,836 \times Idade_{anos})$. A DTC6' para mulheres apresentou correlações com estatura ($r = 0,319$), idade ($r = -0,281$), peso ($r = -0,370$), IMC ($r = -0,561$), CVF ($r = 0,443$), PFE ($r = 0,278$), Plmáx ($r = 0,326$) e pressão expiratória máxima ($r = 0,259$), todas com $P < 0,0001$. Na análise de regressão múltipla, IMC, CVF, idade e Plmáx foram as variáveis preditivas independentes para DTC6, explicando 65% de sua variabilidade. A equação de referência proposta para mulheres brasileiras obesas foi: $DTC6 (m) = 513,6 - (4,439 \times IMC_{kg/m^2}) + (1,136 \times CVF_{\%previsto}) - (1,048 \times Idade_{anos}) + (0,544 \times Plmáx_{\%previsto})$. A avaliação da dor e função pulmonar nos pacientes submetidos a eletroanalgesia no pós-operatório apresentou os seguintes resultados: a média de idade dos grupos intervenção e placebo foram de $36,2 \pm 8,5$ e $41,3 \pm 11,2$ anos, respectivamente, enquanto o IMC dos grupos intervenção e placebo foram de $43,5 \pm 4,9$ e $43,3 \pm 6,4$ kg/m², respectivamente. Após a aplicação da TENS, houve redução no nível de dor no grupo intervenção quando comparado ao grupo placebo ($P = 0,001$). Houve

manutenção da P_{lmáx} no grupo intervenção e redução no grupo placebo quando comparados os períodos pré e pós-operatórios [delta absoluto de 0 (-29–5) vs. -5,5 (-46–0), P = 0,03]. O grupo placebo apresentou aumento da frequência respiratória durante a aplicação da eletroanalgesia quando comparado ao grupo intervenção [delta absoluto de 2 (-1–2) vs. 0 (-2–2), P = 0,003]. **Conclusão:** A inclusão da função pulmonar e dados demográficos em uma equação de referência para DTC6 resulta em uma melhor previsão da distância percorrida nesta população. Quanto a avaliação do efeito da eletroanalgesia, encontramos que ela reduz a dor nos pacientes submetidos à cirurgia bariátrica. Além do mais, há importante manutenção da P_{lmáx} nesses pacientes entre os períodos pré- e pós-operatório. Entretanto, a eletroanalgesia não reflete na melhora dos parâmetros espirométricos.

Palavras-chave: Obesidade, Capacidade funcional, Cirurgia Bariátrica, Eletroanalgesia, Espirometria.

Abstract

Introduction: Changes in lifestyle habits, a diet rich in carbohydrates, and a decrease in physical activity are part of the context that led to an obesity pandemic. Obese individuals have reduced skeletal muscle strength, joint overload, lower cardiopulmonary capacity, high energy expenditure, and reduced effort tolerance. Such alterations result in inefficiency of the act of walking, which is the most accessible modality for weight control. Treating it is a task that requires multidisciplinary care, but in many cases conventional therapy is ineffective, requiring surgical intervention. This, in turn, is not without risks and causes important changes in lung function and functional capacity. **Objective:** To evaluate the functional capacity of this population in the preoperative period and to associate the pulmonary function measurement and epidemiological data in the predicted distance covered equation, in addition to verifying the effect of electroanalgesia through conventional transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on pulmonary function in the postoperative period of bariatric surgery. **Methodology:** This work was developed in two different moments. At the first moment, 367 obese were included in this research. 104 men and 263 women were evaluated at a school clinic in the city of Cascavel/Paraná and the functional capacity was evaluated through the 6-minute walk test (6MWT), spirometry, and respiratory muscle strength. In the second moment, a controlled and blinded clinical trial was carried out in 66 subjects undergoing bariatric surgery. Participants were randomized into two groups as follows: intervention group treated with TENS (n = 33) and placebo group (n = 33). Participants underwent 4 sessions of TENS and the effect on pain was verified using the visual analogue scale for pain, pulmonary function measured by spirometry, and hemodynamic data. **Results:** The distance covered in the 6MWT (6MWD) for men was correlated with age ($r = -0.388$, $P = 0.0005$), weight ($r = -0.365$, $P = 0.0007$), height ($r = 0.285$, $P = 0.022$), body mass index-BMI ($r = -0.543$, $P < 0.0001$), forced vital capacity-FVC ($r = 0.472$, $P < 0.0001$), peak expiratory flow-PEF ($r = 0.253$, $P = 0.031$), and maximal inspiratory pressure-MIP ($r = 0.313$, $P = 0.017$). In the multiple regression analysis, BMI, FVC, and age were the only variables that independently predicted the 6MWD and explained 40% of its variability. The proposed reference equation for obese Brazilian men was $6MWD (m) = 570.5 - (3.984 \times BMI_{kg/m^2}) + (1.093 \times FVC_{\%predicted}) - (0.836 \times Age_{years})$. The 6MWD for women was correlated with height ($r = 0.319$), age ($r = -0.281$), weight ($r = -0.370$), BMI ($r = -0.561$), FVC ($r = 0.443$), PEF ($r = 0.278$), MIP ($r = 0.326$) and maximum expiratory pressure ($r = 0.259$), all with $P < 0.0001$. In the multiple regression analysis, BMI, FVC, age, and MIP were the independent predictive variables for the 6MWD, explaining 65% of its variability. The reference equation proposed for obese Brazilian women was: $6MWD (m) = 513.6 - (4.439 \times BMI_{kg/m^2}) + (1.136 \times predicted FVC_{\%predicted}) - (1.048 \times Age_{years}) + (0.544 \times MIP_{\%predicted})$. The assessment of pain and pulmonary function in patients undergoing electroanalgesia in the postoperative period showed the following results: the mean age of the intervention and placebo groups were $36.2 \pm$

8.5 and 41.3 ± 11.2 years, respectively, while the BMI of the intervention and placebo groups were 43.5 ± 4.9 and 43.3 ± 6.4 kg/m², respectively. After the application of TENS, there was a reduction in the level of pain in the intervention group when compared to the placebo group ($P = 0.001$). There was maintenance of MIP in the intervention group and reduction in the placebo group when comparing the preoperative and postoperative periods [absolute delta of 0 (-29–5) vs. -5.5 (-46–0), $P = 0.03$]. The placebo group showed an increase in respiratory rate during the application of electroanalgesia when compared to the intervention group [absolute delta of 2 (-1–2) vs. 0 (-2–2), $P = 0.003$]. **Conclusion:** The inclusion of lung function and demographic data in a reference equation for the 6MWD results in a better prediction of the distance covered in this population. Regarding the evaluation of the effect of electroanalgesia, we found that it reduces pain in patients undergoing bariatric surgery. Furthermore, there is important maintenance of MIP in these patients between the preoperative and postoperative periods. However, electroanalgesia does not reflect the improvement in spirometric parameters.

Keywords: Obesity, Functional capacity, Bariatric Surgery, Electroanalgesia, Spirometry.

LISTA DE QUADRO, TABELAS E FIGURAS

Tabela 1.	Classificação de Peso Adaptada pela Organização Mundial de Saúde.....	18
Tabela 2.	Técnicas cirúrgicas e suas classificações.....	23
Figura 1.	Ilustração da Sociedade Brasileira de Cirurgia Bariátrica e Metabólica, demonstrando a gastroplastia com derivação gastrojejunal em Y de Roux.....	24
Figura 2.	Escala Analógica Visual Numérica de Dor.....	26

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ATS	<i>American Thoracic Society</i>
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CEP	Comitê de ética em pesquisa
CIF	Classificação Internacional da Funcionalidade, Incapacidade e Saúde
Cm	Centímetro
CRF	Capacidade residual funcional
CV	Capacidade vital
CVF	Capacidade vital forçada
DTC6'	Distância percorrida no teste de caminhada de 6 minutos
EVA	Escala visual Analógica da Dor
EUA	Estados Unidos da América
FAG	Fundação Assis Gurgacz
FC	Frequência cardíaca
HDL	<i>High-density lipoprotein</i>
HZ	Hertz
IMC	Índice de massa corpórea
kg	Quilograma
kg/m²	Quilograma por metro cúbico
mg/dL	Miligramas por decilitro
mL	Mililitros
mmHg	Milímetros de mercúrio
mL/kg	Mililitros por quilograma
PEEP	Pressão expiratória final positiva
PE_{máx}	Pressão expiratória máxima

PI_{máx}	Pressão inspiratória máxima
PFE	Pico de fluxo expiratório
OMS	Organização Mundial de Saúde
SBCBM	Sociedade Brasileira de Cirurgia Bariátrica e Metabólica
SBPT	Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia
SNC	Sistema nervoso central
SpO₂	Saturação periférica de oxigênio
TC6'	Teste de caminhada de seis minutos
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
TENS	Eletroestimulação nervosa transcutânea
UTI	Unidade de terapia intensiva
VC	Volume corrente
VEF₁	Volume expiratório forçado no primeiro segundo
VM	Ventilação mecânica
VRE	Volume de reserva expiratória
VVM	Ventilação voluntária máxima

Sumário

Ficha catalográfica.....	i
Folha de rosto.....	ii
Folha de aprovação.....	iii
Dedicatória.....	iv
Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vi
Abstract.....	viii
lista de quadros, tabelas e figuras.....	x
 CAPÍTULO 1.....	 15
1.1 Introdução.....	15
1.2 Epidemiologia, Conceitos e Complicações Relacionadas à Obesidade.....	17
1.2.1 Implicações da Obesidade na Capacidade Funcional.....	19
1.2.2 Valores de referencia para o teste de caminhada de 6 minutos.....	20
1.2.3 Implicações da Obesidade na Função Pulmonar.....	21
1.3 Tratamento Cirúrgico da Obesidade.....	23
1.4 Impacto da Cirurgia Bariátrica na Função Pulmonar e na Dor.....	24
1.5 Eletroanalgesia Através da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea TENS.....	27
1.5.1 Teoria da Comporta no Controle da Dor Mecanismos Fisiológicos do Uso da TENS.....	27
1.6 Uso da Eletroanalgesia no Alívio da Dor e Função Pulmonar no Pós Operatório de Cirurgia Bariátrica	30
1.7 Justificativa.....	31
1.7.1 Relevância para as Ciências da Reabilitação.....	33
1.7.2 Relevância para a Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde.....	33
1.7.3 Relevância para o Desenvolvimento Sustentável.....	33
1.8 Objetivos.....	34
1.8.1 Primário.....	34
1.8.2 Secundário.....	34
1.9 Hipóteses	34
 Capítulo 2 Participantes e Métodos.....	 35
2.1 Aspectos Éticos.....	35
2.2 Delineamento do Estudo.....	35
2.3 Pré Registro do Protocolo.....	35
2.4 Local de Realização do Estudo.....	36
2.5 Amostra.....	36
2.5.1 Cálculo ou justificativa do tamanho amostral.....	36
2.5.2 Local de recrutamento dos participantes.....	37
2.5.3 Critérios de inclusão.....	37
2.5.4 Critérios de exclusão.....	37
2.6 Procedimentos/Metodologia Proposta.....	38
2.6.1 Avaliação clínica.....	38
2.7 Desfechos.....	40

2.7.1 Variáveis de desfecho primário.....	40
2.7.2 Variáveis de desfecho secundário.....	40
2.8 Análise estatística.....	40
2.9 Apoio financeiro.....	42
 Capítulo 3 Produção Intelectual.....	 43
3.1 Artigo #1.....	43
3.1.1 Metadados do artigo #1.....	43
3.1.2 Contribuição dos autores do artigo #1 de acordo com a proposta <i>Contributor Roles Taxonomy (CRediT)</i> ¹	43
Artigo 1 Reference Value for the Distance Walked in the Six-Minute Walk Test in Obese Brazilian Men in the Preoperative Period of Bariatric Surgery.....	44
3.2 Artigo #2.....	56
3.2.1 Metadados do artigo #2.....	56
3.2.2 Contribuição dos autores do artigo #2 de acordo com a proposta <i>Contributor Roles Taxonomy (CRediT)</i> ²	56
Artigo 2 Contribution of lung function in predicting distance covered in the 6- minute walk test in obese Brazilian women.....	57
3.3 Artigo #3.....	79
3.3.1 Metadados do artigo #3.....	79
3.3.2 Contribuição dos autores do artigo #3 de acordo com a proposta <i>Contributor Roles Taxonomy (CRediT)</i> ³	79
Artigo 3 Role of Transcutaneous Electric Nerve Stimulation in Pain and Pulmonary Function in Patients after Bariatric Surgery.....	80
3.4 Participação em Eventos Científicos.....	97
3.4.1 Metadados da participação em evento científico.....	97
3.4.2 Metadados da participação em evento científico.....	99
 4 Considerações Finais.....	 101
 Referência.....	 102
Apêndice I Modelo de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	109
Apêndice II Ficha de coleta de dados.....	112
Anexo I Escala de coma de Glasgow.....	113
Anexo II Aprovação do CEP.....	114
Anexo III Bolsa de Capacitação para Mestrado e Doutorado.....	115

Capítulo 1 Revisão de Literatura

1.1 Introdução

De acordo com a Sociedade Brasileira de Cirurgia Bariátrica e Metabólica (SBCBM), a obesidade é um importante problema de saúde com complicações já bem estabelecidas, incluindo aumento do risco de hipertensão arterial, dislipidemia e diabetes *mellitus* (síndrome metabólica), doença arterial coronariana, doença da vesícula biliar, lesões degenerativas das articulações, apneia obstrutiva do sono, além de deficiência socioeconômica e psicossocial (OGUNNAIKE et al., 2002).

Além das alterações acima descritas, a obesidade impacta diretamente na capacidade do obeso de se locomover e na força muscular esquelética, sendo um importante componente de limitação funcional. Indivíduos obesos têm menor capacidade de exercício não apenas porque a caminhada é uma atividade de sustentação de peso, mas também porque esses indivíduos têm comorbidades significativas associadas com aumento do consumo energético para esta atividade (DONINI et al., 2013).

Portanto, programas para controle e perda de peso são essências para esta população. Esses programas devem ser realizados por uma equipe multiprofissional a fim de potencializar seus efeitos e resultados. Porém, é importante ter ferramentas que facilitem a avaliação da capacidade funcional dos obesos, através de fórmulas preditivas, testes funcionais, escalas, dentre outros.

Nem sempre esses programas de controle e perda de peso vão alcançar êxito, sendo necessárias medidas mais drásticas através de procedimentos cirúrgicos. Ao serem submetidos à cirurgia abdominal alta, é de se esperar que os obesos sejam mais suscetíveis às consequências deletérias pulmonares ocasionadas pela anestesia e pelo próprio procedimento cirúrgico. No obeso, a anestesia acentua a redução da capacidade residual funcional (CRF), promovendo o fechamento precoce das pequenas vias aéreas. Isto acarreta maior grau de hipoxemia do que no doente não obeso, além de maior incidência de atelectasias (OGUNNAIKE et al., 2002).

No estudo realizado por Paisani et al. (2005), concluiu-se que no pós-operatório de gastroplastia tipo Fobi Capella ocorre diminuição dos volumes e

capacidades pulmonares, além de força muscular respiratória, semelhante ao descrito na literatura para não obesos submetidos a cirurgia no andar superior do abdome. Nesse estudo, a incidência de complicações pós-operatórias de origem respiratória foi de 4,7%.

A dor é um fator de forte impacto negativo na evolução pós-operatória do paciente submetido ao procedimento cirúrgico abdominal. Isto ocorre sobretudo naqueles pacientes com cirurgia que envolve a parte superior do abdome, mesmo utilizando medicação analgésica (TONELLA et al., 2006). Nesse sentido, a TENS é um recurso fisioterápico amplamente utilizado no alívio sintomático da dor. A corrente é constituída por geradores de correntes pulsáteis, bifásicas (simétricas ou assimétricas) e com forma retangular (MORGAN & SANTOS, 2011). É utilizada para estimular as fibras nervosas que transmitem sinais ao encéfalo, e que são interpretados pelo tálamo como dor. A base do efeito da TENS se dá inicialmente conforme a "Teoria das Comportas", postulada por Melzack & Wall, em 1965 (ANDREW et al., 2002), atualmente a compreensão do efeito da TENS evoluiu muito, hoje sabe-se que ela tem ação local, medular e supra espinha no controle da dor. Os efeitos fisiológicos da eletroterapia sobre o sistema neurológico e musculoesquelético incluem analgesia, estimulação muscular, vasodilatação, redução de edema, diminuição da inibição reflexa, facilitação do processo de cicatrização de lesões em tecidos moles e facilitação da consolidação de fraturas (MORGAN & SANTOS, 2011).

Gregorini et al. (2010) avaliaram a relação da dor com os volumes e as capacidades pulmonares no pós-operatório de cirurgia cardíaca. Neste estudo, os autores observaram que, após quatro horas de uso da TENS, os pacientes apresentaram melhora da dor e aumento do volume corrente (VC) em 23% dos casos quando comparados ao grupo placebo, enquanto a frequência respiratória tendeu a diminuir após o uso da TENS, fazendo com que o volume-minuto apresentasse discreta melhora. Erdogan et al. (2005) realizaram um estudo controlado, prospectivo randomizado e duplo cego avaliando a eficácia da TENS em cirurgias torácicas, e constataram o benefício trazido pela eletroestimulação em seus pacientes, de modo que o uso da TENS reduziu a necessidade de opioides e aumentou a eficácia da tosse durante a fisioterapia. Estes achados também foram constatados no estudo de Benedetti et al. (1997), que observaram que a eletroestimulação reduziu o nível de dor pós-operatória e diminui a quantidade de

analgésicos quando comparada com o grupo placebo ou controle. Cipriano et al. (2008) relataram uma diminuição sistemática da dor após o tratamento com TENS, especialmente a dor relacionada à tosse.

1.2 Epidemiologia, Conceitos e Complicações

Relacionadas à Obesidade

De etiologia multifatorial resultante da mudança dos hábitos alimentares, fatores sociais, alterações psicológicas e modificações epigenéticas, a obesidade se encontra como um dos principais problemas de saúde pública em todo o mundo. A Organização Mundial de Saúde (OMS) prevê que, em 2025, aproximadamente 2,3 bilhões de pessoas estejam com sobrepeso e 700 milhões sofrerão com a obesidade. As estimativas sobre a obesidade e o sobrepeso nos Estados Unidos da América (EUA) são alarmantes. Estima-se que 69% da população estadunidense esteja acima do peso e que 35% seja obesa (FLEGAL et al., 2012).

A população brasileira parece seguir os passos da população estadunidense. Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde (2013), 56,9% dos brasileiros apresentam sobrepeso, ou seja, cerca de 82 milhões de pessoas tem o índice de massa corporal (IMC) igual ou maior do que 25 kg/m^2 , com uma leve predominância no sexo feminino (58,2%) em comparação ao sexo masculino (55,6%). O sobrepeso alcança seu ápice em ambos os gêneros na faixa etária de 55 a 64 anos e, após essa idade, começa a declinar. Já nos obesos com IMC igual ou maior que 30 kg/m^2 , encontra-se a seguinte distribuição: 16,8% dos homens e 24,4% das mulheres, chegando a 32,2% nas mulheres com idade entre 55 e 64 anos, contra 23% nos homens segundo o estudo de Flegal et al. (2012).

O diagnóstico da obesidade se faz a partir do reconhecimento do peso do paciente. É realizado através de medidas antropométricas e cálculo do IMC. Sua classificação, segundo a OMS (2000) é baseada no IMC e apresentada na **Tabela 1**. De fácil aplicação, o IMC é prático, rápido e sem custo para sua realização; porém, ele não leva em consideração aspectos como sexo, idade, etnia e edema, dentre outras variáveis, segundo as Diretrizes Brasileiras de Obesidade (2016).

Tabela 1 – Classificação de peso adaptada pela Organização Mundial de Saúde.

IMC (kg/m ²)	Classificação	Obesidade (grau/classe)	Risco de doença
< 18,5	Magro ou baixo peso	0	Normal ou elevado
18,5–24,9	Normal ou eutrófico	0	Normal
25–29,9	Sobrepeso ou pré- obeso	0	Pouco elevado
30–34,9	Obesidade	I	Elevado
35–39,9	Obesidade	II	Muito elevado
≥ 40,0	Obesidade grave	III	Muitíssimo elevado

Fonte: World Health Organization (2000).

Além do IMC, a adiposidade central (circunferência abdominal) é um fator a ser levado em consideração porque o IMC, apesar de fácil aplicabilidade, não leva em conta o idoso que perde massa magra ou o atleta hipertrofiado. Portanto, a medida da distribuição de gordura é diretamente relacionada com a obesidade e suas comorbidades, conforme aponta Olinto et al. (2007). Pesquisas recentes mostram que a obesidade tem papel fundamental no desenvolvimento de doenças cardiovasculares, estando entre os nove fatores de risco mais importante para o infarto, com risco atribuível de 20,1% (OLINTO et al., 2007). Além da obesidade, aparecem o fumo, a hipertensão, o diabetes, os fatores psicossociais, o pouco consumo de frutas e vegetais e a baixa prática de exercícios físicos que, juntos, atribuem 90% de chances de se ter um infarto cardíaco.

A obesidade normalmente se relaciona com diversas doenças dentre essas a síndrome metabólica se destaca, ela foi definida na década de 1980, inicialmente identificada pela relação da hipertensão, alterações no colesterol e hiperglicemia com a obesidade. Esta tríade ocasiona aumento da resistência à insulina em até 3 vezes mais e risco de mortalidade por doenças cardíacas. O diagnóstico é feito quando o paciente possui 3 dos 5 critérios abaixo:

1. Obesidade central – circunferência da cintura superior a 88 cm na mulher e 102 cm no homem;
2. Hipertensão arterial – pressão arterial maior que 130/85 mmHg;
3. Glicemia maior que 110 mg/dL ou diagnóstico de diabetes;

4. Triglicerídeos maior que 150 mg/dL;
5. *High-density lipoprotein* (HDL – colestero) menor que 40 mg/dL nos homens e 50 mg/dL nas mulheres.

Portanto, a relação das doenças cardiovasculares com a obesidade apresenta uma linha tênue com a morbimortalidade, e merece toda a observação e estudo para controlar sua incidência.

1.2.1 Implicações da obesidade na capacidade funcional

O estilo de vida moderno tem interferido de maneira significativa na qualidade nutricional dos alimentos ingeridos e na redução do gasto calórico das atividades diárias. Assim, a obesidade está associada a diversas comorbidades como hipertensão, doenças do sistema cardiovascular e respiratório, diminuição do bem-estar psíquico, dificuldade de integração social, baixa auto-estima e estigmatização (Diretrizes Brasileiras de Obesidade, 2016).

Todos esses fatores, quando associados ao acúmulo de gordura corporal, sobrecarregam o sistema osteomuscular, reduzindo a capacidade aeróbica e a força muscular esquelética. Compreender todo esse universo e sua relação se torna necessário aos profissionais de saúde, principalmente aos que atuam diretamente com a população de obesos.

Saber avaliar as dificuldades e transtornos vividos pelos obesos é uma ferramenta valiosa para definir as metas e objetivos no tratamento. A capacidade funcional reflete a independência e autonomia do indivíduo e, portanto, é de se esperar que o obeso apresente dificuldades em tarefas simples do dia a dia. Neste sentido, a capacidade funcional é uma ferramenta útil. Ela é avaliada sob dois aspectos principais: um relacionado às atividades básicas (ligadas ao autocuidado) e outro relacionado às atividades instrumentais da vida diária (participação e integração social) (AVILA-FUNES et al., 2006).

Por fim, os obesos apresentam reduzida força muscular, déficit de equilíbrio, baixa capacidade aeróbica e, ainda, redução e até mesmo ausência de atividade física. Esses fatores impactam de maneira significativa na qualidade de vida e na funcionalidade desta população (CASANOVA et al., 2011).

1.2.2 Valores de referencia para o teste de caminhada de 6 minutos

A funcionalidade é um termo abrangente. Refere-se à independência do indivíduo, refletindo as condições funcionais do corpo e a autonomia frente às necessidades da vida diária. Assim, determinar a capacidade funcional do indivíduo torna-se uma necessidade tanto para pesquisas científicas quanto para a aplicação na prática rotineira. Neste sentido, o teste de caminhada de seis minutos (TC6') se mostra como uma importante ferramenta no diagnóstico e análise da capacidade funcional de indivíduos sadios e doentes. Pela facilidade na reprodutibilidade e aplicação, o TC6' é um dos testes mais utilizados mundialmente e, através dele, é possível avaliar as respostas e as inter-relações dos sistemas pulmonar e cardiovascular, o metabolismo muscular e a capacidade funcional (AVILA-FUNES et al., 2006).

Segundo as recomendações da *American Thoracic Society* (ATS, 2002), os TC6' devem ser realizados em um corredor reto, longo, plano, com comprimentos de aproximadamente 30 m e com delimitações do circuito indicada por cones de sinalização. O teste prevê medidas dos sinais vitais, que ocorrem no início, meio e fim do teste, incluindo: saturação periférica de oxigênio (SpO_2); frequência cardíaca (FC); e escala de dispneia de Borg (BORG, 1998).

Pode ser utilizado para diferentes objetivos entre eles destacamos: avaliação de pacientes com doenças cardiovascular, respiratória, obesidade, avaliação de intervenções de programas de reabilitação, programação cirúrgica e avaliação de capacidade funcional (DOURADO, 2010).

Foram desenvolvidas, ao longo dos anos, diversas equações para tentar determinar a distância que deve ser percorrida através do TC6'. Até o momento, pode-se concluir que sua eficiência aumenta quando utilizados valores de referência através de equações que consideram variáveis antropométricas, demográficas e/ou fisiológicas (BRITTO et al., 2013). Formatar uma única equação preditora para todas as populações é impossível, e a averiguação das fórmulas nas diferentes populações se faz necessário; assim, o exame se torna mais fidedigno e as respostas fisiológicas serão mais adequadas.

Para que os resultados do TC6' sejam interpretados de forma correta, foram utilizados modelos de regressão que formulam equações para o cálculo de valores

de referência com base em características demográficas e antropométrica, principalmente: sexo, idade, peso, altura, IMC e variação da FC (DOURADO, 2010; CASANOVA, 2011). Diversos autores adaptaram as equações baseadas nas características das medidas antropométricas das diferentes populações (DOURADO, 2011). Salbach, em 2015, realizou uma meta-análise sobre equações preditivas de TC6'. As quatro variáveis principais incluídas nas 43 equações de referência apresentadas foram: idade (98%); sexo (91%); altura (70%); e peso (49%).

Em 2009, Iwana et al. apresentam os primeiros postulados sobre equações de referência na população brasileira, tendo incluído como variáveis preditivas apenas a idade e o gênero. Depois desses autores, Dourado et al. (2011) publicam seus achados e reformularam a equação para indivíduos saudáveis brasileiros, tendo como variáveis preditivas idade, peso, altura e gênero. Dourado et al. (2011) e Soares & Pereira (2011) elaboram outras equações que preveem a DTC6' levando em consideração o IMC. Em 2013, Britto et al. publicam o primeiro estudo multicêntrico brasileiro para elaborar uma equação de referência, somando as variáveis IMC e variabilidade da FC em sua análise de regressão. Mais recentemente, Almeida et al. (2019) publicaram equações de referência nacionais para o TC6' considerando o percurso de caminhada (10, 20 e 30 metros) e o nível de atividade física do indivíduo.

1.2.3 Implicações da obesidade na função pulmonar

Além das complicações acima descritas, o efeito da obesidade sobre a função pulmonar já é bem documentado na literatura. É sabido que a distribuição do tecido adiposo no tórax e abdome interfere de maneira significativa na mecânica ventilatória e altera a força e resistência muscular respiratória, levando a uma ineficiência da musculatura em gerar volume pulmonar adequado (MAFORT et al., 2016). O aumento do diâmetro abdominal gera compressão diafragmática, pulmonar e da caixa torácica, acarretando um distúrbio restritivo ventilatório. Portanto, é comum encontrar em obesos mórbidos reduções da CRF, do volume de reserva expiratória (VRE), redução da complacência torácica e aumento da resistência pulmonar, segundo aponta Mafort et al. (2016).

