

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

**IMPACTO DE DIFERENTES TESTES DE AVALIAÇÃO FUNCIONAL SOBRE
O SISTEMA CARDIORRESPIRATÓRIO E SUBJETIVO DE MULHERES
OBESAS: IMPLEMENTANDO RECURSOS EM PROTÓTIPO PARA
AVALIAÇÃO FUNCIONAL**

Estudo I: Testes funcionais de caminhada de seis minutos e de caminhada incremental são intercambiáveis e obesidade-dependentes?

Estudo II: Teste de degrau de seis minutos como um preditor de aptidão cardiorrespiratória em mulheres obesas

Estudo III: Disposição construtiva introduzida em degrau ergométrico portátil com registrador de desempenho e software

Aluna: Luciana Di Thommazo Luporini

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Audrey Borghi e Silva

São Carlos – SP

2015

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

**IMPACTO DE DIFERENTES TESTES DE AVALIAÇÃO FUNCIONAL SOBRE
O SISTEMA CARDIORRESPIRATÓRIO E SUBJETIVO DE MULHERES
OBESAS: IMPLEMENTANDO RECURSOS EM PROTÓTIPO PARA
AVALIAÇÃO FUNCIONAL**

Luciana Di Thommazo Luporini

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

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Audrey Borghi e Silva

São Carlos – SP

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

D536id Di Thommazo-Luporini, Luciana.
Impacto de diferentes testes de avaliação funcional sobre o sistema cardiorrespiratório e subjetivo de mulheres obesas : implementando recursos em protótipo para avaliação funcional / Luciana Di Thommazo Luporini. -- São Carlos : UFSCar, 2015.
126 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2015.

1. Fisioterapia. 2. Obesidade. 3. Teste de degrau. 4. Teste de exercício cardiopulmonar. 5. Teste de caminhada. I. Título.

CDD: 615.82 (20^a)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

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

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Luciana Di Thommazo Luporini, realizada em 12/01/2015:

Prof. Dra. Audrey Borghi e Silva
UFSCar

Prof. Dra. Simone Dal Corso
UNINOVE

Prof. Dra. Luciana Maria Malosa Sampaio Jorge
UNINOVE

Prof. Dr. Michel Silva Reis
UFRJ

Prof. Dra. Ramona Cabiddu
UFSCar

Investigação conduzida no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar e no Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos. Projeto desenvolvido com apoio financeiro CNPq e FAPESP

Dedicatórias

Dedico este trabalho a Deus, princípio e fim de tudo.

A minha família, meu esposo e nosso bebê.

A todos que mantêm dentro si a curiosidade científica e o apreço pelo conhecimento.

Que essa pesquisa possa responder ao menos alguns de seus questionamentos.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo dom da vida e da fé. Agradeço pelo amor que me cerca, pela esperança que alimenta minha alma. Agradeço pela providência em cada detalhe de minha vida que eu considerava impossível se concretizar. Agradeço a delicadeza dos milagres que vejo acontecerem em mim e ao meu redor. Agradeço por me ensinar a sabedoria e a profundidade do silêncio em tantas situações nas quais palavras não caberiam. Agradeço pela família, pelos amigos, pelos parceiros de trabalho, verdadeiros anjos que me ensinam a enxergar-Lhe sempre ao meu lado. Finalmente, mas não menos importante, agradeço por presentear-me com a maternidade.

A minha orientadora, Prof^{ta}. Dr^a. Audrey Borghi-Silva, pela orientação, dedicação e convivência nesses oito anos de minha vida dentro do laboratório. Agradeço os momentos de discussão sobre esse trabalho - um sonho a ser concretizado desde o mestrado. Pudemos viver juntas meu crescimento científico, profissional e pessoal. Acompanhei, com orgulho, o nascimento do LACAP e sua expansão. Continuo a afirmar que sua “ousadia” científica muito me ensina...

À Prof^{ta}. Dr^a Aparecida Maria Catai, pela colaboração com este trabalho e disponibilização da esteira ergométrica e do laboratório. Agradeço o carinho para comigo e o trabalho partilhado durante o período em que estivemos juntas no estágio em Fisioterapia Cardiovascular. Foi um período inesquecível!

Em especial, ao meu esposo Rafael com quem formei minha família logo no início do doutorado. Nossa caminhada tem sido maravilhosa juntos. Agradeço o amor, a dedicação, o exemplo de seriedade e justiça, e a ajuda efetiva em mais essa etapa de minha vida profissional. Obrigada pela compreensão nos momentos de ausência e renúncia de convivência familiar e social para cumprir com os compromissos assumidos com a pesquisa. Seu suporte emocional, apoio incondicional, incentivo e motivação fizeram desafiar-me a mim mesma em todas as situações em que eu já havia desistido. E você estava certo: era possível! Nem tenho palavras para lhe agradecer o presente mais especial que poderia me proporcionar: nosso bebê!

Ao nosso bebê, que antes mesmo de conhecermos, já amamos tanto! Obrigada por me ensinar tanto em tão pouco tempo. Eu não poderia imaginar nossas vidas sem a sua presença, que mesmo tão pequenina, preencheu nosso lar com ainda mais amor, alegria e esperança! Obrigada por chegar nesse momento!

Agradeço a minha família. Aos meus pais, Lena e Zezo, jóias preciosas da minha vida que sempre me apoiaram e incentivaram em todas as fases de minha vida. Pelo amor, pelo exemplo de fortaleza que são, pela educação que proporcionaram a nossa família. Pela maior herança que poderiam nos deixar: a fé concretizada em atos! Aos meus irmãos Renato e André e minhas cunhadas Aline e Aisla pelo amor, apoio e correções. Aos seus filhos, nossos sobrinhos: Letícia, Gabriel e Vito, pela alegria que trazem as nossas vidas!

Agradeço à família que ganhei: minha sogra, Sandra, meus cunhados, Patrícia, Renato, Daniel e Lívia pelo amor e apoio. E nossos sobrinhos: Pedro, Luísa, Laura, Sofia e Elisa! Vocês enchem nossa vida de esperança!

Agradeço de forma toda especial as minhas amigas que se tornaram da família, Camila B.F. Pantoni e Lívia P. Carvalho e seus respectivos, Daniel Mezzalira e Madjer M. Oliveira. Nem teria palavras para expressar toda a nossa gratidão por serem, em tantas situações, minhas mãos e minha cabeça “fora do meu corpo”. Agradeço o amor, a amizade, o incentivo e o apoio.

A toda a equipe dos Laboratórios de Fisioterapia Cardiopulmonar e de Fisioterapia Cardiovascular/ Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico, em especial aos que efetivamente estiveram mais próximos atuando na concretização desse trabalho: Lívia P. Carvalho, Camila B.F. Pantoni, Adalberto F. Martinez, Renata Trimer. Sem vocês, seria impossível realizar este trabalho. Aos apoio-técnicos do Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP): Daniel E. C. Leme, Camila Y. Nogi, Katiany T. L. Zangrando e Humberto Lanzotti. Além desses, agradeço ainda os outros colegas que colaboraram com meu crescimento profissional e pessoal e permitiram-me agradáveis momentos de convívio, em nossas discussões científicas, conversas corriqueiras e tantas vezes, filosóficas: Renata G. Mendes, Fernando Costa, Viviane Castello-Simões, Rodrigo P. Simões, Milena Sperling, Soraia P. Jürsengen, Daniela Bassi, Vivian Araçelian, Flávia C.R. Caruso, José Carlos Bonjorno, Adriana Mazzuco Bonança,

Bruno Archiza, Daniela Andakü, Thomas Beltrame, Cristina de O. Francisco, Vinícius Minatel, Natália Persegui, Juliana C. Milan, Mariana de O. Gois, Silvia C.G. M. Tonello, Patrícia R. Santos, Renata A. Gonçalves, Renato P.B. Vanelli, Nayara Y. Tamburús. Agradeço à Ariane Petronilho pelo auxílio como médica cardiologista em alguns dos testes cardiopulmonares realizados nessa pesquisa.

Agradeço à equipe multiprofissional formada para o desenvolvimento do protótipo do degrau. Ao meu irmão e parceiro de trabalho, André Di Thommazo, Daniel Braatz, Pedro N. Nóbile, Gislaine F. Gonçalves, Jefferson R. S. Pedro, Vanessa Fernandes, Robson de P. Teixeira e Vinícius V. B. M. S. Zhu. Agradeço a disponibilidade e o empenho de cada um.

Agradeço ainda a todos os professores e supervisores que me transmitiram seus conhecimentos ao longo da vida e contribuíram com meu crescimento profissional e pessoal. Vocês foram grandes exemplos nos quais me espelhei!

Agradeço aos alunos que tive durante meu doutorado, tanto os de iniciação científica, Camila N. Dias, Adalberto F. Martinez, Hynyssa M. Pinto, como os alunos de estágio em Fisioterapia Cardiovascular, no período em que fui professora substituta na UFSCar. Vocês nem imaginam como me motivaram a aprofundar meus conhecimentos e a descobrir novas estratégias para ensiná-los. Obrigada por me ensinarem a lecionar e tornarem essa tarefa tão prazerosa! Nossa convivência, juntamente com a dos pacientes, está gravada em meu coração!

Agradeço aos meus amados familiares e amigos - de infância, do colegial, da comunidade Hessed, da graduação, do aprimoramento, da especialização, do mestrado, do doutorado - e tantos outros que a vida tratou de me presentear. Agradeço todo o amor, o apoio, o incentivo, a compreensão nos momentos de minha ausência e as orações em meu favor. Se eu fosse elencar todos os nomes, o espaço seria insuficiente... Quero que tenham a certeza de que eu os amo e agradeço por tornarem minha vida tão feliz, tão cheia de surpresas, tão profunda, tão intensa! Vocês me auxiliaram em etapas distintas de minha vida e a me ajudaram a construir a pessoa que sou hoje.

Agradeço as minhas primas, amigas e irmãs, Thaís e Natália Z. Macedo, por nos amarem tanto e serem tão especiais e presentes em nossas vidas, mesmo com a correria do dia-a-dia. Obrigada por partilharem de minha vida e dividirem as suas comigo... Quanto amadurecimento, quantas alegrias, quantas vitórias, quantas quedas e reerguimentos... Obrigada por respeitarem meu silêncio também. O exemplo de vocês me impulsiona a não desanimar jamais, a seguir em frente, amando sempre...

Aos secretários do PPG-Ft, Emerson, Vagner e Letícia, além dos colaboradores do Departamento de Fisioterapia da UFSCar, Iolanda, Sueli e Felipe, pelo auxílio e gentileza no atendimento ao longo desse período.

Agradeço às voluntárias dessa pesquisa que disponibilizaram seu tempo para contribuir com essa pesquisa. Obrigada pela motivação e pelo convívio agradável. Sem a contribuição de vocês essa pesquisa não teria sido realizada.

Aos professores da banca examinadora, tanto da qualificação como da defesa, Prof^ª. Dr^ª. Patrícia Driusso, Prof^ª. Dr^ª. Ana Cristina Gimenes, Prof^oDr^o Mário Augusto Paschoal, Prof^oDr^o Victor Zuniga Dourado, Prof^oDr^o Michel Silva Reis, Prof^ª. Dr^ª. Simone Dal Corso, Prof^ª. Dr^ª. Luciana Maria Malosá Sampaio Jorge, Prof^ª. Dr^ª. Ramona Cabiddu, Prof^ª. Dr^ª. Flávia Mazzoli da Rocha e Prof^oDr^o Dirceu Costa, pela disponibilidade e pelas valiosas contribuições para este trabalho.

Ao CNPq (processo 141331/2011-9) e à FAPESP (processo 2009/01842-0) pelo apoio financeiro.

*“Mesmo que já tenha feito uma longa caminhada,
sempre haverá mais um caminho a percorrer.”
Santo Agostinho*

RESUMO

A obesidade é considerada uma epidemia mundial, com maior prevalência em mulheres. Está associada a elevadas taxas de mortalidade devido as suas consequências adversas, como doenças cardiovasculares e metabólicas. Além disso, indivíduos obesos apresentam declínio da aptidão cardiorrespiratória e da capacidade funcional. Nesse contexto, propusemos a realização de dois estudos observacionais e transversais que poderiam contribuir no entendimento das respostas cardiovasculares, metabólicas, ventilatórias e perceptuais dessa população frente a diferentes testes de exercício, incluindo o teste máximo exercício cardiopulmonar (TECP), padrão-ouro para avaliação da aptidão cardiorrespiratória, assim como testes funcionais de campo, menos onerosos e mais similares às atividades do cotidiano dos indivíduos, como o teste de caminhada de seis minutos (TC6), teste de caminhada incremental (TCI) e o teste de degrau de seis minutos (TD6). Além disso, propusemos a criação de um novo ergômetro de degrau, que provê um registrador de desempenho e um *software* acoplado para acompanhamento da evolução do usuário. O primeiro estudo é intitulado “Testes funcionais de caminhada de seis minutos e de caminhada incremental são intercambiáveis e obesidade-dependentes?” e teve como objetivos investigar se as respostas fisiológicas frente ao TCI e ao TC6 eram concordantes com as do TECP e determinar se a aplicação dos testes funcionais poderia ser intercambiável tanto em mulheres obesas como em eutróficas. Foram avaliadas 51 obesas (GOB) e 21 eutróficas (GC) por meio de avaliação clínica, TECP, TCI e TC6. Constatou-se que houve concordância entre o TECP e o TC6 [consumo de oxigênio (VO_2 , mL•kg⁻¹•min⁻¹) = 6,9 (IC: 5,7-8,1), e frequência cardíaca (FC, bpm) = 37 (IC: 33-40)] e entre TECP e o TCI [VO_2 (mL•kg⁻¹•min⁻¹) = 6,1 (IC: 4,9-7,3) e a FC (bpm) = 36 (IC: 32-40)]. Foram encontradas respostas cardiovasculares e metabólicas similares entre os testes de campo para o GOB e fortes correlações entre variáveis-desfecho dos dois testes funcionais de caminhada. Concluímos que o TCI e o TC6 são concordantes com o TECP e podem ter aplicação intercambiável em mulheres obesas, revelando ser uma alternativa viável em condições clínicas em que haja limitada disponibilidade de recursos e/ou de equipe técnica qualificada. O segundo estudo foi intitulado “Teste de degrau de seis minutos como um preditor

de aptidão cardiorrespiratória em mulheres obesas” e teve como objetivo avaliar se o TD6 seria acurado para determinar a aptidão cardiorrespiratória (ACR) em mulheres obesas e ainda se seria possível prever as respostas de VO_2 e FC alcançadas durante o TECP. Cinquenta e seis mulheres obesas sedentárias foram submetidas à avaliação clínica, ao TECP e ao TD6. Houve validade concorrente satisfatória entre o TECP e o TD6, com uma diferença média de $5,1 \pm 3,6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e $23 \pm 13 \text{ bpm}$ em relação ao VO_2 pico e a FC, respectivamente. O TD6 apresentou acurácia moderada em prever as respostas do TECP (área abaixo da curva: 0,72, 95% IC: 0,59 – 0,83). O número dos ciclos de subida e descida no degrau e a FC no pico do TD6 explicaram 31% e 39% da variância total do VO_2 pico e da FC obtidos durante o TECP, respectivamente. Concluímos que o TD6 é acurado para discriminar as mulheres obesas com ACR adequada e fraca, e pode prever valores metabólicos e cardiovasculares do exercício máximo, sendo uma ferramenta válida para avaliar a ACR em mulheres obesas sedentárias, especialmente quando o espaço e os recursos são limitados na prática clínica. O terceiro estudo trata-se da implementação de um modelo de utilidade registrado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial como patente e é intitulado: “Disposição construtiva introduzida em degrau ergométrico portátil com registrador de desempenho e software”. O degrau ergométrico visa preencher uma lacuna no mercado apresentando melhorias em relação aos degraus (*steps*) atualmente disponíveis, no que tange ao desempenho, usabilidade, custo, portabilidade, manutenção, segurança e ergonomia. Apoio financeiro: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq 141331/2011-9), Brasília, DF, Brasil; e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP 2009/01842-0).

ABSTRACT

Obesity is considered a worldwide epidemic, with high prevalence in females. It is associated to increased mortality rates due to adverse consequences, such as cardiovascular and metabolic diseases. In addition, obese individuals show impaired cardiorespiratory fitness and functional capacity. In this context, we have proposed two observational and cross-sectional studies that could contribute to the understanding the cardiovascular, metabolic, ventilatory, and perceptual responses in this population to different exercise tests, such as the maximum cardiopulmonary test (CPX), considered the gold standard assessment for cardiorespiratory fitness, as well as functional field tests, which were less expensive and more similar to daily activities, such as the six-minute walk test (6MWT), incremental shuttle walk test (ISWT), and the six-minute step test (6MST). Moreover, we have proposed an innovative step ergometer, which provides a performance recorder and a software for following the user's progression. The first study é entitled "Are cardiovascular and metabolic responses to field walking tests interchangeable and obesity-dependent?". Aimed to investigate if the physiological responses to the ISWT and 6MWT were in agreement with those obtained in CPX and determine if the submaximal tests could be interchangeable in obese women and controls. Fifty one obese women were evaluated (ObG) and 21 controls (CG) through clinical evaluation, CPX, ISWT and 6MWT. There was agreement between CPX and both the 6MWT [oxygen uptake (VO_2 , $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) = 6.9 (CI: 5.7-8.1), and heart rate (bpm) = 37.0 (CI: 33.3-40.7)] and ISWT [VO_2 ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) = 6.1 (CI: 4.9-7.3), and heart rate (bpm) = 36.2 (CI: 32.1-40.3)]. We found similar cardiovascular and metabolic responses to both tests in the ObG but not in the CG. Strong correlations were demonstrated between 6MWT and ISWT variables: VO_2 ($r=0.70$); dyspnea ($r=0.80$); and, leg fatigue ($r=0.70$). The 6MWT and the ISWT may both hold interchangeable clinical value when contrasted with CPX in obese women and may be a viable alternative in the clinical setting when resources and staffing are limited. The second study was entitled "Six-minute step test as a predictor of cardiorespiratory fitness in obese women" and aimed to assess the 6MST accuracy to determinate cardiorespiratory fitness (CRF) and its ability to predict

peak oxygen uptake (VO_2) and heart rate (HR) achieved during CPX in sedentary obese women. Fifty-six sedentary obese women underwent clinical evaluation, CPX and 6MST. There was a satisfactory concurrent validity between the CPX and 6MST, with a mean difference of $5.1 \pm 3.6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ and $23 \pm 13 \text{ bpm}$ in relation to peak VO_2 and HR, respectively. The 6MST demonstrated moderate accuracy in predicting CPX responses (area under the curve: 0.72, 95% CI: 0.59 - 0.83). The number of step cycles and peak HR during the 6MST explained 31% and 39% of the total variance in peak VO_2 and HR obtained during CPX, respectively. We conclude that the 6MST is accurate to discriminate obese women with an adequate CRF from women with a poor status and it can predict metabolic and cardiovascular maximal exercise values, as well as it may be a valid means of assessing CRF in sedentary obese women, particularly in clinical settings where space and resources are limited. The third study is related to a proposal of a innovative utility model registered in the Instituto Nacional de Propriedade Intelectual, in Brazil, as a patent and is entitled "constructive provision introduced in portable exercise step with performance recorder and software." The exercise step aims to fill a gap in the current trade showing improvements over currently available steps, regarding performance, usability, cost, portability, maintenance, safety and ergonomics. Financial support: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq 141331/2011-9), Brasília, DF, Brasil; and, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP 2009/01842-0).

Lista de abreviaturas e siglas

%pred	porcentagem do predito
%FC	porcentagem da frequência cardíaca máxima prevista para a idade
%MG	percentual de massa gorda
%MM	percentual de massa magra
6MST	<i>six-minute step test</i>
6MWT	<i>six-minute walk test</i>
ACR	aptidão cardiorrespiratória
AVDs	atividades de vida diária
bpm	batimentos por minuto
CG	<i>control group</i>
CI	<i>confidence interval</i>
CPX	<i>cardiopulmonary exercising test</i>
CRF	<i>cardiorespiratory fitness</i>
CVF	capacidade vital forçada
DP	desvio padrão
EVA	etileno acetato de vinila
ECG	eletrocardiograma
MMII	membros inferiores
FC	frequência cardíaca
FC_{pico}	frequência cardíaca no pico do exercício
FR	frequência respiratória
GC	grupo controle

GOB	grupo de obesas
HR	<i>heart rate</i>
IC	intervalo de confiança
IMC	índice de massa corporal
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Intelectual
ISWT	<i>incremental shuttle walk test</i>
Intervalos R-R	intervalos entre ondas R consecutivas do eletrocardiograma
LED	<i>light emitting diode</i>
O₂	oxigênio
ObG	<i>obese group</i>
PA	pressão arterial
PAD	pressão arterial diastólica
PAS	pressão arterial sistólica
PC	potência circulatória
QR	quociente respiratório
ROC	<i>receiver operating characteristic</i>
SD	<i>secure digital</i>
SDD	ciclos de subida e descida no degrau
TC6	teste de caminhada de seis minutos
TCI	teste de caminhada incremental
TD6	teste de degrau de seis minutos
TECP	teste máximo de exercício cardiopulmonar
USB	<i>universal serial bus</i>
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
VE	ventilação-minuto

VEF₁	volume expiratório forçado no primeiro segundo
VEF₁/CVF	relação entre volume expiratório forçado no primeiro segundo e capacidade vital forçada
VFC	variabilidade da frequência cardíaca
VCO₂	produção de dióxido de carbono
VE/VCO₂	equivalente ventilatório para o dióxido de carbono
VE/VO₂	equivalente ventilatório para o oxigênio
VO₂	consumo de oxigênio/ <i>oxygen uptake</i>
VO₂ max	consumo máximo de oxigênio
VO₂ pico	consumo máximo de oxigênio no pico do exercício
Whor	trabalho horizontal realizado no teste de degrau
Wvert	trabalho vertical realizado no teste de degrau

SUMÁRIO

Lista de tabelas	i
Lista de figuras	ii
RESUMO	x
<i>ABSTRACT</i>	xii
CONTEXTUALIZAÇÃO	1
ESTUDO I	13
<i>Abstract</i>	14
Resumo	17
Introdução	19
Materiais e métodos	21
Resultados	28
Discussão	37
Conclusão	43
Referências	43
ESTUDO II	50
<i>Abstract</i>	51
Resumo	54
Introdução	56
Materias e métodos	58
Resultados	65
Discussão	74
Conclusão	79
Referências	80
ESTUDO III	86
Resumo	87
Campo de aplicação	92
Fundamentos do modelo	92
Descrição do estado da técnica	94
Objetivo do modelo	108
Breve descrição das figuras	112
Descrição detalhada do modelo	114
Reivindicação	116
CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS FUTUROS	118
APÊNDICES	120
Apêndice A - Carta de submissão do Estudo I	121
Apêndice B - Carta de submissão do Estudo II	122
ANEXOS	123
Anexo A - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	124
Anexo B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	125

Lista de tabelas

ESTUDO I

- Tabela 1.** Dados antropométricos, de composição corporal, de função pulmonar e do nível de atividade física dos grupos estudados 30
- Tabela 2.** Variáveis medidas no pico do teste máximo de exercício cardiopulmonar (TECP), teste de caminhada incremental (TCI) e teste de caminhada de seis minutos (TC6) 32
- Tabela 3.** Coeficiente de correlação produto momento de Pearson e Spearman entre as variáveis de composição corporal, parâmetros metabólicos e cardiovasculares no pico dos testes máximo de exercício cardiopulmonar, de caminhada incremental e de caminhada de seis minutos 35

ESTUDO II

- Tabela 1.** Dados antropométricos, de composição corporal, de função pulmonar e do nível de atividade física do grupo de obesas 68
- Tabela 2.** Variáveis medidas no pico do teste máximo de exercício cardiopulmonar (TECP) e do teste de degrau de seis minutos (TD6) 69

Lista de figuras

ESTUDO I

- Figura 1.** Ilustrações de uma voluntária realizando o teste de caminhada de caminhada incremental (TCI) em (A) e o teste de caminhada de seis minutos (TC6) em (B) com uso concomitante do ergoespirômetro portátil..... 25
- Figura 2.** Fluxograma que representa a perda amostral. IMC, índice de massa corporal; GC, grupo controle; GOB, grupo de obesas; ECG, eletrocardiograma 29
- Figura 3.** Gráficos de Bland-Altman mostram acordo entre as diferenças das médias no consumo de oxigênio ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e na frequência cardíaca (bpm) obtidos no teste máximo de exercício cardiopulmonar (TECP) e nos testes funcionais: teste de caminhada incremental - TCI (A e B) - e teste de caminhada de seis minutos - TC6 (C e D). Grupo controle: triângulos brancos; grupo de obesas: triângulos pretos 34
- Figura 4.** Coeficiente de correlação de Spearman entre (A) o consumo de oxigênio (VO_2) e (B) a frequência cardíaca (FC) no teste de caminhada incremental (TCI) e no teste de caminhada de seis minutos (TC6). Grupo controle: círculos brancos; grupo de obesas: círculos pretos 36

ESTUDO II

- Figura 1.** Ilustração de uma voluntária obesa realizando o teste de degrau de seis minutos 63
- Figura 2.** Fluxograma que representa a perda amostral e a classificação da aptidão cardiorrespiratória pelo teste máximo de exercício cardiopulmonar e teste de degrau de seis minutos. TECP, teste máximo de exercício cardiopulmonar; ACR, aptidão cardiorrespiratória; TD6, teste do degrau de seis minutos 67
- Figura 3.** Representação do perfil (A) do consumo de oxigênio ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e (B) da frequência cardíaca (bpm) em repouso e durante o TECP (círculos pretos) e do TD6 (círculos brancos) de uma voluntária. Em (C) a cadência do TD6 representada pelo valor médio dos ciclos de subida e descida no degrau por minuto 71
- Figura 4.** Gráficos de Bland-Altman mostram acordo entre as diferenças das médias (A) do consumo de oxigênio ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e (B) da frequência cardíaca (bpm), obtido no TECP e TD6 72

Lista de figuras

ESTUDO III

- Figura 1.** Ilustração do degrau ergométrico, onde as referências indicam cada detalhe do protótipo 112
- Figura 2.** Ilustração do degrau ergométrico desmontado para ser transportado. 113
- Figura 3.** Ilustração do degrau ergométrico montado com degrau máximo 30 cm 113

CONTEXTUALIZAÇÃO

A obesidade, comumente caracterizada pelo aumento do índice de massa corporal acima de 30 kg/m², é considerada uma doença crônica não-transmissível pela Organização Mundial da Saúde [1]. Tal doença tem caráter multifatorial [2] e vem crescendo em proporções alarmantes no âmbito mundial [3]. Pelo menos 2,8 milhões de pessoas em todo o mundo morrem a cada ano como resultado do excesso de peso ou da obesidade, sendo que a carga global dessa doença é de 35,8 milhões de anos saudáveis perdidos (fator denominado como DALY), devido às suas inerentes consequências e comorbidades [4]. Nas Américas, 26% da população é constituída de obesos. Em todas as regiões avaliadas pela Organização Mundial da Saúde, as mulheres tem se apresentado mais propensas ao desenvolvimento da obesidade do que os homens.

No Brasil, por sua vez, a frequência de obesidade aumentou, em média, 0,8 pontos percentuais ao ano, de 2006 a 2013, confirmando que o aumento dessa doença em nosso país segue a tendência mundial. Dados publicados recentemente pela Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico (Vigitel) indicam 17,5% dos brasileiros como obesos. Apesar de até 2012 essa porcentagem ter sido maior para as mulheres, nos dias atuais a frequência da obesidade mostra-se equivalente para ambos os sexos [5].