Ladosky (2001), em seu trabalho, comparou quatro grupos no pré-operatório de cirurgia bariátrica, estratificando sua amostra em um grupo controle e três grupos divididos de acordo com o IMC. Neste estudo, foram avaliados os seguintes parâmetros espirométricos: ventilação voluntária máxima (VVM), capacidade vital forçada (CVF) e volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁). O autor encontrou correlação negativa entre o IMC e os dados espirométricos, ou seja, quanto maior for o IMC maior é o efeito negativo sobre a função pulmonar. Outro achado em sua pesquisa foi que a relação dos valores de CVF e VEF₁, apesar de terem valores abaixo do esperado para o grupo, apresentou resultados compatíveis com pacientes normais. Este autor sugere que a redução do VEF₁ é decorrente da redução da CVF, e não por distúrbio obstrutivo associado.

Ribeiro (2007) reflete ainda que o efeito da obesidade sobre os volumes e capacidades pulmonares são maiores em homens do que em mulheres, e sugerem que este fato ocorre pela característica da distribuição da gordura corporal, sendo no homem seu acúmulo maior na região abdominal. Os padrões assim descritos são dois, conforme segue:

- 1) Biotipo ginoide – também conhecido como “formato em pera”. Comum entre as mulheres;
- 2) Biotipo androide – conhecido pelo “formato em maçã”. É mais comum nos homens.

Soma-se a esses fatores o efeito inflamatório sistêmico característico deste grupo de pacientes, visto que a obesidade aumenta o risco do desenvolvimento de hiper-reatividade brônquica e, além do mais, aumenta o processo metabólico e o trabalho respiratório. Em consequência destes fatores, pode-se encontrar nos obesos mórbidos um acúmulo de gás carbônico (hipercapnia induzida pela hipoventilação) e apneia obstrutiva do sono.

Por todos os fatores acima expostos, é de se esperar que os obesos apresentem menor resistência muscular e redução da capacidade funcional quando comparados aos não obesos e, além do mais, aumento do risco cirúrgico com maior predisposição ao desenvolvimento de infecções respiratórias e atelectasias (PAISANI et al., 2005).

1.3 Tratamento Cirúrgico da Obesidade

Tratar o paciente obeso não é uma tarefa fácil. É preciso comprometimento do paciente e uma equipe multiprofissional especializada para compreender as causas da obesidade e, então, traçar um plano de intervenção adaptado à necessidade de cada paciente.

Tratamentos convencionais geralmente são poucos eficientes, custosos e com alto índice de desistência do paciente, principalmente naqueles cujo grau de obesidade alcança valores de IMC maiores do que 30 kg/m². O insucesso dos tratamentos alternativos e a necessidade de uma melhora na saúde se fazem necessário, e neste contexto a cirurgia bariátrica aparece como uma alternativa eficaz (Diretrizes Brasileiras de Obesidade, 2016).

A cirurgia bariátrica tem sua indicação precisa quando nenhuma das demais alternativas de tratamento obteve sucesso. Segundo as Diretrizes Brasileiras de Obesidade (2016), as indicações são as seguintes:

- Idade entre 18 e 65 anos;
- IMC maior que 40 kg/m²;
- Uma ou mais comorbidades graves relacionadas à obesidade;
- Documentação comprovando de que o paciente não conseguiu perder peso ou manter a perda de peso com cuidados médicos em pelo menos dois anos.

Basicamente, as cirurgias podem ser classificadas como restritivas, desabsortivas e mistas (**Tabela 2**). A decisão do procedimento leva em conta vários fatores como as comorbidades relacionadas à obesidade, além do IMC.

Tabela 2 – Técnicas cirúrgicas e suas classificações.

Classificação	Técnica
Restritiva	Bandagem gástrica
	Gastrectomia vertical
	Gastrectomia vertical com bandagem
	Balão intragástrico
Predominantemente restritiva	Derivação gástrica em Y de Roux com ou sem anel de contenção
Predominantemente mal absorptiva	Derivação biliopancreática com gastrectomia horizontal com ou sem preservação gástrica distal
	Derivação biliopancreática com gastrectomia vertical e preservação pilórica

Fonte: Zeve (2012).

A procura por um tratamento cirúrgico eficaz em obesos teve início na década de 1950. Consistia em criar um grande efeito desabsortivo através da redução intestinal. Porém, em 1986, Fobi desenvolveu o *by-pass* gástrico que consistiu em colocar um anel de silicone para reduzir o volume gástrico. Posteriormente Capella, na década de 1990, propôs uma técnica cirúrgica nova juntando a gastroplastia associada a um *by-pass* gastrointestinal. Desta forma, se reduziu a dimensão do reservatório gástrico associado a uma redução intestinal; essa técnica é hoje considerada como padrão-ouro para o tratamento da obesidade.

No fim da década de 1980, Rafael Capella & Mathias Fobi propuseram operações bariátricas parecidas, utilizando uma gastroplastia vertical e derivação gastrojejunal em Y de Roux (ZEVE et al., 2012 - **Figura 1**).

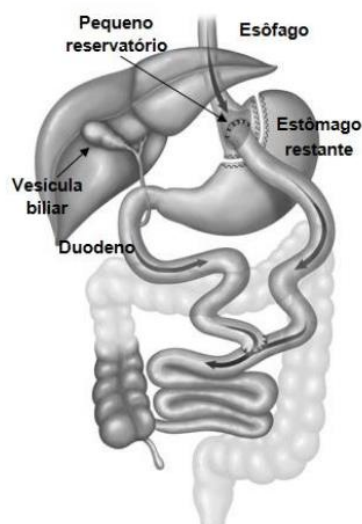


Figura 1 – Gastroplastia com derivação gastrojejunal em Y de Roux.

Fonte: <https://www.scbm.org.br/tecnicas-cirurgicas/#1508949384744-91002b92-8292>

A gastroplastia com derivação gastrojejunal em Y de Roux consiste na redução da capacidade volumétrica do estômago para aproximadamente 20 mL. Nela, o restante do estômago, assim como o duodeno e 50 cm do jejuno ficam separados do trânsito intestinal. O coto gástrico, por sua vez, é anastomosado a uma alça do jejuno “em forma de Y” e seu esvaziamento é limitado por um anel de silicone. Dessa forma, as secreções do estômago e do duodeno são desembocadas por uma anastomose abaixo do reservatório (ZEVE et al., 2012).

1.4 Impacto da Cirurgia Bariátrica na Função Pulmonar e na Dor

A dor pós-operatória é um efeito fisiológico comum. É caracterizada por ser nociceptiva, de início agudo, com tempo delimitado, decorrente do trauma cirúrgico. Afeta aproximadamente 80% dos pacientes. Apesar de ser uma resposta de proteção orgânica, o efeito da dor pós-operatória pode gerar repercussões deletérias, principalmente sobre a função pulmonar (RUBBO, 2010).

Os cuidados com os pacientes que serão submetidos à cirurgia se iniciam no pré-operatório por meio de uma avaliação sobre o risco cirúrgico, principalmente no tocante ao cuidado cardiorrespiratório. Durante o período intraoperatório, existe preocupação com o posicionamento do paciente a fim de evitar lesões por compressão neural, que são comuns neste grupo de pacientes, principalmente em diabéticos. Lesões de plexo braquial podem aparecer pela posição adotada na mesa cirúrgica, mesmo através do uso de coxins e um bom posicionamento do paciente (OGUNNAIKE et al., 2002). Outro risco comum de se encontrar é o de formação de trombose em membros inferiores; assim, deve-se adotar o uso de calças pneumáticas no intuito de facilitar o retorno venoso e reduzir o risco cirúrgico.

Após a intubação do paciente, ocorre a necessidade da definição do volume de ar a ser utilizado na ventilação mecânica (VM). Parece que os volumes pulmonares mais adequados ficam entre 10 e 12 mL/kg peso (lembrar que deve-se sempre considerar o peso ideal do paciente, e não seu peso atual). Alguns estudos sugerem que o uso de volumes maiores pode ser utilizado a fim de manter um valor normal de CRF. Porém, é consenso que volumes maiores podem causar lesão por “estiramento alveolar” (volutrauma), e sua manutenção deve ser feita pelo uso da pressão expiratória final positiva (PEEP) (OGUNNAIKE et al., 2002).

A anestesia é outro fator importante a ser levado em conta no intraoperatório. Deve-se considerar o mecanismo de ação da droga e o efeito em pacientes com aumento do tecido adiposo. Substâncias lipofílicas têm aumento na distribuição em obesos quando estes são comparados aos indivíduos com peso normal (PAISANI et al., 2005; OGUNNAIKE et al., 2002). No obeso, a anestesia amplifica o efeito hipoxêmico através da redução da CRF e causa colapso das

vias aéreas de menor calibre, propiciando risco de desenvolvimento de atelectasia (PAISANI et al., 2005).

A dor como fator de limitação no pós-operatório de cirurgias abdominais abertas ainda é subjugada nos pacientes em unidade de terapia intensiva (UTI). O tratamento analgésico é comumente realizado através de prescrições médicas com horários determinados. Acredita-se que aproximadamente 10,9% dos pacientes sentem dor de forma moderada a intensa (OLIVEIRA et al., 2013). A necessidade da avaliação da dor deve ser rotineira neste grupo de pacientes, pois sua expressão clínica irá refletir na piora da qualidade de vida durante o internamento hospitalar, prejuízos funcionais, redução dos volumes pulmonares pela limitação acentuada da mobilidade tóraco-abdominal e redução das incursões diafragmáticas (TONELLA et al., 2006).

Quantificar o limiar de dor deve ser rotina nos serviços de saúde. Portanto, a adequação do instrumento de medida em obesos é de extrema importância. Diversas escalas são listadas na literatura, incluindo as escalas unidirecionais (escala numérica, escala visual analógica e escala verbal). A escala visual analógica é largamente utilizada na prática clínica e em trabalhos acadêmicos. Ela é de fácil aplicação e quantifica a dor de 0 a 10, sendo 0 sem dor e 10 com dor máxima (RUBBO, 2010) (**Figura 2**).

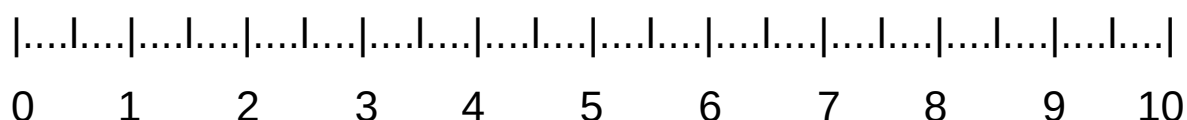


Figura 2 – Escala analógica visual numérica de dor.

Portanto, identificar a dor e tratá-la de maneira eficaz irá resultar em melhores resultados no pós-operatório de cirurgia bariátrica, principalmente naquelas feitas “a céu aberto” a fim de evitar os efeitos nocivos da cirurgia sobre o sistema respiratório.

1.5 Eletroanalgesia Através da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS)

A eletricidade é um efeito fisiológico utilizado pelo corpo humano é através dela que o organismo humano efetua diversas ações como, por exemplo, a contração dos músculos esqueléticos, a contração muscular cardíaca e a transmissão de estímulos. Sua utilização como agente analgésico data de muitos séculos, com descrições dos egípcios adeptos ao uso de enguias elétricas no tratamento de cefaleias e dores reumáticas.

Em 1965, Melzack & Wall apresentaram a “Teoria da Comporta”, que foi um marco na utilização da eletricidade como agente analgésico.

Kitchen S & Bazin S, (1998, p. 277) afirmam

“Esta se trata de uma corrente de baixa frequência com amplitude de onda de 0 a 50 miliampéres (mA), quadrada, assimétrica, bifásica. Não produz efeitos finais polares, o que não causa a longo prazo concentrações iônicas embaixo de cada eletrodo ou no interior dos tecidos”.

Segundo Kitchen & Bazin (1998), a analgesia através da TENS ocorre pela teoria do controle da ponte através da inibição pré-sináptica e pela inibição direta num nervo excitado.

1.5.1 Teoria da Comporta no Controle da Dor e Mecanismos Fisiológicos do Uso da TENS

A “teoria das comportas”, conforme dito anteriormente, tornou-se base no tratamento do alívio da dor através da eletroterapia. Entende-se que a percepção da dor é ajustada por uma comporta que pode ser aberta ou fechada através de impulsos oriundos de nervos periféricos ou do sistema nervoso central (SNC), regulando, desse modo, o trânsito da sensibilidade dolorosa. Assim, a transmissão dos estímulos dolorosos aferentes no sistema nervoso periférico ocorre por fibras do tipo A e do tipo C presentes em nervos que penetram na medula espinhal pelo corno posterior e que envolve as lâminas I, II e III da substância gelatinosa e se

dirigem às células de transmissão na lâmina V. Melzak & Wall (1965) sugerem que a substância gelatinosa funciona como um sistema que controla e modula os estímulos aferentes antes que eles atinjam as células T, ou seja, ocorre apenas a transmissão de um estímulo das fibras A ou C.

O número de fibras nervosas ativas, a frequência dos impulsos e a alternância da atividade entre fibras grossas e finas determinam os efeitos da comporta para os estímulos evocados. Melzak & Wall (1965) sugerem existir uma somatória espacial e temporal, ou uma integração da comporta que aconteceria nas células T. A dor e sua resposta ocorrem quando um determinado sinal inicia o sistema de ação pela saída das células T ao atingirem seu nível crítico, que é determinada pela comporta aferente após sofrer modulação pela substância gelatinosa. As atividades cerebrais, geradas por meio de controle central, são impulsionadas através de vias nervosas descendentes por meio das fibras eferentes que, atuando de forma sincronizada com os sistemas somestésicos (níveis pré-sinápticos), controlariam o *input* sensorial. Logo, o SNC estaria apto a manifestar emoção e atenção, além de memórias passadas.

Segundo Low & Reed (2001, p. 103)

“O efeito da comporta da dor sobre as fibras A delta (dor rápida) e C (dor lenta) no corno posterior deve-se à estimulação de fibras mecanorreceptoras (A beta) por meio de pulsos elétricos de alta frequência e baixa intensidade, às vezes denominados hi-TENS ou TENS convencional.

Ocorre um efeito do tipo morfina sobre o sistema de fibras C. Esse deve-se à encefalina produzida por interneurônios no corno posterior, que são estimulados por fibras receptoras de dor A delta. Essas fibras A delta são estimuladas por pulsos elétricos de baixa frequência e alta intensidade, chamados lo-TENS ou TENS acupuntura.

Ocorre o efeito tipo morfina (encefalina) no sistema de fibras C, como no segundo ponto; porém, por meio de centros no mesencéfalo e envolvendo a serotonina como neurotransmissor, também é ativado pela estimulação de fibras A delta com estímulos de baixa frequência e alta intensidade”.

Aceita-se que os estímulos dos mecanorreceptores reduzem a excitabilidade das células nociceptoras aos estímulos geradores de dor denominado inibição pré-sináptica.

Andrade Filho (2001, p. 279) afirma:

“Quando um estímulo é aplicado na pele, este produz um aumento no número de unidades ativas de fibras receptoras. A resultante dos *inputs* positivos e negativos entre fibras grossas e finas tenderiam a anular um ao

outro. De acordo com a teoria, os interneurônios ativados pelos aferentes de grosso calibre gerariam potenciais negativos nas raízes sensitivas (mecanismo de *feedback* negativo) e a ativação de fibras finas produziria um mecanismo de *feedback* positivo, os quais aumentariam os efeitos de chegada dos impulsos. Entretanto, foi demonstrado que as aferências A delta e C (fibras finas) também geram potenciais negativos na raiz dorsal”.

A teoria da comporta é definida como sendo um modelo anatomofisiológico. Ela atua através de fenômenos inibitórios e excitatórios que são manifestados igualmente nos níveis espinhais e supra-espinhais, conforme defendido por Andrade Filho (2001).

Já a teoria definida por Melzak & Wall (1965) é considerada simples demais por vários autores. A ausência de correspondência anatômica, eletrofisiológica e neuroquímica e de achados clínicos que sustentassem a *teoria das comportas* como originalmente idealizada, foram razões para que ela não fosse aceita como apresentada. Atualmente se acredita que a resposta à eletroestimulação ocorra por interação sensorial, onde as diferentes respostas sensoriais modificam o efeito da eletroanalgesia, conforme defende Teixeira *apud* Andrade Filho (2001).

Os eletrodos são colocados na superfície da pele e os impulsos transmitidos de forma transcutânea estimulam as fibras A beta, mielinizadas, as quais conduzem informações ascendentes proprioceptivas. Essas fibras são sensíveis às ondas bifásicas e monofásicas interrompidas, como a TENS e outros recursos eletroterápicos de características semelhantes. Se a transmissão de estímulos através das fibras A for predominante, o sinal de dor conduzido pelas fibras C é inibido nas células T e não ascende dos tratos espinotalâmicos laterais para o tálamo. Por outro lado, se os impulsos das fibras C superarem os estímulos veiculados pelas fibras A, a dor vai se manifestar.

Desse modo, a base do efeito da TENS, conforme a teoria de controle da comporta é a hiper-estimulação das fibras A, com a finalidade de bloquear a transmissão das fibras tipo C nas comportas do corno posterior da medula. Esse modelo teórico explicaria o alívio da dor enquanto a TENS estiver sendo aplicada e o seu pós-efeito parece estar relacionado com a liberação de opioides endógenos (LOW & REED, 2001).

A “teoria da comporta”, postulada por Melzack & Wall, em 1965, foi um das primeiras tentativas de explicar o efeito da TENS. Atualmente, muito conhecimento sobre os mecanismos periféricos, segmentares e centrais quanto ao uso da TENS

foi desenvolvido e publicado.

Sabe-se hoje que a eficácia da TENS varia de acordo com o tempo de duração de pulso, frequência e forma de onda. Assim, compreender o tipo de dor torna-se primordial no planejamento do tratamento da dor através da eletroanalgesia. Dependendo da modalidade e parâmetros ajustados, há respostas diferentes no controle da dor, seja por mecanismos centrais, periféricos ou segmentares.

As respostas do uso da TENS na ativação da medula espinal resultaria em inibição indireta da produção de substância P. Assim, ocorre a liberação da serotonina, noradrenalina e GABA nos neurônios do corno dorsal da medula. A ativação de receptores GABA-B poderia estar relacionada com a diminuição da produção de glutamato e outros aminoácidos excitatórios, resultando em diminuição da dor. Isso demonstra que a aplicação de TENS na pele do paciente resulta não somente em ação local, medular, mas também supraespinal (BI et al., 2021; CHIMENTI et al., 2018).

A TENS inclui ainda a transmissão de corrente elétrica através da pele atuando sobre os mecanorreceptores periféricos conduzidos pela fibra A-Beta até um conjunto de interneurônios, que por sua vez atuam na inibição da retransmissão, a nível medular, dos estímulos dolorosos conduzidos pelas fibras A-Delta e tipo C (BI et al., 2021; CHIMENTI et al., 2018).

1.6 Uso da Eletroanalgesia no Alívio da Dor e Função Pulmonar no Pós Operatório de Cirurgia Bariátrica

Além das alterações funcionais pulmonares relacionadas à obesidade, a cirurgia bariátrica amplifica o distúrbio ventilatório restritivo, seja pela lesão tecidual causada pela incisão cirúrgica, seja pelo efeito da anestesia, tempo operatório, tempo de VM ou pela dor. Tokuda et al. (2014) cita uma incidência de 12 a 53% dos pacientes que irão apresentar complicações respiratórias pós-operatórias; portanto, quantificar esse efeito é importante para se conhecer a evolução e compreender a condição pós-operatória dos pacientes.

Paisani et al. (2005), em seu estudo, encontraram redução nos volumes e capacidades pulmonares e na força muscular respiratória em todos os pacientes que foram submetidos à cirurgia bariátrica do tipo Capella.

Com o intuito de reduzir os efeitos adversos ocasionados pelo trauma cirúrgico, a fisioterapia se utiliza de diversas técnicas terapêuticas, entre elas a TENS. Esta última aparece como um recurso para auxiliar o tratamento analgésico medicamentoso. A TENS apresenta grande aceitação clínica pela facilidade da aplicação e baixo risco da realização, tendo como efeito principal estimular as fibras que levam o sinal ao cérebro. Sua base é a “teoria das portas” postulada por Melzak e Wall (1965), já detalhada anteriormente.

Tokuda et al. (2014) avaliaram 48 pacientes no pós-operatório de cirurgia abdominal, comparando dois grupos: TENS placebo e TENS intervenção. Estes autores levaram em consideração a dor pós-operatória e a avaliação pulmonar através da espirometria. O estudo encontrou resultados significativos no grupo submetido à intervenção em relação ao controle da dor e ao aumento da CV e do VC.

1.7 Justificativas

Diversos estudos têm demonstrado que o Brasil, assim como outros países em desenvolvimento, convive em uma transição nutricional. Sartorelli & Franco (2003) discorrem que esta mudança gera como consequências o sobrepeso e a obesidade, que estão associados às doenças crônicas não transmissíveis, incluindo a síndrome metabólica que está diretamente relacionada ao diabetes, à hipertensão arterial e às doenças cardiovasculares. É comum encontrar neste grupo de pacientes distúrbios degenerativos osteoarticulares e cânceres. Por todos esses motivos, tem sido observada uma mudança na distribuição da morbidade e mortalidade da população.

Portanto, encontrar formas de prevenir e/ou modificar a evolução da doença se torna uma necessidade de saúde pública. Ações nutricionais, procedimentos cirúrgicos e, ainda, medidas farmacológicas e não farmacológicas se tornam importantes ferramentas no controle e melhora do estado geral do paciente. Neste sentido, a compreensão da capacidade funcional e sua relação com a condição do

obeso facilita a tomada de decisão no processo de reabilitação. Existem diversos testes que buscam traçar uma medida confiável na avaliação da capacidade aeróbica de pessoas sedentárias e, pela facilidade de aplicação, o TC6' é a medida mais utilizada; porém, essa medida não foi desenvolvida, no nível nacional, para levar em consideração as diferenças fisiológicas entre sedentários e obesos. Assim, desenvolver fórmulas e testes específicos para essa população reduz essas distorções e torna o teste mais fidedigno para a realidade do obeso. Com dados mais precisos, pode-se reduzir os riscos cirúrgicos e auxiliar a formulação de planos de tratamento.

Segundo a SBCBM, o número de cirurgias bariátricas no Brasil aumentou 7,5% em 2016 em comparação com o ano de 2015. Considerada o tratamento mais efetivo para obesidade grau III, este tipo de cirurgia tem como finalidade a melhora na qualidade de vida e o aumento no tempo de vida do obeso, impactando sobre os problemas de ordem física e psicossocial que o excesso de peso acarreta.

Porém, a cirurgia bariátrica não é isenta de risco, podendo causar lesão tecidual, seja pela manipulação cirúrgica direta visceral, ou através da própria incisão e pelo uso de afastadores cirúrgicos que auxiliam a exposição do campo operatório. A presença de dor após a intervenção é comum e causa desconforto ao paciente, impedindo seu relaxamento. Isto leva a uma alteração do padrão ventilatório, com ventilação superficial e prejuízo da movimentação no leito (TONELLA et al., 2006).

Com o objetivo de reduzir o quadro doloroso no pós-operatório, a fisioterapia se utiliza de um amplo arsenal de técnicas. Destaca-se, entre elas, a TENS por ser um procedimento não invasivo com poucas contraindicações e de fácil aplicação. Bjordal et al. (2003) compararam o uso da eletroanalgesia à corrente placebo (na corrente placebo não foi fornecido intensidade de corrente e, portanto, não houve o efeito da corrente). Estes autores encontraram redução no consumo de analgésico nos três primeiros dias de pós-operatório, além da redução dos escores de dor no grupo estudo quando comparado com grupo placebo.

Portanto, justifica-se a realização desta pesquisa no âmbito acadêmico e profissional para a verificação do efeito da TENS na dor e função pulmonar em pacientes no pós-operatório de cirurgia bariátrica.

1.7.1 Relevância para as Ciências da Reabilitação

Essa tese tem relevância para as ciências da reabilitação no tocante a compreensão da função pulmonar na distância percorrida no TC6' em obesos mórbidos e, assim, poder desenvolver uma fórmula para calcular a distância percorrida em obesos brasileiros.

Outro fator importante será a compreensão da dor sobre a função pulmonar no pós operatório de cirurgia bariátrica e a verificação do efeito da eletroanalgesia no alívio a dor desses doentes.

Portanto, este estudo irá agregar informações e facilitar a prática diária da comunidade acadêmica e profissional no cuidado e atenção no pré- e pós operatório da população estudada.

1.7.2 Relevância para a Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde

Este estudo pode ser uma importante ferramenta na avaliação funcional de obesos brasileiros e, assim, reduzir os riscos a reabilitação e/ou tratamento cirúrgico. Também esperamos determinar se o uso de tecnologias não invasivas e com pouca contraindicação auxiliam no alívio da dor e manutenção da função pulmonar no pós operatório de cirurgia bariátrica.

1.7.3 Relevância para o Desenvolvimento Sustentável

O presente projeto contempla com relevância os objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU) através do item 3.4 ("Até 2030, reduzir em um terço a mortalidade prematura por doenças não transmissíveis via prevenção e tratamento, e promover a saúde mental e o bem-estar") da "Saúde e Bem Estar", garantindo o acesso à saúde de qualidade e promovendo o bem-estar para todos.

1.8 Objetivos

1.8.1 Geral

Determinar o efeito dos dados demográficos e função pulmonar no TC6' em obesos brasileiros e, também, avaliar o efeito da eletroanalgesia sobre o quadro de dor e a função pulmonar dos pacientes pós-operados de cirurgia bariátrica aberta.

1.8.2 Específico

1. Determinar o efeito dos dados epidemiológicos na predição da distância percorrida de homens obesos brasileiros;
2. Determinar o efeito dos dados epidemiológicos na predição da distância percorrida de mulheres obesas brasileiras;
3. Avaliar os efeitos da eletroanalgesia na redução do quadro álgico de pacientes que realizaram cirurgia bariátrica;
4. Avaliar os efeitos da eletroanalgesia na força muscular respiratória em pacientes que realizaram cirurgia bariátrica;
5. Avaliar a função pulmonar nos períodos pré- e pós-aplicação da eletroanalgesia nesta população de pacientes.

1.9 Hipóteses

H0 – Os dados demográficos e a função pulmonar não irão modificar a fórmula no TC6' em obesos brasileiros e a estimulação elétrica nervosa transcutânea não irá modificar o quadro álgico de pacientes no pós-operatório de cirurgia bariátrica, e consequentemente não trará modificações da função pulmonar.

H1 – Os dados demográficos e a função pulmonar irão modificar a fórmula no TC6' em obesos brasileiros e a estimulação elétrica nervosa transcutânea irá diminuir o quadro álgico de pacientes no pós-operatório de cirurgia bariátrica, e consequentemente irá melhorar a função pulmonar.

Capítulo 2 Participantes e Métodos

2.1 Aspectos éticos

Respeitando todos os protocolos éticos determinados nos estudos com seres humanos, este estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), antes da execução do estudo, em consonância com a Resolução 466/2012, obtendo a aprovação expressa pela numeração CAAE:11613219.0.0000.5219 (**Anexo 2**). Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE, **Apêndice 1**) após serem informados sobre a natureza do estudo e do protocolo a ser realizado.

2.2 Delineamento do estudo

O estudo pode ser dividido em dois tipos de delineamento, conforme segue:

- A pesquisa sobre a contribuição da função pulmonar na distância predita no teste de caminhada de 6 minutos em homens e mulheres obesas brasileiras se caracteriza por ser um estudo transversal.
- Já a pesquisa sobre o papel da estimulação elétrica nervosa transcutânea no pós-operatório de pacientes submetidos à cirurgia bariátrica se caracteriza por ser um ensaio clínico experimental controlado e randomizado, prospectivo, tendo uma abordagem quantitativa.

2.3 Pré-registro do protocolo

Uma vez que envolve ensaio clínico, o protocolo do estudo acerca do papel da estimulação elétrica nervosa transcutânea no pós-operatório de pacientes submetidos à cirurgia bariátrica foi registrado no www.clinicaltrials.gov sob o número NCT04800640.

2.4 Local de realização do estudo

A pesquisa foi realizada no período de junho de 2019 a dezembro de 2020, no Centro de Reabilitações e na Fundação Hospitalar São Lucas – FAG do Centro Universitário Assis Gurgacz, na cidade de Cascavel – Paraná (PR).

2.5 Amostra

A amostra foi composta por 386 obesos (123 homens e 263 mulheres), sendo pacientes que realizaram avaliação pré-operatória de cirurgia bariátrica no Centro de Reabilitações do Centro Universitário FAG.

Dos 386 participantes da pesquisa 78 pacientes foram elegíveis e para a cirurgia sendo incluídos no estudo. 11 foram excluídos por terem recebido alta antes da finalização da aplicação do protocolo e um paciente por complicação pós-operatória. Assim sendo, foram incluídos 66 pacientes, sendo 50 mulheres e 16 homens randomizados em dois grupos: 1) grupo intervenção composto por 33 pacientes; e 2) grupo placebo composto por 33 pacientes. A amostra foi randomizada em dois grupos por blocos de 4 conforme segue: 1) grupo intervenção, composto por pacientes que efetivamente receberam o tratamento através da eletroanalgesia por meio de TENS; e 2) grupo placebo, composto por indivíduos que realizaram a TENS placebo (porém, estes não foram submetidos à eletroanalgesia). Durante toda a aplicação do protocolo, foi mantida a rotina de medicação analgésica administrada que incluía dipirona e tramadol (Tramal[®]) de horário e sulfato de morfina (Dimorf[®]) à critério do médico plantonista do período.

2.5.1 Cálculo ou justificativa do tamanho amostral

Como foi realizado busca ativa de todos os prontuários dos pacientes que realizaram avaliação fisioterápica no período pré-operatório de cirurgia bariátrica, foi utilizada uma amostra de conveniência.

Já o cálculo do tamanho da amostra do estudo que verificou os efeitos da eletroanalgesia no pós-operatório foi feito no software MedCalc 8.2 (MedCalc

Software Mariakerke, Bélgica). Uma vez que o objetivo principal do estudo era o uso da eletroanalgesia e seu efeito sobre a dor e a função pulmonar em indivíduos no pós-operatório de cirurgia bariátrica, tomou-se como base a variável “tamanho populacional”, sendo o valor médio utilizado para o cálculo baseado em estudos anteriores (TOKUDA et al., 2014; WANG et al., 1997). Então, considerando $\alpha = 5\%$, $\beta = 20\%$ e intervalo de confiança de 95%, o tamanho da amostra mínimo obtido foi de 62 participantes em cada grupo. Ajustando-se para possíveis perdas da ordem de 10%, calculou-se a amostra em 66 participantes em cada grupo.

Para interpretar os resultados nulos, uma análise de potência *post hoc* foi realizada usando o software GPower 3.1.1. Considerando um erro tipo I de 5% e erro tipo II de 10% (poder do estudo de 90%), seria necessária uma amostra mínima de 46 participantes (23 por grupo) para observar uma diferença média de pelo menos 2 (DP de 2) na intensidade da dor entre os grupos após a intervenção de 4 sessões de eletroanalgesia.

2.5.2 Local de recrutamento dos participantes

Os indivíduos foram recrutados no Centro de Reabilitações da FAG e na UTI da Fundação Hospitalar São Lucas – FAG.

2.5.3 Critérios de inclusão

1. Pacientes que participaram da avaliação fisioterápica pré-operatória no Centro de Reabilitações do Centro Universitário FAG, com idade igual ou maior que 18 anos, de ambos os sexos, candidatos à cirurgia bariátrica.
2. Pacientes submetidos a gastroplastia com derivação gastrojejunal em Y de Roux (pela mesma equipe cirúrgica), com idade igual ou maior que 18 anos, de ambos os sexos, no período entre junho de 2019 e fevereiro de 2020 (a coleta foi interrompida pela pandemia de COVID-19).

2.5.4 Critérios de exclusão

1. Pacientes com idade acima de 50 anos;

2. Indivíduos com instabilidade hemodinâmica no pós-operatório;
3. Uso de ventilação mecânica por mais de 24 horas;
4. Contraindicações quanto ao uso do TENS (presença de marcapasso cardíaco, hipersensibilidade quanto ao uso da TENS);
5. História prévia de epilepsia;
6. Pacientes com pontuação, na escala de coma de Glasgow (Anexo I), menor que 15;
7. Pacientes que optarem pela retirada durante o estudo.

2.6 Procedimentos/Metodologia proposta

2.6.1 Avaliação clínica

No período pré-operatório, os participantes foram avaliados através de uma ficha de dados composta pelos dados de identificação, coleta de dados vitais e dados antropométricos, incluindo sexo, idade, altura, peso e IMC. Em seguida, foi realizada a avaliação da função pulmonar através de espirometria e manovacuometria e, por fim, o TC6'.

No período pós-operatório, os participantes do estudo foram submetidos a uma avaliação fisioterapêutica (**Apêndice 2**) composta por dados de identificação do participante, dados intra-operatórios, monitorização dos sinais vitais e coleta das variáveis do estudo. Após 6 horas do internamento na UTI, os participantes foram sentados em poltrona seguindo protocolo interno, e respeitados 10 minutos para o retorno dos dados aos valores basais. Após este período, foi realizada medida protetiva do participante através da avaliação dos sinais vitais (pressão arterial, saturação parcial de oxigênio e frequência cardíaca) e verificação do nível de consciência através da Escala de Glasgow. Foram avaliados, também, o nível de dor através da Escala Visual Analógica da Dor (EVA), antes e após cada aplicação da eletroanalgesia, força muscular respiratória pela manovacuometria e espirometria no pré-operatório e no segundo dia de pós-operatório.

A EVA consiste em uma linha reta, numerada, de 10 cm, apresentada em uma folha em branco. Nela, a extremidade esquerda numerada com 0 significa sem

dor, enquanto a extremidade direita numerada com 10 significa a pior dor imaginável (ANDRELLA et al., 2007).

A força muscular respiratória foi avaliada através de valores obtidos pela manovacuometria, através de manovacômetro digital (Globalmed® modelo MVD 300, Porto Alegre, Brasil), com o paciente sentado, utilizando clipe nasal. A mensuração da pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) e da pressão expiratória máxima (PE_{máx}) foi realizada conforme descrito nas Diretrizes para Testes de Função Pulmonar da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT, 2002).

A técnica utilizada para a realização da espirometria foi a preconizada nas Diretrizes para Testes de Função Pulmonar da SBPT (2002) e o aparelho usado será um espirômetro portátil (Micromedical®, modelo Microloop, Brasília, Brasil), devidamente testado e aprovado.

Após a avaliação fisioterapêutica, foi realizado o sorteio do grupo através do delineamento em blocos de 4 pelo Fisioterapeuta e foram aplicadas 4 sessões de TENS (KLD Endophasys® modelo NMS.0501, Jardim Camanducaia, São Paulo, Brasil). A aplicação da TENS foi realizada 30 minutos após a administração de medicamentos. Para sua aplicação, utilizou-se 4 eletrodos autoadesivos posicionados a 3 cm da incisão cirúrgica, conforme recomendações de Ferreira & Beleza (2007). O paciente foi colocado sentado pelo período de 10 minutos para estabilização dos sinais vitais. A TENS foi aplicada através de corrente convencional com frequência igual a 80 hertz (Hz) e largura de pulso igual a 200 us, sendo utilizada como alívio para dor aguda (MARIMOTO et al., 2009). O pulso bipolar assimétrico com 30 minutos de aplicação, com intensidade modulada em um nível sensorial forte, o qual foi modificado após 10 minutos do início da aplicação para manutenção de uma sensação de formigamento na região abdominal (FERRAZ et al., 2009).

Após o término do tratamento, o participante foi reavaliado através da escala EVA, manovacuometria e espirometria, objetivando determinar a influência da TENS no quadro de dor, PI_{máx}, PE_{máx} e parâmetros espirométricos.

2.7 Desfechos

2.7.1 Variáveis de desfecho primário

Determinação da relação da função pulmonar e variáveis demográficas com o TC6' em obesos brasileiros e, assim, construção de equações de referência no teste de caminhada para obesos brasileiros.

Determinação do efeito da TENS sobre a dor através da EVA e a função pulmonar no pós-operatório de cirurgia bariátrica.

2.7.2 Variáveis de desfecho secundário

Associação entre a função pulmonar e variáveis demográficas com o TC6'.

Associação entre a eletroanalgesia, dor, parâmetros espirométricos (CVF, VEF₁ e PEF) e parâmetros de força muscular respiratória (PI_{máx} e PE_{máx}).

2.8 Análise estatística

Todos os dados coletados foram inclusos em um banco de dados mediante a utilização de planilha eletrônica (Microsoft® Office Excel XP Professional). Após a conferência de todos os dados da planilha.

Análise estatística artigo I

Foram utilizados métodos estatísticos paramétricos porque as variáveis apresentaram uma distribuição Gaussiana de acordo com o teste de Shapiro-Wilk, e realizado uma análise gráfica de histogramas. Para a confiabilidade da análise foi realizado teste-reteste, com avaliação do coeficiente de correlação intraclasse. As correlações da DTC6' com dados antropométricos e demográficos e parâmetros de função pulmonar foram analisadas pelo coeficiente de Pearson. A análise de regressão linear *stepwise forward* foi aplicada para identificar variáveis independentes que explicassem a DTC6' e para gerar a equação de referência para DTC6'. A significância estatística foi considerada com $P < 0,05$. A calibração foi verificada usando um limite de concordância (LoA) com o método Bland-Altman e

gráfico de calibração (valor observado vs. previsto para a DTC6' juntamente com as linhas de regressão mostrando a inclinação e a interceptação). A análise foi realizada usando o software SAS 6.11 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, EUA). Também foi feita uma análise *post hoc* usando o software GPower 3.1.1 baseado em um erro *a priori* tipo I α 0,05 (bicaudal), sendo que esta análise mostrou que os efeitos foram detectados com uma potência na faixa de 73% a 99%.

Análise estatística artigo II

Os dados foram analisados no SAS 6.11 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, EUA). Os resultados foram expressos em média $\pm$ desvio padrão ou frequência (porcentagem). A normalidade da distribuição dos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e análise gráfica dos histogramas. A associação da DTC6' com dados clínicos e de função pulmonar foi determinada pelo coeficiente de correlação de Pearson (r). A regressão linear múltipla foi aplicada para identificar as variáveis independentes clínicas e funcionais que explicam a DTC6'. A calibração foi verificada usando o gráfico de calibração (DTC6' observada vs prevista, juntamente com linhas de regressão mostrando a inclinação e a interceptação) e o gráfico de limites de concordância (LoA) pelo método de Bland-Altman. Além disso, foi utilizada a análise de variância unidirecional juntamente com o teste de comparação múltipla de Tukey para encontrar diferenças significativas nas variáveis clínicas ou de função pulmonar entre as 3 classes de obesidade. $P < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

Análise estatística artigo III

A normalidade dos dados foi avaliada através do teste Shapiro-Wilk e os resultados expressos em média $\pm$ desvio padrão (DP) ou mediana (intervalos interquartílicos) de acordo com a distribuição gaussiana ou não gaussiana de cada variável. A comparação entre grupos de acordo com idade, altura, peso e IMC foi analisada pelo teste *t de Student* para amostras independentes ou pelo teste de Mann-Whitney para dados numéricos e pelo teste exato de Fisher para dados categóricos. As medidas de função pulmonar, dor e dados hemodinâmicos foram avaliados pelo teste dos postos sinalizados de Wilcoxon, e a comparação dos deltas absolutos entre os grupos foi avaliada pelo teste de Mann-Whitney. O critério de determinação de significância adotado foi o nível de 5%. A análise estatística foi

processada pelo software estatístico SAS® System, versão 6.11 (SAS Institute, Inc., Cary, Carolina do Norte, EUA).

2.9 Apoio financeiro

Segue as especificações abaixo:

CNPJ	Nome	Tipo de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.	E-mail	Telefone
33.654.831/0001-36	CNPq	Auxílio à pesquisa	central.atendimento@faperj.br	(21) 2333-2000
30.495.394/0001-67	FAPERJ	Auxílio à pesquisa	atendimento@cnpq.br	(61) 3211 4000
00.889.834/0001-08	CAPES	Bolsa	sic@cnpq.br	0800 616161 Opção 7

Capítulo 3 Produção Intelectual

3.1. Artigo #1

3.1.1. Metadados do artigo #1

Journal:	Journal of Obesity
Two-year Impact Factor (YEAR)⁴:	Em aguardo
Classificação Qualis (ANO)⁵:	B1
Publicado em:	08/07/2021

3.1.2. Contribuição dos autores do artigo #1 de acordo com a proposta *Contributor Roles Taxonomy (CRediT)*¹

Iniciais dos autores, em ordem:	CAL	TTM	RRS	ICP	FMS	AJL
Concepção	X		X	X	X	X
Métodos	X		X	X	X	X
Programação	X					X
Validação	X					X
Análise formal	X					X
Investigação	X		X	X	X	X
Recursos	X					X
Manejo dos dados	X					X
Redação do rascunho	X	X	X	X	X	X
Revisão e edição	X	X	X	X	X	X
Visualização	X	X	X	X	X	X
Supervisão	X					X
Administração do projeto						X
Obtenção de financiamento						X

¹ Disponível para consulta em:

¹ Disponível para consulta em:

¹ Detalhes dos critérios em:

Reference Value for the Distance Walked in the Six-Minute Walk Test in Obese Brazilian Men in the Preoperative Period of Bariatric Surgery

Short title: Six-minute walk test in obese Brazilian men

Cesar Antonio Luchesa,^{1,2} Thiago Thomaz Mafort,³ Rafael Rodrigues da Silva,² Isabela Cristina Paro,² Fernanda Micheli de Souza,² Agnaldo José Lopes,^{1,3}

¹*Rehabilitation Sciences Post-Graduation Program, Augusto Motta University Centre (UNISUAM), Rio de Janeiro, Brasil*

²*Rehabilitation Centre, University Centre Fundação Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Brasil*

³*Medical Sciences Post-Graduation Program, School of Medical Sciences, State University of Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Brasil*

ORCID numbers and email addresses:

Cesar Antonio Luchesa: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1801-0277>. E-mail: fisioterapia_ala@saolucas.fag.edu.br

Thiago Thomaz Mafort: ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6193-4822>. E-mail: tmafort@gmail.com

Rafael Rodrigues da Silva: ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9538-6206>. E-mail: rafael_rssilva@hotmail.com

Isabela Cristina Paro: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1020-9185>. E-mail: isabelaparo44@gmail.com

Fernanda Micheli de Souza: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7803-3609>. E-mail: feermicheli97@gmail.com

Agnaldo José Lopes: ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8598-4878> E-mail: agnaldolopes.uerj@gmail.com

Correspondence should be addressed to Agnaldo J. Lopes; agnaldolopes.uerj@gmail.com

Abstract

Background: Obesity has several effects on the mechanics of the rib cage that may impair the exercise performance of obese individuals and therefore impact the assessment of surgical risk. This study aimed to establish a reference value for the 6-minute walk distance (6MWD) in obese Brazilian men in the preoperative period of bariatric surgery that considers the effect of lung function. **Methods:** This was a cross-sectional study in which 104 obese men underwent the six-minute walk test (6MWT) before bariatric surgery. They also underwent the spirometry test and respiratory muscle strength measurement before the 6MWT. **Results:** The 6MWD was correlated with age ($r = -0.388$, $p = 0.0005$), weight ($r = -0.365$, $p = 0.0007$), height ($r = 0.285$, $p = 0.022$), body mass index (BMI) ($r = -0.543$, $p < 0.0001$), forced vital capacity (FVC) ($r = 0.472$, $p < 0.0001$), peak expiratory flow ($r = 0.253$, $p = 0.031$), and maximal inspiratory pressure ($r = 0.313$, $p = 0.017$). In the stepwise forward regression analysis, BMI, FVC, and age were the only variables that independently predicted the 6MWD and explained 40% of its variability. The reference equation proposed for obese

Brazilian men is $6MWD(m) = 570.5 - (3.984 \times BMI_{kg/m^2}) + (1.093 \times FVC_{\%predicted}) - (0.836 \times age_{yrs})$. *Conclusion:* In this sample of obese Brazilian men, lung function contributed to poor performance in the 6MWT. In these individuals, BMI, FVC, and age were the variables that composed the reference equation for the 6MWD. Thus, in several clinical settings, such as in the evaluation before bariatric surgery, pulmonary function data are important to determine the reference value for the 6MWD.

1. Introduction

Obesity hinders walking and is therefore an important component of functional limitation, which can be caused by a sedentary lifestyle and the numerous adverse effects of excess weight [1, 2]. Obese individuals have a lower exercise capacity not only because walking is a weight-bearing activity but also because these individuals have significant comorbidities [3]. The six-minute walk test (6MWT) is a measure of functional capacity and is a low-cost and easy-to-administer tool to measure submaximal loads during exercise [4]. To better understand the 6MWT, values that predict the six-minute walk distance (6MWD) should be carefully selected [5]. However, 6MWT reference values for healthy, normal-weight individuals are of limited value for obese subjects because physiological factors, including a lower tolerance to effort, together with a higher prevalence of comorbid conditions, are responsible for the consistently lower 6MWD in obese individuals [6].

The performance of an obese individual in the 6MWT should be evaluated considering the various repercussions that obesity causes in the body [6]. In addition to causing mechanical compression of the lungs and thoracic cavity, obesity increases both the neural respiratory drive and the thoracic blood volume [7], resulting in a reduction in thoracic compliance, impairment of diaphragmatic function, and an increase in respiratory work, which negatively impact lung function [8].

Although spirometry test results have been used in preoperative assessments of obese people, their relationship with the functional capacity of obese individuals is uncertain [9, 10]. Considering the need to estimate cardiopulmonary function in the preoperative evaluation for bariatric surgery and to establish the surgical risk, knowing the influence of lung function measurements on the 6MWD is important [1, 9, 10-12]. Thus, we aimed to establish a reference value for the 6MWD in obese Brazilian men in the preoperative period of bariatric surgery that considers the effect of lung function.

2. Materials and methods

2.1. Study design and participants

A cross-sectional study was conducted between March 2020 and February 2021 with 104 obese men (of 123 eligible) in the preoperative period before bariatric surgery at the University Centre Fundação Assis Gurgacz, Cascavel, Brazil. All individuals older than 18 years with a body mass index (BMI) $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ [13] who attended the centre throughout the study course were invited to join. These volunteers were recruited by an advertisement in the centre. Individuals who reported smoking (smoking load ≥ 10 pack-years), subjects with a previous report of cardiopulmonary or neuromuscular disorders or lower limb fractures, and those with difficulties completing the protocol tests (spirometry test and the 6MWT) were excluded.

The study protocol was approved by the research ethics committee of our institution under CAAE No. 11613219.0.0000.5219, and all participants read and signed the informed consent form.

2.2. Lung function

The spirometry test was performed using a MicroLoop device (ML3535, Micro Medical, Kent, UK) according to the recommendations of the American Thoracic Society/European Respiratory Society [14]. Respiratory muscle strength was measured using a GlobalMed digital manometer (MVD 300, Porto Alegre, Brazil). We used Brazilian reference values to express the variables of pulmonary function tests as percentages of predicted values [15, 16].

2.3. Six-minute walk test

The 6MWT was performed according to previously described recommendations using a 30-m runway demarcated with cones at both ends [17]. Blood pressure, heart rate, respiratory rate, peripheral oxygen saturation (SpO₂), and Borg's perceived exertion scale were measured before and after the 6MWT. The examiner also used words of encouragement every minute. At the end of the sixth minute, the stop point and the 6MWD were recorded. Thirty minutes after the first 6MWT, the participants performed a second 6MWT to avoid possible learning and adaptation effects, as observed in conditions affecting the respiratory system [18]. Only the test with the highest 6MWD was considered for analysis.

2.3. Data analysis

Parametric methods were applied because the variables showed a Gaussian distribution according to the Shapiro-Wilk test, and a graphical analysis of histograms was performed. For the test-retest reliability analysis, a two-way random-effects intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated using a confidence interval of 95% (95% CI). The correlations of the 6MWD with anthropometric, demographic, and pulmonary function data were analysed by Pearson's coefficient. Stepwise forward linear regression analysis was applied to identify independent variables that explained the 6MWD and generate the reference equation for 6MWD. The results are expressed as the mean $\pm$ standard deviation (SD) or frequency (percentage), and statistical significance was accepted at $p < 0.05$.

Calibration was verified using a limits of agreement (LoA) plot with the Bland-Altman method and a calibration plot (the observed vs. predicted 6MWD along with regression lines showing the slope and intercept). Data analysis was performed using SAS 6.11 software (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA).

Post hoc power analysis using GPower 3.1.1 software based on an a priori type I error $\alpha = 0.05$ (two-tailed) and a complete-case analysis showed that the observed significant effects were detected with a power in the range of 73% to 99%.

3. Results

Among the 123 obese subjects who were eligible for the study, 19 were excluded for the following reasons: individuals with a smoking load ≥ 10 pack-years ($n = 10$); reporting prior cardiopulmonary disease ($n = 5$); history of lower limb surgery ($n = 2$); and difficulties in

performing acceptable manoeuvres in the spirometry test ($n = 2$). No patients refused to perform the 6MWT.

The mean age was 41.4 ± 12.2 years, and 21 (20.2%) had a history of smoking (smoking load < 10 pack-years). The mean BMI was 48.1 ± 8.4 kg/m², while the mean 6MWD was 439.1 ± 82.3 m. No participant showed a decrease $\geq 4\%$ in SpO₂ at the end of the 6MWT.

According to the spirometry test, 38 (36.5%) and 30 (28.8%) participants had a forced vital capacity (FVC) and peak expiratory flow (PEF) $< 80\%$ of the predicted values, respectively, and no patient showed a forced expiratory volume in one second (FEV₁)/FVC $< 70\%$. According to measurements of respiratory muscle strength, the maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure were $< 80\%$ of the predicted values in 23 (22.1%) and 16 (15.4%) participants, respectively. Anthropometric, demographic, pulmonary function, and 6MWT data are shown in Table 1.

TABLE 1: Anthropometric and demographic data, lung function, and six-minute walk test results of the evaluated sample.

Variables	Values ($n = 104$)
Anthropometric and demographic variables	
Age (years)	41.4 ± 12.2
Weight (kg)	146.5 ± 27.5
Height (m)	1.74 ± 0.1
BMI (kg/m ²)	48.1 ± 8.4
Lung function	
FVC (% predicted)	83.5 ± 16.1
PEF (% predicted)	90.1 ± 21.1
FEV ₁ /FVC (%)	85.4 ± 6.5
MIP (% predicted)	95.3 ± 12.8
MEP (% predicted)	85.4 ± 13.3
Six-minute walk test	
6MWD (m)	439.2 ± 82.7

The results are expressed as the means $\pm$ SD; BMI: body mass index; FVC: forced vital capacity; PEF: peak expiratory flow; FEV₁: forced expiratory volume in one second; MIP: maximal inspiratory pressure; MEP: maximal expiratory pressure; 6MWD: six-minute walk distance.

When comparing the means of the two 6MWT trials performed by the participants, no significant difference was noted, although the distance covered in the second 6MWT was longer (451.4 ± 87.5 m vs. 430.6 ± 79.3 m, $p = 0.79$); 81% of the participants performed better on the second test. Highly significant intraobserver agreement was observed between the measurements of the two 6MWT trials (ICC = 0.92, 95% CI = 0.85-0.97; $p < 0.0001$).

We evaluated the correlations between the 6MWD and the anthropometric, demographic, and pulmonary function data. In this analysis, significant positive correlations were observed between the 6MWD and the following variables: height ($r = 0.285$, $p = 0.022$), FVC ($r = 0.472$, $p < 0.0001$), PEF ($r = 0.253$, $p = 0.031$), and MIP ($r = 0.313$, $p = 0.017$). Significant negative correlations were observed between the 6MWD and the following variables: age ($r = -0.388$, $p = 0.0005$), weight ($r = -0.365$, $p = 0.0007$), and BMI ($r = -0.543$, $p < 0.0001$) (Figure 1).

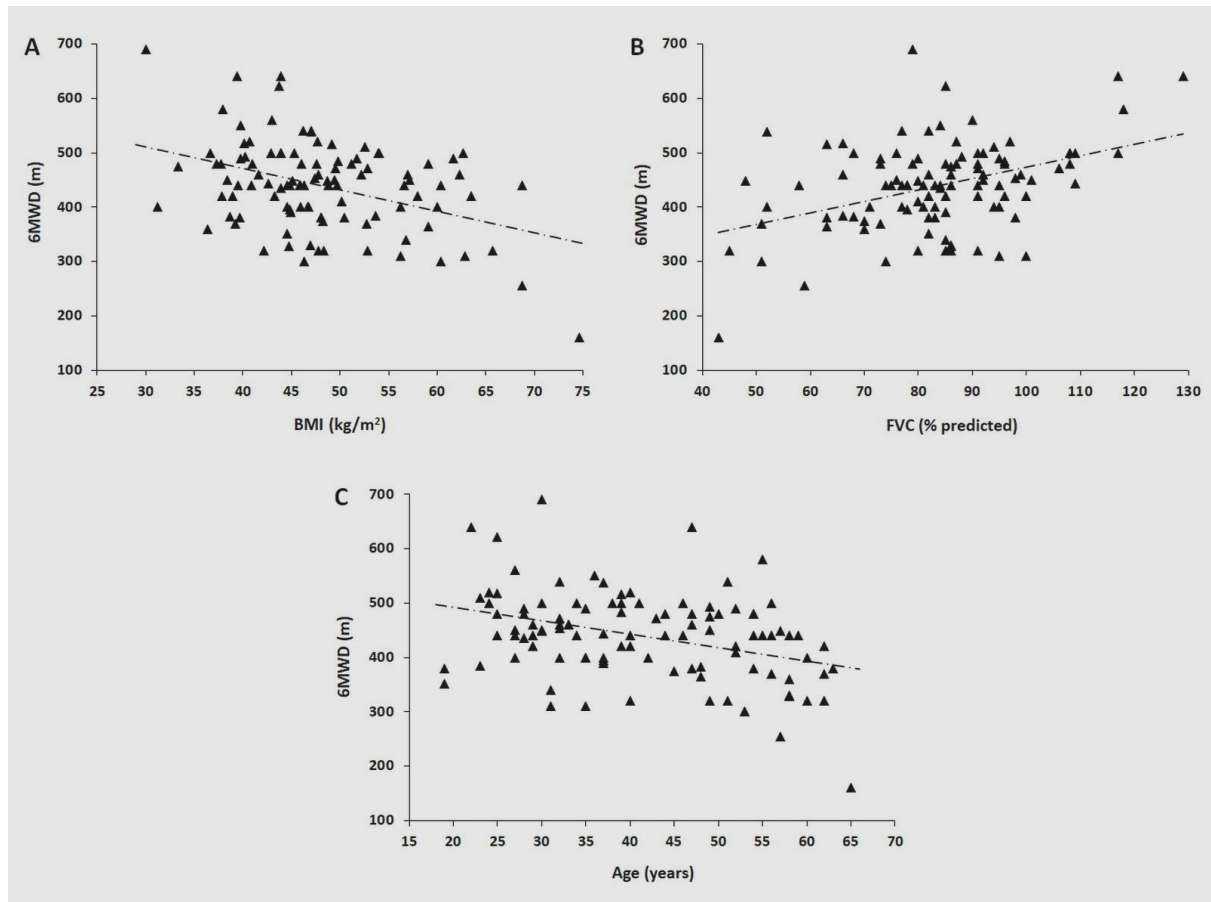


FIGURE 1: Relationships of the six-minute walk distance (6MWD) with (A) body mass index (BMI, $r = -0.543$, $p < 0.0001$), (B) forced vital capacity (FVC, $r = 0.472$, $p < 0.0001$), and (C) age ($r = -0.388$, $p = 0.0005$).