Diversas comorbidades elevam as taxas de mortalidade da população obesa devido às suas consequências adversas, como o aumento na incidência de doenças cardiovasculares, hiperlipidemia, hipertensão arterial sistêmica, diabetes tipo II, entre outras [6-10]. A obesidade está ainda relacionada ao declínio funcional [11] expresso pelos prejuízos no controle do equilíbrio [12] e

na marcha, caracterizados pela menor velocidade de caminhada, passos mais curtos e com base mais alargada [13-16].

Além do impacto negativo da obesidade nos diversos sistemas, a função musculoesquelética dos obesos também se apresenta reduzida devido a inúmeros fatores como redução de conteúdo mitocondrial muscular, com consequente acúmulo de ácidos graxos e maior propensão à resistência à insulina [17]. O tecido adiposo é responsável ainda por produzir e secretar grandes quantidades de citocinas pró-inflamatórias e pró-fibróticas que reduzem a distensibilidade dos vasos sanguíneos por aumento da espessura da camada íntima-média [18], acarretando a disfunção endotelial, que dentre outras consequências, pode acarretar prejuízo na nutrição muscular (cardíaca ou esquelética) durante a atividade física [19].

Dessa forma, é justificável o declínio da aptidão cardiorrespiratória e da capacidade funcional nesses indivíduos, já demonstrado previamente em diversos estudos [20-22]. A aptidão cardiorrespiratória, avaliada por meio de teste máximo de exercício cardiopulmonar (TECP), é uma das medidas mais importantes do nível de aptidão física em indivíduos aparentemente saudáveis e doentes [23,24], uma vez que tal parâmetro envolve a integração de respostas metabólicas, ventilatórias, cardiovasculares e subjetivas durante o exercício dinâmico. Dessa forma, os resultados provenientes desse teste tem apresentado relevante potencial diagnóstico e prognóstico [25].

O TECP, apesar de considerado padrão-ouro para avaliação da ACR, tem sua viabilidade limitada devido aos altos custos envolvidos na remuneração da equipe necessária e na aquisição e manutenção dos equipamentos e ambiente necessários para sua realização (ergoespirômetro, ergômetro, desfibrilador, sala

climatizada, etc) [24]. Além disso, no caso da população obesa, que apresenta conhecido prejuízo do controle postural e da marcha [26,27], a utilização de testes de exercício menos onerosos e que se assemelhem às atividades de vida diária seria uma alternativa interessante para avaliação da capacidade funcional dessa população, reduzindo a necessidade de utilizar ergômetros como a bicicleta ou a esteira ergométrica, nas quais indivíduos obesos poderiam apresentar maior dificuldade de adaptação.

Os testes funcionais, neste contexto, são de fácil aplicação e aprendizado, não exigem que o médico esteja presente, tornando viável a aplicação em maior escala nos ambientes de promoção de saúde, como estratégias de saúde da família e centros comunitários, além de clínicas de reabilitação e fisioterapia, onde a disponibilidade do profissional médico é frequentemente limitada e os recursos insuficientes para a realização do TECP. Além disso, os testes funcionais, também chamados de testes de campo, apresentam íntima relação com a modalidade de exercício e a intensidade de esforço requerida para a realização de atividades de vida diária dos indivíduos [28,29], e representam de forma mais apropriada a intensidade de esforço geralmente prescrita em programas de reabilitação cardiopulmonar e metabólica ou em estratégias de perda de peso nessa população [30].

O teste de caminhada de seis minutos (TC6) tem sido o teste de campo mais amplamente utilizado na prática clínica e na pesquisa para a avaliação funcional de indivíduos com acometimentos diversos [31-33] e apresenta a vantagem de ser facilmente executável e limitado pelos sintomas do paciente, além de possuir fácil interpretação [34]. Além disso, a capacidade funcional do indivíduo pode ser inferida pelo trabalho realizado - produto entre a distância

percorrida no teste e a massa corporal do avaliado [35,36]. Uma característica desse teste é que o exercício realizado assemelha-se a um protocolo de carga constante [33], caracterizado pelo incremento rápido das respostas fisiológicas nos primeiros três minutos e, a partir desse momento, pela estabilização das respostas.

Em contrapartida, para avaliadores que desejem implementar protocolos que treinem o limite da tolerância em cargas progressivas, o teste de caminhada incremental (TCI) proposto por Sigh e colaboradores [37] torna-se mais adequado. Esse teste parece ainda mais atraente quando o espaço para a aplicação é restrito, dado que o TC6 requer um corredor de 30 metros, enquanto o TCI necessita de, aproximadamente, 10 metros. Esse teste já foi aplicado anteriormente em diversas populações doentes, inclusive em indivíduos obesos [38,39], entretanto, ainda pouco se sabe sobre o estresse cardiovascular, ventilatório e metabólico em comparação a testes máximos nesta população.

Além da atividade de caminhar, a demanda exigida na subida e descida de degrau é bastante semelhante a uma atividade cotidiana [28]. Nesse sentido, o teste de degrau tem sido uma opção interessante para avaliar a capacidade funcional em diferentes populações quando o espaço para a avaliação é ainda mais restrito e os recursos limitados [40, 41].

Os testes de campo supracitados tem demonstrado relação com o máximo desempenho em populações saudáveis e/ou doentes [42-44]. No entanto, com o objetivo de preencher importantes lacunas na adoção de estratégias de avaliação funcional e adequada prescrição de tratamento na prática clínica em relação à população obesa, alguns questionamentos ainda permanecem não esclarecidos e merecem ser investigados, como: 1) qual dos

testes funcionais teria maior aplicabilidade na ocasião de indisponibilidade do TECP?; 2) seria possível prever resultados do teste máximo por meios dos funcionais?; 3) seria possível estratificar a população obesa em relação ao nível de aptidão física a partir da aplicação dos testes de campo?; 4) seria possível criar um dispositivo seguro, de baixo custo e efetivo para avaliar a população obesa?

Nesse sentido, com a hipótese de que dois testes funcionais de caminhada elicitariam respostas fisiológicas em concordância com o TECP e que a execução desses seria intercambiável e aplicáveis clinicamente, foi realizado um primeiro estudo comparando as respostas fisiológicas a esses testes, um de caráter incremental com velocidade determinada por um estímulo sonoro, o *incremental shuttle walk test*, aqui denominado de teste de caminhada incremental (TCI), e outro, com velocidade determinada pelo avaliado, o teste de caminhada de seis minutos (TC6). Tal estudo, intitulado “Testes funcionais de caminhada de seis minutos e de caminhada incremental são intercambiáveis e obesidade-dependentes?”, foi submetido à avaliação do corpo editorial do periódico científico *Disability and Rehabilitation* (**APÊNDICE A**).

Ainda investigando a aplicabilidade dos testes funcionais para avaliação da população obesa, desenvolvemos um segundo trabalho. Tal estudo teve como objetivo avaliar se o teste de degrau de seis minutos (TD6) seria acurado para determinar a aptidão cardiorrespiratória em mulheres obesas e ainda se seria possível prever as respostas de consumo de oxigênio e frequência cardíaca alcançadas durante o TECP. A hipótese testada foi a que o TD6 seria capaz de refletir a ACR com acurácia aceitável e com relevante aplicabilidade clínica. Esse segundo estudo, intitulado “O teste de degrau de seis minutos como

um preditor de aptidão cardiorrespiratória em mulheres obesas”, foi submetido ao corpo editorial do periódico científico: *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* (**APÊNDICE B**).

O atual estado da técnica no que diz respeito a equipamentos que realizam a avaliação de capacidade funcional abrange modelos como esteiras rolantes e bicicletas ergométricas, além de degraus (*steps*). Os dois primeiros aparecem com alto grau de evolução tecnológica e diversidade de materiais, modelos e funções. O último, a partir das buscas realizadas, não apresenta o mesmo grau de evolução, ficando restrito a soluções de baixo custo e adaptações para uso laboratorial ou mesmo em academias de ginástica e centros de reabilitação. Como em nossas pesquisas a respeito do uso do teste de degrau para avaliação da capacidade funcional encontramos diversos modelos de degrau, com dimensões e alturas distintas, além de diferentes protocolos aplicados, reunimos uma equipe multiprofissional que pudesse gerar uma solução viável para essa lacuna no mercado. Assim, desenvolveu-se um terceiro estudo com a hipótese de que seria possível criar um dispositivo seguro, de baixo custo e efetivo para avaliação funcional da população obesa. Tal estudo implementou um modelo de utilidade depositado no Instituto Nacional da Propriedade Intelectual como patente e foi intitulado: “Disposição construtiva introduzida em degrau ergométrico portátil com registrador de desempenho e software” (**APÊNDICE C**). O modelo de utilidade (degrau) visa a contornar as desvantagens do estado da técnica apresentando melhorias sobre os outros ergômetros existentes no que tange à portabilidade, custo, manutenção, segurança, ergonomia, desempenho e usabilidade.

REFERÊNCIAS

1. Lessa I. O adulto brasileiro e as doenças da modernidade: epidemiologia das doenças crônicas não transmissíveis. São Paulo: Hucitec; 1998. 284p.
2. Mitchell S, Shaw D. The worldwide epidemic of female obesity. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.* 2014 Oct 16. pii: S1521-6934(14)00213-2. doi: 10.1016/j.bpobgyn.2014.10.002.
3. Bhurosy T, Jeewon R. Overweight and Obesity Epidemic in Developing Countries: A Problem with Diet, Physical Activity, or Socioeconomic Status? *ScientificWorldJournal.* 2014;2014:964236.
4. Global Health Observatory (GHO): Obesity - Situation and trends. World Health Organisation 2013. Disponível em: http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/obesity_text/en/ (acesso em dezembro, 2014)
5. Brasil, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. *Vigitel Brasil 2013: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico.* Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 120p. Available from: Brasília, Distrito Federal.
6. de Jonge L, Moreira EA, Martin CK, Ravussin E; Pennington CALERIE Team. Impact of 6-month caloric restriction on autonomic nervous system activity in healthy, overweight, individuals. *Obesity* 2010;18(2):414-6.
7. Fornitano LD, Godoy MF. Exercise testing in individuals with morbid obesity. *Obes Surg* 2010;20(5):583-8.

8. Gabrielsen AM, Lund MB, Kongerud J, Viken KE, Røislien J, Hjelvesæth J. The relationship between anthropometric measures, blood gases, and lung function in morbidly obese white subjects. *Obes Surg.* 2011;21(4):485-91
9. Schlaich MP, Socratous F, Hennebry S, Eikelis N, Lambert EA, Straznicky N, et al. Sympathetic activation in chronic kidney disease: causes, consequences and therapeutic implications. *J Am Soc Nephrol* 2009;20:933–9.
10. Carnethon MR, Golden SH, Folsom AR, Haskell W, Liao D. Prospective investigation of autonomic nervous system function and the development of type 2 diabetes: the Atherosclerosis Risk in Communities study, 1987–1998. *Circulation* 2003;107:2190–5.
11. Wee CC, Huskey KW, Ngo LH, Fowler-Brown A, Leveille SG, Mittlemen MA, McCarthy EP. Obesity, race, and risk for death or functional decline among Medicare beneficiaries: a cohort study. *Ann Intern Med.* 2011 May 17;154(10):645-55. doi: 10.7326/0003-4819-154-10-201105170-00003.
12. Greve J, Alonso A, Bordini AC, Camanho GL. Correlation between body mass index and postural balance. *Clinics (Sao Paulo).* 2007 Dec;62(6):717-20.
13. Ko S, Stenholm S, Ferrucci L. Characteristic gait patterns in older adults with obesity--results from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *J Biomech.* 2010 Apr 19;43(6):1104-10. doi: 10.1016/j.jbiomech.2009.12.004. Epub 2010 Jan 18.
14. Lai PP, Leung AK, Li AN, Zhang M. Three-dimensional gait analysis of obese adults. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2008;23 Suppl 1:S2-6. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2008.02.004. Epub 2008 Apr 18.
15. Xu B, Houston DK, Gropper SS, Zizza CA. Race/Ethnicity differences in the relationship between obesity and gait speed among older Americans. *J Nutr Elder.* 2009 Oct;28(4):372-85. doi: 10.1080/01639360903393515.

16. de Souza SA, Faintuch J, Valezi AC, Sant' Anna AF, Gama-Rodrigues JJ, de Batista Fonseca IC, Souza RB, Senhorini RC. Gait cinematic analysis in morbidly obese patients. *Obes Surg*. 2005 Oct;15(9):1238-42.
17. Holloway GP, Bonen A, Spriet LL. Regulation of skeletal muscle mitochondrial fatty acid metabolism in lean and obese individuals. *Am J Clin Nutr*. 2009 Jan;89(1):455S-62S. doi: 10.3945/ajcn.2008.26717B. Epub 2008 Dec 3.
18. Gustafson B. Adipose tissue, inflammation and atherosclerosis. *J Atheroscler Thromb*. Apr 2010;17(4):332–341.
19. Hallmark R, Patrie JT, Liu Z, Gaesser GA, Barrett EJ, Weltman A. The effect of exercise intensity on endothelial function in physically inactive lean and obese adults. *PLoS One*. 2014 Jan 20;9(1):e85450. doi: 10.1371/journal.pone.0085450. eCollection 2014.
20. Pataky Z, Armand S, Müller-Pinget S, Golay A, Allet L. Effects of obesity on functional capacity. *Obesity (Silver Spring)*. 2014 Jan;22(1):56-62. doi: 10.1002/oby.20514. Epub 2013 Aug 13.
21. Arena R, Cahalin LP. Evaluation of cardiorespiratory fitness and respiratory muscle function in the obese population. *Prog Cardiovasc Dis*. 2014 Jan-Feb;56(4):457-64. doi: 10.1016/j.pcad.2013.08.001. Epub 2013 Sep 23.
22. Di Thommazo-Luporini L, Jürgensen SP, Castello-Simões V, Catai AM, Arena R, Borghi-Silva A. Metabolic and clinical comparative analysis of treadmill six-minute walking test and cardiopulmonary exercise testing in obese and eutrophic women. *Rev Bras Fisioter*. 2012 Nov-Dec;16(6):469-78.
23. Guazzi M, Adams V, Conraads V, Halle M, Mezzani A, Vanhees L et al. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Circulation* 2012;126:2261-74.

24. Neder JA, Nery LE. Teste de exercício cardiopulmonar. *J Pneumol* 2002 out; 28(Supl 3); S166-S206.
25. Arena R, Myers J, Guazzi M. The future of aerobic exercise testing in clinical practice: is it the ultimate vital sign? *Future Cardiol*. 2010 May;6(3):325-42. doi: 10.2217/fca.10.21.
26. Gilleard W, Smith T. Effect of obesity on posture and hip joint moments during a standing task, and trunk forward flexion motion. *Int J Obes (Lond)*. 2007 Feb;31(2):267-71. Epub 2006 Jun 27.
27. da Silva-Hamu TC, Formiga CK, Gervásio FM, Ribeiro DM, Christofolletti G, de França Barros J. The impact of obesity in the kinematic parameters of gait in young women. *Int J Gen Med*. 2013 Jun 24;6:507-13. doi: 10.2147/IJGM.S44768. Print 2013.
28. ERS Task Force, Palange P, Ward SA, Carlsen KH, Casaburi R, Gallagher CG et al. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J* 2007;29:185-209.
29. Houghton AR, Harrison M, Cowley AJ, Hampton JR. Assessing exercise capacity, quality of life and haemodynamics in heart failure: do the tests tell us the same thing? *Eur J Heart Fail* 2002;4:289–95.
30. Castello-Simões V, PolaquiniSimões R, Beltrame T, Bassi D, Maria Catai A, Arena R, Azambuja NC Jr, do Nascimento Ortega J, Borghi-Silva A. Effects of aerobic exercise training on variability and heart rate kinetic during submaximal exercise after gastric bypass surgery--a randomized controlled trial. *Disabil Rehabil*. 2013 Feb;35(4):334-42. doi: 10.3109/09638288.2012.694575.

31. Kim EJ, Kim HS, Lee MH. Effects of the six-minute walking test on dyspnea and activities of daily living in pneumoconiosis patients. *J Exerc Rehabil.* 2014 Oct 31;10(5):279-85.
32. Kozora E, Zell J, Swigris J, Strand M, Duggan E, Burleson A, Make B. Cardiopulmonary correlates of cognition in systemic lupus erythematosus. *Lupus.* 2014 Sep 23. pii: 0961203314551810.
33. Casas A, Vilaro J, Rabinovich R, Mayer A, Barberà JA, Rodriguez-Roisin R, Roca J. Encouraged 6-min walking test indicates maximum sustainable exercise in COPD patients. *Chest.* 2005 Jul;128(1):55-61.
34. 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 Jul 1;166(1):111-7.
35. Larsson UE, Reynisdottir S. The six-minute walk test in outpatients with obesity: reproducibility and known group validity. *Physiother Res Int.* 2008 Jun;13(2):84-93.
36. Maniscalco M, Zedda A, Giardiello C, Faraone S, Cerbone MR, Cristiano S, Sofia M. Effect of bariatric surgery on the six-minute walk test in severe uncomplicated obesity. *Obes Surg.* 2006 Jul;16(7):836-41.
37. Singh SJ, Morgan MD, Scott S, Walters D, Hardman AE. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax.* 1992 Dec;47(12):1019-24.
38. Jürgensen SP, Trimer R, Dourado VZ, Di Thommazo-Luporini L, Bonjorno-Junior JC, Oliveira CR, Arena R, Mendes RG, Borghi-Silva A. Shuttle walking test in obese women: test-retest reliability and concurrent validity with peak oxygen uptake. *ClinPhysiolFunct Imaging.* 2014 Mar 3. doi: 10.1111/cpf.12135.

39. Andrews L, Barlow R, Easton I. Differences in patient outcomes between a 6, 7 and 8 week pulmonary rehabilitation programme: A service evaluation. *Physiotherapy*. 2014 Apr 21. pii: S0031-9406(14)00043-1. doi: 10.1016/j.physio.2014.04.002.
40. da Costa JN, Arcuri JF, Gonçalves IL, Davi SF, Pessoa BV, Jamami M et al. Reproducibility of cadence-free 6-minute step test in subjects with COPD. *Respir Care* 2014;59:538-42.
41. Andrade CH, Cianci RG, Malaguti C, Corso SD. The use of step tests for the assessment of exercise capacity in healthy subjects and in patients with chronic lung disease. *J Bras Pneumol* 2012;38:116-24.
42. Tveter AT, Dagfinrud H, Moseng T, Holm I. Health-related physical fitness measures: reference values and reference equations for use in clinical practice. *Arch Phys Med Rehabil* 2014;95:1366-73.
43. Dow CA, Thomson CA, Flatt SW, Sherwood NE, Pakiz B, Rock CL. Predictors of improvement in cardiometabolic risk factors with weight loss in women. *J Am Heart Assoc* [Internet]. 2013 [cited 2013 Dec 18];2(6):e000152.
44. Dourado VZ, Vidotto MC, Guerra RL. Reference equations for the performance of healthy adults on field walking tests. *J Bras Pneumol* 2011;37:607-14.

ESTUDO I

Resumo do estudo I submetido ao periódico *Disability and Rehabilitation*

Are cardiovascular and metabolic responses to field walking tests interchangeable and obesity-dependent?

Abstract

Purpose: To investigate if cardiovascular and metabolic responses to the six-minute walking test (6MWT) and incremental shuttle walking test (ISWT) are in agreement with cardiopulmonary exercise testing (CPX) and determine if both submaximal tests are interchangeable in obese and eutrophic individuals.

Method: Observational and cross-sectional study including 51 obese women (ObG) and 21 controls (CG) (20-45 years old). Subjects underwent clinical evaluation, CPX, the 6MWT and ISWT. We applied Bland-Altman plots to assess agreement between walking tests and CPX. Correlation analysis assessed relationships between key variables. Significance level adopted was 5%. **Results** There was agreement between CPX and both the 6MWT [oxygen uptake (VO_2 , $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) = 6.9 (CI: 5.7-8.1), and heart rate (bpm) = 37 (CI: 33-40)] and ISWT [VO_2 ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) = 6.1 (CI: 4.9-7.3), and heart rate (bpm) = 36 (CI: 32-40)]. We found similar cardiovascular and metabolic responses to both tests in the ObG but not in the CG. Strong correlations were demonstrated between 6MWT and ISWT variables: VO_2 ($r=0.70$); dyspnea ($r=0.80$); and, leg fatigue ($r=0.70$). **Conclusions:** 6MWT and ISWT may both hold interchangeable clinical value when contrasted with CPX in obese women and may be a viable alternative in the clinical setting when resources and staffing are limited.

Keywords: *six-minute walk test, incremental shuttle walk test, exercise testing*

**TESTES FUNCIONAIS DE CAMINHADA DE SEIS MINUTOS E DE
CAMINHADA INCREMENTAL SÃO INTERCAMBIÁVEIS E OBESIDADE-
DEPENDENTES?**

Artigo submetido ao periódico *Disability and Rehabilitation*

Versão em português com acréscimo de ilustração

Resumo

Objetivo: Investigar se as respostas cardiovasculares e metabólicas frente aos testes funcionais de campo, de caminhada incremental (TCI) e de caminhada de seis minutos (TC6), concordam com aquelas provenientes do teste máximo de exercício cardiopulmonar (TECP) e determinar se a aplicação de ambos os testes de campo é intercambiável tanto em mulheres obesas como em eutróficas. **Métodos:** Estudo observacional e transversal incluindo 51 mulheres obesas (GOB) e 21 eutróficas (GC) (20 a 45 anos). Os sujeitos foram submetidos a uma avaliação clínica, ao TECP, ao TCI e ao TC6. O método de concordância de Bland-Altman foi utilizado para avaliar a concordância entre os testes de caminhada e o TECP, padrão-ouro para avaliação cardiorrespiratória. A análise de correlação foi utilizada para verificar o grau de associação entre as variáveis de interesse. Nível de significância adotado foi de 5%. **Resultados:** Constatou-se que houve concordância entre o TECP e o TC6 [consumo de oxigênio (VO_2 , $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) = 6,9 (intervalo de confiança, IC: 5,7-8,1), e frequência cardíaca (FC, bpm) = 37 (IC: 33-40)] e entre TECP e o TCI [VO_2 ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) = 6,1 (IC: 4,9-7,3) e a FC (bpm) = 36 (IC: 32-40)]. Foram encontradas respostas cardiovasculares e metabólicas similares entre os testes de campo para o GOB, porém não para GC. Fortes correlações foram encontradas entre variáveis-desfecho dos dois testes funcionais: VO_2 ($r=0,70$); dispnéia ($r=0,80$); e, fadiga de membros inferiores ($r=0,70$). **Conclusão:** O TC6 e o TCI são concordantes com o TECP e podem ter aplicação intercambiável em mulheres obesas, revelando ser uma alternativa viável em condições clínicas em que haja limitada disponibilidade de recursos e/ou de equipe técnica qualificada.

Palavras-chave: teste de caminhada de seis minutos, teste de caminhada incremental, *shuttle walk test*, teste de exercício cardiopulmonar

Introdução

A obesidade é considerada uma doença crônica não transmissível que está frequentemente relacionada a inúmeras comorbidades e a um aumentado risco de morte. Sua incidência e prevalência atuais tem acarretado uma crise global no âmbito da saúde [1,2]. As preocupações relacionadas às consequências adversas associadas à obesidade são ainda mais desconcertantes em mulheres [3]. Indivíduos obesos comumente apresentam reduzida capacidade muscular aeróbia e anaeróbia [4,5] assim como maior desvantagem biomecânica devido ao excesso de peso. Ademais, o hábito de vida sedentário frequentemente adotado por esses indivíduos consiste em um fator adicional contribuinte para uma reduzida capacidade funcional, afetando negativamente a capacidade de desempenho de atividades cotidianas [6].

A avaliação do consumo de oxigênio (VO_2) por meio do teste máximo de exercício cardiopulmonar (TECP) é considerada a metodologia padrão-ouro para fins de classificação e estratificação da aptidão cardiorrespiratória, um importante parâmetro que é considerado forte preditor de mortalidade [7]. Todavia, o TECP mostra-se muitas vezes inviável dado o custo elevado e a necessidade de equipe técnica altamente qualificada para sua execução. Adicionalmente, é possível que o TECP não tenha condições de avaliar integralmente a capacidade funcional do indivíduo, especialmente no que diz respeito à capacidade funcional submáxima de execução de atividades que mimetizam aquelas do cotidiano [8, 9]. Nesse sentido, a abordagem a partir dos testes de caminhada de campo parece demonstrar um custo-benefício adicional ao proverem relevantes informações clínicas no que concerne a habilidade de

os indivíduos realizarem atividades físicas bastante similares às atividades cotidianas da vida real [10].

Sabidamente, o teste de caminhada de seis minutos (TC6) é o mais conhecido e utilizado teste funcional submáximo de avaliação de resposta ao exercício. Estudos prévios demonstraram importantes correlações entre o TC6 e o TECP, assim como confirmaram sua validade e reprodutibilidade em adultos obesos e em outras populações ou condições incapacitantes [14-16]. O teste de caminhada incremental (TCI), mais conhecido como *incremental shuttle walk test*, consiste em outro teste de campo que tem sido aplicado com a finalidade de avaliação da capacidade funcional em inúmeras populações [10,17-19]. Além disso, um estudo do nosso laboratório confirmou sua validade e reprodutibilidade em uma amostra de mulheres obesas [20].

Devido às potenciais vantagens relacionadas à aplicação dos testes de campo na prática clínica, estudiosos tem comparado testes funcionais de caminhada ao TECP e demonstrado similares respostas de VO_2 e frequência cardíaca (FC). Tais comparações tem sido realizadas em diversas populações de doentes, como indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica [21,22] e obesos com apnéia obstrutiva do sono [23].

Desse modo, os objetivos do presente estudo foram de determinar se: 1) as respostas cardiovasculares e metabólicas frente aos testes funcionais de campo, TC6 e TCI, apresentam concordância com aquelas obtidas no TECP em mulheres obesas; e 2) ambos os testes funcionais tem aplicação intercambiável no que concerne as respostas fisiológicas e sintomáticas em mulheres eutróficas e obesas. A hipótese do presente estudo, fundamentada pelo exposto

previamente, supõe que ambos os testes funcionais elicitariam respostas fisiológicas em concordância com o TECP e que a execução desses seria intercambiável sendo, portanto, aplicáveis clinicamente.

Materiais e métodos

Esse estudo, observacional e transversal, recrutou mulheres sedentárias com idade entre 20 a 45 anos. O recrutamento se deu por meio de divulgação na mídia social em panfletos, noticiários e a estudantes e funcionários da Universidade Federal de São Carlos via comunicação por correio eletrônico. A população alvo de estudo foi recrutada e avaliada no período de janeiro de 2012 a julho de 2014. Seguiu-se à triagem inicial, a alocação das voluntárias em dois grupos de acordo com o índice de massa corporal (IMC): 1) grupo controle composto por mulheres eutróficas ($GC: 18,5 < IMC < 24,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$); e 2) grupo de obesas ($GOb: IMC \geq 30,0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$). No GOb foram incluídos os três graus de classificação de obesidade: grau I = $30 < IMC \leq 34,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$; grau II = $35 < IMC \leq 39,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$; e, grau III = $IMC > 40 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ [24].

Os critérios de exclusão foram: 1) gestação; 2) tabagismo ou abstinência de tabaco por período inferior a 12 meses do início do estudo; 3) etilismo ou uso de drogas ilícitas; 4) presença de *Diabetes Mellitus*; 5) hipertensão arterial sistêmica não controlada; 6) diagnóstico conhecido de doença cardiopulmonar, como doença arterial coronariana, doença pulmonar obstrutiva crônica, asma, etc; 7) disfunção neurológica e/ou ortopédica; 8) uso de medicamentos que influenciassem o sistema nervosa autônomo, como o uso de beta-bloqueadores; e/ou 9) menopausa. O estudo foi devidamente aprovado pelo Comitê de Ética

Institucional da Universidade Federal de São Carlos e todas as voluntárias assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participação no estudo.

Os procedimentos experimentais foram executados em dias não consecutivos, tendo sido respeitado um intervalo mínimo de 48 horas entre os dias de avaliação. Cada indivíduo realizou os procedimentos experimentais de exercício no mesmo período do dia a fim de suprimir a influência das mudanças nas respostas fisiológicas promovidas pelo ciclo circadiano. Os sujeitos eram orientados a absterem-se de cafeína, estimulantes e bebidas alcólicas pelas 24h que antecederam os testes; a não realizarem atividades físicas extenuantes pelo mesmo período; a terem uma boa noite de sono; e a fazerem uma refeição leve pelo menos duas horas antes dos testes de exercício. Todas essas recomendações foram empregadas com a finalidade de evitarem-se potenciais vieses nas respostas fisiológicas aos testes de exercício.

Avaliação inicial:

Após anamnese, as voluntárias foram familiarizadas com os equipamentos e com os protocolos de exercício. O questionário modificado de Baecke, previamente validado para a língua portuguesa [25], foi aplicado para verificação do nível de atividade física das voluntárias.

A estatura foi mensurada por meio de um estadiômetro padrão (*Welmy R-110*, Santa Bárbara d'Oeste, SP, Brasil). O IMC foi calculado pela equação padrão (em $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$). A avaliação de composição corporal foi realizada no período matutino por meio de balança de bioimpedância tetrapolar *Tanita Body*

Composition Analyser (Modelo BC-558, *Ironmann*, Tanita Corporation, Tóquio, Japão). As voluntárias foram orientadas a realizarem jejum absoluto de, no mínimo, quatro horas, e a apresentarem-se com roupas de banho e sem qualquer tipo de metal em contato com o corpo. Ademais, foram orientadas a eliminarem urina previamente à avaliação. Para fins de padronização quanto às mudanças fisiológicas oriundas das fases do ciclo menstrual, todas as voluntárias realizaram essa avaliação de composição corporal na fase folicular do ciclo. Foram registradas as variáveis massa corporal (em kg), percentual de massa gorda (MG) e massa magra (MM). O percentual de MM foi calculado em relação à massa corporal total em kg.

A função pulmonar foi avaliada por meio de um sistema de análise de gases expirados e ventilação *Oxycon Mobile*[®] (*Mijnhardt/Jäger*, Würzburg, Alemanha). As voluntárias completaram pelo menos três manobras de expirações máximas forçadas e lentas, conforme protocolo padronizado [26].

Dia 2: TECP

O teste máximo de exercício cardiopulmonar sintoma-limitado em esteira ergométrica foi conduzido por um médico e dois fisioterapeutas qualificados (*Master ATL*, Inbramed, Porto Alegre, RS, Brasil) conforme protocolo conhecido. O teste de exercício consistia em: 1) 2 minutos na condição de repouso sentado; 2) 2 minutos na condição de repouso em posição ortostática; 3) fase incremental conforme protocolo de Bruce; e 4) 3 minutos de recuperação ativa. Todas as voluntárias foram encorajadas pelos avaliadores a atingirem o esforço máximo. Os critérios de interrupção do teste foram determinados conforme recomendações da *American Thoracic Society* [27].

Os gases expirados foram continuamente mensurados e coletados respiração a respiração por meio do mesmo sistema portátil previamente citado (*Oxycon Mobile*[®], *Mijnhardt/Jäger*, Würzburg, Alemanha), calibrado antes dos testes de exercício conforme as especificações do fabricante. Todos os sujeitos utilizaram uma máscara facial como interface para a coleta dos gases expirados durante o exercício. O eletrocardiógrafo de 12 derivações (*Wincardio System*, Micromed, Brasília, Brasil) foi utilizado para monitorização durante o teste. A frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica e diastólica (PAS e PAD, respectivamente), mensuradas por meio de um esfigmomanômetro padrão (*Diasyst*[®], São Paulo, Brasil), assim como a percepção subjetiva de esforço pela escala de Borg CR-10 [28] foram registradas a cada três minutos de teste, que coincidia com os 30 segundos finais de cada estágio do protocolo aplicado, além do pico do exercício. Essa monitorização continuou no primeiro e no último minuto de recuperação do exercício.

Os dados metabólicos e ventilatórios foram processados e calculados em médias móveis a cada 15 segundos, sendo que o maior valor encontrado nos últimos 15 segundos foi definido como o valor de pico de VO_2 , produção de dióxido de carbono (VCO_2), quociente respiratório (QR), ventilação-minuto (VE), frequência respiratória (FR), volume corrente (VC), razão VE/VCO_2 , e pulso de O_2 (calculado pela razão VO_2/FC). A potência circulatória (PC) foi calculada a partir do produto entre a PAS e VO_2 , ambos no pico do exercício [29].

Dias 3 e 4: TCI ou TC6

Os testes funcionais foram realizados em ordem randomizada por meio de sorteio no terceiro dia de avaliação, definindo-se o primeiro e o segundo teste a serem realizados, utilizando envelope opaco e selado. As respostas metabólicas e ventilatórias a ambos os testes funcionais foram coletadas por meio do mesmo sistema de ergoespirometria portátil utilizado no TECP. A FC, registrada por meio de cardiofrequencímetro Polar Polar S810i (Kempele, OL, Finlândia), e a pressão arterial foram mensuradas nos períodos que antecederam e sucederam o protocolo de exercício assim como no pico do teste. A escala de Borg CR-10 e a distância percorrida foram registradas ao final de cada teste.

Para o TC6, os sujeitos eram instruídos a percorrer a maior distância que conseguissem em um corredor de 30 metros pelo período de seis minutos durante os quais foram sistematicamente encorajados minuto a minuto, conforme as orientações padronizadas pela *American Thoracic Society* [30]. O TCI foi realizado no mesmo corredor, porém em circuito delimitado em 10 metros por dois cones de sinalização, conforme descrito por Singh et al. [31]. A velocidade da caminhada foi ditada por um estímulo sonoro previamente gravado em disco digital. A velocidade inicial era de $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e progredia $0,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a cada minuto até que uma máxima velocidade fosse atingida, se a voluntária conseguisse, no décimo segundo minuto do protocolo. O incremento da velocidade era indicado por três estímulos sonoros consecutivos. O teste era finalizado quando a voluntária era incapaz de manter a velocidade requerida

para completar o percurso (a uma distância de 0,5 m do cone sinalizador) ou por solicitação da voluntária.

Na primeira falha em manter a velocidade requerida, o avaliador sinalizava à voluntária e encorajava-a a aumentar a velocidade da caminhada a partir daquele momento. Se em uma segunda ocasião a voluntária não conseguisse manter a velocidade ditada pelo sinal sonoro, o TCI era interrompido pelo avaliador.

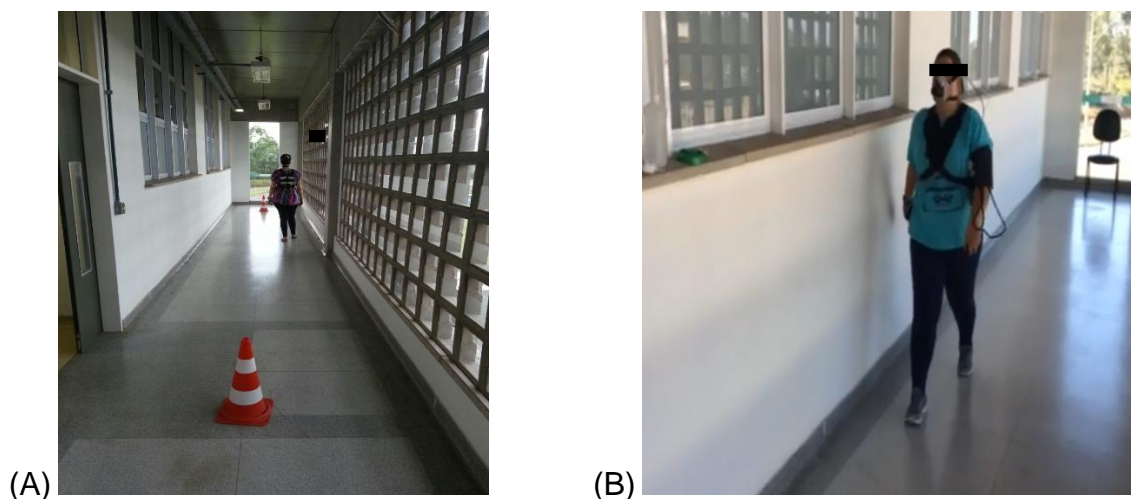


Figura 1. Ilustrações de uma voluntária realizando o teste de caminhada de caminhada incremental (TCI) em (A) e o de seis minutos (TC6) em (B) com uso concomitante do ergoespirômetro portátil.

Análise Estatística

O tamanho da amostra foi estimado *a priori* pelo programa estatístico GPower, Versão 3.1.3 (Franz Faul/Universität Kiel, Alemanha) baseado no modelo de correlação biserial, considerando-se um nível de significância de 5%, poder da amostra de 95% e tamanho do efeito de 50%. Como desfecho principal foi considerada a correlação entre VO_2 pico nos testes funcionais e no TECP. A amostra calculada para esse fim foi de 42 sujeitos. Posto que o número de

indivíduos da amostra recrutada foi superior ao estimado, o poder calculado ao final foi de 99%, considerando-se o desfecho principal do estudo.

O software SPSS Statistics do Windows, Versão 17.0. (*SPSS Inc.*, Chicago, Illinois, Estados Unidos da América) e o software estatístico MedCalc, versão 11.4.4.0 (*MedCalc Software*, Mariakerke, Bélgica) foram utilizados para as análises desse estudo.

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para verificação da normalidade da distribuição dos dados, os quais foram apresentados em média \pm DP para variáveis contínuas e em mediana (mínimo, máximo) para variáveis categóricas. Foram realizados os testes t de *Student* não pareado e Mann-Whitney para análise de diferenças intergrupo, ao passo que para a análise intragrupo, foram utilizados os testes estatísticos ANOVA *one way* com post hoc de Tukey ou Kruskal-Wallis com post hoc de Mann-Whitney, considerando-se o ajuste de Bonferroni quando aplicável.

A concordância entre o VO_2 e a FC no pico do TECP e de ambos os testes funcionais, TC6 e TCI, foi verificada pelo método de Bland-Altman. Os coeficientes de correlação de Pearson e Spearman foram utilizados, conforme distribuição dos dados, para análise do grau de associação entre variáveis do TECP, TC6, TCI e de composição corporal. O grau de associação foi determinado como: fraco (0,20-0,39), moderado (0,40-0,69), forte (0,70-0,89), ou muito forte ($>0,90$) [32]. Todas as análises estatísticas adotaram um nível de significância de 5%.

Resultados

Dos indivíduos avaliados para elegibilidade, a saber, 107 sujeitos, 16 foram excluídos em fase anterior à separação em grupos. A **Figura 2** ilustra o fluxograma incluindo a perda amostral em virtude dos critérios de exclusão. No GOB, um sujeito foi excluído devido a um traçado sugestivo de isquemia no eletrocardiograma durante o TECP, tendo sido devidamente encaminhado para avaliação com um médico cardiologista. O GOB foi composto por 17 indivíduos do sexo feminino em cada um dos graus de obesidade totalizando 51 sujeitos. As características basais da amostra estão demonstradas na **Tabela 1**. Como esperado, o GOB apresentou maiores valores de massa corporal e IMC assim como percentual de massa gorda. Foi constatada função pulmonar normal em todas as voluntárias, de modo que não houve diferenças com relação a essa característica entre os grupos.

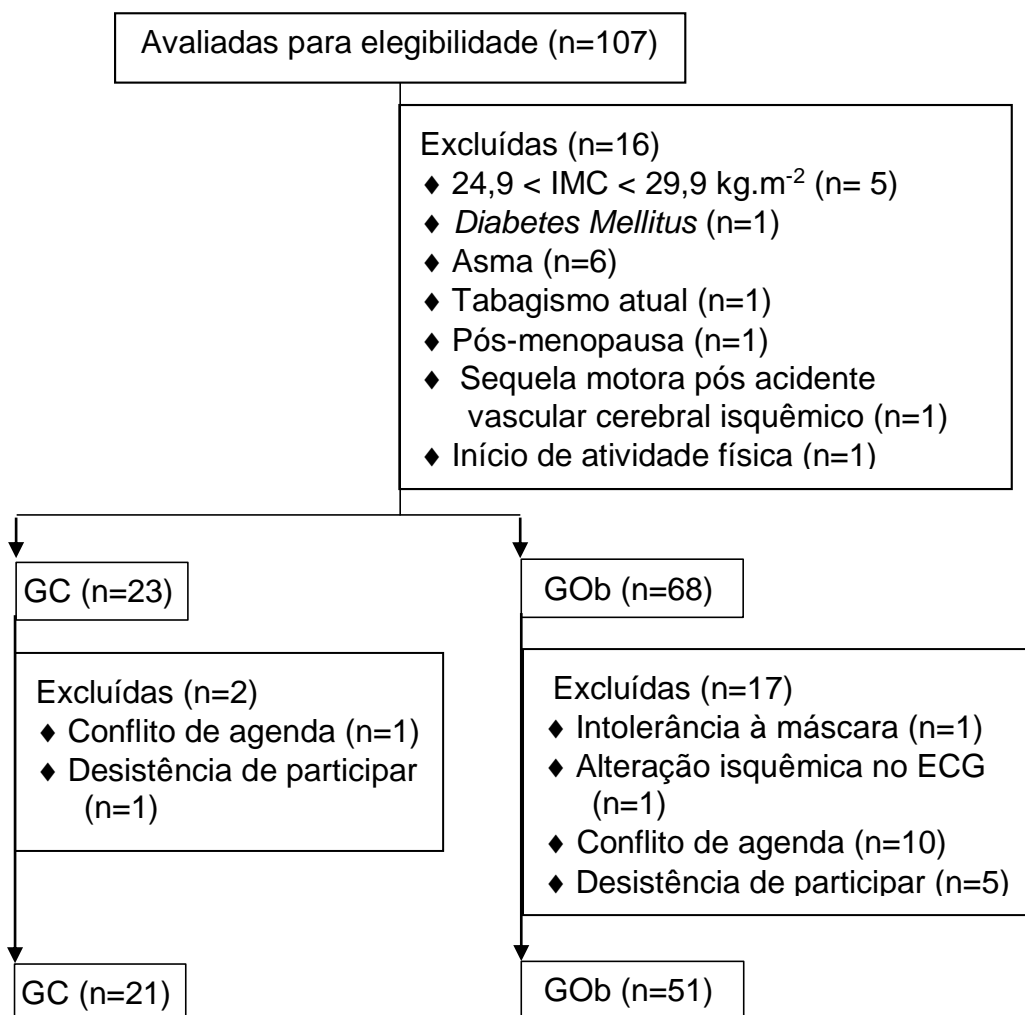


Figura 2. Fluxograma que representa a perda amostral. IMC, índice de massa corporal; GC, grupo controle; GOB, grupo de obesas; ECG, eletrocardiograma.

Tabela 1. Dados antropométricos, de composição corporal, de função pulmonar e do nível de atividade física dos grupos estudados

	GC (n=21)	GOB (n= 51)
<i>Dados antropométricos</i>		
Idade, anos	32 ± 7	35 ± 7
Estatura, m	1,64 ± 0,06	1,62 ± 0,05
Massa corporal, kg	59,8 ± 6,5	102,9 ± 21,4*
IMC, kg·m ⁻²	22,2 ± 1,8	39,1 ± 7,6*
<i>Composição corporal</i>		
Percentual de MG, %	29,7 ± 4,5	46,0 ± 5,0*
Percentual de MM, %	67,1 ± 5,1	41,4 ± 18,4*
<i>Função pulmonar</i>		
CVF, L	3,6 ± 0,4	3,4 ± 0,5
CVF, %pred	102,3 ± 16,8	97,3 ± 15,6
VEF ₁ , L	3,1 ± 0,3	2,9 ± 0,4
VEF ₁ , %pred	99,9 ± 9,7	97,9 ± 14,2
VEF ₁ / CVF	83,2 ± 6,6	83,1 ± 5,7
VEF ₁ /CVF, %pred	100,3 ± 7,5	100,2 ± 6,5
<i>Questionário de Baecke</i>		
Total absoluto	6,0 ± 1,7	6,7 ± 1,2
Total médio	2,0 ± 0,6	2,2 ± 0,3

Dados expressos em média ± DP, IMC, índice de massa corporal; MG, massa gorda; MM, massa magra; CVF, capacidade vital forçada; %pred, porcentagem do predito; VEF₁, volume expirado forçado no primeiro segundo.

Ambos os grupos estudados apresentaram, semelhantemente, baixo nível de atividade física de acordo as respostas ao questionário de Baecke, uma vez que sequer atingiram metade dos valores máximos preconizados para os itens: total absoluto (15 pontos) e total médio (5 pontos).

Os parâmetros metabólicos, ventilatórios, cardiovasculares, de potência e sintomas do TECP, TCI e TC6 para ambos os grupos estão expostos na **Tabela 2**. O TECP elicitou maiores respostas metabólicas, ventilatórias e cardiovasculares quando comparado aos testes de exercício funcional, bem como suscitou maior percepção subjetiva de esforço pelas voluntárias. O TCI de todas as voluntárias foi interrompido pelo pesquisador antes do término do protocolo de 12 minutos, em virtude de não terem sido capazes de manter a velocidade requerida para completar o percurso. Nenhuma das voluntárias solicitou a interrupção dos testes funcionais devido a dispnéia ou fadiga de membros inferiores.

Os grupos estudados apresentaram maiores valores absolutos, relativos e percentuais do predito para VO_2 , VCO_2 , QR, VE, FR, VC, FC (absoluta e porcentagem da máxima prevista), PAS, PC, sintomas percebidos e distância percorrida no TECP quando comparados com as respostas ao TCI e ao TC6. Adicionalmente, o GOB apresentou maior razão VE/VCO_2 , pulso de O_2 e PAD durante o TECP quando comparado aos testes funcionais. O GC apresentou maiores valores de pulso de O_2 no TECP quando contrastado com o TC6. O grupo composto por mulheres obesas apresentou os maiores valores para a maioria dos parâmetros metabólicos e ventilatórios em detrimento do grupo composto por mulheres eutróficas durante todos os protocolos de exercício.

Tabela 2. Variáveis medidas no pico do teste máximo de exercício cardiopulmonar (TECP), teste de caminhada incremental (TCI) e teste de caminhada de seis minutos (TC6)

	Grupo eutróficas (n = 21)			Grupo obesas (n = 51)		
	TECP	TCI	TC6	TECP	TCI	TC6
Distância, m	849,1±185,3	588,6±86,7 [§]	610,0±120,7 ^{&}	545,0±150,1*	389,6±95,7 ^{*,§}	460,7±148,2 ^{*,&,€}
Tempo, min	11,0 ± 1,3	8,4 ± 0,8 [§]	6,0 ± 0 ^{&,€}	8,2 ± 1,6*	6,4 ± 1,1 ^{*,§}	6,0 ± 0 ^{&,€}
Dados metabólicos e ventilatórios						
VO ₂ , mL.min ⁻¹	1824,9±308,4	1444,9±296,0 [§]	1303,6±334,3 ^{&}	2304,5±369,9*	1661,0±301,4 ^{*,§}	1665,2±283,6 ^{*,&}
VO ₂ , mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹	29,7±5,1	24,6±5,3 [§]	21,4±4,9 ^{&}	22,9±4,7*	16,4±2,9 ^{*,§}	16,9±2,7 ^{*,&}
VO ₂ , %pred	102±15	80±14 [§]	72±18 ^{&}	115±15*	84±10 [§]	84±11 ^{*,&}
VCO ₂ , mL.min ⁻¹	2252,4±364,8	1505,7±449,1 [§]	1246,6±354,7 ^{&,€}	2722,1±488,0*	1491,1±333,7 [§]	1505,6±244,2 ^{*,&}
QR	1,24±0,08	1,01±0,10 [§]	0,95±0,11 ^{&}	1,18±0,10*	0,90±0,09 ^{*,§}	0,91±0,06 ^{*,&}
VE, L.min ⁻¹	71,7±7,5	45,0±11,0 [§]	40,5±11,6 ^{&}	77,4±14,5*	43,8±9,2 [§]	45,0±6,8 ^{&}
FR, rpm	42±7	34±7 [§]	33±8 ^{&}	40±7*	33±6 [§]	34±7 ^{&}
VC, L.min ⁻¹	1,8±0,3	1,5±0,2 [§]	1,3±0,3 ^{&,€}	2,0±0,3*	1,4±0,2 [§]	1,4±0,2 ^{&}
VE/VCO ₂ ratio	32,8±4,5	31,9±4,9	32,7±4,6	28,8±2,8*	29,9±2,8 ^{*,§}	30,6±2,7 ^{*,&}
Cardiovascular						
FC, bpm	179±12	147±22 [§]	142±22 ^{&}	178±11	141±14 [§]	142±15 ^{&}
FC, %pred	101±5	82±12 [§]	80±11 ^{&}	102±6	80±9 [§]	81±8 ^{&}
Pulso de O ₂	10,3±1,7	9,8±1,4	8,9±1,5 ^{&}	13,2±2,2*	11,9±2,1 ^{*,§}	11,7±2,4 ^{*,&}
PAS, mmHg	162±22	140±16 [§]	132±20 ^{&}	192±26*	166±34 ^{*,§}	164±30 ^{*,&}
PAD, mmHg	80±8	74±12	74±10	100±20*	88±14 ^{*,§}	90±16 ^{*,&}
Potência circulatória						
PC, mmHg.mLO ₂ .kg ⁻¹ .min ⁻¹	4772,5±1046,3	3403,6±947,3 [§]	2866,7±855,5 ^{&}	4439,0±1071,4	2678,4±728,9 ^{*,§}	2676,6±575,0 ^{&}
Sintomas						
Dispnéia	7,0 [1,5-10]	3,0[0,5-5] [§]	2,0[0-4] ^{&}	7,0 [1-10]	1,0 [0-7] ^{*,§}	1,0[0-8] ^{&}
Fadiga em MMII	4,0 [0-10]	0,8[0-7] [§]	2,0[0-7] ^{&}	3,5 [0-10]	0,3 [0-5] [§]	1,0[0-10] ^{&}

Dados expressos em média \pm DP ou mediana \pm [mínimo; máximo], quando apropriado. TECP, teste máximo de exercício cardiopulmonar; TCI, teste de caminhada incremental; TC6, teste de caminhada de seis minutos; VO_2 , consumo de oxigênio; %pred, porcentagem do predito; VCO_2 , produção de dióxido de carbono; QR, quociente respiratório; VE, ventilação minuto; FR, frequência respiratória; VC, volume corrente; FC, frequência cardíaca; Pulso de O_2 , pulso de oxigênio; PAS, pressão arterial sistólica; PAD, pressão arterial diastólica; PC, potência circulatória; MMII, membros inferiores. Diferença entre grupos (teste t de *Student* não pareado ou teste de Mann-Whitney) comparando o mesmo teste de exercício: *GC versus GOB. Diferença intra-grupo (ANOVA one-way com post hoc de Tukey ou Kruskal-Wallis com post hoc de Mann-Whitney, considerando o ajuste de Bonferroni quando apropriado): §TECP versus TCI; &TECP versus TC6; €TCI versus TC6.

A **Figura 3** ilustra a análise visual de concordância entre o TECP, padrão-ouro, e ambos os testes funcionais no que concerne os valores relativos de pico de VO_2 e FC. Houve concordância satisfatória entre o TECP e o TCI [VO_2 ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) = 6,1 (IC: 4,9-7,3), e FC (bpm) = 36,2 (IC: 32,1 - 40,3), **Figuras 3A e 3B**] e entre o TECP e o TC6 [VO_2 ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) = 6.9 (IC: 5,7 – 8,1), e FC (bpm) = 37,0 (IC: 33,3 – 40,7), **Figuras 3C e 3D**].

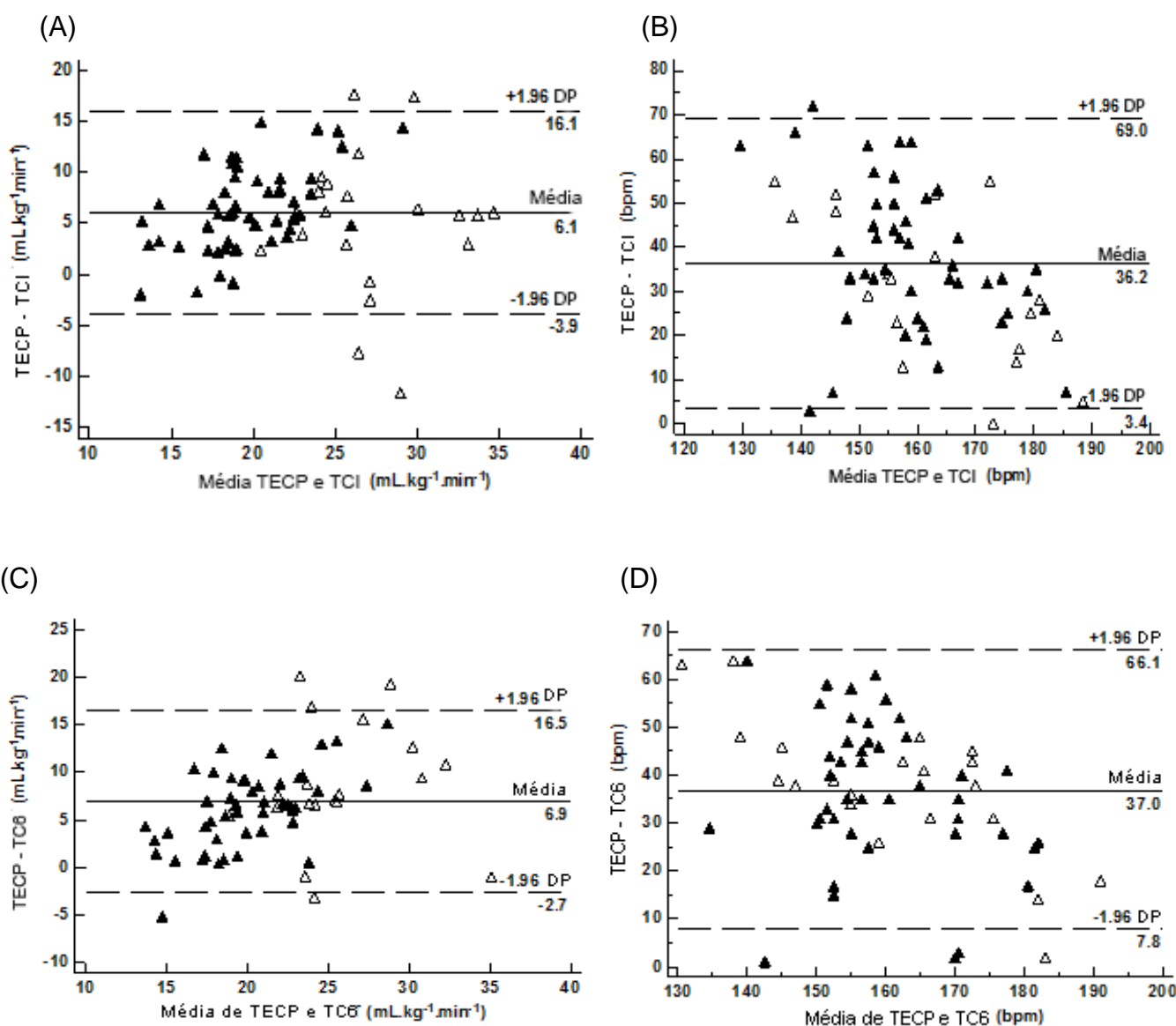


Figura 3 Gráficos de Bland-Altman mostram acordo entre as diferenças das médias no consumo de oxigênio ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e na frequência cardíaca (bpm) obtidos no teste máximo de exercício cardiopulmonar (TECP) e nos testes funcionais: teste de caminhada incremental - TCI (A e B) - e teste de caminhada de seis minutos - TC6 (C e D). Grupo controle: triângulos brancos; grupo de obesas: triângulos pretos.