Finally, we evaluated whether the anthropometric, demographic, and pulmonary function variables could predict performance during the 6MWT using nine predictor variables. In the stepwise forward regression analysis, BMI, FVC, and age were the only variables that independently predicted 6MWD, and these variables explained 40% of its variability (Table 2). The reference equation proposed was as follows: $6MWD (m) = 570.5 - (3.984 \times BMI_{kg/m^2}) + (1.093 \times FVC_{\%predicted}) - (0.836 \times age_{yrs})$; $R^2 = 0.40$ (standard error of the regression coefficient = 47.3 m).

TABLE 2: Multiple regression model for the six-minute walk distance of obese men using demographic and anthropometric data and lung function variables.

Independent variables	B	SEB	p-value	Cumulative R^{2*}
Constant	560.5	47.3	< 0.0001	
BMI	-3.984	0.481	< 0.0001	0.30
FVC	1.093	0.222	0.0007	0.36
Age	-0.836	0.290	0.008	0.40

B: regression coefficient; SEB: standard error of the regression coefficient; R^2 , adjusted determination coefficient; BMI: body mass index; FVC: forced vital capacity. *Cumulative R^2 is the total ratio of variance explained by the model.

Regarding the calibration of the regression model, most differences were within the LoA, with a random distribution over the mean values in the range of the highest concentration

(350-500 m). However, a slight bias was observed for high and low values of the distance covered (Figure 2). Additionally, no clear relationship was detected between the differences (bias) and the mean (given by the straight line), and the fitted line had a slight slope in relation to the main diagonal (Figure 3).

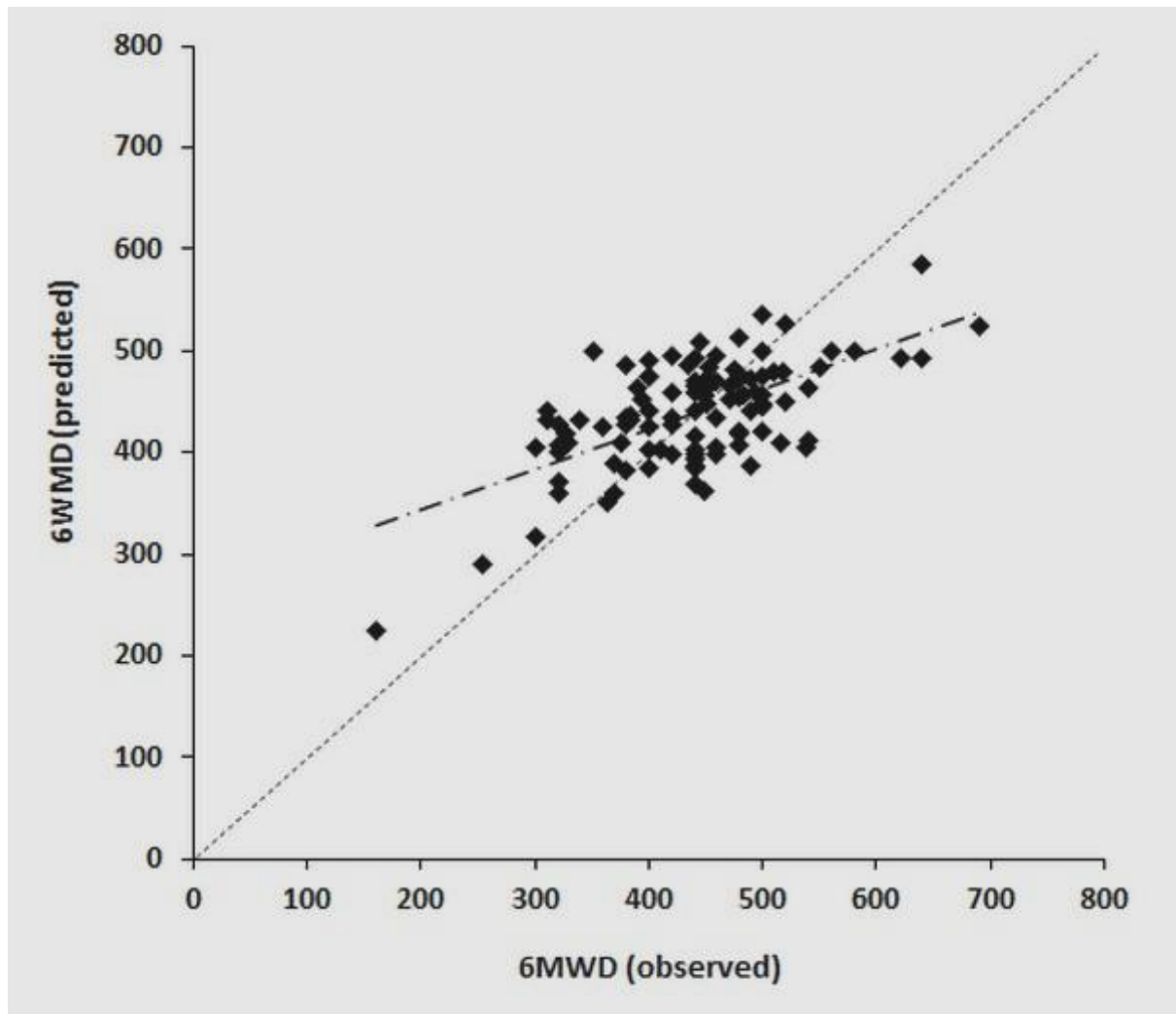


FIGURE 2: Limits of agreement plot of the averaged values and differences (observed - predicted values) for the 6MWD; the mean difference was zero with a standard deviation of 64 m, and the corresponding 95% limits of agreement were -126 m (lower) and +126 m (upper).

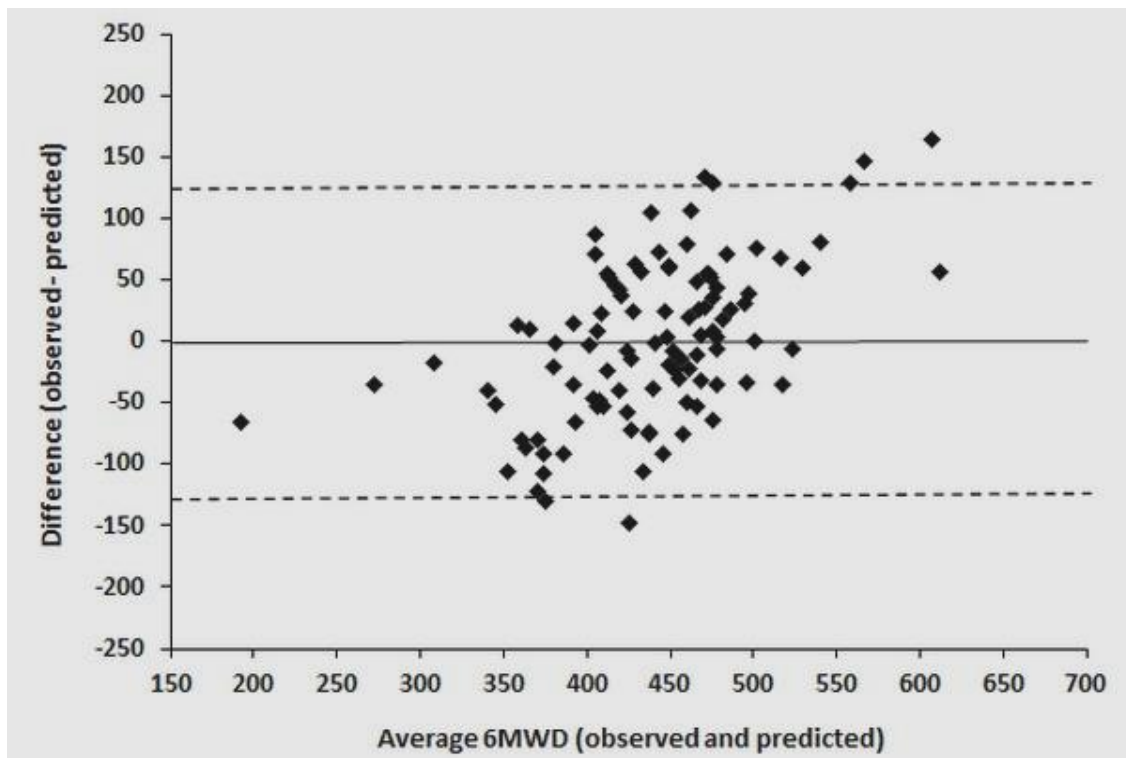


FIGURE 3: Calibration plot of the observed vs. predicted values for the 6MWD; Pearson's correlation coefficient between the observed and predicted 6MWD was $r = 0.65$ ($p < 0.0001$).

4. Discussion

The main finding of the present study was that in a population of obese men with a high BMI in the preoperative period before surgery, obesity, BMI, FVC, and age were independent factors predicting the 6MWD. In addition, the 6MWT was highly reproducible in these individuals, although a second test showed greater distance walked, possibly due to a learning effect. In this study, the reference equation for the 6MWD in obese Brazilian men obtained shortly before bariatric surgery was reported for the first time. These results are important in risk assessment and fitness assessment before bariatric operations.

6MWT outcomes are associated with daily physical activity and can also be considered a direct measure of impaired quality of life [19]. The 6MWD is highly correlated with exercise measurements on a stationary bicycle or treadmill and has the advantage of reflecting a subject's usual activities [20]. Despite the importance of the 6MWT, research on its value for the obese population is limited. In addition, almost all previous studies involving the 6MWT have been performed in samples predominantly composed of obese women, who have very different performance from that observed in obese men during submaximal exercise [3, 6, 11, 19, 21]. Similar to Wooldridge et al. [4], Vanhelst et al. [22], and Hulens et al. [23], we observed that BMI was one of the most important variables in the reference equation for the 6MWD of obese subjects, which is not surprising because excess weight increases the workload and affects walking due to trunk oscillation and the increased distance between the feet [2]. Age was also a variable that was included in the reference equation for the 6MWD in this population. In addition to being overweight, obese individuals are thought to suffer many of the effects of age on functional capacity, including changes in the osteoarticular and neuromuscular systems related to ageing [24].

The 6MWT evaluates the global and integrated responses of all systems involved in exercise, including the respiratory system. Obesity causes numerous repercussions for the respiratory system, including reduced lung compliance and increased surface tension of the alveoli due to a lower functional residual capacity and airway closure, with the formation of atelectatic areas [25, 26]. Excess fat in the thorax may also increase pulmonary resistance and even promote changes in the ventilation/perfusion ratio due to hypoxemia and possibly to the closure of small airways [7, 27]. Since obesity can compress the lungs and the rib cage, we thought that subjects in the preoperative period of bariatric surgery might have worse performance during the 6MWT due to the decrease in lung function. In fact, pulmonary function—more precisely, the FVC that reduces restrictive ventilatory impairment in the spirometry test—negatively impacted 6MWD in our explanatory model for obese Brazilian men. The deposition of fat in the thoracoabdominal region is one of the main mechanisms responsible for the reduction in lung volume, promotes changes in the compliance of the respiratory system, and worsens the performance of the muscles responsible for breathing [28].

Interestingly, the pattern of body fat distribution as determined by anthropometric measurements or complementary tests such as dual-energy X-ray absorptiometry seems to be relevant to the changes in lung function observed in obese people. The android pattern with fat accumulation in the abdominal region seems to have a more negative impact on lung function, as it causes greater impairment of ventilatory mechanics and increases resistance to diaphragmatic contraction. This phenomenon explains the greater FVC impairment in obese men than in women of the same BMI since in women, the predominant pattern of fat accumulation is gynoid, where fat accumulation occurs in the gluteofemoral region [29, 30].

Reliability, repeatability, and reproducibility are three of the fundamental properties of a test and are influenced by many factors [31]. The reproducibility of the 6MWT has been evaluated in different studies (including in patients with and without respiratory diseases) and with various test-retest intervals [32-35]. Despite its excellent reproducibility, there is strong evidence of a learning effect for the 6MWD when two or more tests are conducted [18]. The present results showed that the 6MWT is reproducible in obese individuals; however, 81% of the subjects showed greater distance walked in the second test. Although the 6MWT is reliable, patients improve their performance when performing the second test, probably because they underestimate their functional capacity [18, 35]. Other proposed mechanisms for increasing performance with test repetition include familiarity with the walking course, improved pacing, and increased motivation [32]. These results should encourage professionals to assess the 6MWT twice, especially when using this test as an outcome measure (e.g., assessing the impact of bariatric surgery on functional capacity).

In our reference equation, BMI, FVC, and age explained 40% of the 6MWD variability. Few studies have evaluated the impact of lung function on the 6MWD in obese and nonobese individuals. Camarri et al. [36] evaluated 70 Caucasian subjects and showed that height and FEV₁ were the only significant independent predictors of 6MWD, which explained 33.9% of the variance in their model. In their study, most individuals (63%) were overweight or obese, although the entire group had median FEV₁ and FVC values within the normal ranges. Unlike our model, their 6MWD explanatory model did not include BMI, possibly because few subjects had a BMI > 30 kg/m². In obese Brazilian women, it was recently shown that BMI, FVC, age, and maximal inspiratory pressure explained 41% of the variability in 6MWD [7]. Since we evaluated a population in the preoperative period before bariatric surgery, our

results may better reflect the physical fitness of individuals with a high BMI and their need for surgical intervention.

The reference equations for the 6MWD in healthy adults (men and women) by Enright & Sherrill [37] are among the oldest and most used, and therefore, it is worth highlighting them. In men, these authors found that age, body weight, and height were independently associated with the distance covered in the 6MWT. Similar to our findings, approximately 60% of the variance in 6MWD remained unexplained in their gender-specific models. Although Enright and Sherrill's equations have been used in clinical practice in subjects with different BMIs, the conversion factors in the formula are unreliable because these equations were originally validated for BMI < 35 kg/m² [6]. Furthermore, their study excluded subjects with FEV₁ < 70% of the predicted value, although lung function is a major contributor to performance during the 6MWT in obese people [12, 36].

Our study has limitations. First, the present study evaluated only obese men, precluding extrapolation of our results to obese men of other age groups, such as adolescents and elderly men. Second, we used only spirometry tests and measurements of respiratory muscle strength. More complex pulmonary function analysis tools, such as whole-body plethysmography, the forced oscillation technique, and carbon monoxide diffusion capacity, may better predict the impact of lung function on the 6MWD. Our reference value of the 6MWD in obese men may serve as a useful reference for future clinical and research studies. Future studies should also evaluate the impact of other organ systems that are known to be compromised in obesity, such as the cardiovascular and musculoskeletal systems.

5. Conclusions

In this sample of obese Brazilian men, lung function contributed to poor performance in the 6MWT. In these individuals, BMI, FVC, and age were the variables that composed the reference equation for the 6MWD. Thus, in the preoperative evaluation before weight loss surgery, pulmonary function data are important to determine the reference value for the 6MWD in obese Brazilian men.

Data Availability

The data used to support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Conflicts of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Funding statement

This study was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) [grant numbers 407138/2018-8 and 302215/2019-0], the Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) [grant numbers #E-26/202.679/2018 and #E-26/010.002124/2019], and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) [Finance Code 001].

References

- [1] S. A. F. de Souza, J. Faintuch, S. M. Fabris et al., “Six-minute walk test: functional capacity of severely obese before and after bariatric surgery,” *Surgery for Obesity and Related Diseases*, vol. 5, no. 5, pp. 540–543, 2019.
- [2] G. Correia de Faria Santarém, R. de Cleva, M. A. et al., “Correlation between body composition and walking capacity in severe obesity,” *PLoS One*, vol. 10, no. 6, pp. e0130268, 2015.
- [3] L. M. Donini, E. Poggiogalle, V. Mosca, A. Pinto, A. Brunani, and P. Capodaglio, “Disability affects the 6-minute walking distance in obese subjects (BMI>40 kg/m²),” *PLoS One*, vol. 8, no. 10, pp. e75491, 2013.
- [4] J. S. Wooldridge, M. S. Herbert, J. Hernandez et al., “Improvement in 6-min walk test distance following treatment for behavioral weight loss and disinhibited eating: an exploratory secondary analysis,” *International Journal of Behavioral Medicine*, vol. 26, no. 4, pp. 443–448, 2019.
- [5] C. Casanova, B. R. Celli, P. Barria et al., “The 6-min walk distance in healthy subjects: reference standards from seven countries,” *European Respiratory Journal*, vol. 37, no. 1, pp. 150–156, 2011.
- [6] P. Capodaglio, S. A. De Souza, C. Parisio et al., “Reference values for the 6-min walking test in obese subjects,” *Disability and Rehabilitation*, vol. 35, no. 14, pp. 1199–1203, 2013.
- [7] T. T. Mafort, R. Rufino, C. H. Costa, and A. J. Lopes, “Obesity: systemic and pulmonary complications, biochemical abnormalities, and impairment of lung function,” *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, vol. 11, pp. 28, 2016.
- [8] T. M. D. C. S. Carvalho, A. F. Soares, D. C. S. Climaco, I. V. Secundo, and A. M. J. Lima, “Correlation of lung function and respiratory muscle strength with functional exercise capacity in obese individuals with obstructive sleep apnea syndrome,” *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, vol. 44, no. 4, pp. 279–284, 2018.
- [9] A. van Huisstede, L. U. Biter, R. Luitwieler et al., “Pulmonary function testing and complications of laparoscopic bariatric surgery,” *Obesity Surgery*, vol. 23, no. 10, pp. 1596–1603, 2013.
- [10] D. Clavellina-Gaytán, D. Velázquez-Fernández, E. Del-Villar et al., “Evaluation of spirometric testing as a routine preoperative assessment in patients undergoing bariatric surgery,” *Obesity Surgery*, vol. 25, no. 3, pp. 530–536, 2015.
- [11] C. B. Vargas, F. Picolli, C. Dani, A. V. Padoin, and C. C. Mottin, “Functioning of obese individuals in pre- and postoperative periods of bariatric surgery,” *Obesity Surgery*, vol. 23, no. 10, pp. 1590–1595, 2013.
- [12] C. A. Luchesa, T. T. Mafort, R. R. Silva, I. C. Paro, F. M. Souza, and A. J. Lopes, “Contribution of lung function in predicting distance covered in the 6-min walk test in obese Brazilian women,” *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, vol. 53, no. 12, pp. e10279, 2020.
- [13] World Health Organization, “Obesity and overweight—fact sheet N° 311,” 2020, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>.
- [14] M. R. Miller, J. Hankinson, V. Brusasco et al., “Standardization of spirometry,” *European Respiratory Journal*, vol. 26, no. 2, pp. 319–338, 2005.
- [15] J. A. Neder, S. Andreoni, M. C. Lerario, L. E. Nery, “Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation,” *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, vol. 32, no. 6, pp. 719–727, 1999.

- [16] C. A. C. Pereira, T. Sato, and S. C. Rodrigues, "New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil," *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, vol. 33, no. 4, pp. 397–406, 2007.
- [17] ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories, "ATS statement: guidelines for the six-minute walk test," *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol. 166, no. 1, pp. 111–117, 2002.
- [18] A. E. Holland, M. A. Spruit, T. Troosters et al., "An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease," *The European Respiratory Journal*, vol. 44, no. 6, pp. 1428–1446, 2014.
- [19] M. J. Ekman, M. Klintenberg, U. Björck, F. Norström, and Ridderstråle, "Six-minute walk test before and after a weight reduction program in obese subjects," *Obesity*, vol. 21, no. 3, pp. E236–E243, 2013.
- [20] K. Beriault, A. C. Carpentier, C. Gagnon et al., "Reproducibility of the 6-minute walk test in obese adults," *International Journal of Sports Medicine*, vol. 30, no. 10, pp. 725–727, 2009.
- [21] N. N. Crispim Carvalho, V. J. Baccin Martins, J. Modesto Filho, F. Bandeira, F. C. Fernandes Pimenta, and J. L. de Brito Alves, "Relationship between skeletal muscle mass indexes and muscular function, metabolic profile and bone mineral density in women with recommendation for bariatric surgery," *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, vol. 12, pp. 2645–2654, 2019.
- [22] J. Vanhelst, P. S. Fardy, J. Salleron, and L. Béghin, "The six-minute walk test in obese youth: reproducibility, validity, and prediction equation to assess aerobic power," *Disability and Rehabilitation*, vol. 35, no. 6, pp. 479–82, 2013.
- [23] M. Hulens, G. Vansant, A. L. Claessens, R. Lysens, and E. Muls, "Predictors of 6-minute walk test results in lean, obese and morbidly obese women," *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, vol. 13, no. 2, pp. 98–105, 2003.
- [24] V. P. Almeida, A. S. Ferreira, F. S. Guimarães, J. Papathanasiou, and A. J. Lopes, "Predictive models for the six-minute walk test considering the walking course and physical activity level," *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 55, no. 6, pp. 824–833, 2019.
- [25] C. M. Salome, G. G. King, and N. Berend, "Physiology of obesity and effects on lung function," *Journal of Applied Physiology*, vol. 108, no. 1, pp. 206–211, 2010.
- [26] D. J. Brazzale, J. J. Pretto, and L. M. Schachter, "Optimizing respiratory function assessments to elucidate the impact of obesity on respiratory health," *Respirology*, vol. 20, no. 5, pp. 715–721, 2015.
- [27] P. L. Gontijo, T. P. Lima, T. R. Costa, E. P. Reis, F. P. Cardoso, and F. F. Cavalcanti Neto, "Correlation of spirometry with the six-minute walk test in eutrophic and obese individuals," *Revista da Associação Médica Brasileira*, vol. 57, no. 4, pp. 380–386, 2011.
- [28] R. L. Jones and M. M. Nzekwu, "The effects of body mass index on lung volumes," *Chest*, vol. 130, no. 3, pp. 827–833, 2006.
- [29] G. Enzi, M. Gasparo, P. R. Biondetti, D. Fiore, M. Semisa, and F. Zurlo, "Subcutaneous and visceral fat distribution according to sex, age, and overweight, evaluated by computer tomography," *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 44, no. 6, p. 739–746, 1986.
- [30] R. M. Steele, F. M. Finucane, S. J. Griffin, N. J. Wareham, and U. Ekelund, "Obesity is associated with altered lung function independently of physical activity and fitness," *Obesity*, vol. 17, no. 3, pp. 578–584, 2009.

- [31] J. W. Bartlett and C. Frost, "Reliability, repeatability and reproducibility: analysis of measurement errors in continuous variables," *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, vol. 31, no. 4, pp. 466–475, 2008.
- [32] S. Jenkins and N. M. Cecins, "Six-minute walk test in pulmonary rehabilitation: do all patients need a practice test?," *Respirology*, vol. 15, no. 8, pp. 1192–1196, 2010.
- [33] Julie Adsett 1, Robert Mullins, Rita Hwang et al., "Repeat six-minute walk tests in patients with chronic heart failure: are they clinically necessary?," *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, vol. 18, no. 4, pp. 601–606, 2011.
- [34] B. A. Pankoff, T. J. Overend, S. D. Lucy, and K. P. White, "Reliability of the six-minute walk test in people with fibromyalgia," *Arthritis Care and Research*, vol. 13, no. 5, pp. 291–295, 2000.
- [35] E. E. Kakitsuka, A. A. Morita, E. Y. Itakussu et al., "Six-minute walk test in burned subjects: applicability, reproducibility and performance at hospital discharge," *Burns*, vol. 46, no. 7, pp. 1540–1547, 2020.
- [36] B. Camarri, P. R. Eastwood, N. M. Cecins, P. J. Thompson, and S. Jenkins, "Six minute walk distance in healthy subjects aged 55-75 years," *Respiratory Medicine*, vol. 100, no. 4, pp. 658–665, 2006.
- [37] P. L. Enright and D. L. Sherrill, "Reference equations for the six-minute walk in healthy adults," *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol. 158(5 Pt 1), p

3.2. Artigo #2

3.2.1. Metadados do artigo #2

Journal:	Brazilian Journal of Medical and Biological Research
Two-year Impact Factor (YEAR)⁶:	2,59
Classificação Qualis (ANO)⁷:	A4
Publicado em:	21/10/2020

3.2.2. Contribuição dos autores do artigo #2 de acordo com a proposta *Contributor Roles Taxonomy (CRediT)*²

Iniciais dos autores, em ordem:	CAL	TTM	RRS	ICP	FMS	AJL
Concepção	X		X	X	X	X
Métodos	X		X	X	X	X
Programação	X					X
Validação	X					X
Análise formal	X					X
Investigação	X		X	X	X	X
Recursos	X					X
Manejo dos dados	X					X
Redação do rascunho	X	X	X	X	X	X
Revisão e edição	X	X	X	X	X	X
Visualização	X	X	X	X	X	X
Supervisão	X					X
Administração do projeto						X
Obtenção de financiamento						X

Contribution of lung function in predicting distance covered in the 6-minute walk test in obese Brazilian women

Authors and Affiliations:

C. A. Luchesa^{1,2}, T. T. Mafort³, R. R. Silva², I. C. Paro², F. M. Souza², A. J. Lopes^{1,3}

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

²Centro de Reabilitações, Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, PR, Brasil

³Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Corresponding author: A. J. Lopes, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Rua Dona Isabel, 94, Bonsucesso, 21032-060, Rio de Janeiro/RJ, Brasil. E-mail: agnaldolopes.uerj@gmail.com

Sources of financial support: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), and Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

Key words: Obesity; Functional capacity; Exercise; 6-minute walk test; Pulmonary function test

Running title: 6-minute walk test in obese women in view of lung function

The ORCID numbers and e-mails of all authors:

1. Cesar Antonio Luchesa: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1801-0277>. E-mail: fisioterapia_ala@saolucas.faq.edu.br
2. Thiago Thomaz Mafort: ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6193-4822>. E-mail: tmafort@gmail.com
3. Rafael Rodrigues da Silva: ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9538-6206>. E-mail: rafel_rssilva@hotmail.com
4. Isabela Cristina Paro: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1020-9185>. E-mail: isabelaparo44@gmail.com
5. Fernanda Micheli de Souza: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7803-3609>. E-mail: feermicheli97@gmail.com.
6. Agnaldo José Lopes: ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8598-4878>. E-mail: agnaldolopes.uerj@gmail.com

Abstract

Obesity affects the respiratory system through various mechanisms, including systemic inflammation and direct mechanical hindrance due to fat deposition in the chest and abdomen. In addition, changes in the neural control of respiration and increases in thoracic blood volume can promote abnormalities in lung function. Thus, determining relationships between the distance covered in the 6-min walk test (6MWT) and demographic and lung function variables may help us better understand the mechanisms involved in reduced functional exercise capacity in obesity. To explore the determinants of the 6-min walking distance (6MWD) and evaluate the influence of lung function on the distance covered, 263 obese Brazilian women performed the 6MWT and underwent spirometry and respiratory muscle strength measurement. The mean age was 41.8 ± 11.1 years. The mean body mass index (BMI) was 45 ± 8 kg/m². The 6MWD showed correlations with height ($r=0.319$), age ($r=-0.281$), weight ($r=-0.370$), BMI ($r=-0.561$), forced vital capacity (FVC, $r=0.443$), expiratory peak flow ($r=0.278$), maximal inspiratory pressure (MIP, $r=0.326$), and maximal expiratory pressure ($r=0.259$), all with $P<0.0001$. In the stepwise forward regression analysis, BMI, FVC, age, and MIP were the independent predictive variables for 6MWD, explaining 41% of its variability. The reference equation including lung function was as follows: $6MWD (m) = 513.6 - (4.439 \times BMI_{kg/m^2}) + (1.136 \times FVC_{\%predicted}) - (1.048 \times age_{yrs}) + (0.544 \times MIP_{\%predicted})$. Thus, the inclusion of lung function in a reference equation for 6MWD contributes to increasing the ability to predict the distance covered in this population.