A **Tabela 3** demonstra os coeficientes de correlação produto-momento entre variáveis de composição corporal e parâmetros metabólicos e ventilatórios selecionados no pico dos testes máximo e funcionais; inúmeras correlações significantes e de graus variados foram identificadas neste contexto.

Tabela 3. Coeficiente de correlação produto momento de Pearson e Spearman entre as variáveis de composição corporal, parâmetros metabólicos e cardiovasculares no pico dos testes máximo de exercício cardiopulmonar, de caminhada incremental e de caminhada de seis minutos.

		Composição corporal			TECP		
		BMI	%MG	%MM	VO ₂	FC	PC
TCI	VO ₂	- 0,72	- 0,69	0,70	0,62	0,34	0,36
	FC	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,41	n.s.
	Distância	- 0,77	- 0,69	0,74	0,59	n.s.	0,35
	PC	- 0,42	- 0,39	0,38	0,36	0,47	0,36
TC6	VO ₂	- 0,63	- 0,61	0,62	0,60	0,29	0,43
	FC	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,53	n.s.
	Distância	- 0,52	- 0,53	0,54	0,43	n.s.	0,32
	PC	- 0,26	n.s.	n.s.	0,29	0,48	0,45

TECP, teste máximo de exercício cardiopulmonar; TCI, teste de caminhada incremental; TC6, teste de caminhada de seis minutos; VO₂, consumo de oxigênio em mL•kg⁻¹•min⁻¹; FC, frequência cardíaca no pico do exercício; PC, potência circulatória; IMC, índice de massa corporal; %MG, porcentagem de massa gorda; %MM, porcentagem de massa magra; n.s. não significativo, p<0,05.

As correlações entre variáveis pareadas, quais sejam, o VO₂ e a FC, do TCI e do TC6 estão elucidadas nas **Figuras 4A e 4B**, respectivamente, tendo seus graus de associação considerados fortes. Além disso, para outras variáveis-resposta do TCI e do TC6 foram encontradas fortes correlações: razão VE/VCO₂ (r=0,81), dispnéia (r=0,80), e fadiga de membros inferiores (r=0,70); assim como moderadas correlações: pulso de O₂ (r=0,65), FC (r=0,69), distância percorrida (r=0,54), e PC (r=0,65), tendo sido considerado um nível de significância de 5%.

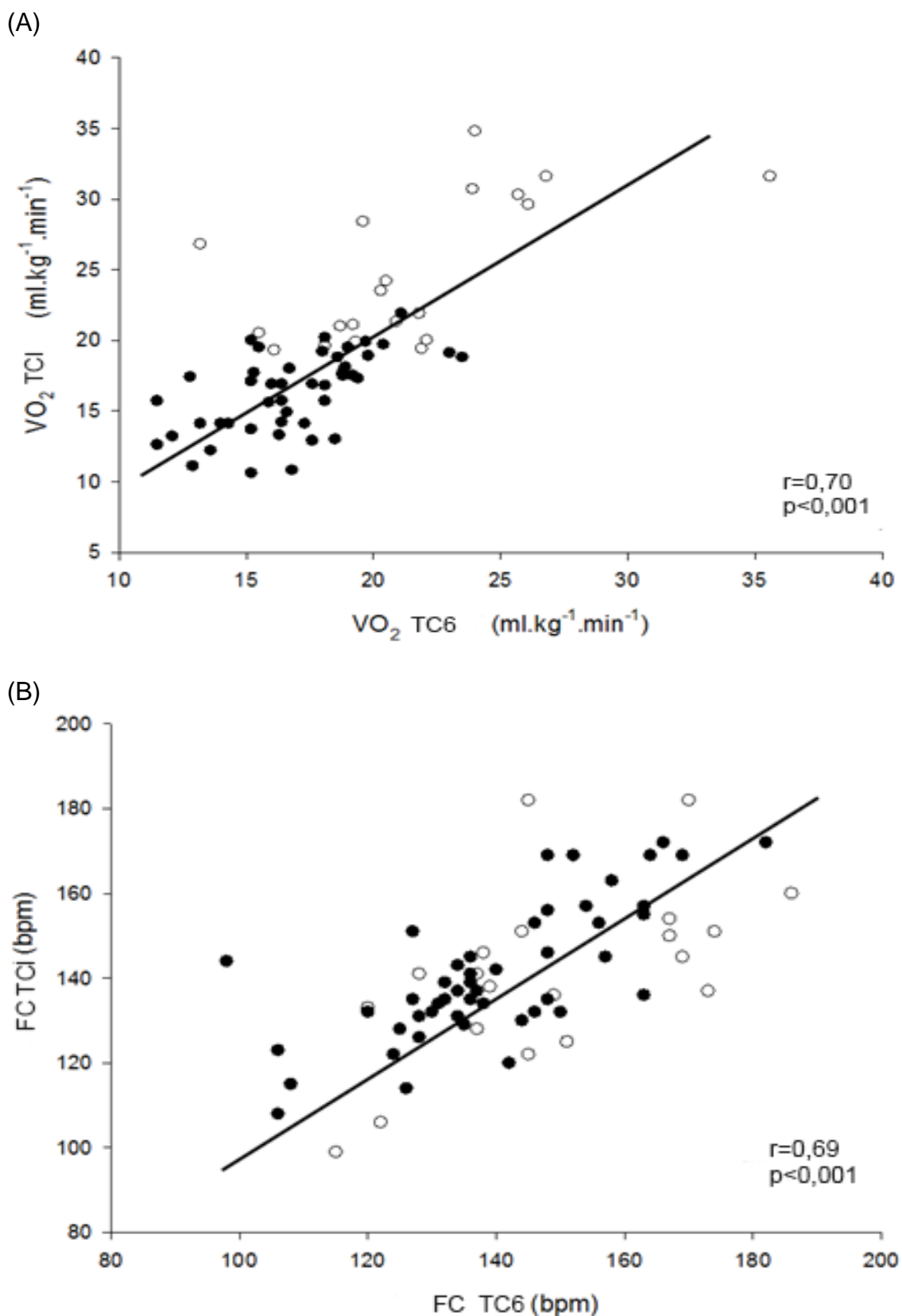


Figura 4. Coeficiente de correlação de Spearman entre (A) o consumo de oxigênio (VO_2) e (B) a frequência cardíaca (FC) no teste de caminhada incremental (TCI) e no teste de caminhada de seis minutos (TC6). Grupo controle: círculos brancos; grupo de obesas: círculos pretos.

Discussão

Este estudo forneceu novas perspectivas dentro de um estudo transversal de mulheres obesas: 1) as respostas cardiovasculares e metabólicas a dois protocolos de testes funcionais de caminhada (TCI e TC6), demonstram concordância significativa com o TECP e, portanto, confirmam sua validade clínica como avaliações funcionais; e 2) apesar da nítida diferença entre os protocolos de exercício dos testes funcionais, um externamente cadenciado (TCI) e outro autocadenciado (TC6), semelhantes respostas cardiovasculares e metabólicas foram encontradas nas mulheres obesas, apoiando a permutabilidade da aplicação clínica desses testes na referida população.

Apesar de a medida "padrão ouro" de aptidão cardiorrespiratória ser o VO_2 pico obtido durante o TECP [9], a realização dos testes funcionais de campo é atraente devido ao seu baixo custo e a simplicidade de aplicação [20, 30, 31]. O TCI e TC6 já foram previamente validados para avaliar a capacidade funcional em adultos obesos [12,13,20] e, com esse estudo, somamos a tal corpo da literatura, demonstrando que ambos os testes estavam em concordância com as respostas do TECP em ambos os grupos estudados e, além disso, elicitaram respostas comparáveis em mulheres obesas, mas não em eutróficas.

As voluntárias obesas caminharam distâncias menores durante o TCI quando comparado ao TC6, embora o teste funcional autocadenciado tenha durado apenas seis minutos, em comparação aos 6,4 minutos do teste externamente cadenciado. Uma possível razão para essa diferença é a baixa velocidade imposta pelo sinal sonoro no primeiro e no segundo minutos do TCI. Nesses dois minutos, os voluntários caminhavam 70 m durante o TCI, o que

equivale a pouco mais que uma volta completa do percurso do TC6, considerando-se o corredor de 30 m. Desta forma, o protocolo externamente cadenciado do TCI pode ter sido o fator mais limitante para o desempenho nesse teste. A distância percorrida durante o TCI foi menor no presente estudo do que em um estudo anterior que avaliou indivíduos obesos (390 ± 96 m *versus* 580 ± 207 m) [23]. No entanto, o estudo anterior avaliou indivíduos obesos de ambos os sexos, com um IMC que variava entre graus I e II de obesidade (<40 kg•m⁻²), o que difere da nossa amostra, a qual foi composta somente por mulheres, com representação igualitária das três classes de obesidade.

Além disso, o GOB não demonstrou diferenças entre os testes funcionais de caminhada com relação a todas as variáveis metabólicas, ventilatórias, cardiovasculares e sintomáticas. No entanto, no GC, o TCI provocou uma demanda ventilatória maior, demonstrada por maiores valores de VCO₂ e VC, em comparação com o TC6. Hill e colaboradores [21] compararam as respostas cardiorrespiratórias submáximas e no pico do exercício entre TC6, TCI, *endurance shuttle walk test* e teste máximo em cicloergômetro em população com doença pulmonar obstrutiva crônica e também demonstraram que os testes de caminhada de campo provocaram semelhantes valores de pico de VO₂ e FC em comparação com TECP máximo. Avaliando a mesma população, um estudo anterior [22] não encontrou diferenças entre o TC6 e TCI nas variáveis de FC pico e dispneia.

Achados anteriores e os nossos contrastam com a resposta mais exacerbada do VO₂ obtido durante o TCI comparado com o TC6 em pacientes obesos com apneia obstrutiva do sono [23] e com a resposta similar do VO₂ durante o teste de caminhada incremental em esteira e o TCI. Uma das razões

para essas diferenças pode ser a realização de um protocolo incremental com um aumento linear na velocidade e um aumento exponencial na inclinação a cada estágio de 1 min, baseado nas velocidades de caminhada habituais e rápidas dos participantes, que não chegaram a atingir as respostas máximas previstas como ocorreu em nosso estudo. Nós optamos por aplicar o protocolo de Bruce em todas as voluntárias, uma vez que já foi aplicado com sucesso em mulheres obesas e eutróficas para avaliar as respostas fisiológicas frente ao exercício máximo [20,33].

A potência circulatória expressa por ambos os grupos foi capaz de discriminar os testes funcionais do TECP. A PC é um novo índice preditivo de eventos cardiovasculares e mortalidade investigado em populações doentes, tais como pacientes com insuficiência cardíaca [29, 34]. Até o momento, de acordo com nosso conhecimento, nenhum estudo anterior havia mostrado a resposta deste importante preditor a testes de exercício funcional na população obesa sem doença cardiovascular conhecida associada.

Encontramos validade concorrente satisfatória entre o TECP e o TCI, bem como entre o TECP e o TC6 expressas pelo método de comparação de Bland-Altman. Considerando-se os gráficos que expressam a média das diferenças do pico de VO_2 entre os testes máximos e funcionais (**Figuras 3A e 3C**), quanto maior o VO_2 relativo, atingido pelo GC (triângulos brancos) que apresentava um bom nível de aptidão cardiorrespiratória, menor a concordância encontrada entre os testes de exercícios. No entanto, a proposta de inserção de testes de exercício funcionais de campo para avaliar mulheres obesas parece ser uma ferramenta eficiente uma vez que a proximidade dos triângulos pretos com a linha média do gráfico indica uma concordância satisfatória entre os testes de

exercício máximo e funcionais de campo nesta população. Apesar dos grupos estudados serem semelhantemente sedentários, demonstrado pelo baixo nível de atividade física reportado no questionário modificado de Baecke, o GOB mostrou maior homogeneidade quanto ao seu padrão de aptidão cardiorrespiratória em relação ao GC. O GC demonstrou maior dispersão em relação à linha média nos gráficos de Bland-Altman, talvez devido a razões não exploradas neste estudo, tais como diferentes perfis metabólicos devido a características genéticas e/ou fenotípicas. Outros estudos têm aplicado os gráficos de Bland-Altman para demonstrar a validade concorrente entre o método padrão-ouro para avaliar a capacidade de exercício (ou seja, TECP) e testes de campo em adultos obesos [23,33]. No entanto, nosso estudo parece ser o primeiro a investigar tanto respostas metabólicas quanto cardiovasculares a dois testes funcionais de caminhada diferentes, comparando a concordância entre eles e o TECP e a influência da obesidade.

As **figuras 3B e 3D** demonstram que tanto o TCI quanto o TC6 mostraram um bom nível de concordância com o TECP. Além disso, eles apresentam uma média de diferença equivalente e homogênea entre os testes máximos e funcionais de campo para ambos os grupos estudados. Neste sentido, parece que a FC é menos dependente do fator obesidade do que o VO_2 . Na verdade, esse parâmetro cardiovascular é, provavelmente, mais relacionado com a idade, como comprovado pela equação da FC máxima prevista para a idade.

Correlações positivas moderadas e fracas foram encontradas considerando ambos os testes funcionais de campo e o TECP (**Tabela 3**), confirmando a validade concorrente destes testes de campo. Ademais, as variáveis estudadas demonstraram correlações mais fortes com os dados de

composição corporal no TCI do que no TC6. Jürgensen e colaboradores [20] já demonstraram a validade concorrente do TCI em mulheres obesas por meio de correlações com as respostas do TECP. No presente estudo, foram encontradas correlações moderadas entre ambos os testes funcionais de campo em relação ao nível de aptidão cardiorrespiratória (VO_2) e a FC (**Figura 4**), indicando que as respostas aos testes de campo têm desfechos equivalentes em relação a essas avaliações.

Os valores similares de VO_2 e FC atingidos no pico de ambos os testes funcionais no GOB (**Tabela 2**) indicam que esses testes de campo são intercambiáveis em obesas, mas não em mulheres eutróficas. Curiosamente, no GC a discriminação do nível de aptidão cardiorrespiratória avaliada pelo TCI elicitou respostas metabólicas e ventilatórias mais elevadas em comparação com as promovidas pelo TC6. Em relação à FC prevista, o comportamento não diferiu entre os testes nas mulheres eutróficas.

Implicações clínicas

Os testes de campo são comumente aplicados para avaliar a capacidade funcional, estabelecer prescrição de exercício e investigar a eficácia de uma intervenção por meio de avaliações pré e pós-abordagem [35,36]. Após as comparações entre as respostas cardiovasculares e metabólicas elicitadas pelos dois testes funcionais de campo, parece que eles podem ser intercambiáveis em sua aplicação no grupo de obesas. A opção por um ou por outro teste deve considerar, em primeiro lugar, a similaridade dos testes funcionais com os protocolos aplicados durante o tratamento, além do espaço disponível para a

realização, da disponibilidade de equipamento para gerar o estímulo auditivo e do nível de compreensão dos avaliados em seguir a velocidade ditada pelo sinal sonoro, no caso do TCI. Nesse sentido, o TC6 pode ser aplicado para avaliar o efeito de intervenção se o programa de reabilitação inclui treinamento de resistência em cargas constantes [10]; por outro lado, o TCI deve ser a melhor opção para avaliar os indivíduos se, durante o tratamento, são aplicados protocolos de carga incremental.

Limitações do estudo

Algumas limitações desse estudo merecem ser delineadas. Devido à alta prevalência da obesidade e ao risco cardiovascular associado ao sexo feminino, foram avaliadas somente mulheres obesas [37]. Assim, a aplicabilidade de nossos resultados não deve ser extrapolada para obesos do sexo masculino.

Adicionalmente, os testes funcionais não foram realizados duas vezes como tem ocorrido em estudos prévios avaliando testes de campo [21,23]. Entretanto, é valioso para demonstrar que um único teste pode ser uma abordagem viável uma vez que esta é uma prática comum no ambiente ambulatorial ou em clínicas de fisioterapia [38]. Além disso, alguns autores já demonstraram boa reprodutibilidade para a TCI [20] e para o TC6 [12] na população adulta obesa.

Conclusão

Nossos achados indicam que tanto o TCI como o TC6 podem ser opções clínicas viáveis para a avaliação da capacidade funcional, prescrição de exercício, e avaliações pré e pós-intervenções, como alternativas simples e de baixo custo em comparação com o TECP. Ambos os testes de caminhada de campo estudados estão em concordância com os parâmetros metabólicos e cardiovasculares obtidos no TECP nas mulheres obesas e eutróficas. Além disso, apesar da nítida diferença existente entre os protocolos de exercício dos testes funcionais, um externamente cadenciado (TCI) e outro autocadenciado (TC6), foram encontradas respostas sintomáticas, cardiovasculares e metabólicas semelhantes em ambos os testes no GOB, sendo que no GC isso não ocorreu em relação às respostas fisiológicas, indicando que esses testes podem ser permutáveis para a avaliação das obesas, mas não para as eutróficas.

Referências

1. Bhurosy T, Jeewon R. Overweight and Obesity Epidemic in Developing Countries: A Problem with Diet, Physical Activity, or Socioeconomic Status? *ScientificWorldJournal*. 2014;2014:964236.
2. Bastien M, Poirier P, Lemieux I, Després JP. Overview of epidemiology and contribution of obesity to cardiovascular disease. *ProgCardiovasc Dis* 2014;56:369-81.

3. World Health Organization Web site [Internet]. World Health Statistics 2014; [cited 2014 Dec 20] Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112738/1/9789240692671_eng.pdf?ua=1.
4. Lafortuna CL, Fumagalli E, Vangeli V, Sartorio A. Lower limb alactic anaerobic power output assessed with different techniques in morbid obesity. *J Endocrinol Invest* 2002 Feb; 25(2):134-41.
5. Hulens M, Vansant G, Lysens R, Claessens AL, Muls E. Exercise capacity in lean versus obese women. *Scand J Med Sci Sports*. 2001 Oct;11(5):305-9.
6. Ledikwe JH, Blanck HM, Kettel Khan L, Serdula MK, Seymour JD, Tohill BC, Rolls BJ. Dietary energy density is associated with energy intake and weight status in US adults. *Am J Clin Nutr*. 2006 Jun;83(6):1362-8.
7. Long G, Watkinson C, Brage S, Morris J, Tuxworth B, Fentem P, Griffin S, Simmons R, Wareham N. Mortality benefits of population-wide adherence to national physical activity guidelines: a prospective cohort study. *Eur J Epidemiol*. 2014 Nov 7. [Epub ahead of print]
8. Houghton AR, Harrison M, Cowley AJ, Hampton JR. Assessing exercise capacity, quality of life and haemodynamics in heart failure: do the tests tell us the same thing? *Eur J Heart Fail* 2002;4:289–95.
9. Guazzi M, Adams V, Conraads V, Halle M, Mezzani A, Vanhees L et al. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Circulation* 2012;126:2261-74.
10. Casillas JM, Hannequin A, Besson D, Benaïm S, Krawcow C, Laurent Y, Gremeaux V. Walking tests during the exercise training: specific use for the

cardiac rehabilitation. *Ann PhysRehabil Med*. 2013 Oct;56(7-8):561-75. doi: 10.1016/j.rehab.2013.09.003. Epub 2013 Sep 27.

11. Vanhelst J, Fardy PS, Salleron J, Béghin L. The six-minute walk test in obese youth: reproducibility, validity, and prediction equation to assess aerobic power. *DisabilRehabil*. 2013 Mar;35(6):479-82. doi: 10.3109/09638288.2012.699581. Epub 2012 Jul 10.

12. Beriault K, Carpentier AC, Gagnon C, Ménard J, Baillargeon JP, Ardilouze JL, Langlois MF. Reproducibility of the 6-minute walk test in obese adults. *Int J Sports Med*. 2009 Oct;30(10):725-7. doi: 10.1055/s-0029-1231043. Epub 2009 Jul 7.

13. Larsson UE, Reynisdottir S. The six-minute walk test in outpatients with obesity: reproducibility and known group validity. *Physiother Res Int*. 2008 Jun;13(2):84-93. doi: 10.1002/pri.398.

14. Verheijde JL, White F, Tompkins J, Dahl P, Hentz JG, Lebec MT, Cornwall M. Reliability, validity, and sensitivity to change of the lower extremity functional scale in individuals affected by stroke. *PM R*. 2013 Dec;5(12):1019-25. doi: 10.1016/j.pmrj.2013.07.001. Epub 2013 Jul 19.

15. Schmidt K, Vogt L, Thiel C, Jäger E, Banzer W. Validity of the six-minute walk test in cancer patients. *Int J Sports Med*. 2013 Jul;34(7):631-6. doi: 10.1055/s-0032-1323746. Epub 2013 Feb 26.

16. du Bois RM, Weycker D, Albera C, Bradford WZ, Costabel U, Kartashov A, Lancaster L, Noble PW, Sahn SA, Swarcberg J, Thomeer M, Valeyre D, King TE Jr. Six-minute-walk test in idiopathic pulmonary fibrosis: test validation and minimal clinically important difference. *Am J RespirCrit Care Med*. 2011 May 1;183(9):1231-7. doi: 10.1164/rccm.201007-1179OC. Epub 2010 Dec 3.

17. Zupanic E, Zivanovic I, Kalisnik JM, Avbelj V, Lainscak M. The Effect of 4-week Rehabilitation on Heart Rate Variability and QTc Interval in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *COPD*. 2014 Dec;11(6):659-69. doi: 10.3109/15412555.2014.898046. Epub 2014 Apr 30.
18. Irisawa H, Takeuchi K, Inui N, Miyakawa S, Morishima Y, Mizushima T, Watanabe H. Incremental shuttle walk test as a valuable assessment of exercise performance in patients with pulmonary arterial hypertension. *Circ J*. 2014;78(1):215-21. Epub 2013 Nov 12.
19. Wang TY, Lo YL, Lee KY, Liu WT, Lin SM, Lin TY, Ni YL, Wang CY, Ho SC, Kuo HP. Nocturnal CPAP improves walking capacity in COPD patients with obstructive sleep apnoea. *Respir Res*. 2013 Jun 19;14:66. doi: 10.1186/1465-9921-14-66.
20. Jürgensen SP, Trimer R, Dourado VZ, Di Thommazo-Luporini L, Bonjorno-Junior JC, Oliveira CR, Arena R, Mendes RG, Borghi-Silva A. Shuttle walking test in obese women: test-retest reliability and concurrent validity with peak oxygen uptake. *ClinPhysiolFunct Imaging*. 2014 Mar 3. doi: 10.1111/cpf.12135.
21. Hill K, Dolmage TE, Woon L, Coutts D, Goldstein R, Brooks D. Comparing peak and submaximal cardiorespiratory responses during field walking tests with incremental cycle ergometry in COPD. *Respirology*. 2012 Feb;17(2):278-84. doi: 10.1111/j.1440-1843.2011.02089.x.
22. Turner SE, Eastwood PR, Cecins NM, Hillman DR, Jenkins SC. Physiologic responses to incremental and self-paced exercise in COPD: a comparison of three tests. *Chest*. 2004 Sep;126(3):766-73.
23. Evans RA, Dolmage TE, Robles PG, Goldstein RS, Brooks D. Do field walking tests produce similar cardiopulmonary demands to an incremental

treadmill test in obese individuals with treated OSA? *Chest*. 2014 Jul;146(1):81-7. doi: 10.1378/chest.13-2060.

24. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation on obesity. Geneva, World Health Organization, 1998.

25. Florindo AA, Latorre Mdo R, Jaime PC, Tanaka T, Zerbini CA. Methodology to evaluate the habitual physical activity in men aged 50 years or more. *Rev Saúde Pública* 2004;38:307-14.

26. Pereira CA. Espirometria. *J Pneumol* 2002;28(supl 3):S1-S82.

27. American Thoracic Society; American College of Chest Physicians. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;167:211-77.

28. Borg, GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377-81.

29. Forman DE, Guazzi M, Myers J, Chase P, Bensimhon D, Cahalin LP, Peberdy MA, Ashley E, West E, Daniels KM, Arena R. Ventilatory power: a novel index that enhances prognostic assessment of patients with heart failure. *Circ Heart Fail*. 2012 Sep 1;5(5):621-6. Epub 2012 Aug 16.

30. 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;166:111-7.

31. Singh SJ, Morgan MD, Scott S, Walters D, Hardman AE. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax*. 1992 Dec;47(12):1019-24.

32. Weber JC, Lamb DR. Statistics and research in physical education. St Louis, MO: CV Mosby; 1970.
33. Di Thommazo-Luporini L, Jürgensen SP, Castello-Simões V, Catai AM, Arena R, Borghi-Silva A. Metabolic and clinical comparative analysis of treadmill six-minute walking test and cardiopulmonary exercise testing in obese and eutrophic women. *Rev Bras Fisioter.* 2012 Nov-Dec;16(6):469-78.
34. Borghi-Silva A, Labate V, Arena R, Bandera F, Generati G, Pellegrino M, Alfonzetti E, Guazzi M. Exercise ventilatory power in heart failure patients: functional phenotypes definition by combining cardiopulmonary exercise testing with stress echocardiography. *Int J Cardiol.* 2014 Oct 20;176(3):1348-9. doi: 10.1016/j.ijcard.2014.07.268. Epub 2014 Aug 6.
35. 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 (Silver Spring).* 2013 Mar;21(3):E236-43. doi: 10.1002/oby.20046.
36. Castello-Simões V, PolaquiniSimões R, Beltrame T, Bassi D, Maria Catai A, Arena R, Azambuja NC Jr, do Nascimento Ortega J, Borghi-Silva A. Effects of aerobic exercise training on variability and heart rate kinetic during submaximal exercise after gastric bypass surgery--a randomized controlled trial. *Disabil Rehabil.* 2013 Feb;35(4):334-42. doi: 10.3109/09638288.2012.694575. Epub 2012 Jun 23.
37. Brasil, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. *Vigitel Brasil 2013: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico.* Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 120p. Available from: Brasília, Distrito Federal.

38. Tvetter AT, Dagfinrud H, Moseng T, Holm I. Health-related physical fitness measures: reference values and reference equations for use in clinical practice. *Arch Phys Med Rehabil* 2014;95:1366-73.

ESTUDO II

Resumo do estudo II submetido ao periódico *European Journal of Medicine and Rehabilitation*

The six-minute step test as a predictor of cardiorespiratory fitness in obese women

ABSTRACT

Background: *The impaired cardiorespiratory fitness (CRF) status is a hallmark in obese individuals, especially in women around the world. Some field tests have been proposed to evaluate functional capacity in this population. The six-minute step test (6MST) could be a feasible alternative to cardiopulmonary exercise testing (CPX) if the resources and space are limited. However, an optimal performance cutoff using the 6MST as well as predictive equations of metabolic and cardiovascular responses to CPX from 6MST data have to not been established.* **Aim:** *To assess the 6MST accuracy to determinate CRF and its ability to predict peak oxygen consumption (VO₂) and heart rate (HR) achieved during CPX in sedentary obese women.* **Study design:** *Cross-sectional study.* **Setting:** *The study was performed at Physiotherapy Department, Federal University of Sao Carlos, Brazil and enrolled patients from the community.* **Population:** *Fifty-six obese women (35±7 years old).* **Methods:** *Subjects underwent a clinical evaluation, CPX, and the 6MST. We applied Bland-Altman plots to assess concurrent validity between exercise tests regarding peak VO₂ and HR. Receiver operating characteristic curve analysis and stepwise multiple linear regression analysis assessed the predictive accuracy of the 6MST;*

specifically the ability to predict peak VO_2 and HR achieved during CPX. Significance level was $p < 0.05$. **Results:** There was a satisfactory concurrent validity between the CPX and 6MST, with a mean difference of $5.1 \pm 3.6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ and $23 \pm 13 \text{ bpm}$ in relation to peak VO_2 and HR, respectively. The 6MST demonstrated moderate accuracy in predicting CPX responses (area under the curve: 0.72, 95% CI: 0.59 - 0.83). The number of step cycles and peak HR during the 6MST explained 31% and 39% of the total variance in peak VO_2 and HR obtained during CPX, respectively. **Conclusion:** The 6MST is accurate to discriminate obese women with an adequate CRF from women with a poor status and it can predict metabolic and cardiovascular maximal exercise values. **Clinical Rehabilitation Impact:** Our findings indicate the 6MST is a simple and inexpensive functional evaluation tool and may be a valid means of assessing CRF in sedentary obese women, particularly in clinical settings where space and resources are limited.

Keywords: exercise test; validity of results; obesity; step test; cardiopulmonary exercise test.

**TESTE DE DEGRAU COMO UM PREDITOR DE APTIDÃO
CARDIORRESPIRATÓRIA EM MULHERES OBESAS**

Artigo submetido ao periódico
European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine

Versão em português com acréscimo de ilustração

Resumo

Introdução: A reduzida aptidão cardiorrespiratória (ACR) é uma característica de indivíduos obesos, especialmente as mulheres em nível mundial. Alguns testes de campo têm sido propostos para avaliar a capacidade funcional nessa população. O teste de degrau de seis minutos (TD6) poderia ser uma alternativa viável ao teste máximo de exercício cardiopulmonar (TECP) nas situações em que os recursos e o espaço são limitados. Entretanto, não foram estabelecidos até o momento um ponto de corte ótimo de desempenho no TD6, bem como equações de predição de respostas metabólicas e cardiovasculares no TECP a partir dos dados do TD6. **Objetivo:** Avaliar a acurácia do TD6 para determinar a ACR e sua habilidade para predizer o consumo de oxigênio pico (VO_2) e a frequência cardíaca (FC) atingidos durante o TECP em mulheres obesas sedentárias. **Desenho do Estudo:** Estudo transversal. **Localização:** O estudo foi realizado no Departamento de Fisioterapia, da Universidade Federal de São Carlos, Brasil e envolveu pacientes da comunidade. **População:** Cinquenta e seis mulheres obesas sedentárias (35 ± 7 anos de idade). **Métodos:** As voluntárias foram submetidas a uma avaliação clínica, ao TECP e ao TD6. Gráficos de Bland-Altman foram analisados para avaliar a validade concorrente entre os testes de exercício considerando o VO_2 pico e a FC como variáveis de desfecho nos dois testes. A análise da curva ROC (*Receiver operating characteristic curve*) e de regressão linear múltipla *stepwise* avaliaram a acurácia preditiva do TD6, especificamente a habilidade para predizer o VO_2 pico e a FC atingidos durante o TECP. O nível de significância foi de $p < 0,05$. **Resultados:** Houve validade concorrente satisfatória entre o TECP e o TD6, com uma

diferença média de $5,1 \pm 3,6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e $23 \pm 13 \text{ bpm}$ em relação ao VO_2 pico e a FC, respectivamente. O TD6 demonstrou acurácia moderada em prever as respostas do TECP (área abaixo da curva: 0,72, 95% IC: 0,59 – 0,83). O número dos ciclos de subida e descida no degrau e a FC no pico do TD6 explicaram 31% e 39% da variância total do VO_2 pico e da FC obtidos durante o TECP, respectivamente. **Conclusão:** O TD6 é acurado em discriminar mulheres obesas com adequada e fraca ACR e pode prever valores metabólicos e cardiovasculares de exercício máximo. **Impacto clínico para reabilitação:** Nossos achados indicaram que o TD6 é uma ferramenta de avaliação funcional simples e de baixo custo e pode ser uma forma válida para avaliar mulheres obesas sedentárias, particularmente em cenários clínicos onde o espaço e os recursos são limitados.

Palavras-chaves: teste de exercício; validade dos resultados; obesidade; teste de degrau; teste de exercício cardiopulmonar.

Introdução

A crescente prevalência da obesidade no âmbito mundial tem recebido considerável atenção e interesse no que concerne o seu impacto na saúde e a sua associação quase inerente com o risco de doenças crônicas, como as cardiovasculares, o câncer, assim como as desordens de cunho psicossocial [1,2].

A problemática envolvendo a íntima associação entre a obesidade e o declínio de saúde e capacidade funcional é particularmente importante em mulheres. De acordo com a compilação anual da *World Health Statistics*, a prevalência de obesidade é consideravelmente maior em mulheres quando comparadas aos homens na grande maioria dos países do mundo [3]. Ademais, o expressivo comprometimento da aptidão cardiorrespiratória (ACR) e hábitos de vida sedentários são características importantes na população obesa [4,5]. A reduzida ACR e o sedentarismo, por si só, estão independentemente relacionados à incapacidade, ao desenvolvimento de comorbidades [6,7] e à mortalidade [8,9].

Uma valiosa ferramenta diagnóstica e prognóstica, considerada padrão-ouro para a avaliação da ACR, consiste no teste máximo de exercício cardiopulmonar (TECP) [10]. Infelizmente, o custo, o espaço e o nível de capacitação da equipe requerida para realizá-lo, torna seu uso limitado e restrito a grandes centros e ambientes hospitalares [11].

Uma alternativa factível para a avaliação da ACR pode ser a realização de testes de campo, podendo ser teste de degrau ou de caminhada, visto que são de fácil administração e interpretação, assim como menos dispendiosos quando comparados ao TECP. Adicionalmente, a demanda física requerida para

a execução da atividade de subir e descer degrau e caminhar são bastante familiares, uma vez que mimetizam atividades cotidianas [12]. Diversos autores tem demonstrado a habilidade desses testes de campo submáximos em prever o máximo desempenho em populações saudáveis em situações em que não se tem acesso à realização do TECP [13-15]. Nesse contexto, o teste de degrau de seis minutos (TD6) parece ser uma abordagem interessante para se avaliar a ACR quando há indisponibilidade de recursos e espaço limitado [16,17].

O desempenho no TD6 tem sido largamente utilizado para avaliação da capacidade funcional nas mais diversas populações [17-19], como em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica [20]. Além disso, em indivíduos obesos, a melhora do desempenho em teste de degrau foi considerado um preditor de redução de risco cardiometabólico após uma intervenção direcionada à perda de peso em período de 24 meses [21]. Entretanto, um ponto de corte ótimo de desempenho (i.e., ciclos subida e descida no degrau, SDD) utilizando o TD6, baseando-se na comparação com o padrão-ouro (TECP), nunca foi investigado na literatura. O objetivo deste estudo, portanto, foi o de investigar tal avaliação em uma amostra de mulheres sedentárias obesas. Adicionalmente, objetivamos desenvolver equações preditivas da capacidade máxima de exercício a partir dos dados do teste funcional de degrau. A hipótese baseia-se na prerrogativa de que o TD6 seria capaz de refletir a ACR com acurácia aceitável e com relevante aplicabilidade clínica.

Materiais e métodos

Desenho experimental e população de estudo

O estudo, de caráter transversal e observacional, recrutou mulheres sedentárias obesas (índice de massa corporal, IMC ≥ 30 kg·m⁻²) de 20 a 45 anos de idade. O recrutamento deu-se por meio de divulgação na mídia social por meio de panfletos, noticiários à comunidade e a estudantes e colaboradores da Universidade Federal de São Carlos via comunicação por correio eletrônico. Seguiu-se à avaliação inicial, a alocação das voluntárias em um grupo único (GOB, n=56), conforme critérios de inclusão.

Os critérios de exclusão foram: (a) gestação; (b) mulheres em período pós-menopausa; (c) tabagismo ou abstinência de fumo por período inferior a um ano prévio ao início do estudo; (d) etilismo ou uso de drogas ilícitas; (e) presença de *Diabetes Mellitus*; (f) hipertensão arterial sistêmica não controlada; (g) diagnóstico de doença crônica cardiopulmonar, como doença arterial coronariana, doença pulmonar obstrutiva crônica ou asma; (h) disfunções ortopédicas e/ou neurológicas e/ou (i) uso de medicamentos que influenciassem o sistema nervoso autonômico, como uso de beta-bloqueadores, etc. Os procedimentos experimentais foram realizados em dias não consecutivos, separados por um intervalo mínimo de 48 horas: (a) *Dia 1*: avaliações clínica e fisioterápica (anamnese, medidas antropométricas, avaliação corporal por bioimpedância elétrica, investigação do nível de atividade física e avaliação da função pulmonar); (b) *Dia 2*: teste máximo de exercício cardiopulmonar em esteira ergométrica (TECP); e (c) *Dia 3*: teste de degrau de seis minutos (TD6).

Os autores conduziram o estudo após aprovação institucional do Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos (UFSCar) e todos os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Protocolo 230/2009).

Medidas

Dia da avaliação inicial

Após anamnese, a estatura das voluntárias foi registrada com o auxílio do estadiômetro (Welmy R-110, Santa Bárbara do Oeste, SP, Brasil) na condição ortostática com os pés descalços sob orientação de manterem extensão corporal neutra, calcanhares voltados para a parede e manterem o olhar direcionado para frente com o posicionamento da cabeça no plano de Frankfurt.

A composição corporal foi avaliada por meio da balança de bioimpedância elétrica tetrapolar *Tanita Body Composition Analyser* (Modelo BC-558, Ironmann, Tanita Corporation, Tóquio, Japão). Os sujeitos foram avaliados no período matutino em jejum absoluto de, no mínimo, quatro horas, com roupas de banho e sem qualquer tipo de metal em contato com o corpo. Além disso, foram orientados a eliminarem urina previamente à avaliação.

Com o propósito de padronização da avaliação e eliminação de potenciais fatores confundidores, as voluntárias realizaram essa avaliação na fase folicular do ciclo menstrual. Foram registradas as variáveis: massa corporal (em kg), percentual de massa gorda e massa magra. O percentual de massa magra foi calculado em relação à massa corporal total em kg. O índice de massa corporal foi igualmente determinado nesse contexto.

O nível de atividade física foi investigado por meio da aplicação do questionário de Baecke modificado, o qual considera os hábitos ocupacional, esportivo e de lazer do indivíduo. Tal questionário foi previamente validado para a língua portuguesa [22].

A avaliação espirométrica foi realizada por meio do sistema de análise de gases expirados (Software Oxycon Mobile®, Mijnhardt/Jäger, Würzburg, Alemanha) e os sujeitos completaram ao menos três manobras de expirações máximas forçada e lenta, conforme preconizado [23].

Todas as voluntárias foram familiarizadas com os equipamentos e protocolos de exercício conseguintes no primeiro dia de avaliação.

Protocolos experimentais

Cada voluntária realizou os protocolos experimentais descritos no mesmo período do dia a fim de evitar influência da variação do ciclo circadiano, em ambiente climatizado (temperatura: 22-24°C e URA: 40-60%). Além disso, foram orientadas a absterem-se de cafeína, estimulantes e bebidas alcólicas durante 24 h antecedentes aos testes; a não realizarem atividades físicas extenuantes pelo mesmo período; a terem uma boa noite de sono; e a fazerem uma refeição leve pelo menos 2 horas antes dos testes de exercício.

Teste máximo de exercício cardiopulmonar

O teste máximo de exercício cardiopulmonar (TECP) sintoma-limitado em esteira ergométrica (Master ATL, Inbramed, Porto Alegre, Brasil) foi conduzido

por uma equipe composta por um médico e dois fisioterapeutas qualificados. Os critérios para interrupção do teste foram adotados conforme recomendado pela *American Thoracic Society* [24]. O teste consistia em: (a) 2 minutos de repouso inicial sentado; (b) 2 minutos de repouso inicial em postura ortostática; (c) fase de incremento a cada 3 minutos, segundo o protocolo de Bruce; e (d) 3 minutos de recuperação ativa. Os gases expirados foram continuamente mensurados durante o TECP por meio do sistema metabólico portátil de análise respiração-a-respiração (Oxycon Mobile[®], Mijnhardt/Jäger, Würzburg, Alemanha), o qual foi calibrado antes do início de cada protocolo de exercício conforme recomendações do fabricante.

As voluntárias utilizaram uma máscara facial como interface para análise dos referidos gases exalados durante os testes. O eletrocardiograma (ECG) foi concomitantemente monitorizado pelo ECG de 12 derivações (Wincardio System, Micromed, Brasília, Brasil). A pressão arterial (PA), mensurada por um esfigmomanômetro padrão (Diasyst[®], São Paulo, Brasil), a frequência cardíaca (FC) e a percepção subjetiva de esforço pela escala de Borg CR-10 [25] foram registradas a cada três minutos de teste, que coincidia com os 30 segundos finais de cada estágio do protocolo aplicado, além do pico do exercício. Essa monitorização continuou no primeiro e no último minuto de recuperação do exercício.

A capacidade aeróbia foi avaliada pelo consumo de oxigênio (VO_2) no pico de exercício. Dados ventilatórios e metabólicos foram processados e calculados em medias móveis a cada 15 segundos, sendo que o maior valor obtido nos últimos 15 segundos foi definido como valor de pico.

Teste de degrau de seis minutos

O teste de degrau de seis minutos (TD6) caracteriza-se por ser um teste autocadenciado e tempo-limitado realizado em degrau único de 15 cm de altura sem apoio para as mãos. Os sujeitos foram instruídos a subirem e descerem o degrau, iniciando o movimento com o membro dominante, o maior número de vezes que fosse possível no período de seis minutos, sendo que era permitida a pausa ou a redução da velocidade, caso julgassem necessário, de acordo com sintomas de fadiga ou dispnéia.

Durante o teste, as voluntárias receberam encorajamento minuto a minuto conforme recomendações da *ATS/American College of Chest Physicians*, convencionalmente utilizadas no teste de caminhada de seis minutos [26]. O número de ciclos subida e descida no degrau (SDD) foi registrado a cada minuto por dois observadores treinados.

A aquisição, processamento e análise dos dados ventilatórios e metabólicos foram realizados da mesma forma que foi descrito no TECP. A carga de trabalho (em W) durante o teste de exercício foi calculada por meio da seguinte equação: altura do degrau (m) x ciclos SDD total x massa corporal (kg) x 0,16357 [27]. A pressão arterial (PA), mensurada por um esfigmomanômetro padrão (Diasyst®, São Paulo, Brasil), a frequência cardíaca (FC) e a percepção subjetiva de esforço medida pela escala de Borg CR-10 [25] foram registradas no repouso sentado (exceto a percepção subjetiva de esforço), em postura ortostática, no pico do exercício e durante a fase de recuperação passiva.



Figura 1. Ilustração de uma voluntária obesa realizando o teste de degrau de seis minutos.

Análise estatística

O cálculo amostral foi realizado por meio do pacote estatístico GPower, Versão 3.1.3 (Franz Faul Universität Kiel, Alemanha), considerando-se 5% para o erro do tipo I e poder de 95%. A amostra foi estimada com base no número de preditores inseridos no modelo de análise de regressão múltipla, tendo sido estimado um número mínimo de observações requeridas de 25 sujeitos.

O software SPSS Statistics do Windows, Versão 17.0. (SPSS Inc., Chicago, Illinois, Estados Unidos da América) e o Software MedCalc, Versão 11.4.4.0 (MedCalc Software, Mariakerke, Bélgica) foram utilizados a fim de contemplar as análises propostas.

Verificada a distribuição dos dados a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov, os dados são apresentados em media \pm DP para variáveis contínuas

e mediana (mínimo, máximo) para variáveis categóricas. Foram empregados os testes paramétrico e não paramétrico, *t de Student* e de *Mann-Whitney* respectivamente. A distribuição dos dados foi considerada normal exceto para as variáveis: razão de troca respiratória, PA e variáveis relacionadas a sintomas.

Com o intuito de avaliar a validade concorrente, os limites de concordância entre VO_2 e FC para ambos os testes (TECP e TD6) foram avaliados pelo método de análise de Bland-Altman. O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para análise de associação entre as variáveis.

O modelo de regressão linear múltipla do tipo *stepwise* foi aplicado para predição de (a) VO_2 atingido no pico do TECP; e (b) FC atingida no pico do TECP. Na primeira e segunda equações, os possíveis preditores inseridos nesse primeiro momento foram: ciclos SDD, idade, massa corporal, estatura, IMC e FC no pico do TD6. Após a aplicação do método *stepwise*, grande parte desses foi excluído na equação final. Posteriormente, foram selecionadas seis mulheres que executaram ambos os testes de exercício em um estudo piloto, previamente realizado em nosso laboratório, a fim de confirmar a utilidade e a validade da equação de predição. Estas não foram incluídas na amostra deste estudo exceto para tal finalidade.

A análise de poder discriminativo através da curva ROC (*Receiver operating characteristic*) foi utilizada para avaliação do poder do TD6 em detectar uma adequada aptidão cardiorrespiratória (ACR) baseada no método padrão-ouro, o VO_2 atingido no TECP. O ponto de corte foi definido como o ponto ótimo de equilíbrio entre a sensibilidade e especificidade do TD6 em discriminar uma adequada ACR. A área abaixo da curva ROC, por sua vez, determinou o grau de acurácia do TD6 em discriminar tal condição. Definiu-se como adequada ACR

o VO_2 atingido no TECP conforme valores preditos para a idade: (a) $VO_2 \geq 31$ mL·kg⁻¹·min⁻¹ para mulheres de 20 a 29 anos; (b) $VO_2 \geq 28$ mL·kg⁻¹·min⁻¹ para mulheres de 30 a 39 anos; e (c) $VO_2 \geq 24$ mL·kg⁻¹·min⁻¹ para mulheres de 40 a 45 anos, de acordo com a conhecida classificação da *American Heart Association* [28]. O ponto de corte, a sensibilidade e a especificidade foram igualmente calculados. Todos os testes estatísticos adotaram um nível de significância de $p < 0,05$.

Para a montagem do fluxograma de pacientes de acordo com as diretrizes para a publicação de estudos de precisão diagnóstica, denominada originalmente de *Standards for the Reporting of Diagnostic accuracy studies (STARD Statement)* [28], procedeu-se a classificação da ACR das voluntárias de acordo com o VO_2 atingido no pico do TECP (baseada na classificação previamente descrita [29]). Quanto à classificação das voluntárias em adequada ou baixa ACR, de acordo com o TD6, foi efetuada a dicotomização das voluntárias a partir do ponto de corte do número de ciclos SDD definido pela análise da curva.

Resultados

A população alvo de estudo foi recrutada e avaliada no período de janeiro de 2012 a maio de 2014. A **figura 2** ilustra o fluxograma do recrutamento e classificação dos sujeitos envolvidos. Dentre os 84 indivíduos avaliados para elegibilidade, 56 foram incluídos na análise final. As características dos indivíduos selecionados estão expostas na **Tabela 1**. Todas as voluntárias apresentaram função pulmonar normal após serem submetidas à avaliação

espirométrica. O nível de atividade física dado pelos índices representativos do trabalho, esporte e lazer, assim com o total absoluto e média entre eles, de acordo com o questionário de Baecke, indicam que as mulheres do estudo eram sedentárias.

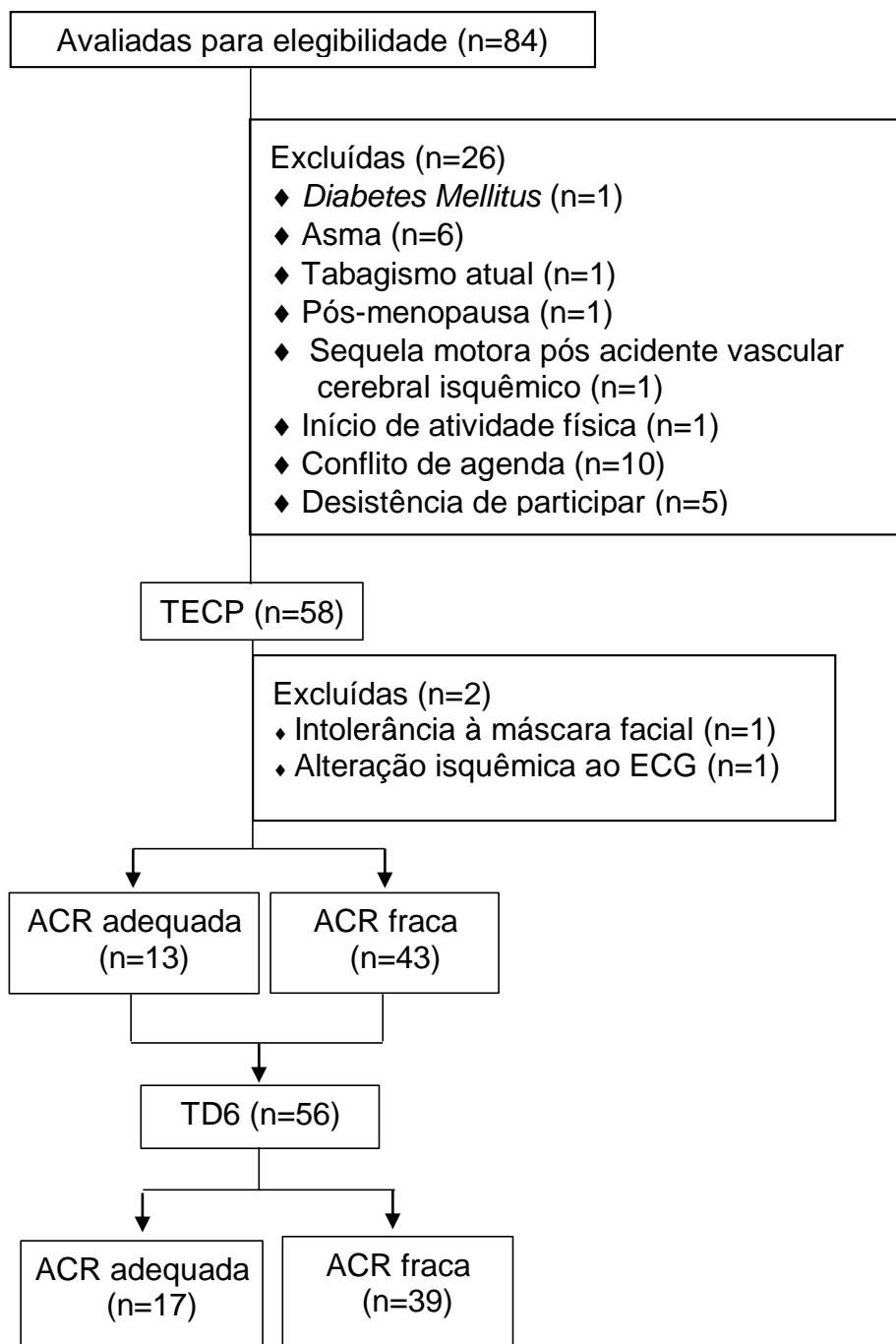


Figura 2. Fluxograma que representa a perda amostral e a classificação da aptidão cardiorrespiratória pelo teste máximo de exercício cardiopulmonar e teste de degrau de seis minutos. TECP, teste máximo de exercício cardiopulmonar; ACR, aptidão cardiorrespiratória; TD6, teste do degrau de seis minutos.

Tabela 1. Dados antropométricos, de composição corporal, de função pulmonar e do nível de atividade física do grupo de obesas

	n = 56
<i>Dados antropométricos</i>	
Idade, anos	35 ± 7
Estatura, m	1,62 ± 0,05
Massa corporal, kg	101,2 ± 16,6
IMC, kg·m ⁻²	38,5 ± 5,4
<i>Composição corporal</i>	
Porcentagem de massa gorda, %	46,1 ± 4,5
Porcentagem de massa magra, %	51,2 ± 5,3
<i>Função pulmonar</i>	
CVF, L	3,4 ± 0,5
CVF, %pred	94,0 ± 13,8
VEF ₁ , L	2,8 ± 0,4
VEF ₁ , %pred	93,8 ± 11,6
VEF ₁ / CVF	83,6 ± 6,0
VEF ₁ /CVF, %pred	100,1 ± 6,9
<i>Questionário de Baecke Modificado</i>	
Índice relativo a trabalho	2,7 ± 0,7
Índice relativo a esporte	1,8 ± 0,5
Índice relativo a lazer	2,2 ± 0,7
Total absoluto	6,6 ± 1,2
Total médio	2,2 ± 0,4

Dados expressos em média ± DP, IMC, índice de massa corporal; CVF, capacidade vital forçada; %pred, porcentagem do predito; VEF₁, volume expirado forçado no primeiro segundo.

As variáveis metabólicas, ventilatórias, cardiovasculares e subjetivas de esforço do TECP e do TD6 estão apresentadas na **Tabela 2**.

Tabela 2. Variáveis medidas no pico do teste máximo de exercício cardiopulmonar (TECP) e do teste de degrau de seis minutos (TD6)

	n = 56	
	TECP	TD6
Distância, m	545 ± 145	-
Ciclos SDD, n	-	149 ± 25
Trabalho, Watts	-	373 ± 62
<i>Dados metabólicos</i>		
VO ₂ , %pred	115 ± 15	89 ± 14*
VO ₂ , mL.min ⁻¹	2321,9 ± 356,5	1804,4 ± 357,9*
VO ₂ , mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹	23,0 ± 4,6	17,8 ± 3,6*
VCO ₂ , mL.min ⁻¹	2744,0 ± 467,8	1861,2 ± 433,8*
QR	1,19 ± 0,10	1,03 ± 0,09*
<i>Dados ventilatórios</i>		
VE, L.min ⁻¹	78,3 ± 16,6	55,9 ± 13,6*
FR, br.min ⁻¹	40 ± 9	35 ± 8*
VE/VCO ₂	28,5 ± 3,3	30,3 ± 4,0*
<i>Dados cardiovasculares</i>		
FC, bpm	178 ± 11	152 ± 15*
FC, %pred	101 ± 6	87 ± 9*
PAS, mmHg	193 ± 25	175 ± 37*
PAD, mmHg	98 ± 19	84 ± 17*
<i>Sintomas</i>		
Dispneia	7 [1;10]	3 [0;10]*
Fadiga em MMII	3 [0;10]	2 [0;10]

Dados expressos em média ± DP ou mediana ± [mínimo; máximo], quando apropriado, TECP, teste máximo de exercício cardiopulmonar; TD6, teste de degrau de seis minutos; SDD, subida e descida no degrau; VO₂, consumo de oxigênio; %pred, porcentagem do predito; VCO₂, produção de dióxido de carbono; QR, quociente respiratório; VE, ventilação minuto; FR, frequência respiratória; FC, frequência cardíaca; PAS, pressão arterial sistólica; PAD, pressão arterial diastólica; MMII, membros inferiores. *Diferença entre TECP versus TD6 (teste t de *Student* não pareado ou teste de Mann-Whitney).

Como esperado, o TECP elicitou maiores demandas metabólica, ventilatória e cardiovascular quando comparado ao TD6, assim como suscitou uma percepção de dispnéia mais elevada. Dados metabólicos faltantes de apenas um sujeito decorreram de problemas técnicos no equipamento portátil durante a execução do TD6; os demais parâmetros deste foram considerados na análise final.

Quatro voluntárias interromperam o exercício durante o TD6 devido à dispnéia e/ou fadiga de membros inferiores: (a) uma no quarto minuto; (b) uma no sexto minuto; (c) uma no terceiro e último minutos; e (d) uma no quarto e último minutos. Vale salientar que todas essas eram obesas mórbidas, e a pausa variou entre 10 a 30 segundos, com retorno à atividade de subir e descer o degrau após tal período.

As **Figuras 3A e 3B** ilustram as características de ambos os protocolos de exercício. Embora o TD6 tenha sido definido com um teste de exercício autocadenciado, considerando-se apenas aquelas voluntárias que não interromperam o teste em nenhum momento, o número de ciclos SDD foi similar, distribuindo-se equitativamente pelos seis minutos de teste, como está demonstrado na **Figura 3C**. Tal comportamento foi igualmente observado pelas variáveis VO_2 e FC (**Figuras 3A e B**), especificamente após o terceiro minuto do exercício.