Introduction

Obesity is a global public health problem, not only in developed countries but throughout the world (1). The prevalence of obesity has increased rapidly in the last 2 decades, and its presence is associated with significant morbidity, premature mortality, worse health-related quality of life (HRQoL), and higher health care costs (2). An increase in body weight has an effect not only on appearance, self-esteem, and social relationships but also on the level of health and, consequently, on the general condition and efficiency of the body (3). In addition, the increasing amount of adipose tissue reduces muscle mass and strength, which limit the body's ability to maintain a prolonged effort without feeling fatigue (3).

The ability to walk a certain distance is an important measure of physical function and a valuable component of HRQoL because it reflects the ability to perform activities of daily living (ADLs) (4). In obese subjects, the lower skeletal muscle strength, cardiopulmonary capacity, and effort tolerance and the high metabolic costs translate to increased walking inefficiency, which together with the increased prevalence of associated comorbidities can impair walking (4). In addition, pain in overloaded joints during walking is a frequent complaint in obese individuals, who tend to walk more slowly and report dyspnea more frequently than nonobese individuals (5). Walking is the most accessible exercise modality for weight control. Performance tests, such as the 6-min walk test (6MWT), may reveal the limitations in the cardiorespiratory and motor functions underlying obesity-related disability (4,6). In this sense, determining the relationship between the 6-min walking distance (6MWD) and the demographic and functional variables of obese subjects may help to better understand the mechanisms involved in their reduced functional exercise capacity.

Some variables, such as age, anthropometric data, body composition, muscle strength, and disability, seem to have different degrees of impact on the 6MWD of obese individuals (4,6,7). Despite the importance of evaluating the performance of obese subjects during the 6MWT, few studies have analyzed the correlates of 6MWD in obese subjects. Moreover, although the results have been found to be highly reproducible, they are

influenced by a number of factors, including the degree of obesity and aerobic capacity (7,8). To our knowledge, no previous study has evaluated the influence of lung function in predictive models for obese Brazilian individuals, despite the knowledge of the impact of obesity on lung function.

Obesity affects the respiratory system through several mechanisms, including systemic inflammation and direct mechanical changes due to fat deposition in the chest and abdomen (9). It increases respiratory work and therefore increases the neural respiratory drive, in addition to causing respiratory sleep disorders and, eventually, hypercapnic respiratory failure (10). In this context, pulmonary function tests (PFTs) may be useful to assess whether a physiological change can be explained by the effects of obesity on the respiratory system. An increase in the volume of adipose tissue in the perithoracic and abdominal regions reduces the compliance of the thoracic cavity and lung volumes and impairs diaphragmatic function, making the respiratory muscles do more work (11). The overall effect is an overload of the respiratory muscles, which increases respiratory effort, peak oxygen uptake (peak VO_2), and energy expenditure (10).

According to the predictive equations in the literature for the 6MWT, obese individuals walk a shorter distance while doing more work (4,7,12). The reference values obtained from healthy and normal-weight populations predictably disregard the reduced performance capacity of obese individuals. Instead, specific reference values for this population can serve as a reference to assess the functional capacity at baseline, prescribe the appropriate exercise intensity, and monitor changes after rehabilitation interventions (4,13). Thus, the objectives of the present study were to further explore the determinants of the 6MWD and to assess the influence of lung function measurements on the 6MWD in Brazilian obese women.

Patients and Methods

Patients

This was a cross-sectional study that evaluated women with body mass index (BMI) $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ and age ≥ 18 years who were in the preoperative period of bariatric surgery at Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz (FAG), located in the city of Cascavel, Paraná state, Brazil. Those who met any of the following criteria were excluded: smokers or ex-smokers with a smoking status of >10 pack-years; history of cardiac disease (including cardiac arrhythmia, unstable angina, myocardial infarction, uncontrolled hypertension [higher than 180/100 mmHg]); history of pleuropulmonary disease (including chronic obstructive pulmonary disease, asthma and restrictive disorders other than obesity); orthopedic or neurological conditions that could cause changes in gait; prior hip or lower limb surgery; inability to perform PFTs; and inability to perform the 6MWT. Pathologies were excluded using anamnesis, physical examination, and laboratory tests, when necessary. To define the patient's physical activity level, the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) was applied (14). All assessments were performed on the same day.

The protocol was approved by the Research Ethics Committee of FAG under CAAE No. 11613219.0.0000.5219, and all participants signed the informed consent form.

Measurements

Anthropometry. Weight and height were measured using standard techniques, with participants wearing light clothing and no shoes. Weight was measured to the nearest 0.1 kg on a calibrated balance, and height was measured to the nearest 0.1 cm using a stadiometer. BMI was calculated as the weight in kilograms divided by the square of the height in meters (kg/m^2), and the participants were classified according to the degree of obesity as follows: class I (BMI 30 to 34.9 kg/m^2); class II (BMI 35 to 39.9 kg/m^2); and class III (BMI $\geq 40 \text{ kg/m}^2$) (1).

Lung function. Spirometry was performed using a MicroLoop portable spirometer (ML3535, Micro Medical, Kent, UK), while respiratory muscle strength was measured using a GlobalMed digital manometer (MVD 300, Porto Alegre, Brazil). The results of these tests are expressed as the percentage of the predicted value (15,16).

6MWT. Functional exercise capacity was evaluated using the 6MWT according to the guidelines of the American Thoracic Society (17). The test was performed in a 30 m corridor with a hard, flat surface marked every 3 m with colored tape on the floor and with 2 cones indicating the length of the walkway. Before and at the end of the test, the heart rate (Δ HR), systolic blood pressure (Δ SBP), diastolic blood pressure (Δ DBP), peripheral oxygen saturation (SpO_2) and Borg's Perceived Exertion Scale (BPES) were measured. The BPES was applied at baseline and at 6 min of the 6MWT using a range from 0 (nothing at all) to 10 (extremely severe) (18). Participants were instructed to walk as fast as possible. They were allowed to stop or rest during the test, if necessary. Two tests were performed with a minimum interval of 30 min of rest to avoid the effect of learning and adaptation, and the highest 6MWD was used for analysis. The 6MWT has been shown to be valid and reliable in obese individuals (8).

Statistical analysis

Data were analyzed in SAS 6.11 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA). The results are expressed as the mean $\pm$ SD or frequency (percentage). The normality of data distribution was assessed using the Kolmogorov-Smirnov test and graphical analysis of histograms. The association of 6MWD with demographic and anthropometric and lung function data was determined by the Pearson correlation coefficient (r). Stepwise forward linear regression analysis was applied to identify the demographic, anthropometric, and functional independent variables explaining the 6MWD. Two regression models were estimated in this study. In the first model, only the demographic and anthropometric data (basic model) were the independent variables. In the second model, in addition to clinical data, pulmonary function parameters were also included as independent variables (final model). The backward stepwise method was performed to select independent variables in the multiple linear regression models, and only variables with $P < 0.10$ in the bivariate analysis were retained in the basic and final models.

Calibration was verified using the calibration plot (6MWD observed vs predicted, along with regression lines showing the slope and intercept) and the limits-of-agreement (LoA) plot by Bland-Altman method. Additionally, we used one-way analysis of variance along with Tukey's multiple comparison test to find any significant differences in clinical or lung function variables between the 3 obesity classes. $P < 0.05$ was considered statistically significant.

Results

Of the 302 obese women eligible for the study, 39 were excluded for the following reasons: history of smoking >10 packs-year ($n=21$); history of cardiopulmonary disease ($n=10$); history of orthopedic or neurological disease ($n=5$); and reporting prior hip or lower limb surgery ($n=3$). Thus, the evaluated sample consisted of 263 obese women.

The mean age was 41.8 ± 11.1 years, while the mean BMI was 45 ± 8 kg/m². In terms of the level of physical activity assessed by the IPAQ, 172 patients were sedentary, 77 were insufficiently active, and 14 were active; none were considered "very active". Twenty-eight patients were prescribed beta-blockers, 24 were taking statins, and 17 were taking oral hypoglycemic agents.

The mean 6MWD was 428.3 ± 85.7 m; 86 (32.7%) participants walked <400 m, and 177 (67.3%) participants walked ≥ 400 m. Regarding lung function, 84 (31.9%) and 49 (18.6%) participants had forced vital capacity (FVC) and peak expiratory flow (PEF) $<80\%$ of predicted, respectively. Maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP) were $<80\%$ of predicted in 54 (20.5%) and 37 (14.1%) participants, respectively. Demographic data, metabolic status, comorbidities, lung function, and functional capacity are listed in Table 1.

Table 1. Demographic and anthropometric parameters, nutritional status, lung function, and functional capacity of obese women.

Variables	
Demographic and anthropometric data	
Age (years)	41.8 ± 11.1
Weight (kg)	116.2 ± 20.6
Height (cm)	161 ± 0.07
BMI (kg/m ²)	45 ± 8
Obesity classification	
Class 1 (%)	13 (4.94)
Class 2 (%)	56 (21.3)
Class 3 (%)	194 (73.8)
Comorbidities	
Hypertension (%)	54 (20.5)
Dyslipidemia (%)	33 (12.5)
Type 2 diabetes (%)	25 (9.50)
Lung function	
FVC (% predicted)	88.4 ± 17.7
PEF (% predicted)	99.2 ± 22
MIP (% predicted)	106.4 ± 21.4
MEP (% predicted)	96.4 ± 21.7
6-min test distance	
6MWD (m)	428.3 ± 85.7
Δ BPFS	3.65 ± 1.83
Δ HR (bpm)	22 ± 6.75
Δ SBP (mm Hg)	19 ± 8.43
Δ DBP (mm Hg)	17 ± 9.50

$\Delta \text{SpO}_2 (\%)$

-1.53 ± 2.16

Values are means $\pm$ SD or frequencies (%). BMI: body mass index; FVC: forced vital capacity; PEF: peak expiratory flow; MIP: maximal inspiratory pressure; MEP: maximal expiratory pressure; 6MWD: 6-min walk distance; Δ BPES: difference in Borg's Perceived Exertion Scale between 0' and 6'; Δ HR: difference in heart rate between 0' and 6'; Δ SBP: difference in systolic blood pressure between 0' and 6'; Δ DBP: difference in diastolic blood pressure between 0' and 6'; ΔSpO_2 : difference in peripheral oxygen saturation between 0' and 6'.

We compared the data on lung function and functional capacity between the 3 obesity classes. There were significant differences in FVC values [class I = 104.8 ± 14 vs. class II = 89.2 ± 16.6 vs. class III = $87 \pm 17.4\%$ of predicted], with class I significantly different from class II ($P < 0.01$) and class I significantly different from class III ($P < 0.001$). There were significant differences in 6MWD values [class I = 585.8 ± 112.9 vs. class II = 430.1 ± 73.8 vs. class III = 417.3 ± 76.4 m], with class I significantly different from class II ($P < 0.0001$) and class I significantly different from class III ($P < 0.0001$).

Finally, we investigated the associations between 6MWD and demographic parameters, metabolic status, and lung function (Table 2 and Figure 1). 6MWD was positively correlated with height ($r = 0.319$, $P < 0.0001$), FVC ($r = 0.443$, $P < 0.0001$), PEF ($r = 0.278$, $P < 0.0001$), MIP ($r = 0.326$, $P < 0.0001$), and MEP ($r = 0.259$, $P < 0.0001$). The 6MWD correlated negatively with age ($r = -0.281$, $P < 0.0001$), weight ($r = -0.370$, $P < 0.0001$), and BMI ($r = -0.561$, $P < 0.0001$). In the multiple linear regression, BMI and age were the independent predictive variables for 6MWD in the basic model, explaining 34% of its variability. BMI, FVC, age, and MIP were the independent predictive variables for 6MWD in the final model, explaining 41% of its variability (Table 3). Therefore, the reference equation including lung function (final model) was as follows: $6\text{MWD (m)} = 513.6 - (4.439 \times \text{BMI}_{\text{kg/m}^2}) + (1.136 \times \text{FVC}_{\% \text{predicted}}) - (1.048 \times \text{age}_{\text{yrs}}) + (0.544 \times \text{MIP}_{\% \text{predicted}})$; $R^2 = 0.41$ (standard error of the regression coefficient = 51.8 m).

Table 2. Pearson's correlation coefficients for the 6-min walk distance with demographic parameters, nutritional status, and lung function.

Variables	6MWD	
	r	P value
Age (years)	-0.281	<0.0001
Weight (kg)	-0.370	<0.0001
Height (cm)	0.319	<0.0001
BMI (kg/m ²)	-0.561	<0.0001
FVC (% predicted)	0.443	<0.0001
PEF (% predicted)	0.278	<0.0001
MIP (% predicted)	0.326	<0.0001
MEP (% predicted)	0.259	<0.0001

Bold type indicates significant correlations. 6MWD: 6-min walk distance; BMI: body mass index; FVC: forced vital capacity; PEF: peak expiratory flow; MIP: maximal inspiratory pressure; MEP: maximal expiratory pressure.

Table 3. Independent linear models for the 6-min walk distance using demographic and anthropometric parameters, nutritional status, and lung function.

Variables	B	SEB	P value	R	Adjusted R ²	RMSE (m)	AIC
Basic model							
Constant	748.7	27.4	<0.0001				
BMI	-5.696	0.541	<0.0001	0.56	0.31	71.1	2993
Age	-1.533	0.388	0.0001	0.59	0.34	69.2	2980
Final model							
Constant	513.6	51.8	<0.0001				
BMI	-4.439	0.566	<0.0001	0.56	0.31	71.1	2993
FVC	1.136	0.251	<0.0001	0.61	0.37	68	2971
Age	-1.048	0.384	0.006	0.64	0.40	66.6	2961
MIP	0.544	0.204	0.008	0.65	0.41	65.8	2956

B: regression coefficient; SEB: standard error of the regression coefficient; R = cumulative correlation coefficient; R²: adjusted determination coefficient; RMSE: root mean square error; AIC: Akaike information criterion; BMI: body mass index; FVC: forced vital capacity; MIP: maximal inspiratory pressure.

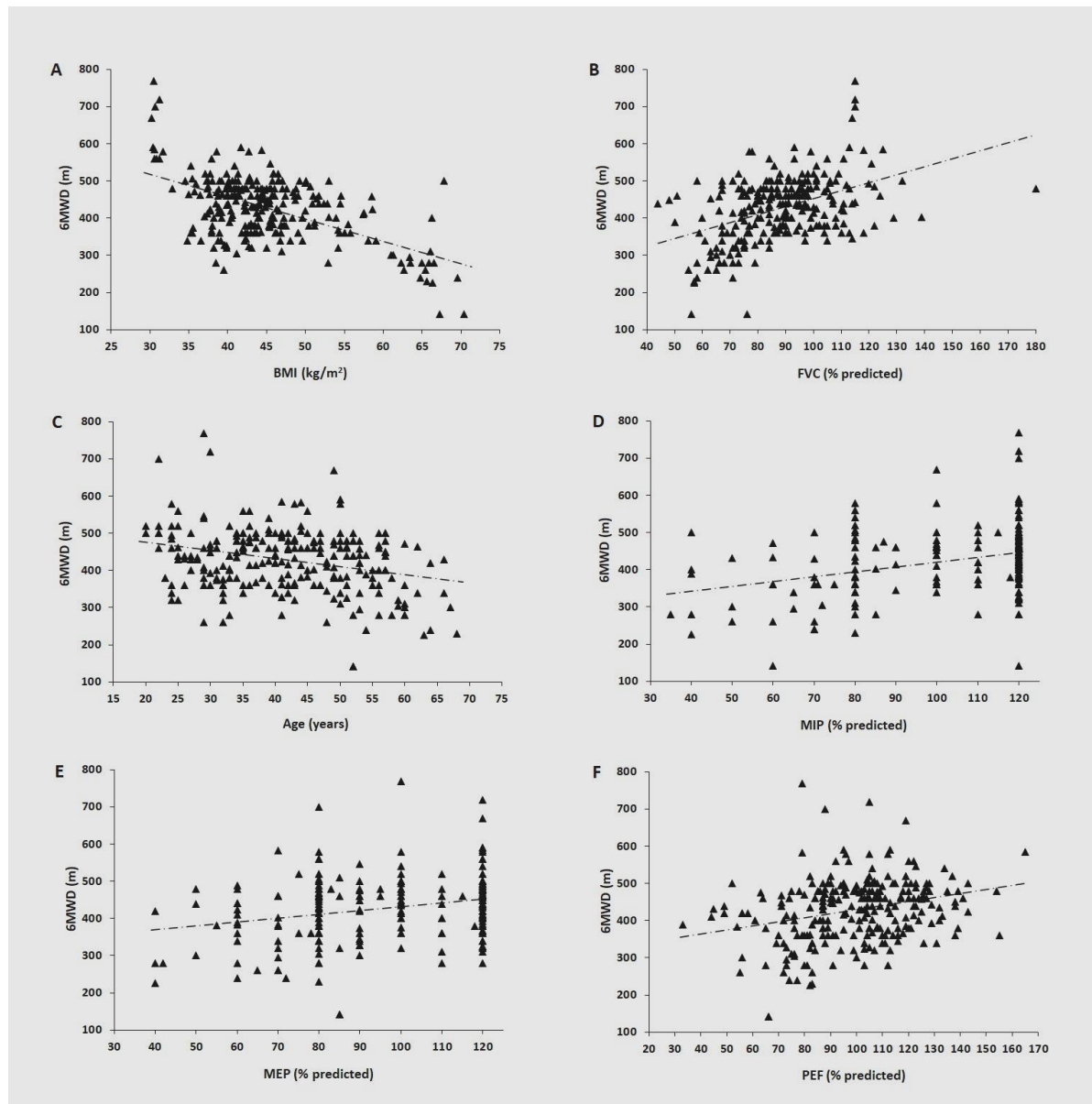


Figure 1. Relationship of the 6-min walk distance (6MWD) with **(A)** the body mass index (BMI, $r=-0.561$, $P<0.0001$), **(B)** forced vital capacity (FVC, $r=0.443$, $P<0.0001$), **(C)** age ($r=-0.281$, $P<0.0001$), **(D)** maximal inspiratory pressure (MIP, $r=0.326$, $P<0.0001$), **(E)** maximal expiratory pressure (MEP, $r=0.259$, $P<0.0001$), and **(F)** peak expiratory flow (PEF, $r=0.278$, $P<0.0001$).

Regarding the calibration of the regression model, no clearly evident relationship was detected between the differences (bias) and the mean (given by the straight line), and the fitted line had a slight slope in relation to the main diagonal (Figure 2). Based on the Bland-

Altman plot (Figure 3), it is noted that the vast majority of differences were within the LoA, with a random distribution over the mean values in the range of highest concentration (350 m to 500 m). However, a slight bias was observed for high and low values of the distance covered. The mean difference was zero with a standard deviation of 65 m, and the corresponding 95% lower and upper agreement limits were -128 m and +128 m, respectively.

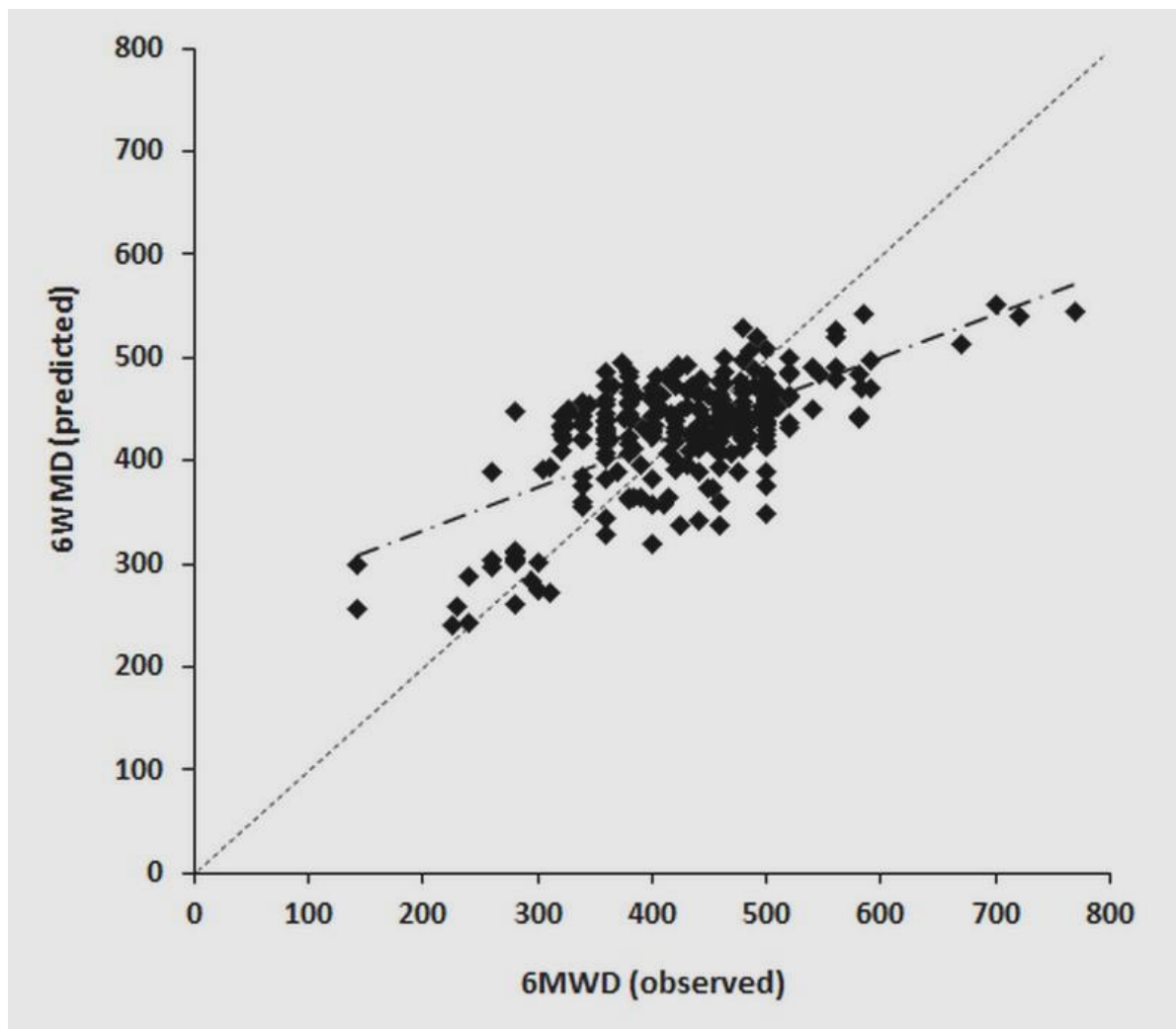


Figure 2. Calibration plot of the observed vs. predicted values for 6-min walk distance (6MWD). Pearson's correlation coefficient between the observed and predicted 6MWD was $r=0.65$ ($P<0.0001$).

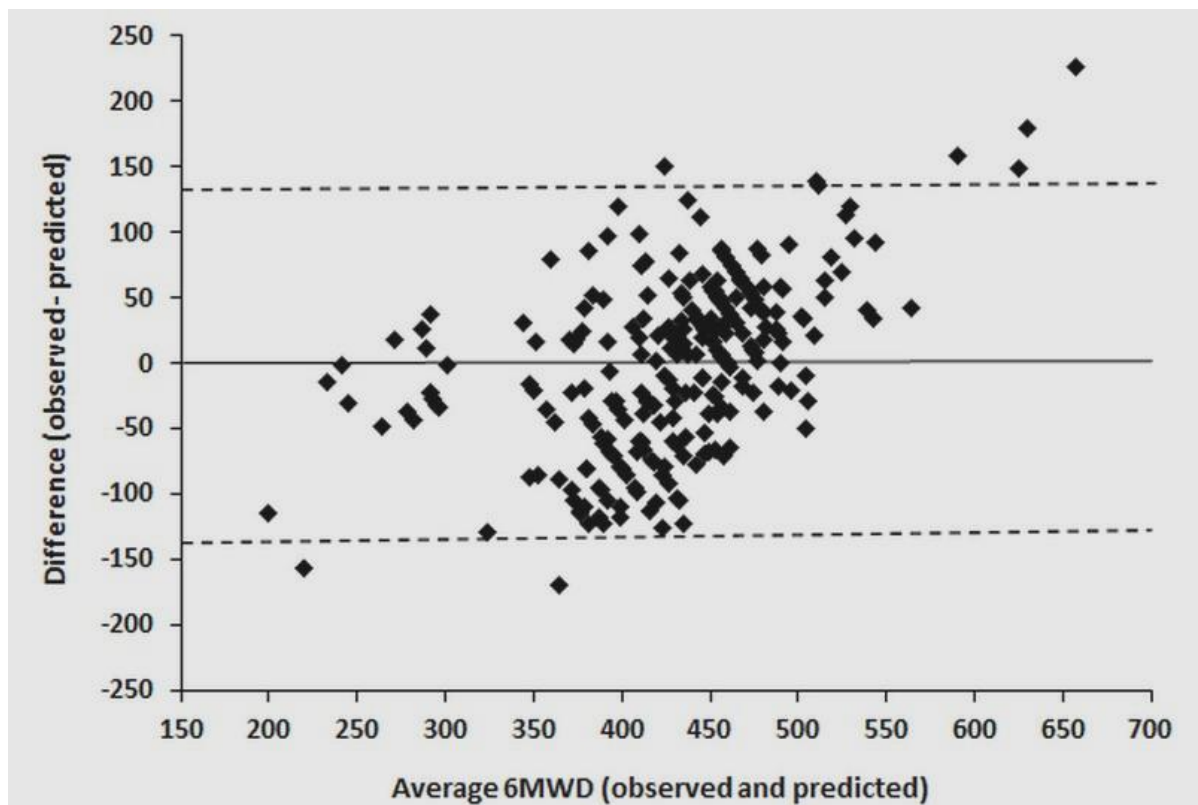


Figure 3. Limits of the agreement plot of the averaged values and the differences (observed - predicted values) for 6-min walk distance (6MWD). The mean difference was zero with a standard deviation of 65 m, and the corresponding 95% limits of agreement were -128 m (lower) and +128 m (upper).

Discussion

Obesity is associated with reduced individual mobility, exacerbating sedentarism. ADLs are impaired not only because of excessive accumulation of body fat but also because of mechanical factors that may reduce the ability to walk, the latter being a simple measure of physical function and an important component of HRQoL. We evaluated only women in the present study. There is a general consensus that women, especially shorter women, have a shorter stride length and consequently shorter distances covered in the 6MWT (4). The main findings observed were that in obese women, the older the age and the higher the BMI, the shorter the distance covered in the 6MWT. There was a relationship between

deteriorated lung function and low 6MWD. In addition, the more severe the degree of obesity, the worse the lung function and the shorter the 6MWD. Based on these findings, we developed a predictive equation for 6MWD that considers BMI, FVC, age, and MIP, in order of importance, as independent variables.