Apesar da diferença entre os protocolos, houve satisfatória validade concorrente entre o TECP e o TD6 no que diz respeito à identificação do VO_2 e FC no pico do exercício. A análise de Bland-Altman encontrou um média de diferença entre os testes de $5,1 \pm 3,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e $23 \pm 13 \text{ bpm}$ (**Figuras 4A e 4B**), respectivamente.

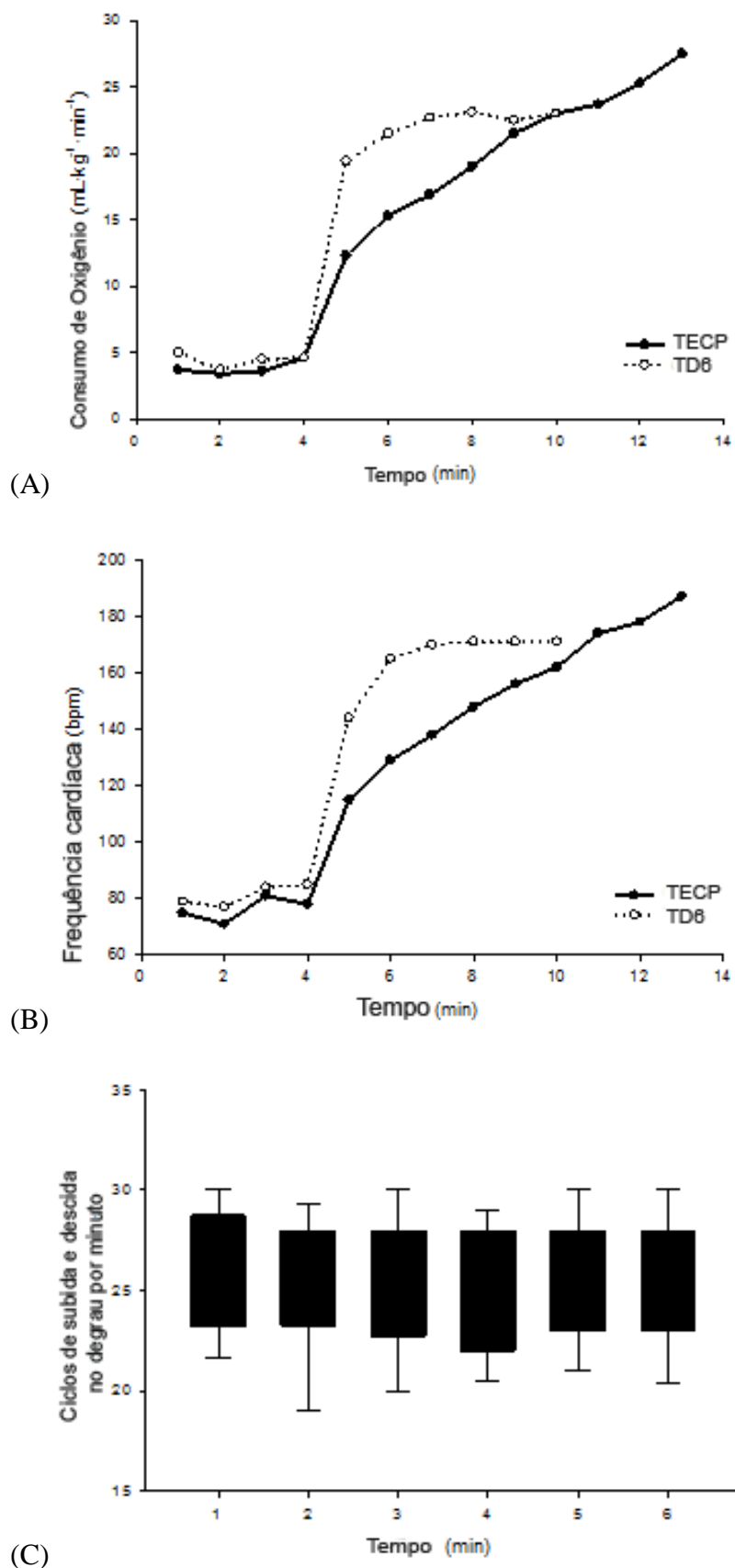


Figura 3. Representação do perfil (A) do consumo de oxigênio ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e (B) da frequência cardíaca (bpm) em repouso e durante o TECP (círculos pretos) e do TD6 (círculos brancos) de uma voluntária. Em (C) a cadência do TD6 representada pelo valor médio dos ciclos de subida e descida no degrau por minuto.

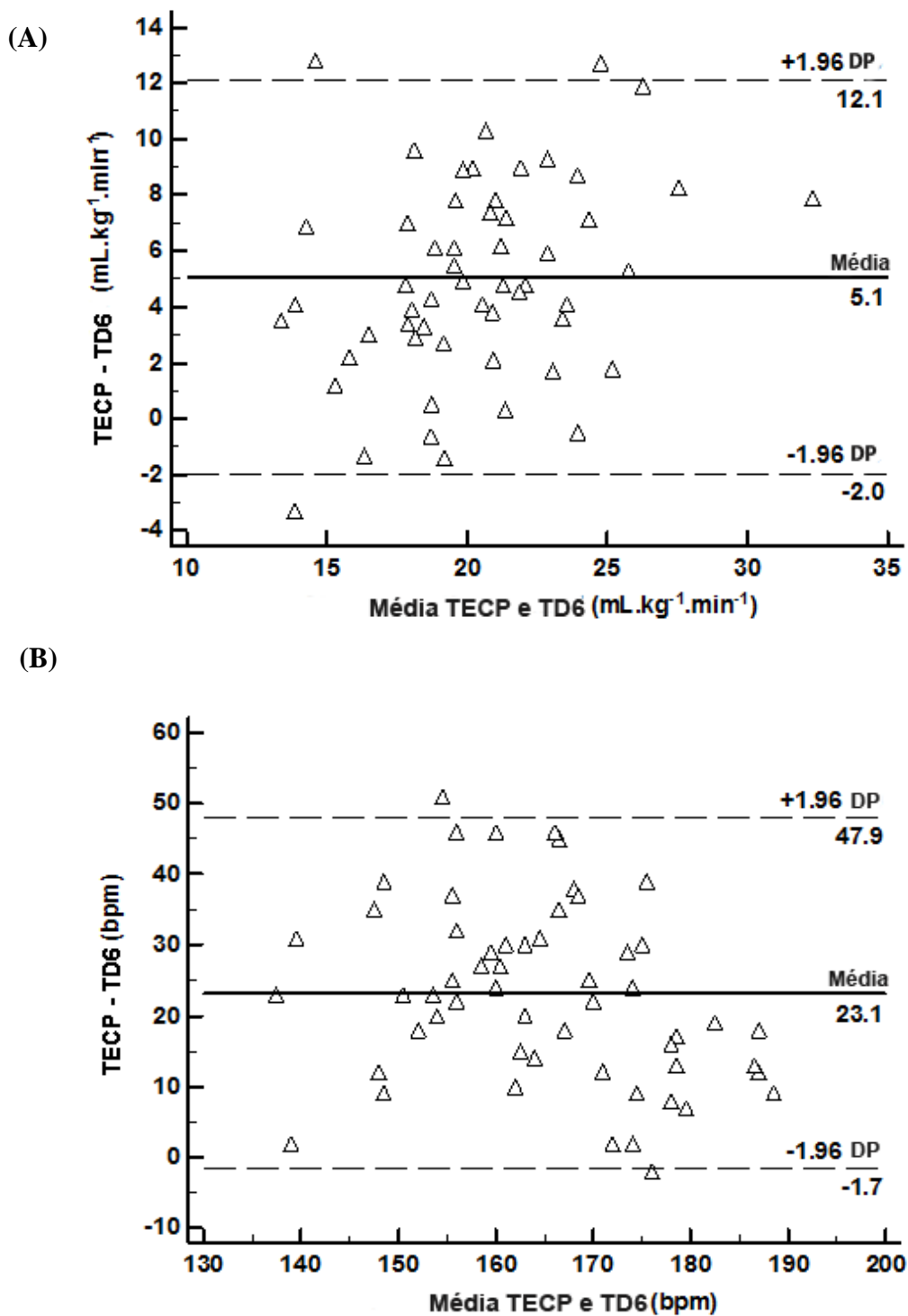


Figura 4. Gráficos de Bland-Altman mostram acordo entre as diferenças das médias (A) do consumo de oxigênio (mL.kg⁻¹.min⁻¹) e (B) da frequência cardíaca (bpm), obtido no TECP e TD6.

O TD6 demonstrou moderada acurácia [área abaixo da curva (IC 95%) = 0,72 (0,59 - 0,83), $p = <0,0001$; sensibilidade (IC 95%) = 76,9% (46,2 - 95,0) e especificidade (IC 95%) = 72,1% (56,3 - 84,7)] para discriminar mulheres obesas sedentárias com adequada e baixa aptidão cardiorrespiratória, sendo que o ponto de corte ótimo determinado foi de 155 ciclos SDD.

A análise univariada demonstrou que o VO_2 pico durante o TECP correlacionou-se significativamente com o número de ciclos SDD ($r = 0,56$; $p < 0,001$), IMC ($r = - 0,45$; $p < 0,001$), massa corporal ($r = - 0,49$; $p < 0,001$), e estatura ($r = - 0,26$; $p = 0,026$), enquanto a FC no pico do exercício correlacionou-se com o número de ciclos SDD ($r = 0,35$; $p = 0,008$) e com a FC no pico do TD6 ($r = 0,62$, $p < 0,001$). A partir da análise de regressão linear múltipla modelo *stepwise*, apenas o número de ciclos SDD foi selecionado como preditor do VO_2 no pico do TECP e a FC no pico do TD6 como preditora da FC no pico do TECP; tais preditores explicaram 31% e 39% da variância total do VO_2 e FC no pico do TECP, respectivamente. As equações de referência foram: 1) $VO_{2\text{ pico}} = 7,849 + (0,101 \times \text{ciclos SDD})$, erro padrão da estimativa = $3,8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; e, 2) $FC_{\text{pico}} = 111,542 + (0,435 \times FC_{\text{pico TD6}})$, erro padrão da estimativa = 9 bpm.

Interessantemente, as variáveis obtidas a partir do TD6 foram aquelas que majoritariamente explicaram a variância do VO_2 e da FC no pico do TECP, dado que outras variáveis inicialmente consideradas foram excluídas a partir do método *stepwise*. As características de seis voluntárias incluídas na amostra para testar a capacidade preditiva da equação formulada foram: idade, 34 ± 8 anos de idade; estatura, $1,60 \pm 0,10$ m; massa corporal, $101,2 \pm 21,6$ kg; e IMC, $37,3 \pm 5,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. Para estas, não houve diferença significativa entre as médias de VO_2 e FC no pico do TECP registradas e calculadas pela equação: $23,2 \pm 5,0$

vs. $24,2 \pm 2,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e 186 ± 6 vs. 181 ± 7 bpm ($p>0,05$), respectivamente.

Discussão

Por meio deste estudo, objetivamos identificar variáveis obtidas durante o TD6 que refletissem com acurácia adequada o nível de aptidão cardiorrespiratória de mulheres sedentárias obesas. Especificamente: (a) Haveria concordância entre o TECP e o TD6? (b) Haveria um ponto de corte ótimo a partir do qual se poderia discriminar uma adequada aptidão cardiorrespiratória de uma baixa capacidade funcional, assim como o TECP faz?; e (c) Variáveis do TD6 poderiam prever o VO_2 e FC atingidos em um teste máximo (TECP)? Três principais achados emergiram deste estudo: (a) existe uma satisfatória validade concorrente entre o TECP e o TD6 em relação às variáveis de resposta metabólica e cardiovascular; (b) o TD6 é capaz de discriminar entre adequada e baixa aptidão cardiorrespiratória com moderada acurácia; (c) o TD6 é capaz de prever o VO_2 e FC no pico do TECP. Aparentemente, esse parece ser o primeiro estudo a revelar tais achados em mulheres sedentárias obesas.

Sabidamente, um ciclo vicioso entre hábitos de vida sedentário e reduzida capacidade funcional é prevalente na população obesa, especialmente em mulheres. Nesse contexto, a avaliação da capacidade funcional torna-se fundamental para se estabelecer metas na prática clínica e na reabilitação assim como direcionar objetivos nos programas direcionados à perda de peso. Na amostra desse estudo, foi confirmado um padrão sedentário de vida dado pelo

baixo escore do Questionário de Baecke modificado e pelos valores de VO_2 atingidos no TECP.

Sabe-se que o TECP é a metodologia padrão-ouro para quantificar a capacidade funcional. No entanto, seu uso é limitado a seletos centros de reabilitação ou a laboratórios de pesquisa devido ao seu elevado custo e à necessidade de equipe técnica qualificada para sua execução [10,11]. Por esta razão, outros parâmetros, factíveis e menos onerosos, como aqueles obtidos do TD6 parecem ser uma solução para a avaliação da limitação funcional bem como para seguimento da população obesa.

Quando comparado ao TECP, o TD6 requer considerável esforço anti-gravitacional, especificamente no caso de mulheres obesas, à medida em que se realiza um deslocamento vertical e horizontal quando da movimentação para subida e descida do degrau. Nesse sentido, é evidente que as respostas metabólicas e cardiovasculares ao TD6 são mais abruptas (**Figuras 3A and 2B**) em relação ao protocolo de esteira incremental. Ademais, após o terceiro minuto do TD6, as voluntárias alcançam o seu estado estável. Assim, no pico do TD6, as obesas atingiram 89% do VO_2 predito assim como 87% da FC máxima predita para a idade, mostrando-se um teste funcional de comportamento próximo do máximo.

Andrade et al. [19] testaram dois protocolos de teste de degrau em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica nos quais os sujeitos atingiram aproximadamente 85% da FC máxima predita no pico do exercício. Embora ambos protocolos fossem de caráter incremental e tenham utilizado um degrau de altura superior (20 cm) àquela que utilizamos (15 cm), os sujeitos por eles avaliados apresentaram valores absolutos de VO_2 pico ($\sim 1,2 \pm 0,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$)

e carga de trabalho (229 ± 164 e 178 ± 138 , em W) aquém daqueles encontrados neste estudo. Certamente as características da população estudada também foram importantes nas respostas diferenciadas de nossa amostra.

O comportamento do VO_2 pico e FC durante o TD6 assim como o número de ciclos SDD por minuto indicam que, embora seja considerado um teste autocadenciado, as voluntárias mantiveram um número de ciclos SDD que se assemelhou a um protocolo de carga constante (**Figura 3**).

Semelhantemente aos nossos achados, outros estudos demonstraram previamente tal perfil de carga constante durante o teste de caminhada de seis minutos com encorajamentos verbais a cada minuto, apesar da deambulação também autocadenciada [30, 31]. Curiosamente, apesar das diferenças quanto aos protocolos de exercício (constante e tempo-limitado vs. incremental e sintoma-limitado), foi encontrada uma satisfatória validade concorrente entre métodos para avaliação da capacidade funcional, TD6 e TECP, por meio do VO_2 pico e FC, como demonstrado pela representação gráfica da análise de concordância de métodos de Bland-Altman.

Além da concordância entre os testes, foi demonstrada uma moderada acurácia do TD6 em discriminar mulheres obesas sedentárias com adequada aptidão cardiorrespiratória das com baixa, baseado no número de ciclos SDD superior a 155.

Um estudo prévio aplicou o TD6 em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica e determinou 78 ciclos SDD como o ponto de corte para identificação de baixa capacidade funcional [20]. Além dos ciclos SDD, outras variáveis se mostraram acuradas com a finalidade de discriminar um fenótipo

adequado de capacidade funcional utilizando o VO_2 pico obtido no TECP como padrão-ouro de classificação de aptidão física [32].

De fato, o fluxograma (**Figura 2**) demonstra a presença da condição alvo (adequada capacidade funcional) determinada pelo TECP e pelo TD6. O teste funcional selecionou quatro voluntárias a mais do que o TECP como tendo capacidade funcional adequada. Uma das razões possíveis para o ocorrido pode ter sido devido à maior adaptabilidade do indivíduo em realizar o teste de degrau em comparação ao teste incremental em esteira rolante com inclinação, o qual parece exigir maior capacidade de equilíbrio. Além disso, similarmente a outros testes de campos propostos [12], o ato de subir e descer um degrau parece ser mais familiar por mimetizar uma atividade usual do cotidiano.

Com o propósito de melhor interpretar e utilizar os testes funcionais para avaliação, torna-se extremamente relevante o desenvolvimento e a validação de equações preditivas específicas a uma determinada população, utilizando o método padrão-ouro para determinação da capacidade funcional como variável predita, qual seja, aquela avaliada durante o TECP.

Nesse sentido, inúmeros estudos tem se dedicado à investigação de equações preditivas baseadas em testes de campo [13-15,18]. Capodaglio et al. [33] desenvolveram uma equação de referência para predição de distância para o teste de campo mais frequentemente utilizado na população obesa. Por outro lado, nossos achados preenchem uma lacuna na literatura em relação a um ponto de corte limítrofe e determinante de capacidade funcional a partir do TD6 assim como provê equações preditivas de VO_2 e FC no pico do TECP para mulheres obesas.

Interessantemente, embora tenhamos encontrado moderadas correlações entre IMC e massa corporal com o VO_2 durante o TECP, mesmo após a inserção de tais variáveis como possíveis preditoras, o modelo de regressão linear *stepwise* incluiu apenas as variáveis provenientes do TD6 em ambas as equações para predição de VO_2 e de FC: os ciclos SDD e a FC no pico do TD6.

Aplicabilidade Clínica

O teste do degrau tem sido aplicado em ambientes clínicos e de pesquisa por meio de diversos protocolos com diferentes alturas de degrau [16,17,19]. Nesse estudo optamos pela utilização de um degrau com uma das menores altura relatadas na literatura (15 cm) em virtude da população estudada tratar-se de indivíduos obesos, os quais estão mais susceptíveis à sobrecarga articular, dor e lesão de membros inferiores. Como nossa intenção era avaliar a aplicabilidade clínica do TD6, a avaliação desse teste foi realizada uma única vez em cada indivíduo. De fato, um estudo recente baseado em ensaios de avaliação funcional única, demonstrou que equações preditivas em alguns testes de campo foram comparáveis aos resultados obtidos naqueles testes executados em clínicas de fisioterapia onde os indivíduos eram avaliados apenas uma vez [15].

Visto que a aptidão cardiorrespiratória prejudicada está diretamente relacionada a condições incapacitantes e piora da capacidade funcional na população obesa, programas de reabilitação e treinamento que enfatizem o seguimento desses sujeitos no que concerne o nível de aptidão

cardiorespiratória são altamente desejáveis. Os testes de campo, nesse sentido, como o TD6, podem revelar a limitação funcional de indivíduos obesos.

Embora inúmeros estudos tenham avaliado a capacidade funcional em tarefa específica de subir e descer degraus [17,19], o ponto de corte determinado neste estudo proverá uma importante referência de estratificação da capacidade funcional em mulheres obesas na prática clínica. Adicionalmente, os resultados provenientes do TD6 possibilitam a predição do VO_2 e da FC em situações em que a realização do TECP não é viável ou não está disponível. Estudos futuros que avaliem a capacidade discriminatória e preditiva de testes de campos, como o TD6, se fazem necessários e desejáveis a fim de solidificarmos suas aplicações clínicas nos mais diversos contextos e populações.

Limitações do estudo

Uma limitação do presente estudo é que os achados encontrados não podem ser extrapolados para homens obesos posto que foram avaliadas somente mulheres, grupo em que a obesidade é mais prevalente. É sabido que essa subpopulação está mais intimamente relacionada ao aumento do risco cardiovascular [34]. Entretanto, a amostra homogênea de nosso estudo implica em elevada validade interna.

Conclusão

No presente estudo, o TD6 foi capaz de discriminar mulheres obesas sedentárias com adequada das com baixa aptidão cardiorrespiratória. Além

disso, os resultados indicam que o TD6 pode predizer o VO_2 e FC no pico do TECP, considerado padrão-ouro.

No presente estudo comprovou-se que o TD6 pode ser uma ferramenta viável e facilmente aplicável para a avaliação de indivíduos obesos como parte da rotina de avaliações clínicas, especialmente quando o espaço e os recursos são limitados. Finalmente, o TD6 constitui um teste de simples execução para avaliação funcional dessa população, que pode estar inserido em programas de perda de peso, de atividade física e treinamento e/ou programas de intervenção pré e pós-cirúrgicos.

Referências

1. Bastien M, Poirier P, Lemieux I, Després JP. Overview of epidemiology and contribution of obesity to cardiovascular disease. *Prog Cardiovasc Dis* 2014;56:369-81.
2. Latner JD, Barile JP, Durso LE, O'Brien KS. Weight and health-related quality of life: The moderating role of weight discrimination and internalized weight bias. *Eat Behav* [Internet]. 2014 [cited 2014 Aug 28];15(4):586-90. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1471015314001251>. doi: 10.1016/j.eatbeh.2014.08.014.
3. World Health Organization Web site [Internet]. World Health Statistics 2014; [cited 2014 Oct 14] Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112738/1/9789240692671_eng.pdf?ua=1.

4. González-Gross M, Meléndez A. Sedentarism, active lifestyle and sport: Impact on health and obesity prevention. *Nutr Hosp* 2013;28(Suppl. 5):89-98.
5. Mitchell JA, Bottai M, Park Y, Marshall SJ, Moore SC, Matthews CE. A prospective study of sedentary behavior and changes in the BMI distribution. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2014 [cited 2014 Apr 28]. Available from: http://ovidsp.tx.ovid.com.ez31.periodicos.capes.gov.br/sp-3.13.1a/ovidweb.cgi?WebLinkFrameset=1&S=CJPIPHGNGDDJLAPNCLKDEGCMECBAA00&returnUrl=ovidweb.cgi%3f%26TOC%3djb.search.31%257c1%257c50%26FORMAT%3dtoc%26FIELDS%3dTOC%26S%3dCJPIPHGNGDDJLAPNCLKDEGCMECBAA00&directlink=http%3a%2f%2fgraphics.tx.ovid.com%2fovftpdfs%2fFPDDNCGCDEAPNG00%2ffs046%2fovft%2flive%2fgv025%2f0005768%2f00005768-900000000-98064.pdf&filename=A+Prospective+Study+of+Sedentary+Behavior+and+Changes+in+the+BMI+Distribution.&PDFIdLinkField=%2ffs046%2fovft%2flive%2fgv025%2f00005768%2f00005768-900000000-98064&link_from=jb.search.31%7c1&pdf_key=B&pdf_index=jb.search.31&D=o_vft. doi: 10.1249/MSS.0000000000000366.
6. Anstey KJ, Kingston A, Kiely KM, Luszcz MA, Mitchell P, Jagger C. The influence of smoking, sedentary lifestyle and obesity on cognitive impairment-free life expectancy. *Int J Epidemiol* [Internet]. 2014 [cited 2014 Aug 22];pii:dyu170. Available from: <http://ije.oxfordjournals.org/content/early/2014/09/26/ije.dyu170.long>. doi: 10.1093/ije/dyu170.
7. Myers J, McAuley P, Lavie C, Despres JP, Arena R, Kokkinos P. Physical activity and cardiorespiratory fitness as major markers of cardiovascular risk: their

independent and interwoven importance to health status. *Prog Cardiovasc Dis* [Internet]. 2014 [cited 2014 Sep 27];pii:S0033-0620(14)00143-1. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033062014001431>. doi:

10.1016/j.pcad.2014.09.011.

8. Meyer HE, Søgaard AJ, Tverdal A, Selmer RM. Body mass index and mortality: the influence of physical activity and smoking. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1065-70.

9. Perdigão C, Rocha E, Duarte JS, Santos A, Macedo A. Prevalence and distribution of the main cardiovascular risk factors in Portugal--the AMALIA study. *Rev Port Cardiol* 2011;30:393-432.

10. Guazzi M, Adams V, Conraads V, Halle M, Mezzani A, Vanhees L et al. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Circulation* 2012;126:2261-74.

11. Myers J, Forman DE, Balady GJ, Franklin BA, Nelson-Worel J, Martin BJ et al. Supervision of exercise testing by nonphysicians: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2014;130:1014-27.

12. ERS Task Force, Palange P, Ward SA, Carlsen KH, Casaburi R, Gallagher CG et al. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J* 2007;29:185-209.

13. Di Thommazo-Luporini L, Jürgensen SP, Castello-Simões V, Catai AM, Arena R, Borghi-Silva A. Metabolic and clinical comparative analysis of treadmill six-minute walking test and cardiopulmonary exercise testing in obese and eutrophic women. *Rev Bras Fisioter* 2012;16:469-78.

14. Dourado VZ, Vidotto MC, Guerra RL. Reference equations for the performance of healthy adults on field walking tests. *J Bras Pneumol* 2011;37:607-14.
15. Tvetter AT, Dagfinrud H, Moseng T, Holm I. Health-related physical fitness measures: reference values and reference equations for use in clinical practice. *Arch Phys Med Rehabil* 2014;95:1366-73.
16. Andrade CH, Cianci RG, Malaguti C, Corso SD. The use of step tests for the assessment of exercise capacity in healthy subjects and in patients with chronic lung disease. *J Bras Pneumol* 2012;38:116-24.
17. da Costa JN, Arcuri JF, Gonçalves IL, Davi SF, Pessoa BV, Jamami M et al. Reproducibility of cadence-free 6-minute step test in subjects with COPD. *Respir Care* 2014;59:538-42.
18. Dal Corso S, Duarte SR, Neder JA, Malaguti C, de Fuccio MB, de Castro Pereira CA et al. A step test to assess exercise-related oxygen desaturation in interstitial lung disease. *Eur Respir J* 2007;29:330-6.
19. de Andrade CH, de Camargo AA, de Castro BP, Malaguti C, Dal Corso S. Comparison of cardiopulmonary responses during 2 incremental step tests in subjects with COPD. *Respir Care* 2012;57:1920-6.
20. Pessoa BV, Arcuri JF, Labadessa IG, Costa JN, Sentanin AC, Di Lorenzo VA. Validity of the six-minute step test of free cadence in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Braz J Phys Ther* 2014;18:228-36.
21. Dow CA, Thomson CA, Flatt SW, Sherwood NE, Pakiz B, Rock CL. Predictors of improvement in cardiometabolic risk factors with weight loss in women. *J Am Heart Assoc [Internet]*. 2013 [cited 2013 Dec 18];2(6):e000152.

Available from: <http://jaha.ahajournals.org/content/2/6/e000152.long>. doi:
10.1161/JAHA.113.000152.

22. Florindo AA, Latorre Mdo R, Jaime PC, Tanaka T, Zerbini CA. Methodology to evaluation the habitual physical activity in men aged 50 years or more. *Rev Saúde Pública* 2004;38:307-14.

23. Pereira CA. Espirometria. *J Pneumol* 2002;28(supl 3):S1-S82.

24. American Thoracic Society; American College of Chest Physicians. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;167:211-77.

25. Borg, GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377–81.

26. 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;166:111-7.

27. Olsen GN, Bolton RJW, Weiman DS, Hornung CA. Stair climbing as an exercise test to predict the postoperative complications of lung resection. Two years' experience. *Chest* 1991;99:587-90.

28. Towards complete and accurate reporting of studies of diagnostic accuracy: The STARD Initiative. Bossuyt PM, Reitsma JB, Bruns DE, Gatsonis CA, Glasziou PP, Irwig LM, Lijmer JG, Moher D, Rennie D, de Vet HC; Standards for Reporting of Diagnostic Accuracy. *Ann Intern Med*. 2003 Jan 7;138(1):40-4.

29. American Heart Association. Committee on exercise. Exercise testing and training of apparently health individuals. A handbook for physicians. Dallas: American Heart Association; 1972. 15 p.

30. Casas A, Vilaro J, Rabinovich R, Mayer A, Barberà JA, Rodriguez-Roisin R et al. Encouraged 6-min walking test indicates maximum sustainable exercise in COPD patients. *Chest* 2005;128:55-61.
31. Troosters T, Vilaro J, Rabinovich R, Casas A, Barberà JA, Rodriguez-Roisin R et al. Physiological responses to the 6-min walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 2002;20:564-9.
32. Cataneo DC, Cataneo, AJM. Accuracy of the stair climbing test using maximal oxygen uptake as the gold standard. *J Bras Pneumol* 2007;33:128-33.
33. 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;35:1199-203.
34. Brasil, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. *Vigitel Brasil 2013: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico*. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 120p. Available from: Brasília, Distrito Federal.

ESTUDO III

Resumo do Estudo III submetido ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) para requisição de patente de modelo de utilidade

Modelo de utilidade: BR 20 2015 000603 4

Disposição construtiva introduzida em degrau ergométrico portátil com registrador de desempenho e software

O degrau ergométrico portátil com barras laterais e software acoplado com o contador de passos (hardware) trata-se de instrumento portátil constituído de uma base de etileno acetato de vinila (EVA) com 80 cm de largura, 30 cm de profundidade e 30 cm de altura (no máximo) com orifícios na parte superior onde se encaixam duas barras laterais para apoio dos usuários. O degrau pode ter outras três alturas alternativas 15, 20 e 25 cm por meio do uso de placas de EVA de cores diferentes, com a porção anterior chanfrada para redução de risco de o usuário tropeçar, que são encaixadas na base por meio de sistema “chave-fechadura” para diminuir riscos de deslizamento das mesmas durante o exercício. Tais placas podem ser colocadas uma a uma, dependendo do protocolo de exercício aplicado, de acordo com as alturas de degrau mais descritas na literatura. Haverá ainda um conjunto de células de carga/ *strain gages* que identificará a descarga de peso de cada membro inferior isoladamente e será acoplado na porção superior do degrau.

Em uma das faces laterais da base do degrau há quatro rodízios para a portabilidade. Nessa situação, as alças de apoio lateral são removidas e fixadas nas faces anterior e posterior da base, facilitando o transporte. Na face superior

contralateral da base do degrau há um visor em LED que registra o desempenho do paciente avaliado por meio de dois sensores de presença fixados na porção superior que identificam o número de vezes que o usuário subiu no degrau. Esse sistema conta com um disparador luminoso e sonoro para identificação do início do teste e há a possibilidade do avaliador inserir o tipo de protocolo de degrau que realizará (autocadenciado ou externamente cadenciado). Além disso, os sensores ainda identificam o tempo total do teste, tempo de subida e de descida (em ms), tempo total/ciclo, número de subidas e descidas/min. Tais informações são registradas em um hardware e descarregadas em um computador por meio de uma entrada/saída *universal serial bus* (USB).

Os dados são analisados por meio de um software específico criado para esse fim capaz de comportar dados do avaliador, do usuário e gerar um relatório de desempenho contendo, além dos dados obtidos pela integração dos sensores de presença e de descarga de peso de cada membro inferior, outras variáveis do paciente podem ser obtidas por meio de cálculos no próprio software como:

1) $VO_2\text{max (ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}) = W_{\text{hor}} + W_{\text{vert}}$; $W_{\text{hor}} = 0,35 \times \text{degraus min}^{-1}$, $W_{\text{vert}} = a \cdot \text{degraus min}^{-1} \cdot \text{altura do degrau (m)}$.

**DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUZIDA EM DEGRAU
ERGOMÉTRICO PORTÁTIL COM REGISTRADOR DE
DESEMPENHO E SOFTWARE**

Resumo

O degrau ergométrico portátil com barras laterais e software acoplado com o contador de passos (hardware) trata-se de instrumento portátil constituído de uma base de etileno acetato de vinila (EVA) com 80 cm de largura, 30 cm de profundidade e 30 cm de altura (no máximo) com orifícios na parte superior onde se encaixam duas barras laterais para apoio dos usuários. O degrau pode ter outras três alturas alternativas 15, 20 e 25 cm por meio do uso de placas de EVA de cores diferentes, com a porção anterior chanfrada para redução de risco de o usuário tropeçar, que são encaixadas na base por meio de sistema “chave-fechadura” para diminuir riscos de deslizamento das mesmas durante o exercício. Tais placas podem ser colocadas uma a uma, dependendo do protocolo de exercício aplicado, de acordo com as alturas de degrau mais descritas na literatura. Haverá ainda um conjunto de células de carga/ *strain gages* que identificará a descarga de peso de cada membro inferior isoladamente e será acoplado na porção superior do degrau.

Em uma das faces laterais da base do degrau há quatro rodízios para a portabilidade. Nessa situação, as alças de apoio lateral são removidas e fixadas nas faces anterior e posterior da base, facilitando o transporte. Na face superior contralateral da base do degrau há um visor em LED que registra o desempenho do paciente avaliado por meio de dois sensores de presença fixados na porção superior que identificam o número de vezes que o usuário subiu no degrau. Esse sistema conta com um disparador luminoso e sonoro para identificação do início do teste e há a possibilidade do avaliador inserir o tipo de protocolo de degrau que realizará (autocadenciado ou externamente cadenciado). Além disso, os sensores ainda identificam o tempo total do teste, tempo de subida e de descida

(em ms), tempo total/ciclo, número de subidas e descidas/min. Tais informações são registradas em um hardware e descarregadas em um computador por meio de uma entrada/saída *universal serial bus* (USB).

Os dados são analisados por meio de um software específico criado para esse fim capaz de comportar dados do avaliador, do usuário e gerar um relatório de desempenho contendo, além dos dados obtidos pela integração dos sensores de presença e de descarga de peso de cada membro inferior, outras variáveis do paciente podem ser obtidas por meio de cálculos no próprio software como:

1) $VO_2\text{max (ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}) = W_{\text{hor}} + W_{\text{vert}}$; $W_{\text{hor}} = 0,35 \times \text{degraus min}^{-1}$, $W_{\text{vert}} = a \cdot \text{degraus min}^{-1} \cdot \text{altura do degrau (m)}$.

Campo de aplicação

[001] O degrau ergométrico portátil com barras laterais e software acoplado com o contador de passos (hardware) trata-se de instrumento portátil constituído de uma base de etileno acetato de vinila (EVA) com 80 cm de largura, 30 cm de profundidade e 30 cm de altura (no máximo) com orifícios na parte superior onde se encaixam duas barras laterais para apoio dos usuários. O degrau pode ter outras três alturas alternativas 15, 20 e 25 cm por meio do uso de placas de EVA de cores diferentes, com a porção anterior chanfrada para redução de risco de o usuário tropeçar, que são encaixadas na base por meio de sistema “chave-fechadura” para diminuir riscos de deslizamento das mesmas durante o exercício. Tais placas podem ser colocadas uma a uma, dependendo do protocolo de exercício aplicado, de acordo com os mais descritos na literatura. Na porção superior da última placa adicionada, será acoplado um conjunto de células de carga/ *strain gages* para avaliação da descarga de peso de cada um dos membros inferiores do usuário.

Fundamentos do modelo

[002] Na fase de idealização do protótipo, foi utilizado um banco portátil de madeira com 60 cm de largura, 40 cm de profundidade e 15 cm de altura, sem apoio para mãos do usuário. Ele é revestido com uma placa de etileno acetato de vinila (EVA) para reduzir o risco de deslizamento durante a atividade de subir e descer o degrau. Na porção inferior das laterais há pequenas placas de EVA

para evitar o deslizamento do equipamento no chão durante a realização do exercício de subir e descer o degrau.

[003] Para identificar o desempenho do usuário, o equipamento comporta um sistema com dois sensores de presença na porção superior das laterais (um à direita e outro à esquerda) que identificam quando o usuário sobe no degrau. Esses sensores são interligados com um visor digital que fica na face lateral do degrau e possibilita ao avaliador acompanhar o desempenho do usuário uma vez que o número no visor registra o número de vezes que ele sobe no degrau ao longo do exercício.

[004] O sistema elétrico que faz o registro fica acomodado na região interna do degrau, apoiado na face lateral interna do equipamento. O sistema é alimentado por bateria que pode ser carregada na rede elétrica por meio de uma fonte de energia bivolt.

[005] Na face contra-lateral ao sistema digital, há uma abertura para facilitar a pega do objeto durante o transporte do mesmo.

[006] Após a aplicação desse protótipo em população de 20 a 45 anos de peso normal e apresentando obesidade, aplicando protocolo de exercício de subida e descida no degrau com cadência livre de seis minutos, percebemos algumas necessidades como: material mais leve para permitir portabilidade; superfície anti-derrapante na base inteira do degrau para melhorar a segurança; maior largura do degrau devido a usuários com maior circunferência de quadril e conseqüente deslocamento do centro de gravidade; apoio para as mãos para usuários com déficit de equilíbrio; hardware capaz de permitir inclusão de diferentes protocolos de exercício para avaliação física e registro de dados de desempenho; além de software para tratamento dos dados registrados e

seguimento da evolução do avaliado por meio de relatórios de desempenho físico.

[007] Dessa forma, um novo protótipo foi elaborado para suprir as necessidades levantadas a partir do protótipo anterior.

Descrição do estado da técnica

[008] O atual estado da técnica no que diz respeito a equipamentos que realizam a avaliação de capacidade de execução de atividade física abrange modelos como esteira rolante e bicicleta ergométrica, além de degraus (*steps*). Os dois primeiros aparecem com alto grau de evolução tecnológica e diversidade de materiais, modelos e funções. O último, a partir das buscas realizadas, não apresenta o mesmo grau de evolução, ficando restrito a soluções de baixo custo e adaptações para uso laboratorial ou mesmo em academias de ginástica e centros de reabilitação. Os modelos de degrau, portanto, não apresentam sistemas de aquisição e tratamento de sinais obtidos durante seu uso e apresentam pouca segurança.

[009] Pela busca de anterioridade, foram encontrados quatro patentes que demonstram o estado atual da técnica. A primeira delas é brasileira (número PI 9301865, classificação A63B 23/00) e intitulada “Plataforma para prática de exercícios”. Esse produto foi criado com o objetivo de ser utilizado para exercícios de aquecimento, alongamento e flexibilidade diferentemente de nossa proposta que é realizar exercícios de subir e descer o degrau, de forma a avaliar a capacidade física do indivíduo e/ou propor exercício de treinamento funcional. Ambos apresentam materiais antideslizantes para aumentar a segurança do

usuário e sistema de encaixe para aumento da altura da plataforma. O nosso produto adiciona a vantagem das barras laterais removíveis para suporte do usuário, caso este sinta necessidade. No entanto, a patente anterior não apresenta qualquer sistema de aquisição de desempenho e tratamento desses dados com software específico, como na nossa proposta.

[0010] A segunda, também brasileira (número MU 8301951-0, classificação A63B 23/04), é intitulada “Disposição introduzida em simulador de degrau”. Esse produto tem por objetivo garantir estabilização total no momento do degrau receber os esforços dos usuários. Essa preocupação também esteve presente na configuração de nosso produto ao optarmos pelo esquema de encaixe “chave-fechadura” das plataformas que aliam altura ao degrau. A superfície inferior antiderrapante está presente nos dois produtos. Ainda no quesito segurança, o nosso produto conta com barras laterais removíveis para suporte do usuário, caso este sinta necessidade. Porém, em nossa proposta, houve ainda a preocupação com a leveza do material utilizado na confecção do produto (EVA) para conferir portabilidade, sendo que o outro produto é feito de peças injetadas em plástico rígido. Além disso, essa patente anterior não apresenta qualquer sistema de aquisição de desempenho e tratamento desses dados com software específico, como na nossa proposta.

[0011] A terceira é japonesa (número 2008104701, classificação A63B 23/04) e é intitulada “Máquina para treinar membros inferiores”. Esse modelo possui barras laterais como o nosso produto, porém elas servem para apoio durante o exercício de depositar o peso em um membro inferior de forma a “apertar a plataforma unipodal” e alternar com o lado contralateral em uma plataforma independente ipsilateral. A força realizada é identificada e então, ao

terminar o movimento, uma luz se acende indicando que é possível alternar o lado. Há uma plataforma de força em cada uma das plataformas abaixo de cada membro inferior com o objetivo de identificar o final da força exercida para o motor iniciar a subida da plataforma contralateral. A plataforma de força de nosso produto tem objetivo diferente: ela detecta se há diferença ou não da força exercida por cada membro inferior no movimento de subida e descida no degrau, item importante para avaliar e treinar usuários que apresentem lesão nervosa ou musculoesquelética unilateral, por exemplo. Em nosso produto, não há duas plataformas independentes para o exercício. Há sim uma plataforma única, com diferentes possibilidades de alturas e apoio nas barras laterais removíveis. O movimento a ser realizado é de subir e descer na plataforma (ou degrau), sendo que o movimento parte do solo em direção ao degrau e deste, em direção ao solo. Portanto, há um deslocamento vertical e horizontal no exercício proposto. O software embarcado ao produto fará o cálculo do trabalho realizado pelo usuário baseado também nesses deslocamentos.

[0012] A quarta e quinta patentes são norte-americanas. A primeira delas é intitulada: “Dispositivo do tipo step para prática de ginástica interativa” (número 2010/0216598, classificação A63B 26/00). Apesar de o uso do step da patente referida ser para treino de ginástica, que também pode ser o caso de uso de nosso produto, ele apresenta integração com sistema interativo que envolve sons e imagens. Tais recursos, apesar de interessantes, encarecem o produto final e tornam a realização do exercício neste equipamento limitado a pessoas que compreendam tal nível de tecnologia. A utilização de nosso degrau pode ser feita em ambientes com pouco espaço físico disponível e sem a presença obrigatória de um computador para análise dos dados, uma vez que

os dados de desempenho ficam armazenados em cartão SD para possível análise posterior. Dessa forma, já que nosso equipamento preza pela portabilidade, seu uso pode ser estendido para ambientes onde a alta tecnologia não está disponível, como centros comunitários ou unidades de saúde da família em periferias das cidades, por exemplo.

[0013] A segunda patente é intitulada “Step para exercício aeróbico agregado” (número 2003/0186786, classificação A63B 22/04). Trata-se de um degrau em formato de caixote, com alça em uma das laterais e rodízios na lateral oposta para facilitar a portabilidade; essas duas características que facilitam a portabilidade são semelhantes às do nosso produto. Ao abrir a tampa desse “caixote”, é possível verificar um espaço em que podem ser acomodados equipamentos que podem auxiliar a prática de exercícios durante o exercício usual de subir e descer o degrau, como halteres para membros superiores, caneleiras, corda, entre outros. Em relação ao nosso produto, ele apresenta a desvantagem de não possuir possibilidade de alturas diferentes do degrau, que possibilita a avaliação e/ou o treino em populações de alturas diferentes ou que necessitem aumento da carga de trabalho. Além disso, também não possui sistema de aquisição de desempenho e tratamento desses dados com software específico.

[0014] Na busca de anterioridade, foram ainda encontrados outros documentos considerados altamente relevantes por apresentarem características parcialmente similares à descrição do nosso produto. Foram eles:

[0015] 1) Origem: Estados Unidos, Número 2006/0199703, classificação A63B 22/04. Esse produto apresenta barras laterais para apoio do usuário e recursos para portabilidade, como no nosso produto; no entanto o

movimento simulado, além da subida em degrau único, é a subida em escada, diferente de nossa proposta. Ele comporta uma série de parafusos e ajustes em sua montagem/ desmontagem que pode dificultar ao usuário dispô-lo para uso e aumentar a chance de manutenção devido a possíveis desalinhamentos na montagem. O equipamento não possui sistema de aquisição de desempenho e tratamento desses dados com software específico como na nossa proposta.

[0016] 2) Origem: Estados Unidos, Número 5.354.247, classificação A63B 5/00. Tal invento é composto de vários degraus individuais, de tamanhos diferentes ou similares, que podem ser dispostos formando uma escada ou ainda outras conformações que o usuário deseje, de acordo com o objetivo do exercício a ser realizado. Trata-se de um equipamento de uso prático para montagem, no entanto, a quantidade de degraus necessários pode tornar a portabilidade desconfortável. Além disso, esse equipamento não possui barras laterais para estabilização do usuário e nem tecnologia embarcada para análise do desempenho no exercício, como há em nossa proposta.

[0017] 3) Origem: Estados Unidos, Número 4.216.956, classificação A63B 23/04. Esse equipamento, como o próprio título informa, é uma máquina de corrida. Há uma plataforma, onde o indivíduo simula a corrida ou a caminhada, com um visor na parte frontal no qual é possível ver o desempenho do usuário – nesse caso, o número de passadas e o tempo gasto. Assim como em nossa proposta, há a possibilidade de registro do desempenho do usuário. No entanto, não há um software específico para análise e tratamento desses sinais. Outra diferença com o nosso invento é que o movimento simulado não é o mesmo: nessa patente, o indivíduo simula a caminhada ou corrida e, em

nossa proposta, o indivíduo simula subir e descer degrau. Portanto, o objetivo dos dois equipamentos é diferente, dada a especificidade do exercício realizado.

[0018] 4) Origem: Estados Unidos, Número 4.477.070, classificação A63B 23/04. Esse invento foi criado com o objetivo de registrar o desempenho em um simulador de corrida que pode ser usado em ambiente fechado. Trata-se de uma plataforma formada por uma espécie de cama elástica (ou trampolim) onde o indivíduo faz o movimento de correr e há um suporte anterior (com suporte de mão) que deve ser fixo na parede. Essa característica limita a portabilidade, um dos quesitos interessantes de nossa proposta. Tal equipamento difere também do nosso pelo movimento requerido do usuário e pela incapacidade de registrar seu desempenho.

[0019] 5) Origem: Estados Unidos, Número 3.735.101, classificação G06M 3/02. Esse equipamento tem o objetivo de estimular e supervisionar pacientes na realização de exercícios de fisioterapia. Há quatro partes distintas: a primeira parte consta de um painel iluminado para estímulo visual e sonoro “exercite-se agora”; a segunda, de um sensor capaz de registrar o tempo e/ ou a quantidade de exercício realizado; a terceira desliga a primeira quando o exercício já foi realizado; e a quarta reinicia o estímulo após um intervalo pré-determinado. Assim, o fato de perceber e registrar o desempenho do usuário é semelhante ao existente em nosso produto. No entanto, tal equipamento não é direcionado para o exercício de degrau, como no nosso caso. Ainda, em nosso produto, há a possibilidade de o usuário selecionar se fará um protocolo autocadenciado e tempo-limitado (nesse caso, o equipamento emite sinal luminoso ao final do tempo selecionado) ou com cadência determinada por

senal sonoro e/ou luminoso e ainda oferece um software para análise dos dados de desempenho.

[0020] 6) Origem: Estados Unidos, Número 2013/0344926, classificação A63F 13/00. Trata-se de uma plataforma para a prática de ginástica interativa, ou seja, há associação entre os sensores da plataforma e as imagens e o som que ensinam e/ou estimulam o usuário na prática de exercício físico. A integração dos sinais é feita no sentido de verificar a execução dos movimentos em relação a ultrapassar os obstáculos colocados ao usuário pelas imagens fornecidas. Nosso invento não tem esse intuito de entretenimento como o equipamento citado. Além disso, o desempenho do usuário dessa patente não passará por tratamento em software específico que fornecerá dados de potência de trabalho (vertical e horizontal), gráficos de desempenho, evolução em relação à avaliação inicial e após o treinamento, como acontece em nossa proposta.

[0021] 7) Origem: Estados Unidos, Número 2001/0044362, classificação A63B 71/00. Esse sistema monitora o impacto do estresse ou das forças de aceleração em um usuário durante a realização de atividade física e pode ser adicionado em um equipamento para realização de exercício. Esse aparato se assemelha às placas de forças colocadas na porção superior de nosso degrau ergométrico. No entanto, as placas de força de nossa proposta medem individualmente as forças exercidas por cada um dos membros inferiores, sendo um eficiente método para avaliar e treinar indivíduos com limitações neurológicas ou musculoesqueléticas unilaterais, por exemplo, durante o exercício de subir e descer o degrau. Com as respostas das forças exercidas por cada membro, o indivíduo é capaz de ajustar e treinar a descarga de peso igualitária entre os membros no momento de usar o degrau.

[0022] 8) Origem: Japão, Número 2004290691A, classificação A63B 23/04. Esse invento compreende um degrau para realizar exercício e ainda um sistema de aquisição e transferência de dados de desempenho do usuário para um celular ou similar. Essa patente envolve diversas configurações de produto com essa mesma intenção. No entanto, diferentemente de nosso produto, não há um software capaz de reunir todas as informações que o nosso faz, como: dados demográficos e antropométricos do usuário, medicações, dados de testes sequenciais realizados permitindo gerar gráficos de evolução do desempenho do paciente, dados de contagem do tempo de subida e tempo de descida em ms, tempo de pausa, cálculo do trabalho vertical e horizontal realizado bem como o consumo de oxigênio inferido por meio dessas duas últimas variáveis, dentre outras.

[0023] 9) Origem: Grã-Bretanha, Número 2399767A, classificação A63B 24/00. Trata-se de um equipamento que integra as informações de um monitor e de uma espécie de tapete onde o usuário realiza o programa de exercício selecionado. Esse tapete é formado por quadrados onde estão posicionados sensores que identificam os movimentos do usuário. Esse equipamento difere do nosso uma vez que o objetivo, além da prática de atividade física, é fazer o usuário interagir com o equipamento. Além disso, o equipamento não identifica movimento de subida e descida no degrau, uma vez que o tapete fica disposto no solo em uma altura única.

[0024] 10) Origem: Estados Unidos, Número 4.927.138, classificação A63B 1/00. Esse invento possui uma plataforma de força com barras laterais para estabilização do usuário e tem itens que facilitam a portabilidade, como o nosso invento, apesar de também poder ser fixado. O

objetivo é que o paciente faça movimentos de corrida em cima da plataforma ou agachamentos e, a quaisquer esforços desses tipos, sinais eletrônicos monitoram e comunicam ao usuário o esforço despendido no exercício, tendo por base o peso corporal dos usuários. Apesar de também possuir plataforma de força, esse equipamento difere do nosso porque apresenta uma placa única de força (no nosso modelo há uma para cada membro inferior) e o tipo de exercício a ser realizado não é o de subir e descer degrau.

[0025] 11) Origem: Estados Unidos, Número 5.584.779, classificação A63B 21/00. Trata-se de um equipamento composto por degraus sequenciais dispostos formato semi-circular. Os degraus desse sistema são conectados internamente a um controlador que emite sinais que indicam ao usuário a sequência de degraus que deve subir, de acordo com as cores dos degraus, formando assim, uma espécie de coreografia durante o exercício. Na porção frontal do equipamento há um visor que mostra ao usuário a contagem dos passos, a taxa de subida/ descida no degrau, as calorias gastas e o tempo de exercício realizado. É possível ainda ao usuário mudar a sequência e a velocidade da “coreografia”. Apesar de ter um visor que mostra o desempenho do usuário como em nossa proposta, o nosso equipamento é capaz de oferecer outras medidas que esse não é, como: número de ciclos subida/descida no degrau por min, tempo de subida e tempo de descida no degrau (em ms), tempo de pausa (em ms), além do tempo total de exercício. Tais medidas são importantes para análise detalhada da capacidade funcional de indivíduos saudáveis, atletas ou mesmo doentes, para programar um treinamento mais direcionado para seus objetivos. Além do objetivo ser a integração do exercício aeróbio com o lúdico, que não se assemelha ao nosso, o tamanho do

equipamento dificulta a portabilidade, um dos requisitos importantes de nosso invento. Ele também não possui barras laterais que adicionam segurança ao usuário e software para visualização e tratamento dos dados de desempenho.

[0026] 12) Origem: Grã-Bretanha, Número 2448880A, classificação A63B 23/04. Este invento, apesar de algumas semelhanças (sensor de presença, contagem de ciclos subida/descida no degrau, transferência dos dados de desempenho para um computador) com o nosso, não possui barras laterais para segurança do usuário e não conta com requisitos que facilitem a portabilidade, como rodízios, por exemplo. Além disso, ele não possui plataforma de força individualizada para cada membro inferior que permita identificar e treinar a força descarregada por cada membro no exercício de subir e descer o degrau. Outras diferenças são em relação à contagem de passos e detalhamento de tempo de subida e tempo de descida do usuário, que pode ser uma variável importante de avaliação de capacidade funcional.

[0027] A busca gratuita por produto foi realizada incluindo diferentes bases de dados: Instituto Brasileiro de Propriedade Industrial (INPI), USPTO, EPO e DERWENT.

[0028] Foram encontrados sete produtos na base INPI, a saber: 1) Aparelho de ginástica, Patente: MU 8601860-4 U2; 2) Aparelho integrado de ginástica e lazer, Patente: PI 0103150-3 A2; 3) Aparelho de ginástica simulador de degrau compacto, Patente: PI 9401513-9 A2; 4) Bicicleta ergométrica c/ degrau acoplado, Patente: MU 7302163-6 U2; 5) Degrau para exercícios aeróbicos, Patente: MI 5101190-5; 6) Disposição introduzida em prancha ajustável degrau aeróbico e muscular, Patente: MU 7001287-3 Y1; 7) Degrau para exercícios físicos; Patente: PI 8705594-5 A2. Os equipamentos 1 e 2 são

diferentes do nosso protótipo pois não integram sistema de aquisição de desempenho físico por meio de software (número de passos subidos, tempo para realizar os movimentos, descarga de peso dos membros inferiores), e não oferecem diferentes alturas de degrau que beneficia populações de estaturas distintas, nem apresentam apoio nas laterais para maior segurança. O terceiro e quarto produtos, também não integram sistema de aquisição do desempenho dos usuários e itens de segurança e conforto para populações de diferentes estaturas como o nosso. Apesar de serem desmontáveis como nosso produto, são providos de varetas e mecanismos elásticos em sua estrutura, diferentemente de nossa proposta que é de adicionar simplicidade na montagem e utilização de materiais leves, baratos e duráveis. Quanto ao quinto, sexto e sétimo produtos, não foram encontradas descrições no site do Instituto Nacional de Propriedade Industrial suficientes para compararmos tais produtos com o nosso.

[0029] No site do escritório de patentes dos Estados Unidos, o *United States Patent and Trademark Office*, encontramos alguns produtos registrados que têm algum grau de semelhança com o nosso produto ou parte dele, como: 1) *Method for storing exercise performance of user of exercise device and exercise device*, Patente: US 20070016444 A1. Com o nosso software também é possível ao usuário registrar e armazenar dados do desempenho físico, dados de identificação do usuário e do avaliado e é possível acompanhar a evolução do desempenho físico ao longo do tempo. No entanto, ele está dedicado exclusivamente ao ergômetro do degrau; 2) *User-programmable computerized console for exercise machines*, Patente: Family ID: 27501917, Appl. No.: 07/724,732. No caso de nosso sistema, o microprocessador é

dedicado exclusivamente ao ergômetro do degrau, sendo que níveis diferentes de dificuldade podem ser impostos ao avaliado de acordo com o protocolo selecionado (altura do degrau, tempo total de teste, cadência determinada). No entanto, diferentemente da esteira rolante e da bicicleta ergométrica em que o microprocessador impõe a carga por aumento da velocidade e inclinação programada ou da resistência dos pedais, o aumento de carga em relação à altura do degrau é feito previamente pelo avaliador selecionando o protocolo a ser aplicado no hardware; 3) *Physical fitness evaluation system*, Patente: Family ID: 22692370 , Appl. No.: 08/188,249. Diferentemente deste sistema, nosso software é dedicado ao uso do ergômetro do degrau. No relatório de desempenho ficam registrados os dados pessoais do usuário e do avaliador, dados antropométricos do usuário, suas medicações, diagnóstico, protocolo utilizado (cadenciados ou não, com diferentes tempos de execução e altura de degrau), tempo de subida/descida no degrau, número de passos, número e tempo de pausas, tempo total de teste, trabalho realizado, consumo de oxigênio inferido durante o teste. Além disso, é possível inserir dados como pressão arterial, frequência cardíaca e intervalos R-R (dados importados da aquisição concomitante com cardiofrequencímetro).