The 6MWT is a measure of submaximal load and is a safe, practical, validated, easy-to-administer, low-cost tool to assess functional exercise capacity (6). In obese individuals, a lower functional exercise capacity is common not only because it is a weight-bearing activity but also because excess weight changes the center of gravity and increases mechanical stress on the joints and body tissues, inducing physical limitations (19). In the present study, we observed that the mean 6MWD in the total sample and the mean 6MWD in the class 3 obesity group were 428.3 ± 85.7 m and 417.3 ± 76.4 m, respectively. These values were slightly higher than those reported by Crispim Carvalho et al. (20) in 62 obese women aged 24-57 years but close to those observed by Vargas et al. (21) in a cohort of 67 obese individuals, including 61 (91%) women and 6 (9%) men, with a mean age of 38 ± 10 years. Differences in the metabolic profile of the sampled population, the type and frequency of incentive, and the length of the corridor may explain the differences reported in 6MWD; therefore, these factors should be considered when interpreting the results (21).

In obese individuals, it is logical to expect the BMI to be a significant predictor of 6MWD because excess weight influences gait and increases workload. In fact, our study showed that BMI was the factor that most impacted 6MWD, explaining 56% of the variance in 6MWD. In line with our findings, Wooldridge et al. (6) observed in a sample of overweight or obese American military veterans (81% men) that BMI was the variable most significantly related to 6MWD. Investigating the magnitude of the differences in walking capacity among obese and nonobese women, another study found that 75% of the variation in walking performance in obese women was explained by the combination of BMI, peak VO_2 , knee extension torque, age, and hours watching television or playing sports, with BMI alone explaining 59% of the variation (5). Interestingly, Ben Saad et al. (22) showed that when BMI was included in their final reference equation, 6MWD decreased 5.27 m for each increase of

1 unit in BMI. Obese subjects adapt to their higher body mass by decreasing walking speed and they tend to oscillate the trunk while walking and increase the distance between the ankles when stopping, to compensate for their extra body mass (23).

Obesity causes mechanical compression of the lungs, diaphragm, and chest cavity, which can lead to restrictive functional damage (10). In addition, changes in the neural control of respiration and increases in thoracic blood volume due to fat deposition in the chest promote changes in lung function parameters (10). In the present study, we observed a positive correlation between FVC and 6MWD, and FVC was also an independent predictor of 6MWD. Notably, few studies have evaluated the impact of lung function on 6MWD in nonobese individuals. In agreement with our findings, Camarri et al. (24) showed that in forward stepwise multiple regression, height and forced expiratory volume in 1 s (FEV₁) were the only independent predictors of 6MWD in a population of overweight or obese individuals, and these variables explained 33.9% of the variance in the model. Another study showed a direct relationship between the degree of obesity and FEV₁ and FVC in morbidly obese individuals (25). Reduced lung volume seems to have an exponential correlation with increased BMI and to be directly correlated with the mechanical effects produced by the deposition of fat in the chest and abdomen (26).

Structural alterations caused by obesity in the thoracoabdominal area restrict diaphragmatic mobility and rib movement, which promote changes in the dynamics of the respiratory system and reduce compliance, leading to mechanical impairment of the respiratory muscles (9,27). We observed positive correlations between 6MWD and measures of respiratory muscle strength, especially MIP. Since MIP was an independent predictor of 6MWD, we believe that its routine evaluation can assist in the analysis of thoracic cage mechanics in obese individuals. In this population, the observed dysfunction of the respiratory muscles may be partly explained by the increased resistance imposed by the presence of excess adipose tissue in the chest and abdomen, which mechanically hinders these muscles, especially the diaphragm (28).

Reference values of healthy populations with normal weight are of limited value in the obese population, since their lower muscle strength, lower effort tolerance, and higher metabolic costs during walking result in a consistently lower 6MWD (7). Some previous studies have addressed the identification of 6MWD determinants for obese subjects and have proposed reference equations without considering lung function parameters (2,4,6-8). Most of these studies have incorporated age, sex, height, weight, and/or BMI into their predictive equations (2,4,6,24). The coefficients of determination in the regression analyses have ranged between 0.19 and 0.48 in the different studies, with a coefficient of determination of our adjusted final model (including lung function data) of 0.41. Although BMI is the most important independent variable in our model (and in those models of obese individuals presented in the literature), it is worth mentioning that FVC was the second variable to be included in our model as a result of the backward stepwise method. Thus, although the routine assessment of lung function in a predictive equation for 6MWD is difficult for clinical use, we think that its inclusion may contribute to a better prediction of 6MWD and an improvement in understanding the functional limitations of obese individuals.

The strength of our study is that it is the first to propose a reference equation for the 6MWD of obese Brazilian women that considers lung function as an independent variable for the predictive model. Despite the interesting results, our study has limitations. First, our results have limited generalizability because we evaluated only women. Sex has a marked influence on 6MWD, and the large imbalance between women and men in previous studies may have impacted the results (4,6,7). Second, we did not evaluate the contribution of menopause and its hormonal changes, given that menopause causes a deterioration in the function of the musculoskeletal system with reduced muscle contractility (3). Given the lack of studies on obesity and functional exercise capacity, the present study improves our understanding of the relationship between obesity and lung function and provides guidance for further research involving the 6MWT in this population. In this sense, future studies exploring 6MWT in obese women may be important in improving the model's accuracy.

In conclusion, the present study shows that in obese women, there is a correlation between the distance covered in the 6MWT and certain demographic data and metabolic status, especially age and BMI. In addition, there is an association between lung function data and 6MWD, especially FVC and MIP. These results may be useful in the rehabilitation scenario to evaluate functionality, for preoperative planning of weight reduction surgeries, to plan the intensity of physical activities, and to evaluate the success of interventions for weight loss in this population.

Acknowledgments

The authors thank the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq: 407138/2018-8 and 302215/2019-0), the Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ: #E-26/202.679/2018 and #E-26/010.002124/2019), and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES: Finance Code 001).

References

1. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser* 2000; 894; i–xii, 1–253.
2. Ekman MJ, Klintenberg M, Björck U, Norström F, Ridderstråle M. Six-minute walk test before and after a weight reduction program in obese subjects. *Obesity* 2013; 21: E236–E243, doi: 10.1002/oby.20046.
3. Racziewicz D, Bojar I, Humeniuk E. Work ability, functional exercise capacity and prevalence of obesity in perimenopausal and postmenopausal women with non-manual employment. *Int J Occup Saf Ergon* 2019; doi:10.1080/10803548.2019.1676565. [Epub ahead of print]

4. Donini LM, Poggiogalle E, Mosca V, Pinto A, Brunani A, Capodaglio P. Disability affects the 6-minute walking distance in obese subjects (BMI>40 kg/m²). *PLoS One* 2013; 8: e75491, doi: 10.1371/journal.pone.0075491.
5. Hulens M, Vansant G, Claessens AL, Lysens R, Muls E. Predictors of 6-minute walk test results in lean, obese and morbidly obese women. *Scand J Med Sci Sports* 2003; 13: 98–105, doi: 10.1034/j.1600-0838.2003.10273.x.
6. Wooldridge JS, Herbert MS, Hernandez J, Dochat C, Godfrey KM, Gasperi M, et al. Improvement in 6-min walk test distance following treatment for behavioral weight loss and disinhibited eating: an exploratory secondary analysis. *Int J Behav Med* 2019; 26: 443–448, doi: 10.1007/s12529-019-09796-1.
7. Capodaglio P, De Souza SA, Parisio C, Precilios H, Vismara L, Cimolin V, et al. Reference values for the 6-min walking test in obese subjects. *Disabil Rehabil* 2013; 35: 1199–1203, doi: 10.3109/09638288.2012.726313.
8. Beriault K, Carpentier AC, Gagnon C, Ménard J, Baillargeon JP, Ardilouze JL, et al. Reproducibility of the 6-minute walk test in obese adults. *Int J Sports Med* 2009; 30: 725–727, doi: 10.1055/s-0029-1231043.
9. Brazzale DJ, Pretto JJ, Schachter LM. Optimizing respiratory function assessments to elucidate the impact of obesity on respiratory health. *Respirology* 2015; 20: 715–721, doi: 10.1111/resp.12563.
10. Mafort TT, Rufino R, Costa CH, Lopes AJ. Obesity: systemic and pulmonary complications, biochemical abnormalities, and impairment of lung function. *Multidiscip Respir Med* 2016; 11: 28, doi: 10.1186/s40248-016-0066-z.
11. Carvalho TMDCS, Soares AF, Climaco DCS3 Secundo IV, Lima AMJ. Correlation of lung function and respiratory muscle strength with functional exercise capacity in obese individuals with obstructive sleep apnea syndrome. *J Bras Pneumol* 2018; 44: 279–284, doi: 10.1590/S1806-37562017000000031.

12. Larsson UE, Reynisdottir S. The six-minute walk test in outpatients with obesity: reproducibility and known group validity. *Physiother Res Int* 2008; 13: 84–93, doi: 10.1002/pri.398.
13. Casanova C, Celli BR, Barria P, Casas A, Cote C, de Torres JP, et al. The 6-min walk distance in healthy subjects: reference standards from seven countries. *Eur Respir J* 2011; 37: 150–156, doi: 10.1183/09031936.00194909.
14. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 1381–1395, doi: 10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB.
15. Pereira CAC, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol* 2007; 33: 397–406, doi: 10.1590/S1806-37132007000400008.
16. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res* 1999; 32: 719–727, doi: 10.1590/s0100-879x1999000600007.
17. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 111–117, doi: 10.1164/ajrccm.166.1.at1102.
18. Almeida VP, Ferreira AS, Guimarães FS, Papathanasiou J, Lopes AJ. Predictive models for the six-minute walk test considering the walking course and physical activity level. *Eur J Phys Rehabil Med* 2019; 55: 824–833, doi: 10.23736/S1973-9087.19.05687-9.
19. Tamin TZ, Murdana N, Pitoyo Y, Safitri ED. Exercise intervention for chronic pain management, muscle strengthening, and functional score in obese patients with chronic musculoskeletal pain: a systematic review and meta-analysis. *Acta Med Indones* 2018; 50: 299–308.
20. Crispim Carvalho NN, Baccin Martins VJ, Modesto Filho J, Bandeira F, Fernandes Pimenta FC, de Brito Alves JL. Relationship between skeletal muscle mass indexes

- and muscular function, metabolic profile and bone mineral density in women with recommendation for bariatric surgery. *Diabetes Metab Syndr Obes* 2019; 12: 2645–2654, doi: 10.2147/DMSO.S213643.
21. Vargas CB, Picolli F, Dani C, Padoin AV, Mottin CC. Functioning of obese individuals in pre- and postoperative periods of bariatric surgery. *Obes Surg* 2013; 23: 1590–1595, doi: 10.1007/s11695-013-0924-0.
 22. Ben Saad H, Prefaut C, Tabka Z, Mtir AH, Chemit M, et al. 6-minute walk distance in healthy North Africans older than 40 years: influence of parity. *Respir Med* 2009; 103: 74–84, doi: 10.1016/j.rmed.2008.07.023.
 23. Correia de Faria Santarém G, de Cleve R, Santo MA, Bernhard AB, Gadducci AV, Greve JM, et al. Correlation between body composition and walking capacity in severe obesity. *PLoS One* 2015; 10: e0130268, doi: 10.1371/journal.pone.0130268.
 24. Camarri B, Eastwood PR, Cecins NM, Thompson PJ, Jenkins S. Six minute walk distance in healthy subjects aged 55-75 years. *Respir Med* 2006; 100: 658–665, doi: 10.1016/j.rmed.2005.08.003.
 25. Thyagarajan B, Jacobs Jr DR, Apostol GG, Smith LJ, Jensen RL, Crapo RO, et al. Longitudinal association of body mass index with lung function: the CARDIA study. *Respir Res* 2008; 9: 31, doi: 10.1186/1465-9921-9-31.
 26. Jones RL, Nzekwu MM. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest* 2006; 130: 827–833, doi: 10.1378/chest.130.3.827.
 27. Salome CM, King GG, Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. *J Appl Physiol* 2010; 108: 206–211, doi: 10.1152/japplphysiol.00694.2009.
 28. Manuel AR, Hart N, Stradling JR. Correlates of obesity-related chronic ventilatory failure. *BMJ Open Respir Res* 2016; 3: e000110, doi: 10.1136/bmjresp-2015-000110.

3.3. Artigo #3

3.3.1. Metadados do artigo #3

Journal:	Rehabilitation Research and Practice
Two-year Impact Factor (YEAR)⁸:	Aguardando
Classificação Qualis (ANO)⁹:	A3
Submetido em:	08/12/2021

3.3.2. Contribuição dos autores do artigo #3 de acordo com a proposta *Contributor Roles Taxonomy (CRediT)*³

Iniciais dos autores, em ordem:	CAL	AJL
Concepção	X	X
Métodos	X	X
Programação	X	X
Validação	X	X
Análise formal	X	X
Investigação	X	X
Recursos	X	X
Manejo dos dados	X	X
Redação do rascunho	X	X
Revisão e edição	X	X
Visualização	X	X
Supervisão	X	X
Administração do projeto		X
Obtenção de financiamento		X

Rehabilitation Research and Practice

Role of Transcutaneous Electric Nerve Stimulation in Pain and Pulmonary Function in Patients after Bariatric Surgery

Short title: TENS in bariatric surgery

Cesar Antonio Luchesa,^{1,2} Agnaldo José Lopes,^{1,3}

¹*Rehabilitation Sciences Post-Graduation Programme, Augusto Motta University Center (UNISUAM), Rio de Janeiro, Brasil*

²*Rehabilitation Center, University Center Fundação Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Brasil*

³*Medical Sciences Post-Graduation Programme, School of Medical Sciences, State University of Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Brasil*

The ORCID numbers and email addresses:

Cesar Antonio Luchesa: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1801-0277>. E-mail: fisioterapia_ala@saolucas.fag.edu.br

Agnaldo José Lopes: ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8598-4878>. E-mail: agnaldolopes.uerj@gmail.com

Correspondence should be addressed to Agnaldo J. Lopes; agnaldolopes.uerj@gmail.com

Abstract

Background: Changes in lifestyle, a carbohydrate-rich diet and decreased physical activity are part of the context that led to an obesity pandemic. Treating obesity is a task that requires multidisciplinary care; however, in many cases, conventional therapy has no effect, requiring surgical intervention. This, in turn, is not without risks and causes important changes in lung function. Therefore, the aim of this study is to evaluate the effect of electroanalgesia through conventional transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on the pain and lung function in the postoperative period of bariatric surgery. **Methods:** This is a controlled and blinded clinical trial with 66 subjects who underwent bariatric surgery. The participants were randomized into 2 groups as follows: an intervention group treated with TENS ($n = 33$) and a placebo group ($n = 33$). The participants underwent 4 TENS sessions, and the effect on pain was assessed using a visual analogue scale (VAS pain). Lung function was measured by spirometry. **Results:** There were no differences between the 2 groups regarding time of surgery and time of mechanical ventilation. Compared to placebo, TENS reduced pain in the intervention group ($p = 0.001$). Regarding the effect of electroanalgesia on pulmonary function, the spirometric parameters were similar between the groups. However, regarding muscle strength between the preoperative and postoperative periods, maximal inspiratory pressure (MIP) was maintained in the intervention group and decreased in the placebo group ($p = 0.03$). Compared with that in the intervention group, the respiratory rate in the placebo group increased during the application of TENS ($p = 0.003$). **Conclusion:** Electroanalgesia reduces pain in patients who underwent bariatric surgery. Importantly, in these patients, the MIP is maintained between the preoperative and postoperative periods. However,

electroanalgesia does not contribute to improvements in spirometric data. This trial is registered with NCT04800640.

1. Introduction

Obesity is one of the main public health problems worldwide, with a multifactorial aetiology resulting from changes in eating habits, social factors, psychological changes and epigenetic changes [1]. It has well-established complications, including an increased risk of hypertension, dyslipidaemia and diabetes mellitus (metabolic syndrome), coronary artery disease, gallbladder disease, degenerative joint injuries, and obstructive sleep apnoea, in addition to socioeconomic and psychosocial impacts [2].

When undergoing upper abdominal surgery, obese individuals are more susceptible to pulmonary repercussions caused by anaesthesia and by the surgical procedure itself. In obese individuals, anaesthesia accentuates the reduction in functional residual capacity (FRC), promoting the closure of small airways. This leads to a higher degree of hypoxemia than that observed in nonobese patients, in addition to a higher incidence of atelectasis [3]. In the postoperative period of Fobi Capella gastropasty, obesity has important consequences on lung function, with decreased lung volume and capacity and reduced respiratory muscle strength [4].

Pain is a factor with a strong negative impact on the postoperative evolution of patients after abdominal surgery. In particular, pain occurs in patients after surgery involving the upper abdomen, even when using analgesic medication [5]. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) is a low-cost physiotherapeutic resource with few contraindications and is widely used for pain relief [6]. In the postoperative period, the effect of TENS is by acting on nociceptive pain. Thus, TENS can reduce pain through some mechanisms including: modification of sympathetic activity by reducing the activation of local α_2 A-noradrenergic receptors; decrease in excitatory neurotransmitter (substance P); and activation of peripheral inhibitory μ -opioid receptors [7].

There seems to be a relationship between pain and lung volume and capacity in the postoperative period of some types of surgery. After the use of TENS, improvements in pain and increases in tidal volume (VT) have been reported in the postoperative period of cardiopulmonary [8, 9]. The efficacy of TENS, with the benefit of electrostimulation, has also been demonstrated in thoracic surgery, especially in reducing the need for opioids and increasing the effectiveness of cough exercises during physical therapy [10]. The use of electroanalgesia has also been shown to reduce pain, especially cough-related pain [11, 12]. Because it has few contraindications, is noninvasive and is easy to apply, TENS could be an important tool in the relief of surgical pain, especially pain associated with surgeries of the upper abdomen. Furthermore, the use of TENS appears to exert a reduction in blood levels of proinflammatory cytokines causing a protective factor in relation to inflammation [13], which is a condition closely related to obesity. Given the benefits of TENS in pain relief, we hypothesized that TENS would result in the maintenance of thoracic mobility, reducing the undesirable effects of surgery on lung function. Thus, the aim of our study was to evaluate the effect of TENS on the pain and lung function of open bariatric surgery patients in the postoperative period.

2. Materials and Methods

2.1. Study Design and Participants

This was a blinded randomized controlled clinical trial conducted from March 2021 to August 2021 at São Lucas Hospital Foundation, Cascavel, Brazil. Individuals in the postoperative period of bariatric surgery who were admitted to the intensive care unit (ICU), and ≥ 18 years of age were included. The exclusion criteria were as follows: age > 65 years; haemodynamic instability in the postoperative period; use of mechanical ventilation for more than 24 hours; contraindications to the use of TENS (presence of a cardiac pacemaker and hypersensitivity to the procedure); already undergone electroanalgesia; previous history of epilepsy; pregnant women during the first trimester; and Glasgow coma scale score < 15 points.

This study was approved by the Research Ethics Committee of the Assis Gurgacz University Center, approved under number CAAE-11613219.0.0000.5219. All participants freely signed an informed consent form in accordance with regulation 466/12 of the National Health Council and Helsinki Declaration, after being informed of procedures and objectives of the study. This study is registered at www.clinicaltrials.gov (NCT04800640).

2.2. Randomization

The sample was randomized into 2 groups: 1) intervention group, composed of patients who received electroanalgesia via TENS; and 2) placebo group, composed of individuals who received placebo TENS.

Randomization was performed by an independent research assistant who did not participate in any other section of this study. An allocation concealment protocol with sequentially numbered, opaque, sealed envelopes and permuted blocks of 4 was used to randomize participants to groups. Enrolled participants were only informed that they would receive one of two types of application; consequently, they were not aware of their treatment allocation. The examination was done by an independent physical therapist before and after the protocol of 4 sessions; this examiner did not follow the application and did not know which group the patients had been included in. Participants, clinical outcome evaluators (vital signs, visual analogue scale for pain-VAS pain, manovacuometry and spirometry) and statistics were blinded to randomization, since it was not feasible to blind the physical therapists who administered TENS.

2.3. Measurements

The participants underwent a physical therapy assessment that consisted of acquiring anthropometric and demographic data and intraoperative data and monitoring vital signs. TENS or placebo was applied only if the participant had been in ICU for longer than 12 hours. After this period, protective measures, including an evaluation of vital signs (blood pressure, partial oxygen saturation and heart rate) and an assessment of the level of consciousness (Glasgow scale), were implemented. The level of pain was also assessed using a VAS pain before and after each application of electroanalgesia and placebo. Respiratory muscle strength was measured by manovacuometry and spirometry in the preoperative period and on the second postoperative day after the last application of electroanalgesia.

Spirometry was assessed using a portable device (Micromedical, Microloop model, Brasília, Brazil). All tests were conducted in accordance with the standards of the American Thoracic Society [14], and national reference equations were adopted [15]. Respiratory muscle strength was assessed using a digital manometer (Globalmed, model MVD 300, Porto Alegre, Brazil), with the patient seated and using a nose clip. To interpret the maximum inspiratory pressure (MIP) and maximum expiratory pressure (MEP) values, national reference equations were adopted [16].

2.4. Interventions

After the physical therapy evaluation, patients in the intervention group received 4 sessions of active TENS, and patients in the other group received 4 sessions of placebo TENS (KLD Endophasys model NMS.0501, Jardim Camanducaia, São Paulo, Brazil). The TENS protocol was implemented 1 hour after the application of drug analgesia. The 4 electroanalgesia and placebo sessions occurred at 10 am in the morning and at 4 pm in the afternoon for 2 consecutive days. Four Askus electrodes (elastic hydrogel adhesive; 5x5 cm) were positioned 3 centimetres from the surgical incision based on the recommendations by Ferreira & Beleza [17]. Electroanalgesia was performed with the participants seated in an armchair and only after their vital signs had been stable for 10 minutes. For the application of TENS to relieve acute pain, a conventional current with a frequency equal to 80 Hz and pulse width equal to 200 μ s was used [18]. Once patients showed sensory accommodation, however, they were encouraged to increase the intensity to a strong but comfortable intensity, just below the pain threshold, and continue to increase the intensity as tolerated [19]. Still in relation to the perceptual-sensory adaptation to TENS, the intensity was titrated upwards during therapy in order to obtain a greater analgesic effect [20]. An asymmetric bipolar pulse was applied for 30 minutes, and the intensity was maintained at a strong sensory level; after 10 minutes of application, a continuous tingling sensation is felt in the abdominal region [21]. All participants followed the analgesic medication regimen.

For individuals in the placebo group, the same procedures and positioning of the electrodes were adopted, differing only in the current intensity. The device remained on for 30 minutes of therapy, but no intensity was applied, so as to generate a placebo effect.

After the end of the 4 electroanalgesia and placebo sessions, the participants were reevaluated (VAS pain, manovacuometry and spirometry) to assess the effect of TENS on pain, MIP, MEP and spirometric parameters.

2.5. Data Analysis

Data normality was assessed using the Shapiro-Wilk test. The results are expressed as the mean $\pm$ standard deviation or median (interquartile ranges) based on the Gaussian or non-Gaussian distribution of each variable. Comparisons between groups by age, height, weight and body mass index (BMI) were conducted using Student's *t*-test for independent samples, the Mann-Whitney test for numerical data and Fisher's exact test for categorical data. Pulmonary function, pain and haemodynamic data were evaluated by the Wilcoxon signed-rank test, and comparisons of the absolute deltas (post-TENS minus pre-TENS measurements) between the groups were conducted using the Mann-Whitney test. The significance level adopted was 5%. Statistical analyses were performed using SAS 6.11 (SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina, USA).

3. Results

Among the 78 patients eligible for the study, 11 were excluded because they were discharged before the completion of the protocol, and 1 patient was discharged due to postoperative complications. Thus, 66 patients were included (50 women and 16 men) and randomized into 2 groups: 1) intervention group, composed of 33 participants (7 men and 26 women); and 2) placebo group, composed of 33 participants (9 men and 24 women).

The demographic and anthropometric data of the participants in the preoperative period and in the intraoperative period (time of surgery and time of mechanical ventilation) are provided in Table 1. There were no differences between the 2 groups regarding height, weight, BMI, time of surgery and time of mechanical ventilation. There was a statistically significant difference between groups in relation to age, with a slightly higher mean age for participants in the placebo group (36.2 ± 8.5) than in the TENS group (41.3 ± 11.2 , $p = 0.040$). The pulmonary function, pain and haemodynamic data for the 2 groups before the application of electroanalgesia and placebo were similar (Tables 2 and 3).

TABLE 1: Demographic and anthropometric data, pulmonary function data, pain scale scores and haemodynamic data in the preoperative period and variables measured in the intraoperative period.

	Intervention group (<i>n</i> = 33)	Placebo group (<i>n</i> = 33)	<i>p</i> -value
Demographic and anthropometric data			
Male/Female	7/26	9/24	0.89
Age (years)	36.2 ± 8.5	41.3 ± 11.2	0.040
Height (m)	1.63 ± 0.09	1.62 ± 0.08	0.39
Weight (kg)	116.9 ± 22.1	113.1 ± 19.2	0.45
BMI (kg/m ²)	43.5 ± 4.9	$43.3 (\pm 6.4)$	0.87
Intraoperative data			
ST (min)	135 (117–155)	120 (120–146)	0.79
MVT (min)	145 (125–175)	144 (120–161)	0.68

The results are expressed as the means $\pm$ SD or median (interquartile range); BMI: body mass index; ST: surgery time; MVT: mechanical ventilation time.

Regarding the effect of electroanalgesia on pulmonary function, lung volume and capacity was similar between the groups. However, regarding muscle strength in the preoperative and postoperative periods, the intervention group maintained the MIP levels within the normal range after TENS [absolute delta of 0 (-29 – 5) vs. -5.5 (-46 – 0), $p = 0.03$] (Figure 1). The data for pulmonary function and muscle strength before and after TENS or placebo are provided in Table 2.

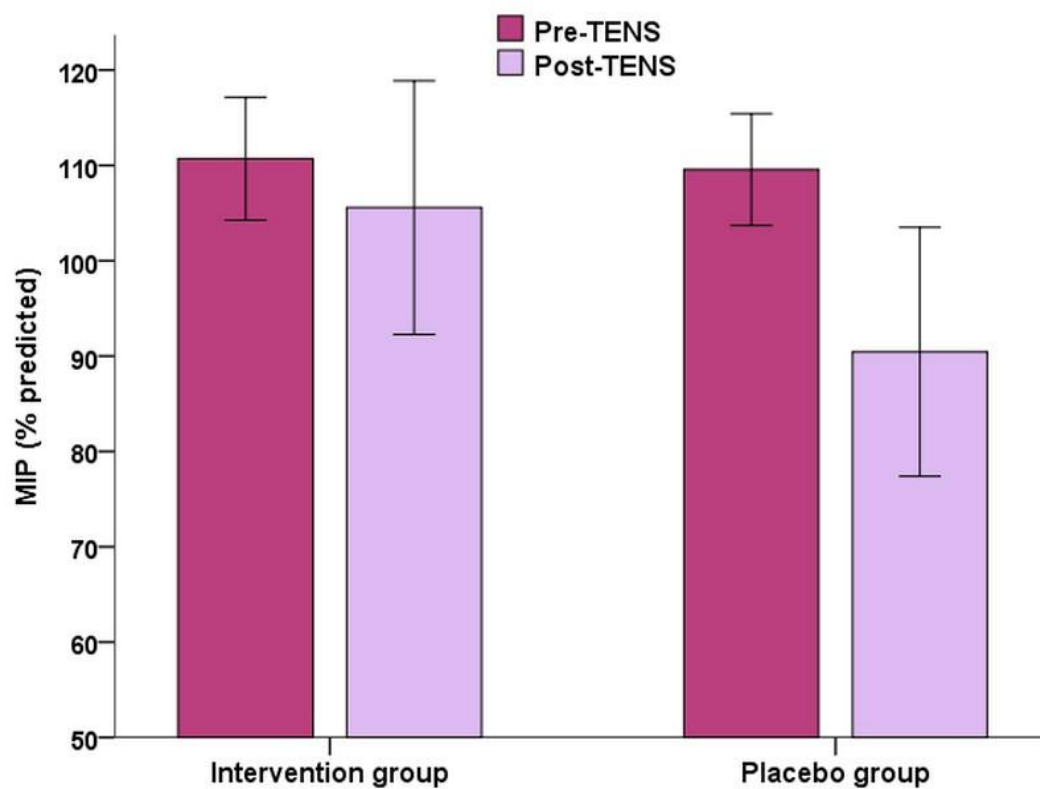


FIGURE 1: Comparisons in maximum inspiratory pressure (MIP) measurements before (pre-TENS) and after (post-TENS) electroanalgesia sessions (absolute delta) between the intervention and placebo group ($p = 0.03$).

1

TABLE 2: Lung volume and capacity and muscle strength before and after the application of TENS and placebo.

	Intervention group			Placebo group			<i>p</i> -value*	<i>p</i> -value#
	<i>(n</i> = 33)			<i>(n</i> = 33)				
	Pre-TENS	Post-TENS	Absolute delta	Pre-TENS	Post-TENS	Absolute delta		
Spirometry								
FVC (% predicted)	95 (88–105)	56 (39–69)	39.0 (-53–30)	96 (87–104)	52 (42–62)	40.5 (-55–26)	0.38	0.80
FEV ₁ (% predicted)	98 (89–111)	54 (44–68)	43.0 (-54–29)	101 (91–109)	54 (44–70)	46 (-54–21)	0.61	0.82
FEV ₁ /FVC (%)	105 (100–107)	109 (96–115)	3.7 (-2–10)	105 (101–110)	113 (106–118)	7.1 (-1–16)	0.35	0.25
PEF (% predicted)	108 (89–125)	41 (30–58)	63.0 (-83–39)	103 (91–115)	40 (26–54)	57.5 (-78–39)	0.66	0.69
Respiratory muscle strength								
MIP (% predicted)	120 (110–120)	120 (72–123)	0 (-29–5)	120 (100–120)	113 (42–120)	5.5 (-46–0)	0.79	0.03
MEP (% predicted)	120 (90–120)	77 (50–103)	22.0 (-55–6)	100 (85–120)	73 (56–96)	27.5 (-50–0)	0.51	0.82

2 The results are expressed as the median (interquartile range); FVC: forced vital capacity; FEV₁: forced expiratory volume in 1 second; PEF: peak expiratory flow; MIP:
3 maximum inspiratory pressure; MEP: maximum expiratory pressure.

4 * Comparison between the 2 groups in relation to pre-TENS measurements.

5 # Comparison between the 2 groups in relation to absolute delta values (post-TENS minus pre-TENS measurements).

6 Compared to placebo, TENS reduced pain after all sessions, as verified using the visual
7 analogue scale ($p < 0.001$) (Figure 2). Additionally, in the placebo group, the respiratory rate
8 increased after the third session. Table 3 provides the pain scale and haemodynamic data
9 before and after TENS.

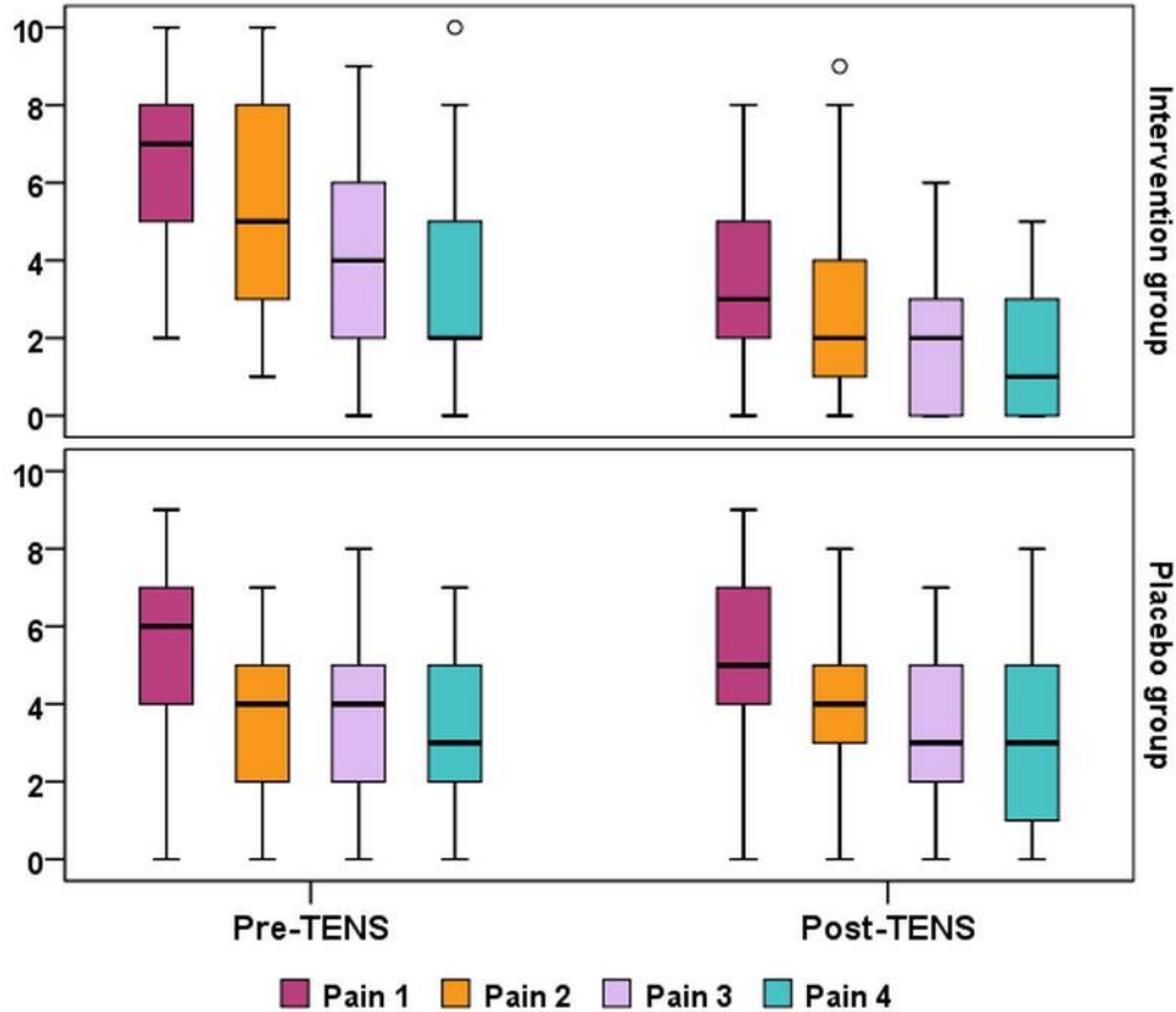


FIGURE 2: Comparisons between pain scale evaluations (VAS) before (pre-TENS) and after (post-TENS) 4 electroanalgesia sessions in the intervention group and in the placebo group ($p < 0.001$).

TABLE 3: Pain scale scores and haemodynamic data before and after the application of TENS and placebo.

	Intervention group			Placebo group			<i>p</i> -value*	<i>p</i> -value#
	(<i>n</i> = 33)			(<i>n</i> = 33)				
	Pre-TENS	Post-TENS	Absolute delta	Pre-TENS	Post-TENS	Absolute delta		
Pain scale assessment								
Pain 1 (score)	7 (4.5–8)	3 (2–5.5)	2 (-3–1.5)	6 (3.8–7)	5 (3.8–7)	0 (0–0)	0.067	< 0.001
Pain 2 (score)	5 (3–8)	2 (1–4)	2 (-3–1)	4 (2–5)	4 (3–5.3)	0 (0–0)	0.057	< 0.001
Pain 3 (score)	4 (2–6)	2 (0–3)	2 (-2.5–1)	4 (2–5)	3 (2–5)	0 (-0.3–0)	0.39	< 0.001
Pain 4 (score)	2 (1.5–5.5)	1 (0–3)	1 (-2–0)	3 (1.8–5)	3 (1–5)	0 (0–0)	0.81	< 0.001
Hemodynamic variables								
SBP 1 (mm Hg)	120 (110–143)	116 (110–144)	3 (-9–3)	122 (111–142)	123 (110–141)	0 (-7–1)	0.84	0.71
SBP 2 (mm Hg)	123 (110–139)	122 (113–139)	0 (-5–7)	124 (109–138)	122 (105–138)	0 (-6–2)	0.84	0.25
SBP 3 (mm Hg)	130 (110–138)	120 (110–137)	0 (-10–3)	120 (110–130)	120 (110–129)	0 (-5–2)	0.46	0.55
SBP 4 (mm Hg)	125 (115–140)	120 (120–139)	0 (-6–5)	120 (110–131)	120 (110–130)	0 (-10–5)	0.18	0.46
DBP 1 (mm Hg)	71 (63–83)	66 (62–80)	1 (-5–3)	77 (63–85)	74 (62–85)	0 (-4–1)	0.75	0.69
DBP 2 (mm Hg)	70 (64–80)	70 (67–80)	0 (-5–5)	71 (64–80)	70 (63–80)	0 (-1–0)	0.34	0.44
DBP 3 (mm Hg)	71 (63–80)	70 (66–80)	0 (-4–5)	70 (62–80)	71 (67–80)	0 (-2–6)	0.52	0.64
DBP 4 (mm Hg)	80 (70–85)	80 (70–90)	0 (0–7)	80 (65–85)	80 (64–86)	0 (0–6)	0.99	0.83
HR 1 (beats/min)	85 (75–90)	86 (93–91)	1 (-4–4)	85 (72–96)	85 (76–96)	2 (-1–5)	0.75	0.34
HR 2 (beats/min)	85 (80–90)	82 (77–94)	1 (-6–4)	87 (82–98)	89 (76–99)	1 (-4–2)	0.34	0.91
HR 3 (beats/min)	87 (79–95)	85 (81–98)	2 (-2–5)	88 (80–97)	90 (91–100)	1 (-2–3)	0.52	0.25

HR 4 (beats/min)	85 (80–96)	90 (97–97)	1 (-3–5)	91 (80–96)	91 (81–98)	2 (-2–3)	0.99	0.73
f _R 1 (breaths/min)	18 (16-22)	19 (16-21)	0 (-2–2)	19 (16-22)	19 (16-24)	1 (-2–3)	0.76	0.42
f _R 2 (breaths/min)	19 (16-23)	19 (15-21)	0 (-3–1)	18 (16-20)	18 (16-21)	1 (-1–2)	0.52	0.14
f _R 3 (breaths/min)	18 (16-20)	18 (16-20)	0 (-2–2)	18 (16-20)	20 (17-23)	2 (-1–2)	0.68	0.005
f _R 4 (breaths/min)	18 (16-20)	18 (16-20)	0 (-2–2)	18 (16-20)	19 (18-21)	1 (-1–2)	0.67	0.26
SpO ₂ 1 (%)	94 (92–96)	93 (92–96)	0 (-1–1)	94 (93–95)	95 (93–96)	1 (0–1)	0.30	0.60
SpO ₂ 2 (%)	94 (93–95)	94 (92–96)	0 (-1–1)	94 (93–96)	95 (93–95)	1 (-1–1)	0.41	0.93
SpO ₂ 3 (%)	94 (93–95)	95 (93–6)	1 (0–2)	95 (93–96)	95 (93–96)	0 (-1–1)	0.67	0.15
SpO ₂ 4 (%)	95 (93–97)	95 (93–97)	1 (-1–2)	95 (93–96)	95 (94–96)	0 (-1–2)	0.71	0.56

The results are expressed as the median (interquartile range); SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; HR, heart rate; f_R, respiratory frequency; SpO₂, peripheral oxygen saturation. Numbers 1, 2, 3 and 4 refer to the pre- and post-application moments of the 4 TENS/placebo sessions.

* Comparison between the 2 groups in relation to pre-TENS measurements.

Comparison between the 2 groups in relation to absolute delta values (post-TENS minus pre-TENS measurements).

To provide context for interpreting the null findings, a *post hoc* power analysis was performed using GPower 3.1.1 software. Considering a type-I error of 5% and type-II error of 10% (study power of 90%), it is necessary a minimum sample of 46 participants (23 per group) to observe a mean difference of at least 2 (SD of 2) in pain intensity between groups after the 4-session intervention.

4. Discussion

The main findings of the present study were that the use of electroanalgesia reduced pain levels in patients. Compared with placebo, TENS did not result in improvements in spirometric parameters. However, there was a positive effect of TENS on the maintenance of inspiratory muscle strength. In addition, the non-application of TENS (i.e., placebo) resulted in an increase in the respiratory rate. To our knowledge, this is the first study that investigates the use of TENS and evaluates its effect on pain and pulmonary function and haemodynamic parameters in patients in the postoperative period of open bariatric surgery.

In addition to obesity-related pulmonary functional changes, bariatric surgery amplifies restrictive ventilatory damage, either by tissue injury caused by the surgical incision or by the effects of anaesthesia, operative time, mechanical ventilation time or pain. To relieve postoperative pain, one physiotherapeutic resource is the use of electrical currents to reduce pain stimuli and produce a morphine-like effect. Borges et al. evaluated the effect of TENS in patients in the postoperative period of abdominal surgery and found a reduction in postoperative pain in patients who received active TENS compared with those who received placebo and those in the control [22]. In our study, electroanalgesia reduced the pain levels in patients after all sessions; this result was not observed in the placebo group. The “theory of gates”, postulated by Melzack & Wall in 1965, was one of the first attempts to explain the effect of TENS [23]. Currently, there is a lot of knowledge about the peripheral, segmental and central mechanisms regarding the use of TENS. It activates multiple central inhibitory pathways in spinal cord, rostral ventral medulla and cortical sites, and reduces central sensitization measured in nociceptive dorsal horn neurons simultaneously to reduce pain and hyperalgesia [24, 25]. The responses of the use of TENS in the activation of the spinal cord would result in indirect inhibition of the production of substance P [26]. Thus, the release of serotonin, norepinephrine and gamma-aminobutyric acid (GABA) occurs in the dorsal horn neurons of the spinal cord. Activation of GABA_A receptors could be related to decreased production of glutamate and other excitatory amino acids, resulting in decreased pain; this demonstrates that the application of TENS to the patient’s skin results not only in local and spinal cord, but also supraspinal action [7, 24, 27]. TENS also modulates nociceptive input at peripheral sites by peripheral impulse blockade and at segmental sites by “spinal gating” [27]. TENS includes the transmission of electrical current through the skin acting on peripheral mechanoreceptors conducted by the A-β fiber to a set of interneurons; these, in turn, inhibit retransmission at the medullary level of painful stimuli conducted by A-delta and type C fibers [7, 24, 27].

The physiological effects of electrotherapy on the neurological and musculoskeletal systems are capable of reducing pain, which explains, at least in part, our results. Notably, other positive effects of TENS in patients in the postoperative period include muscle stimulation, vasodilation, reductions in oedema, reductions in reflex inhibition, facilitation of soft tissue injury healing and facilitation of fracture consolidation [23].

Similar to our study, other authors have also evaluated the effect of TENS in the postoperative period of different surgeries. Tokuda et al. evaluated 48 patients in the postoperative period of abdominal surgery, comparing an intervention group (TENS) with a placebo group [28]. These authors assessed postoperative pain and conducted lung spirometry; TENS significantly reduced pain and increased the forced vital capacity (FVC) and VT. Luchesa et al. evaluated the effect of TENS on pain and pulmonary function in 30 patients (intervention group and placebo group) in the postoperative period of coronary artery bypass surgery [29]. They observed a reduction in pain levels in the intervention group; however, there were no improvements in the spirometric parameters of these patients. Similarly, in this study, we did not observe any significant effect on lung volume and capacity measured by spirometry, although there was a less pronounced reduction in FVC in the intervention group than in the placebo group. Regarding pain improvement, results similar to those in this study were reported by Tonella et al., who randomized their patients into 3 groups (intervention, control and contrast/placebo) and found a reduction in pain in the postoperative period of abdominal surgeries and a reduction in pain when patients coughed [5]. Therefore, it seems reasonable to offer electroanalgesia as an adjunct to standard treatment for postoperative pain, mainly because it is a low-cost procedure and has a favorable safety profile compared to long-term medication [6]. A meta-analysis showed that electroanalgesia administered at strong and subnoxic intensity with adequate frequency can significantly reduce analgesic consumption for surgical pain [30].

The effects of pain result in a worsening of thoracic dynamics and consequently a reduction in the mobility of respiratory muscles, generating a reduction in inspiratory and expiratory pressures [2]. This has been well documented in gastropasty surgery, with respiratory muscle strength reducing by approximately 50% on the first postoperative day and by approximately 25% on the second postoperative day [4]. Interestingly, in this study, the MIP values in the intervention group in the postoperative period were similar to those in the preoperative period, a finding that can be attributed at least in part to the effect of TENS because this finding was not observed in the placebo group. Similar to our results, Cipriano et al. demonstrated that TENS effectively controlled pain in the postoperative period of cardiac surgery and maintained muscle strength [12].

With a reduction in pain, patients should exhibit improvements in haemodynamic parameters, including respiratory rate, blood pressure and heart rate. In our study, the respiratory rate in patients in the placebo group increased, suggesting a positive haemodynamic effect of TENS, i.e., maintaining the respiratory rate at a normal level. As shown by Fiorelli et al., significant incisional pain reduces chest mobility, causing depressed respiratory function, thus resulting in an inability to breathe deeply and cough effectively [31]. This situation can lead to significant alveolar collapse, severe hypoxemia and severe postoperative pulmonary complications. One possible explanation for the positive effects of electroanalgesia is that TENS directly impacts rib cage mechanics and, consequently, ventilatory patterns. Notably, to our knowledge, no previous study has evaluated in detail the effects of TENS on haemodynamic parameters in the postoperative period.

As with any study, ours also has its limitations. First, the sample was relatively small, and the study included only 1 centre, which makes it difficult to generalize our results. Second, although the 2 groups were matched for anthropometric measurements, the group that received TENS had a mean age slightly lower than that of the placebo group. Despite these limitations, this study serves as a starting point for other randomized controlled trials with a

greater number of patients undergoing other types of weight reduction surgery, such as laparoscopic surgery, vertical gastrectomy and duodenal switch.

5. Conclusions

Our results indicate that the use of electroanalgesia reduces pain levels in patients. Although there was no change in spirometric parameters, there was a protective effect of TENS on respiratory muscle strength, with the maintenance of MIP values within the normal range. In addition, there may be an effect of TENS on haemodynamics because its non-use (placebo) affected tachypnoea. Based on the results of this study, electroanalgesia is a valuable tool in pain relief and the maintenance of respiratory muscle strength in the postoperative period of open bariatric surgery.

Data Availability

The data used to support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Conflicts of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Funding Statement

This study was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq: #302215/2019-0), the Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ: #E-26/202.679/2018 and #E-26/010.002124/2019), and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES: Finance Code 001).

References

- [1] R. J. F. Loos and G. S. H. Yeo, “The genetics of obesity: from discovery to biology,” *Nature Reviews. Genetics*, vol. 23, no. 2, pp. 120–133, 2022.
- [2] T. V. Rohm, D. T. Meier, J. M. Olefsky, and M. Y. Donath, “Inflammation in obesity, diabetes, and related disorders,” *Immunity*, vol. 55, no. 1, pp. 31–55, 2022.
- [3] T. T. Mafort, R. Rufino, C. H. Costa, and A. J. Lopes, “Obesity: systemic and pulmonary complications, biochemical abnormalities, and impairment of lung function,” *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, vol. 11, pp. 28, 2016.
- [4] D. M. Paisani, L. D. C. Vegato, and S. M. Faresin, “Lung volumes, lung capacities and respiratory muscle strength following gastropasty,” *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, vol. 31, no. 2, pp. 125–132, 2005.
- [5] R. M. Tonella, S. Araújo, and A. M. O. Silva, “Transcutaneous electrical nerve stimulation in the relief of pain related to physical therapy after abdominal surgery,” *Revista Brasileira de Anestesiologia*, vol. 56, no. 6, pp. 630–642, 2006.

- [6] M. I. Johnson, "Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) as an adjunct for pain management in perioperative settings: a critical review," *Expert Review of Neurotherapeutics*, vol. 17, no. 10, pp. 1013–1027, 2017.
- [7] R. L. Chimenti, L. A. Frey-Law, and K. A. Sluka, "A Mechanism-based approach to physical therapist management of pain," *Physical Therapy*, vol. 98, no. 5, pp. 302–314, 2018.
- [8] C. Gregorini, G. Cipriano Junior, L. M. Aquino, J. N. R. Branco, and G. F. Bernardelli, "Short-duration transcutaneous electrical nerve stimulation in the postoperative period of cardiac surgery," *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, vol. 94, no. 3, pp. 345–351, 2010.
- [9] J. Zhou, Y. Dan, Y. Yixian et al., "Efficacy of transcutaneous electronic nerve stimulation in postoperative analgesia after pulmonary surgery: a systematic review and meta-analysis," *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 99, no. 3, pp. 241–249, 2020.
- [10] M. Erdogan, A. Erdogan, N. Erbil, H. Karakaya, and A. Demircan, "Prospective, randomized, placebo-controlled study of the effect of TENS on postthoracotomy pain and pulmonary function," *World Journal of Surgery*, vol. 29, no. 12, pp. 1563–1570, 2005.
- [11] A. Jahangirifard, M. Razavi, Z. H. Ahmadi, and M. Forozeshfard, "Effect of TENS on postoperative pain and pulmonary function in patients undergoing coronary artery bypass surgery," *Pain Management Nursing*, vol. 19, no. 4, pp. 408–414, 2018.
- [12] G. Cipriano, A. C. C. Carvalho, G. F. Bernardelli, and P. T. Peres, "Short-term transcutaneous electrical nerve stimulation after cardiac surgery: effect on pain, pulmonary function and electrical muscle activity," *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, vol. 7, no. 4, pp. 539–543, 2008.
- [13] T. C. do Carmo Almeida, F. W. Dos Santos Figueiredo, V. C. Barbosa Filho, L. C. de Abreu, F. L. A. Fonseca, and F. Adami, "Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on proinflammatory cytokines: systematic review and meta-analysis," *Mediators of Inflammation*, vol. 2018, no. 1094352, 2018.
- [14] M. R. Miller, J. Hankinson, V. Brusasco et al., "Standardisation of spirometry," *The European Respiratory Journal*, vol. 26, no. 2, pp. 319–338, 2005.
- [15] C. A. Pereira, T. Sato, and S. C. Rodrigues, "New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil," *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, vol. 33, no. 4, pp. 397–406, 2007.
- [16] J. A. Neder, S. Andreoni, M. C. Lerario, and L. E. Nery, "Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation," *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, vol. 32, no. 6, pp. 719–727, 1999.
- [17] C. H. J. Ferreira and A. C. S. Beleza, "Physicaltherapy approaching in postoperative pain: transcutaneous electric nerve stimulation (TENS)," *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgias*, vol. 34, no. 2, pp. 127–130, 2007.
- [18] H. C. Marimoto, M. Y. Yonekura, and R. E. Liebano, "Conventional and acupuncture-like transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain," *Fisioterapia e Pesquisa*, vol. 16, no. 2, pp. 148–154, 2009.
- [19] K. A. Sluka, J. M. Bjordal, S. Marchand, and B. A. Rakel, "What makes transcutaneous electrical nerve stimulation work? Making sense of the mixed results in the clinical literature," *Physical Therapy*, vol. 93, no. 10, pp. 397–402, 2013.
- [20] M. A. Pantaleao, M. F. Laurino, N. L. Gallego et al., "Adjusting pulse amplitude during transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) application produces greater hypoalgesia," *The Journal of Pain*, vol. 12, no. 5, pp. 581–590, 2011.

- [21] F. S. Ferraz and C. M. C. Moreira, “Electroanalgesia with TENS in postoperative of cardiac surgery,” *Fisioterapia e Movimento*, vol. 22, no. 1, 133–139, 2009.
- [22] M. R. Borges, N. M. L. de Oliveira, I. B. S. Antonelli, M. B. Silva, E. Crema, and L. F. R. M. Fernandes, “Transcutaneous electrical nerve stimulation is superior than placebo and control for postoperative pain relief,” *Pain Management*, vol. 10, no. 4, pp. 235–246, 2020.
- [23] R. J. Andrew and S. M. Lynn, “Eletrofisiologia Clínica Eletroterapia e Teste Eletrofisiológico,” 2^a ed. Porto Alegre: Artmed 560–561, 2002.
- [24] Y. Bi, Z. Wei, Y. Kong, and L. Hu, “Supraspinal neural mechanisms of the analgesic effect produced by transcutaneous electrical nerve stimulation,” *Brain Structure and Function*, vol. 226, no. 1, pp. 151–162, 2021.
- [25] T. Mokhtari, Q. Ren, N. Li, F. Wang, Y. Bi, and L. Hu, “Transcutaneous electrical nerve stimulation in relieving neuropathic pain: basic mechanisms and clinical applications,” *Current Pain and Headache Reports*, vol. 24, no. 4, pp. 14, 2020.
- [26] Y-W. Chen, J-I. Tzeng, M-F. Lin, C-H. Hung, P-L. Hsieh, and J-J. Wang, “High-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation attenuates postsurgical pain and inhibits excess substance P in rat dorsal root ganglion,” *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, vol. 39, no. 4, pp. 322–328, 2014.
- [27] M. I. Johnson, “Resolving long-standing uncertainty about the clinical efficacy of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) to relieve pain: a comprehensive review of factors influencing outcome,” *Medicina*, vol. 57, no. 4, pp. 378, 2021.
- [28] M. Tokuda, K. Tabira, T. Masuda, T. Nishiwada, and K. Shomoto, “Effect of modulated-frequency and modulated-intensity transcutaneous electrical nerve stimulation after abdominal surgery a randomized controlled trial,” *The Clinical Journal of Pain*, vol. 30, no. 7, pp. 565–570, 2014.
- [29] C. A. Luchesa, F. H. Greca, L. C. G. Souza, J. L. V. dos Santos, and E. E. Aquim, “The role of electroanalgesia in patients undergoing coronary artery bypass surgery,” *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, vol. 24, no. 3, pp. 391–396, 2009.
- [30] J. M. Bjordal, M. I. Johnson, and A. E. Ljunggreen, “Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) can reduce postoperative analgesic consumption. A meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain,” *European Journal of Pain*, vol. 7, no. 2, pp. 181–188, 2003.
- [31] A. Fiorelli, F. Morgillo, R. Milione et al., “Control of post-thoracotomy pain by transcutaneous electrical nerve stimulation: effect on serum cytokine levels, visual analogue scale, pulmonary function and medication,” *European Journal of Cardiothoracic Surgery*, vol. 41, no. 4, pp. 861–868, 2021.

3.4. Participação em Eventos Científicos

3.4.1. Metadados da participação em evento científico.

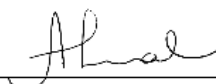
Natureza do trabalho	Apresentação de trabalho na modalidade oral
Título	Contribuição da função pulmonar na distância predita no teste de caminhada de 6 minutos em mulheres obesas brasileiras
Ano	2020
País	Brasil
Classificação do evento	Local
Nome do evento:	XVII Semana de Pesquisa, Extensão, Pós-graduação e Inovação da UNISUAM
Cidade do evento:	Rio de Janeiro
Título dos anais do evento	-
Volume, Fascículo, Série	-
Página inicial-final	-
Nome da editora:	-
Cidade da editora:	-

Conferido aos autores

*Cesar Antonio Luchessa, Carlos Henrique Stohler e
Aginaldo José Lopes*

por ter apresentado o trabalho na modalidade oral "CONTRIBUIÇÃO DA FUNÇÃO PULMONAR NA DISTÚNCIA PREDITA NO TESTE DE CAMINHADA DE 6 MINUTOS EM MULHERES OBESAS BRASILEIRAS", durante a **XVII SEMANA DE PESQUISA, EXTENSÃO, PÓS GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**, no dia 23 de outubro de 2020, na UNISUAM.

Rio de Janeiro, 23 de outubro de 2020


Adriana Leal
Diretora de Ensino e Extensão

Av. Paris, 84 - Bonsucesso
Av. Cesário de Melo, 2571 - Campo Grande
Rua Fonseca, 240 - Bangu Shopping
Rua Abiade, 320 - Taquara - Jacarepaguá

3882-9797
www.unisuam.edu.br

Centro Universitário Augusto Motta
Decreto Presidencial de 27 de outubro de 1997
DOU de 29 de outubro de 1997

3.4.2 Metadados da participação em evento científico

Natureza do trabalho	Resumo científico
Título	Contribuição da função pulmonar para prever a distância durante o teste de caminhada de 6 minutos em homens obesos brasileiros
Ano	2021
País	Brasil
Classificação do evento	Internacional
Nome do evento:	1º Congresso Internacional de Fisioterapia Musculoesquelética
Cidade do evento:	Rio de Janeiro
Título dos anais do evento	Anais 1º Congresso Internacional de Fisioterapia Musculoesquelética
Volume, Fascículo, Série	Vol 4, n 1
Página inicial-final	Pg. 24
Nome da editora:	Arquivos Brasileiros de Educação Física (<i>Brazilian Archives of Physical Education</i>)
Cidade da editora:	-



CONTRIBUIÇÃO DA FUNÇÃO PULMONAR PARA PREDIZER A DISTÂNCIA DURANTE O TESTE DE CAMINHADA DE 6 MINUTOS EM HOMENS OBESOS BRASILEIROS

Cesar Antonio Luchesa¹, Thiago Thomaz Mafort¹, Rafael Rodrigues da Silva¹, Isabela Cristina Faro¹, Fernanda Micheli de Souza¹, Agnaldo José Lopes¹.

1. Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM)

Introdução: De etiologia multifatorial resultante da mudança dos hábitos alimentares, fatores sociais, alterações psicológicas e modificações epigenéticas, a obesidade tornou-se um dos principais problemas de Saúde Pública no mundo. Além da inflamação sistêmica, o obeso apresenta restrição da mecânica respiratória pela deposição de gordura no tórax e abdômen, reduzindo capacidades e volumes pulmonares, força muscular, sobrecarga articular e a tolerância ao esforço. **Objetivo:** Propor uma equação para a distância percorrida no teste de caminhada de 6 minutos (DTC6') com base nas variáveis demográficas e de função pulmonar em obesos. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal realizado com 104 homens obesos com índice de massa corporal (IMC) ≥ 30 kg/m² e idade ≥ 18 anos, realizado no Centro Universitário Assis Gurgacz, em Cascavel, Paraná, Brasil, entre dezembro de 2019 a março de 2020. Eles realizaram TC6', espirometria e mensuração de força muscular respiratória no pré-operatório de cirurgia bariátrica. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da instituição (CAAE: 90356918.8.0000.5219). Utilizou-se o programa estatístico SAS 6.11 (SAS Institute, Inc., EUA). O teste de Shapiro-Wilk demonstrou gaussianidade sendo realizadas análises paramétrica. Utilizou-se ainda o coeficiente de Pearson e a regressão linear stepwise em variáveis independentes. Os resultados foram expressos em média $\pm$ desvio padrão e frequência. **Resultados:** A DTC6' se correlacionou com: idade ($r=-0,388$, $P=0,0005$), peso ($r=-0,365$, $P=0,0007$), altura ($r=0,285$, $P=0,022$), índice de massa corporal ($r=-0,543$, $P<0,0001$), capacidade vital forçada-CVF ($r=0,472$, $P<0,0001$), pico de fluxo expiratório ($r=0,253$, $P=0,031$) e pressão inspiratória máxima ($r=0,313$, $P=0,017$). Na regressão stepwise, IMC, CVF e idade foram as únicas variáveis que previram de forma independente a DTC6' e explicaram 40% de sua variabilidade. Assim, a equação proposta foi: $DTC6' (m) = 570,5 - (3,984 \times IMC_{kg/m^2}) + (1,093 \times CVF\% \text{ previsto}) - (0,836 \times \text{anos de idade})$. **Conclusão:** A função pulmonar contribuiu para uma pior performance no TC6', sendo que o IMC, a CVF e a idade em ordem decrescente predizem melhor a DTC6'.

Palavras-chaves: Obesidade; Exercício físico; Caminhada; Anormalidades Musculoesqueléticas; Espirometria

4 Considerações Finais

Um dos estudos da presente Tese encontrou relação da função pulmonar, dados demográficos e estado metabólico com o teste de TC6' em obesos brasileiros. Assim, os pacientes foram agrupados conforme o sexo para o ajuste da fórmula no cálculo do TC6'.

Na amostra de homens brasileiros obesos, a função pulmonar contribuiu para o baixo desempenho no TC6'. Nesses indivíduos, o IMC, a CVF e a idade foram as variáveis que compuseram a equação de referência para a DTC6'.

Na amostra de mulheres obesas, foram observadas correlações entre a DTC6' e alguns dados demográficos e estado metabólico, principalmente idade e IMC. Além disso, houve associação entre a função pulmonar e a DTC6, principalmente com as medidas de CVF e PImáx.

Esses resultados referentes à previsão da DCT6' na população de obesos brasileiros podem ser úteis no cenário de reabilitação para avaliar a funcionalidade, para o planejamento pré-operatório de cirurgias de redução de peso, para planejar a intensidade das atividades físicas e, ainda, para avaliar o sucesso de intervenções para perda de peso em obesos brasileiros.

No pós-operatório nossos resultados indicaram que o uso da eletroanalgesia reduz os níveis de dor nos pacientes. Embora não tenha havido alteração nos parâmetros espirométricos, houve efeito protetor da TENS sobre a força muscular respiratória, com a manutenção dos valores da PImáx dentro da normalidade. Além disso, houve efeito da TENS na hemodinâmica, pois sua não utilização (placebo) afetou a taquipneia. Com base nos resultados deste estudo, a eletroanalgesia mostrou-se uma ferramenta valiosa no alívio da dor e na manutenção da força muscular respiratória no pós-operatório de pacientes submetidos à cirurgia bariátrica “aberta”.

Referências

ALMEIDA, V.P.; FERREIRA, A.S.; GUIMARÃES, F.S.; PAPATHANASIOU, J.; LOPES, A.J. Predictive models for the six-minute walk test considering the walking course and physical activity level. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 55, no. 6, 824-833, 2019.

ALVES, V.L.S; CARVALHO, A.R; MARTINES, G.C; AVANZI, O. A mensuração com o *peak flow* tem valor na avaliação de pacientes com escoliose idiopática do adolescente? *Arquivos Médicos dos Hospitais e da Faculdade de Ciências Médica da Santa Casa de São Paulo, São Paulo*, vol. 58, p. 70-73, 2013.

ANDRADE, F.A.C.C. Dor: diagnóstico e tratamento. São Paulo: Roca; 2001.

ANDRELLA, G.Q; ARAÚJO, P.M; ANDRELLA, M.P.F.L. Estudo comparativo entre duas escalas de dor e aplicação em doentes. *Revista PUC*, vol. 34, no. 1/2, p. 21-34, 2007.

ANDREW, R.J; LYNN, S.M. Eletrofisiologia Clínica Eletroterapia e Teste Eletrofisiológico. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed. 2002. 560p.

ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories, ATS statement: Guidelines for the six-minute walk test. *American Journal of Respiratory Critical Care Medicine*, vol. 166, p. 111-117, 2002.

AVILA-FUNES JA, GRAY-DONALD K, PAYETTE H. Medición de las capacidades físicas de adultos mayores de Québec: un análisis secundario del estudio NuAge. *Salud Publica, Mex*, vol. 48 p. 446-454, 2006.

BENEDETTI, F.; AMANZIO, M.; CASADIO, C.; CAVALLO, A.; CIANCI, R.; GIOBBE, R.; et al. Control of postoperative pain by transcutaneous electrical nerve stimulation after thoracic operation. *The Annals of Thoracic Surgery*, vol. 63, no. 3, p. 773-776.

BESSA, E.J.C.; LOPES, A.J; RUFINO, R.C. A importância da medida da força muscular respiratória na prática da pneumologia. *Pulmão RJ*, vol. 24, no. 1, p. 37-41, 2015.

BI, Y.; WEI, Z.; KONG Y.; HU, L. "Supraspinal neural mechanisms of the analgesic effect produced by transcutaneous electrical nerve stimulation". *Brain Structure and Function*, vol. 226, no. 1, pp. 151-162, 2021.

BORG G. BORG'S. Perceived Exertion and Pan Scales. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998.

BJORDAL, J.M.; JOHNSON, M.I.; LJUNGGREEN, A.E. Transcutaneous electrical nerve stimulation (tens) can reduce postoperative analgesic consumption: a meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain. *European Journal of Pain*, vol. 7, no. 2, p. 181-188, 2003.

BRITTO, R.R., PROBST, V.S., DE ANDRADE, A.F., SAMORA, G.A., HERNANDES, N.A., MARINHO, P.E., et al. Reference equations for the six-minute walk distance based on a Brazilian multicenter study. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, vol. 17, no. 6, p. 556-563, 2013.

CASANOVA, C.; CELLI, B. R.; BARRIA P.; et al., "The 6-min walk distance in healthy subjects: reference standards from seven countries," *European Respiratory Journal*, vol. 37, no. 1, p. 150-156, 2011.

CAPODAGLIO, P.; DE SOUZA, S. A.; PARISIO, C. et al., "Reference values for the 6-min walking test in obese subjects". *Disability and Rehabilitation*, vol. 35, no. 14, p. 1199–1203, 2013.

CHIMENTI, R. L.; FREY-LAW, L. A.; SLUKA, K. A. "A Mechanism-based approach to physical therapist management of pain". *Physical Therapy*, vol. 98, no. 5, pp. 302-314, 2018.

CIPRIANO, G.; CARVALHO, A.C.C.; BERNARDELLI, G.F.; PERES, P.T. Short-term transcutaneous electrical nerve stimulation after cardiac surgery: effect on pain, pulmonary function and electrical muscle activity. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, vol. 7, no. 4, p. 539-543, 2008.

DIRETRIZES BRASILEIRAS DE OBESIDADE. Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. São Paulo, 4ª edição, 2016.

DIRETRIZES PARA TESTE DE FUNÇÃO PULMONAR. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, vol. 28, supl. 3, 2002.

DONINI, L. M.; POGGIOGALLE, E.; MOSCA, V.; PINTO, A.; BRUNANI, A.; CAPODAGLIO, P. Disability affects the 6-minute walking distance in obese subjects (BMI>40 kg/m²). *PLoS One*, vol. 8, no. 10, p. e75491, 2013.

7º DIRETRIZ BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO ARTERIAL. Sociedade Brasileira de Cardiologia. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, vol. 107, no. 3, suplemento 3, pp. 1-83, 2016.

DOURADO VZ. Reference equations for the 6-minute walk test in healthy individuals. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, vol. 96, no. 6, p.128-e38, 2011.

ERDOGAN, M.; ERDOGAN, A.; ERBIL, N.; KARAKAYA, H.; DEMIRCAN, A. Prospective, randomized, placebo-controlled study of the effect of TENS on postthoracotomy pain and pulmonary function. *World Journal of Surgery*, vol. 29, no. 12, p. 1563-1570, 2005.

FERRAZ, F.S.; MOREIRAB, C.M.C. Eletroanalgesia com utilização da TENS no pós-operatório de cirurgia cardíaca. *Fisioterapia em Movimento*, vol. 22, no. 1, p. 133-139, 2009.

FERREIRA, C.H.J.; BELEZA, A.C.S. Abordagem fisioterapêutica na dor pós-operatória: A eletroestimulação nervosa transcutânea (ENT). Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões, vol. 34, no 2, p. 127-130, 2007.

FLEGAL, K.M.; CARROLL, M.D.; KIT, B.K.; OGDEN, C.L. Prevalence of obesity and trends in the distribution of body mass index among US adults, 1999-2010. JAMA, vol. 307, no. 5, p. 491-497, 2012.

GREGORINI, C.; JUNIOR, G.C.; AQUINO, L.M.; BRANCO, J.N.R.; BERNARDELLI, G.F. Estimulação elétrica nervosa transcutânea de curta duração no pós-operatório de cirurgia cardíaca. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, vol. 94, no. 3, p. 345-351, 2010.

IWANA AM, ANDRADE GN, SHIMA P, TANNI SE, GODOY I, DOURADO VZ. The six-minute walk test and body weight-walk distance product in healthy Brazilian subjects. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, vol. 42, p. 1080-1085, 2009.

KITCHEN, S.; BAZIN, S.; Eletroterapia de Clayton. São Paulo. 10^a ed. Manole 1998: p. 276-294

LADOSKY, W.; BOTELHO, M.A.M.; ALBUQUERQUE, J.P. Chest mechanics in morbidly obese non-hypoventilated patients. Respiratory Medicine, vol. 95, no. 4, p. 281–286, 2001.

LOW, J.; REED, A.; Eletroterapia explicada princípios e prática. São Paulo, 3^a ed, Manole; 2001.

MAFORT, T.T.; RUFINO, R.; COSTA, C.H.; LOPES, A.J. Obesity: systemic and pulmonary complications, biochemical abnormalities, and impairment of lung function. Multidisciplinary Respiratory Medicine, vol. 11, no. 28, 2016.

MARIMOTO, H.C.; YONEKURA, M.Y.; LIEBANO, R.E. Estimulação elétrica nervosa transcutânea nas modalidades convencional e acupuntura na dor induzida pelo frio. *Fisioterapia e Pesquisa*, vol. 16, no. 2, p. 148-54, 2009.

MELZACK, R; WALL, D.P.; Pain mechanisms: a new theory. *Science*, vol. 150, no. 3699, 1965.

MORGAN, C.R.; SANTOS F.S. Estudo da estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) nível sensorio para efeito de analgesia em pacientes com osteoartrose de joelho. *Fisioterapia em Movimento*, vol. 24, no. 4, p. 637-646, 2011.

OGUNNAIKE, O.; JONES, S.B.; JONES, D.B.; PROVOST, D.; WHITTEN, C.W. Anesthetic Considerations for Bariatric Surgery. *Anesthesia and Analgesia*, vol. 95, no. 6, p. 1793-1805, 2002.

OLINTO, M.T.A.; COSTA, J.S.D.; KAC, G.; PATTUSSI, M.P. Epidemiologia da obesidade abdominal em mulheres adultas residentes no sul do Brasil. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*. vol. 57, no 4, 2007.

OLIVEIRA, M.R.; LEITÃO, I.M.T.A.; LUCILANE, M.S.S., ALMEIDA, P.C.; OLIVEIRA, S.K.P.; PINHEIRO, M.B. Postoperative pain and analgesia: analysis of medical charts records. *Revista Dor*, vol. 14, no. 4, p. 251-255, 2013.

PAISANI, D.M.; VEGATO, L.D.C.; FARESI, S.M. Volumes, capacidades pulmonares e força muscular respiratória no pós-operatório de gastroplastia. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, vol. 31, no. 2, p. 125-132, 2005.

RIBEIRO, F.G.; ARAÚJO, L.M.B.; SOUZA-MACHADO, A.; RIBEIRO, P.A. Avaliação da função pulmonar em indivíduos obesos assintomáticos respiratórios: correlação entre dados antropométricos e espirométricos. *Revista Brasileira de Alergia e Imunopatologia*, vol. 30, no. 6, 2007.

RUBBO, A.B. Escala Visual Analógica na avaliação da intensidade da dor pós-operatória de cirurgia bariátrica independente do uso de analgésicos, 2010. 75 f. Tese (Doutorado Ciências da Saúde) - Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, São Paulo/2010.

RYAN, D.H.; KAHAN, S.G. Guideline Recommendations for Obesity Management. Medical Clinics of North America, Elsevier. Washington, DC, USA. v. 102, p, 49-63, 2017.

SALBACH NM, O'BRIEN KK, BROOKS D, IRVIN E, MARTINO R, TAKHAR P, et al. Reference values for standardized tests of walking speed and distance: a systematic review. Gait and Posture, vol. 41, p. 341-360, 2015.

SARTORELLI, D.S.; FRANCO, L.J. Tendências do diabetes mellitus no Brasil: o papel da transição nutricional. Cadernos de Saúde Pública, vol. 19, supl. 1, p. 29-36, 2003.

SOARES MR, PEREIRA CA. Six-minute walk test: reference values for healthy adults in Brazil. Jornal Brasileiro de Pneumologia, vol. 37, p. 576-583, 2011.

SOUZA, F.S.P.; SILVA, B.G.; ECHEVARRIA, L.B.; SILVA, M.A.A.; PESSOTI, E.; PAZZINOTTO-FORT, E.M. Fisioterapia respiratória associada a pressão positiva nas vias aéreas na evolução pós operatória da cirurgia bariátrica. Fisioterapia e Pesquisa, vol. 19, no. 3, p. 204-209, 2011.

TONELLA, R.M.; ARAÚJO, S.; SILVA. A.M.O. Estimulação elétrica nervosa transcutânea no alívio da dor pós-operatória relacionada com procedimentos fisioterapêuticos em pacientes submetidos a intervenções cirúrgicas abdominais. Revista Brasileira de Anestesiologia, vol. 56, no. 6, p. 630-642, 2006.

TOKUDA, M.; TABIRA, K.; MASUDA, T.; NISHIWADA, T.; SHOMOTO, K. Effect of modulated-frequency and modulated-intensity transcutaneous electrical nerve

stimulation after abdominal surgery a randomized controlled trial. *The Clinical Journal of Pain*, vol. 30, no. 7, p. 565-570, 2014.

WANG, B.; TANG, J., WHITE, P.F.; NARUSE, R.; SLONINSKY, A.; KARIGER, R.; GOLD, J.; WENDER, R.H. Effect of the intensity of transcutaneous acupoint electrical stimulation on the postoperative analgesic requirement. *Anesthesia and Analgesia*, Aug; v. 85, no. 2, p. 406-413, 1997.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a World Health Organization Consultation. Geneva: World Health Organization, n. 284, p. 256, 2000.

ZEVE, J.L.; NOVAIS, P.O.; JUNIOR, N.O. Técnicas em cirurgia bariátrica: uma revisão da literatura. *Revista Ciência and Saúde*, vol. 5, no. 2, p. 132-140, 2012.

YOSHIDA, W.B. Profilaxia do tromboembolismo venoso em cirurgia bariátrica. *Jornal Vascular Brasileiro*, vol. 16, no. 2, p. 85-87, 2017.

Apêndice 1 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa intitulada: “Papel da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea no Alívio da Dor e na Função Respiratória em Pacientes Submetidos à Operação de Cirurgia Bariátrica”, coordenada pelo (a) Professor (a) **Cesar Antonio Luchesa**.

A sua participação não é obrigatória sendo que, a qualquer momento da pesquisa, você poderá desistir e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo para sua relação com o pesquisador, com o Centro Universitário FAG ou com o Hospital São Lucas FAG.

Os objetivos desta pesquisa são: Avaliar os efeitos do uso de equipamento utilizado na redução da dor em pacientes que realizaram cirurgia da obesidade, assim como avaliar seu efeito na função pulmonar.

Caso você decida aceitar o convite, será submetido (a) ao(s) seguinte(s) procedimentos: Avaliação fisioterapêutica antes do início do tratamento, avaliação dos sinais vitais do (a) paciente antes e depois da avaliação e do tratamento, serão avaliados os níveis de dor através do uso de uma escala simples objetiva, força muscular respiratória e volume de ar expirado com uso de equipamentos específicos. Após a avaliação fisioterapêutica será realizada a aplicação do aparelho para redução da dor, onde serão utilizados 4 eletrodos auto-adesivos posicionados a três centímetros da incisão cirúrgica.

O tempo previsto para a sua participação é de aproximadamente 2 horas.

Os riscos relacionados com sua participação são: A presença de irritação cutânea, alergias cutâneas ao redor ou abaixo da colocação dos eletrodos, desconforto físico ou emocional. Com o objetivo de minimizar estes riscos, se quaisquer uns dos itens de riscos citados acima ocorrerem, a aplicação da pesquisa será suspensa e o paciente será encaminhada para atendimento da equipe de saúde

Os benefícios relacionados com a sua participação são: Uma possível redução do quadro álgico devido à incisão cirúrgica, podendo assim, diminuir o

tempo de internamento hospitalar, redução na quantidade de medicamentos analgésicos utilizados e prevenção de complicações pulmonares

Os resultados desta pesquisa poderão ser apresentados em seminários, congressos e similares, entretanto, os dados/informações obtidos por meio da sua participação serão confidenciais e sigilosos, não possibilitando sua identificação.

A sua participação nesta pesquisa bem como a de todas as partes envolvidas será voluntária, não havendo remuneração/pagamento. Não estão previstos gastos financeiros da sua parte, mas, caso ocorram, você será ressarcido pelo responsável pela pesquisa.

Se você sofrer qualquer dano resultante da sua participação neste estudo, sendo ele imediato ou tardio, previsto ou não, você tem direito a assistência integral e gratuita, pelo tempo que for necessário, e também o direito de buscar indenização. Ao assinar este termo de consentimento, você não estará abrindo mão de nenhum direito legal, incluindo o direito de pedir indenização por danos e assistência completa por lesões resultantes de sua participação neste estudo.

Após ser esclarecido (a) sobre as informações do projeto, se você aceitar em participar deste estudo, assine o consentimento de participação, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não será penalizado. Este consentimento possui mais de uma página, portanto, solicitamos sua assinatura (rubrica) em todas elas.

A qualquer momento, você poderá entrar em contato com o pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sobre sua participação ou com o Comitê de Ética responsável por avaliar este estudo.

Pesquisador Responsável: Cesar Antonio Luchesa

Endereço: Rua Orlando Vasconcelos, nº 765, Bairro Pioneiros Catarinense, Casacvel PR

Telefone: (45) 98422-8189

E-mail: fisioterapia_ala@saolucas.fag.edu.br

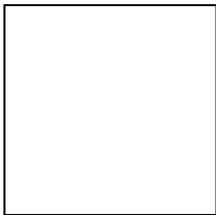
Assinatura: _____

CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO

Eu _____, abaixo assinado, concordo em participar do presente estudo como participante e declaro que fui devidamente informado e esclarecido sobre a pesquisa e os procedimentos nela envolvidos, bem como os riscos e benefícios da mesma e aceito o convite para participar. Autorizo a publicação dos resultados da pesquisa, a qual garante o anonimato e o sigilo referente à minha participação.

Assinatura do participante

() _____
Telefone de contato do participante
(se aplicável, em caso de
acompanhamento)


Impressão dactiloscópica do participante
(se aplicável)

Nome e assinatura da testemunha imparcial
(se aplicável)

Em caso de dúvida quanto à ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP). Este Comitê é composto por um grupo de pessoas que atuam para garantir que seus direitos como participante de pesquisa sejam respeitados. Ele tem a função de avaliar se a pesquisa foi planejada e se está sendo executada de forma ética.

Se você achar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você imaginou ou que está sendo prejudicado de alguma forma, você pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Assis Gurgacz (CEP-FAG):

Avenida das Torres 500 – Bairro FAG – Cascavel - Paraná
CEP: 85806-095 - Prédio da Reitoria – 1º Andar

Horários de atendimento:

Segunda-feira: 12h10 – 17h00 às 18h10 - 22h00

Terça-feira: 10h45 – 16h00 às 17h10 - 20h30

Quarta, Quinta e Sexta-feira: 07h30 – 12h00 às 13h10 - 17h20

Tel.: (45) 3321-3791

E-mail: comitedeetica@fag.edu.br

Site: <https://www.fag.edu.br/cep>

Apêndice 2 - Ficha de Coleta de Dados

Data: ____/____/____

Dados de identificação/epidemiológicos:

Nome: _____ Reg. de
internamento: _____
Idade: _____ Sexo: () Mas () Fem Altura: _____ Peso: _____
IMC: _____

Dados Intra-operatórios:

Tempo de cirurgia: _____ Tempo de ventilação mecânica: _____
Classificação da Associação Americana de Anestesiologia (ASA): _____

Avaliação pulmonar, de dor e dados hemodinâmicos:

1º Espirometria: CVF: _____ VEF₁: _____ PEF: _____
Tiffeneau: _____
2º Espirometria: CVF: _____ VEF₁: _____ PEF: _____
Tiffeneau: _____

1º Manovacuometria: P.ins: _____ P.exp: _____
2º Manovacuometria: P.ins: _____ P.exp: _____

Tabela 1 – Escala Visual Analógica de Dor.

Escala visual analógica de dor (EVA)							
1º sessão		2º sessão		3º sessão		4º sessão	
Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após

Tabela 2 – Ficha de Coleta de Dados

Ficha de Coleta de Dados								
	1º coleta		2º coleta		3º coleta		4º coleta	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
P. sistólica								
P. diastólica								
Galgow								
F.C								
F.R								

Anexo 1 - Escala de Coma de Glasgow

PONTOS	ABERTURA OCULAR	RESPOSTA VERBAL	RESPOSTA MOTORA
6	-	-	Obedece a comandos
5	-	Orientado	Localiza a dor
4	Espontânea	Desorientado	Retirada
3	Ao chamado	Palavras inapropriadas	Flexão de MMSS
2	À dor	Sons inteligíveis	Extensão de MMSS
1	Não	Não	Não

Anexo 2 - Comitê de Ética em Pesquisa

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: PAPEL DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NERVOSA TRANSCUTÂNEA NO ALÍVIO DA DOR E NA FUNÇÃO PULMONAR EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA BARIÁTRICA

Pesquisador: Cesar Antonio Luchesa

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 11613219.0.0000.5219

Instituição Proponente: FUNDACAO ASSIS GURGACZ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.323.313

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Esta pesquisa encontra-se APROVADA e não possui pendências ou lista de inadequações.

Continuação do Parecer: 3.711.589

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Esta pesquisa encontra-se APROVADA e não possui pendências ou lista de inadequações.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_1417781.pdf	20/10/2019 22:42:32		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	solicitacaodedispensadotcle.pdf	20/10/2019 22:32:17	RAFAEL RODRIGUES DA SILVA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracaodospesquisadores.pdf	20/10/2019 22:30:52	RAFAEL RODRIGUES DA SILVA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.pdf	24/09/2019 09:35:10	RAFAEL RODRIGUES DA SILVA	Aceito
Outros	TCUD2.pdf	24/09/2019 07:06:13	RAFAEL RODRIGUES DA SILVA	Aceito
Folha de Rosto	FOLHADEROSTOII.pdf	24/09/2019 07:03:27	RAFAEL RODRIGUES DA SILVA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CASCADEL, 18 de Novembro de 2019

Assinado por:
Thayse Dal Molin Alérico
(Coordenador(a))

Anexo 3 - Bolsa de Capacitação para Mestrado e Doutorado

23/03/2022 11:32

Centro Universitário FAG

COOPEX divulga lista de selecionados para bolsas de capacitação para Mestrado e Doutorado

Iniciativa é voltada para professores e técnicos-administrativos da instituição

17/06/2019



A COOPEX - Coordenação de Pesquisa e Extensão do Centro Universitário FAG divulgou o resultado dos selecionados para as bolsas de capacitação docente e técnico-administrativo nas modalidades de Mestrado e Doutorado, com vigência a partir de 01 de julho de 2019. Serão concedidas 10 bolsas, com o valor mensal de R\$ 800,00 com validade para 12 meses. Os contemplados devem procurar a COOPEX entre os dias 19 e 27/06/2019.

Confira os selecionados:

Cesar Antonio Luchessa

Dilany Schultz

Gabriel de Abreu Gonçalves de Paiva

Hani Zehdi Amine Awad

Julio Tozo Neto

Leandro de Araújo Crestani

Luciano Mezzaroba

Maria Lourdes de Mota

Neusa Gomes Rodrigues Tolotti

Ricardo Krupinski