[0030] A pesquisa realizada no site do escritório de patentes europeias, o *European Patent Office*, encontramos sete produtos com alguma semelhança com o idealizado por nossa equipe:

[0031] 1) *Electric current producing device for household appliance, has current generator, bicycle exercise machine i.e. ergometer, and step-exercise machine i.e. cross trainer, which are accommodated into common housing*, Patente: DE20081046261 20080908; Em nossa proposta não há

acoplamento de bicicleta ergométrica ao ergômetro do degrau e a transmissão de energia não é dada por um gerador de corrente com força física, mas por meio de fio conectado à eletricidade que alimenta uma bateria que pode promover a portabilidade e a autonomia do equipamento por determinado período de tempo.

[0032] 2) RU2022525 (C1) - *Children's step ergometer*, Patente: SU19925022302 19920113. O uso de nosso protótipo de degrau com software acoplado não é restrito somente à população de crianças. Ele pode ser aplicado em populações de diferentes idades e estaturas (uma vez que a altura do degrau é variável e o mesmo possui barras laterais para apoio) de indivíduos saudáveis, atletas ou mesmo com disfunções de saúde;

[0033] 3) RU2012100216 (A) - *Method of determining and estimating physical work capacity by single-load step-test*, Patente: RU20120100216 20120110. Nossa proposta é que o ergômetro de degrau será capaz de determinar a capacidade física dos indivíduos em diferentes protocolos, considerando tempo de exercício realizado, número de subidas e descidas no degrau, tempo para subir o degrau, tempo para descer o degrau, altura do degrau subido, número e tempo de pausas. Dessa forma, poderemos propor diferentes cálculos para estimar a capacidade física de acordo com as várias possibilidades de protocolos possíveis de serem realizados. A integração dessas informações será oferecida no relatório que ficará registrado no software acoplado ao ergômetro do degrau e poderá ser impresso e oferecido ao usuário assim que terminar o teste;

[0034] 4) KR20090128919 (A) - *Step test system for test of physical activity*, Patente: KR20080007968 20080125. Nossa proposta é inserir um

ergômetro de degrau leve, portátil e de fácil utilização tanto em ambiente de clínicas e academias de ginástica, como em laboratórios de pesquisa. A introdução de um motor de varie a altura do degrau como neste produto acima, acarreta maior peso ao sistema o que contraria nossos objetivos. Além disso, nosso software é capaz de registrar dados importantes de desempenho físico durante o exercício como os diferentes protocolos utilizados, tempo de exercício realizado, número de subidas e descidas no degrau, tempo de subida e descida, número e tempo de pausa, altura do degrau subido. O ergômetro do degrau não contém um medidor de frequência cardíaca com o aparelho acima. O armazenamento de dados de tempo e desempenho será feito através de cartão SD. Há ainda a possibilidade de haver a transmissão dos dados obtidos pelo contador de passos por telemetria ao computador e/ou a um aplicativo de smartphone e os dados como número de ciclos subida/descida (desempenho) no degrau serem visualizados simultaneamente na tela desses equipamentos;

[0035] 5) KR20090081853 (A) - *Step test device and managing system therefor*, Patente: KR20080007968 20080125. Nosso protótipo apresenta a vantagem de ter um hardware acoplado que é capaz de identificar e registrar não somente o número de passos, mas o tempo em milissegundos que o indivíduo demora para subir e descer o degrau passo-a-passo, além do número e tempo de pausas. Isso significa a possibilidade de avaliação da cadência do exercício. Além disso, há um software embarcado em que o avaliador pode inserir dados pessoais do avaliado (identificação, dados antropométricos, diagnóstico clínico no caso de doentes, medicação em uso, etc) por meio do qual é possível gerar relatório de desempenho do teste e acompanhar a evolução do avaliado ao longo do tempo, por exemplo;

[0036] 6) CN201091015 (Y) - *Intelligent test step prompting instrument*, Patente: CN20072117646U 20071211;

[0037] 7) EP0450116 (A1) - *Automation apparatus with single-step test*, Patente: EP19900106297 19900402. Em relação aos dois produtos acima listados, nosso protótipo apresenta a vantagem de ter um hardware acoplado que é capaz de identificar e registrar não somente o número de passos, mas o tempo em milissegundos que o indivíduo demora para subir e descer o degrau passo-a-passo, além do número e tempo de pausas. Isso significa a possibilidade de avaliação da cadência do exercício. Além disso, há um software embarcado em que o avaliador pode inserir dados pessoais do avaliado (identificação, dados antropométricos, diagnóstico clínico no caso de doentes, medicação em uso, etc) por meio do qual é possível gerar relatório de desempenho do teste e acompanhar a evolução do avaliado ao longo do tempo, por exemplo. Nosso modelo possibilita maior abrangência da população avaliada e treinada, uma vez que há possibilidade de mudança de altura do degrau conforme a necessidade. Além disso, há preocupação com a segurança do avaliado dado o material de que é feito e as barras laterais para apoio.

Objetivo do modelo

[0038] O modelo de utilidade aqui apresentado visa contornar as desvantagens do estado da técnica apresentando melhorias sobre os outros equipamentos (ergômetros) existentes no que tange à custo, portabilidade, manutenção, segurança, ergonomia, desempenho e usabilidade.

[0039] Com relação às esteiras e bicicletas (concorrentes indiretos)

o modelo se destaca por:

- **Portabilidade**: facilidade de transporte: o modelo foi projetado para ser leve (material principal: EVA), fácil desmontagem, fácil movimentação (rodízios incorporados), tamanho compatível com carros pequenos e acessórios como alças e travas;
- **Custo**: a utilização de materiais comerciais, formas geométricas simples e processo de fabricação racional, com baixa necessidade tecnológica permitiu a configuração de protótipos (e futuramente produtos) com custo muito abaixo que seus concorrentes indiretos;
- **Manutenção**: comparado aos sistemas mecânicos e elementos de máquinas (polias, eixos, correntes, parafusos, esteiras, rodízios, etc.) de bicicletas e esteiras o degrau em desenvolvimento possui manutenção muito simplificada e de baixo custo, sem necessidade de assistência técnica especializada ou manutenção preventiva;
- **Segurança**: o risco de queda ou choque mecânico é consideravelmente inferior se comparado o uso do degrau com relação ao uso de esteiras e bicicletas;
- **Ergonomia**: o projeto contemplou as necessidades dos usuários avaliados e dos avaliadores durante todo o processo de montagem, operação/uso, desmontagem, transporte e manutenção. Dados antropométricos da população brasileira foram utilizados, assim como a busca pela inserção da atividade dos usuários como requisito de projeto.
- **Usabilidade**: o degrau foi projetado para ser de fácil compreensão e uso por seus usuários (avaliados e avaliadores), minimizando desconfortos e

riscos presentes em esteiras (como velocidade da esteira, pisada em falsa, pisada fora da esteira, medo de queda, entre outras) e bicicletas (choque físico com pedais, desconforto do assento, regulagem incorreta de carga, interferência pela má postura exigida, entre outras). Ademais, subir escadas constitui-se de uma atividade simples, comum das atividades de vida diária (AVDs). Andar em esteira ou pedalar não são habilidades comuns às AVDs e necessitam treinamento prévio e familiarização. Um teste de exercício em um degrau dispensa a familiarização prévia.

[0040] Com relação aos degraus (*steps*) existentes, o modelo apresenta as seguintes vantagens:

- **Desempenho**: a possibilidade de configurar diferentes alturas permite uma melhor avaliação física a partir dos diferentes graus de dificuldade, em populações com diferentes estaturas e nível de atividade física. Possibilidade de avaliar e treinar a distribuição do peso corpóreo pela célula de carga, avaliando objetivamente a força exercida por cada membro inferior. Tal dispositivo, pode ser útil em pacientes com disfunções neurológicas, com déficit de equilíbrio ou usuários de próteses de membro inferior. Os modelos existentes não possuem esse mecanismo de avaliação e treinamento.
- **Segurança**: a presença das barras laterais como elementos de estabilização postural presentes no protótipo, além do material de alta aderência/fixação no solo e baixo risco de choque físico com os elementos do equipamento permite maior segurança e confiança por parte do avaliado na realização da atividade física;
- **Manutenção**: o material utilizado permite uma manutenção cotidiana de fácil execução e com custo baixo (limpeza de material EVA) e

eventuais desgastes também são facilmente corrigidos com a substituição de partes/módulos do produto (chapas de EVA e rodízios, por exemplo).

- **Praticidade**: contagem de passos automática, reduzindo assim a necessidade de mais um examinador para a realização desta tarefa e a possibilidade de erros na análise do desempenho final. Além disso, é possível realizar a contagem do número e tempo de pausas durante a atividade física realizada, índice importante de desempenho físico e usado para estratificação de populações de doentes.

- **Tratamento dos sinais obtidos**: possibilidade de realizar diferentes protocolos de testes de degrau (cadenciados ou não, com diferentes tempos de execução) e de tratamento dos sinais obtidos (tempo de subida, tempo de descida, número de passos, número e tempo de pausas, tempo total de teste, trabalho realizado) permitindo assim obter índices de desempenho por meio de cálculos e, assim, inferir a capacidade de exercício em diferentes populações. Os degraus existentes no mercado não possuem interfaces para tais análises.

[0041] Por apresentar possibilidade de aquisição de dados de desempenho e integração para processamento desses dados, o modelo proposto terá um custo maior comparado a outros existentes no mercado, visto que nenhum deles apresenta a possibilidade de obtenção de tais medidas de desempenho. Entretanto, quando comparado aos demais ergômetros disponíveis (esteira rolante e bicicleta ergométrica), o mesmo pode ser considerado de baixo custo.

[0042] A utilização do modelo por indivíduos com amputação unilateral ou bilateral de membro(s) inferior(es) que não estejam utilizando prótese (s) será limitado.

Breve descrição das figuras

[0043] A figura 1 apresenta uma ilustração do degrau ergométrico, onde as referências indicam cada detalhe do protótipo.

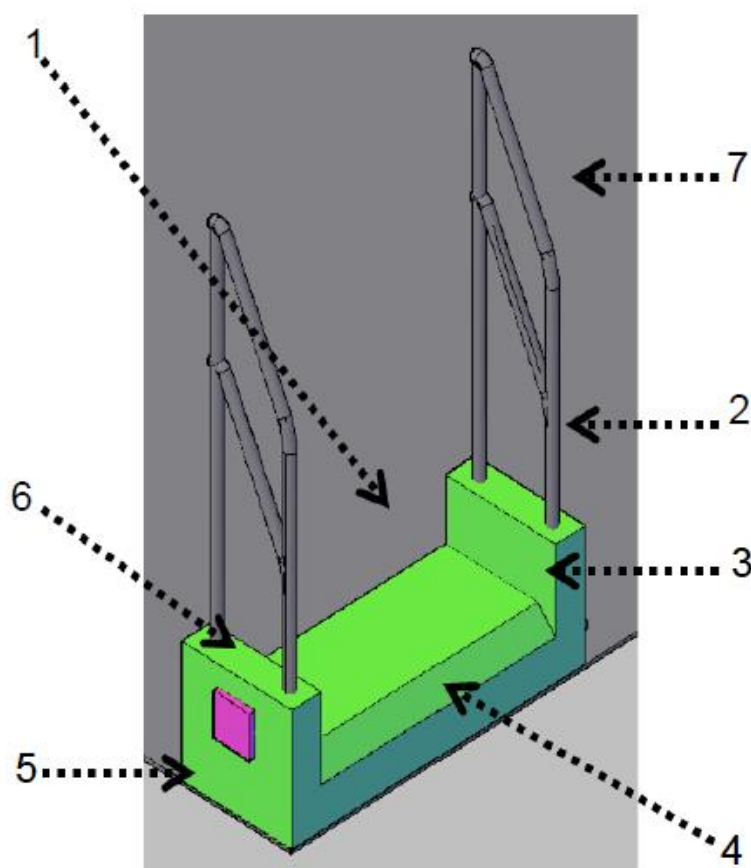


Fig. 1

Figura 1. Ilustração do degrau ergométrico, onde as referências indicam cada detalhe do protótipo

[0044] A Figura 2 apresenta uma ilustração do degrau ergométrico desmontado pronto para ser transportado.

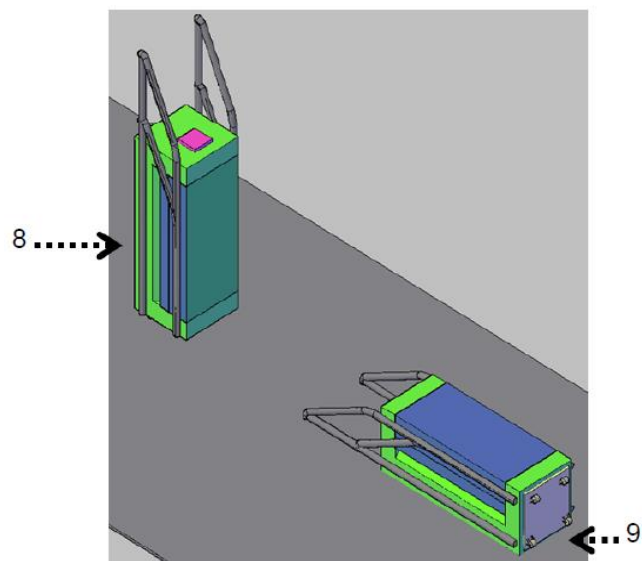


Fig. 2

Figura 2. Ilustração do degrau ergométrico desmontado para ser transportado.

[0045] A Figura 3 apresenta uma ilustração do degrau ergométrico montado com degrau máximo 30cm.

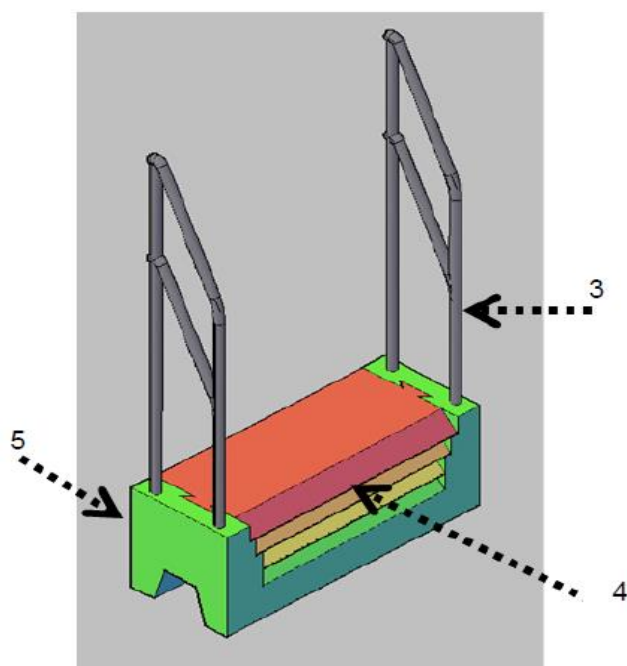


FIG.3

Figura 3. Ilustração do degrau ergométrico montado com degrau máximo 30 cm.

Descrição detalhada do modelo (vide figuras)

[0046] O degrau ergométrico portátil (1), com barras laterais (7) com duas alturas diferentes em ângulo podendo variar de 10 a 45 graus e software acoplado com o contador de passos (hardware) na parte inferior da base (5);

[0047] Trata-se de instrumento portátil constituído por uma base (5) de etileno acetato de vinila (EVA) com 80 cm de largura, 30 cm de profundidade e 30 cm de altura (no máximo), com 4 orifícios (2), dois de cada lado na parte superior onde se encaixam duas barras laterais(7) para apoio dos usuários.

[0048] O degrau pode ter quatro alturas alternativas 15, 20, 25 e 30 cm por meio do uso de placas de EVA (4) de cores diferentes, com a porção anterior chanfrada para redução de risco do usuário tropeçar, que são encaixadas na base por meio de sistema “chave-fechadura” para diminuir riscos de deslizamento das mesmas durante o exercício. Tais placas (4) podem ser colocadas uma a uma, dependendo do protocolo de exercício escolhido, de acordo com os mais descritos na literatura.

[0049] Em uma das faces laterais da base do degrau há quatro rodízios (9) para a portabilidade. Nessa situação, as alças de apoio lateral (7) são removidas e fixadas nas faces anterior e posterior da base, facilitando o transporte conforme a figura 2, referência (8).

[0050] Na face superior contralateral da base do degrau há um visor em LED (5) que registra o desempenho do paciente avaliado por meio de dois sensores de presença fixados na porção superior (6) que identificam o número de vezes que o usuário subiu no degrau. Esse sistema conta com um disparador

luminoso e sonoro (6) para identificação do início do teste e há a possibilidade do avaliador inserir o tipo de protocolo de degrau que realizará (autocadenciado e tempo-limitado ou com cadência determinada por sinal sonoro e/ou luminoso, considerando diferentes tempos de execução do exercício físico).

[0051] Além disso, os sensores ainda identificam o tempo total do teste, tempo de subida e de descida (ms), tempo total/ciclo, número de subidas e descidas/min, tempo de pausa. Tais informações são registradas em um hardware(5) e descarregadas em um computador por meio de um cartão SD. Há ainda a possibilidade de haver a transmissão dos dados obtidos pelo contador de passos por telemetria ao computador e/ou a um aplicativo de smartphone e os dados como número de ciclos subida/descida no degrau serem visualizados simultaneamente na tela desses equipamentos.

[0052] Os dados são analisados por meio de um software específico criado para esse fim capaz de comportar dados do avaliador, do usuário e gerar um relatório contendo, além dos dados obtidos pela integração sensores de presença-hardware, outras variáveis de desempenho do paciente inferidas por meio de cálculos no software como: 1) Consumo de oxigênio inferido: $VO_{2max} (mL.min^{-1}.kg^{-1}) = W_{hor} + W_{vert}$; 2) Trabalho horizontal realizado: $W_{hor} = 0,35 \times \text{degraus } min^{-1}$; e 3) Trabalho vertical realizado: $W_{vert} = a \times \text{degraus } min^{-1} \times \text{altura do degrau (m)}$.

[0053] O sistema elétrico que faz o registro fica acomodado na região interna do degrau, apoiado na face lateral interna do equipamento. O sistema é alimentado por bateria que pode ser carregada na rede elétrica por meio de uma fonte de energia bivolt.

[0054] Na porção superior do degrau, onde o usuário pisa, será acoplado um conjunto de células de carga/ *strain gages* (de uma a seis) que identificará a descarga de peso de cada membro inferior isoladamente.

[0055] Esse equipamento pode ser utilizado como um ergômetro para avaliação física de indivíduos saudáveis e/ou com alguma disfunção que afete a realização de exercício. Pode ainda servir como ergômetro para treinamento físico. Com a análise dos dados e relatórios gerados pelo software, é possível estratificar populações doentes em níveis de gravidade (exemplo: de acordo com o número de degraus subidos no teste; número e tempo de pausas; manutenção ou não da cadência do exercício), além de treinar e acompanhar a evolução do treinamento de indivíduos saudáveis, atletas ou doentes.

[0056] Em uso laboratorial de pesquisa, é possível criar equações de predição de desempenho para diferentes populações de indivíduos saudáveis ou doentes, considerando idade, massa corporal, estatura, sexo, nível de atividade física.

Reivindicação

1. "DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUZIDA EM DEGRAU ERGOMÉTRICO PORTÁTIL COM REGISTRADOR DE DESEMPENHO E SOFTWARE", caracterizado por ser constituído de uma base retangular (5) com altura ajustável pelas placas móveis (4) retangulares, e quatro rodízios (9) para transporte, a dita base retangular (5) contém orifícios (2) que permitem o encaixe das barras laterais (7), sendo que esta disposição construtiva conta com

sensores e hardware embutidos (3) que digitalizam e exibem a informação no display (10).

CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS FUTUROS

O presente estudo pretende contribuir para a área de pesquisa e aplicabilidade clínica dos testes funcionais, especificamente na avaliação da população de mulheres obesas. Tais informações versam a respeito das respostas metabólicas, ventilatórias, cardiovasculares e perceptuais frente a diferentes testes de campo - a saber, teste de caminhada de seis minutos, teste de caminhada incremental, teste de degrau - além do teste máximo de exercício cardiopulmonar.

Em nosso primeiro estudo, demonstramos que as respostas cardiovasculares e metabólicas a dois protocolos de testes funcionais de caminhada, TCI e TC6, apresentaram concordância com as respostas obtidas no TECP, respaldando a validade clínica da aplicação dessas avaliações funcionais. Ainda, nas mulheres obesas, tais respostas foram similares nos dois testes de caminhada, apesar da nítida diferença entre os protocolos: um externamente cadenciado (TCI) e outro autocadenciado (TC6). Tal resultado embasaria a permutabilidade clínica desses testes funcionais na avaliação dessa população de pacientes.

No segundo estudo, demonstramos que existe validade concorrente satisfatória quanto às variáveis que expressam as respostas metabólicas e cardiovasculares ao TECP e ao TD6 e de que esse teste funcional é capaz de prever o consumo de oxigênio e a frequência cardíaca atingidos no pico do TECP. Além disso, o TD6 apresentou moderada acurácia para discriminar as mulheres com adequada das com baixa aptidão cardiorrespiratória.

A aplicabilidade do TD6 demonstrada em um dos estudos motivou a invenção de um degrau ergométrico portátil com registrador de desempenho e *software* acoplado que gerou a patente de um modelo de utilidade. Tal produto preenche uma lacuna no mercado de ergômetros que apresenta alto grau de desenvolvimento tecnológico em relação aos mais vendidos no mercado, a esteira e a bicicleta ergométrica, mas produz modelos simples e sem qualquer tecnologia de aquisição de dados de desempenho do usuário para os modelos de degraus (ou *steps*).

Assim, novas pesquisas ainda precisam ser desenvolvidas para verificar se os achados de nossos estudos são válidos para a população de homens obesos. Além disso, seria interessante investigar outras respostas fisiológicas, sabidamente prejudicadas na população obesa, a testes de campo, como: a função do sistema nervoso autônomo, a função musculoesquelética, a função endotelial expressa pela dilatação mediada pelo fluxo, dentre outras.

APÊNDICE A

Carta de submissão do estudo I ao periódico *Disability and Rehabilitation*

31-Dec-2014

Dear Di Thommazo-Luporini, Luciana; Carvalho, Livia Pinheiro; Luporini, Rafael
Luís; Trimer, Renata; Pantoni, Camila Bianca Falasco; Martinez, Adalberto
Felipe; Catai, Aparecida Maria; Borghi-Silva, Audrey

You have been listed as a co-author on a manuscript submitted to *Disability and Rehabilitation*. The manuscript title is "Are cardiovascular and metabolic responses to field walking tests interchangeable and obesity-dependent?". If you were not involved in the production of this manuscript, please contact the editorial office on rachelreddington@suffolk.ac.uk. If you are a co-author for this paper then no further action is needed.

Thank you for your attention to this matter.

Sincerely,

Rachel Reddington

Disability and Rehabilitation Editorial Office

APÊNDICE B

Carta de submissão do estudo II ao periódico *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*

October 23th, 2014

Dear Ms. Luciana Luporini,

Your manuscript entitled

**THE SIX-MINUTE STEP TEST AS A PREDICTOR OF
CARDIORESPIRATORY FITNESS IN OBESE WOMEN**

has been received by the editorial office of *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* and registered under number Eur J Phys Rehabil Med-3723.

This reference number will help you track your manuscript's status online.

Your manuscript is now under review. You will be informed about the Editorial Board's decision as soon as possible.

Please be advised that if your article is accepted for publication, publication fees are €500,00 per article (€300,00 if the first author is a member of the Italian Society of Physical and Rehabilitation Medicine – SIMFER). Editorial Board members are entitled to have one article published free per year provided they are the first author of the article.

If you have any objections please contact immediately our editorial office via email to ejprm@minervamedica.it

I thank you and your colleagues for your interest in Edizioni Minerva Medica journals and send you my very best regards.

Prof. Stefano Negrini
Chief Editor
European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine

.....
Edizioni Minerva Medica
Corso Bramante 83-85
10126 Torino, Italy
Phone [+39-011-678282](tel:+39-011-678282), fax [+39-011-674502](tel:+39-011-674502)
www.minervamedica.it

ANEXO A

Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFSCar



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
 Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos
 Via Washington Luís, km. 235 - Caixa Postal 676
 Fones: (016) 3351.8109 / 3351.8110
 Fax: (016) 3361.3176
 CEP 13560-970 - São Carlos - SP - Brasil
 progg@power.ufscar.br - <http://www.progg.ufscar.br/>

CAAE 0057.0.135.000-09

Título do Projeto: efeitos de diferentes testes de avaliação funcional sobre as respostas cardiopulmonares e subjetivas de mulheres obesas

Classificação: Grupo III

Procedência: Departamento de Fisioterapia

Pesquisadores (as): Luciana Di Thommazo, Audrey Borqui e Silva (orientadora)

Processo nº.: 23112.001960/2009-44

Parecer Nº. 230/2009**1. Normas a serem seguidas**

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 - Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA - junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprobatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, item III.2.e).
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente em ___/___/___ e ao término do estudo.

2. Avaliação do projeto

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU:


As pendências apontadas no Parecer nº. 202/2009, de 01 de junho, foram satisfatoriamente resolvidas.

O projeto atende as exigências contidas na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

3. Conclusão:

Projeto aprovado

São Carlos, 13 de julho de 2009.


 Prof.ª Dra. Cristina Paiva de Sousa
 Coordenadora do CEP/UFSCar

ANEXO B

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidada a participar da pesquisa: “Efeitos de diferentes testes de avaliação funcional sobre as respostas cardiorrespiratórias e subjetivas de mulheres obesas”, tendo sido selecionada por meio de contato com endocrinologistas e/ou nutricionistas da cidade de São Carlos e/ou por meio de convite em forma de panfleto distribuído na cidade ou na Universidade Federal de São Carlos e sua participação não é obrigatória.

Os objetivos deste estudo são comparar o impacto de diferentes testes de avaliação funcional sobre o comportamento do sistema cardiorrespiratório em mulheres, com diferentes graus de obesidade, bem como a sensação de esforço e fadiga das pernas durante a execução desses testes. Os resultados desse estudo poderão fundamentar a prescrição de exercícios para a população de mulheres obesas.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em ser submetida à avaliação clínica cardiológica e fisioterapêutica, constando de avaliação inicial, exames físicos e cardiopulmonares (espirometria e eletrocardiografia) com objetivo de detectar qualquer manifestação clínica que contra-indique sua participação na pesquisa. Após essas avaliações, você será submetida a diferentes testes funcionais (sem a utilização de medicamentos ou de procedimentos invasivos), a saber: registro da frequência cardíaca nas posições deitada e sentada, no repouso e em testes máximo e submáximo em esteira ergométrica, teste de caminhada de 6 minutos, teste de caminhada incremental e teste de degrau aplicados em três dias distintos, não consecutivos, com duração média de duas horas por dia de avaliação. Durante os testes funcionais também serão registradas variáveis cardiorrespiratórias e subjetivas frente ao esforço realizado.

O plano de estudo, bem como os procedimentos a serem executados durante a pesquisa, não evidenciam desconfortos ou prejuízos a você. Os exames iniciais terão como objetivo detectar alterações sistêmicas que inviabilizem a sua participação segura na pesquisa. Na presença de qualquer intercorrência, você será encaminhada para acompanhamento médico especializado. Além disso, você será submetida a um teste ergométrico clínico e estará sujeita a riscos ligados à sua execução como: tontura, turvação visual, náuseas, dor, cansaço e respostas inadequadas de pressão arterial e frequência cardíaca. Porém esses riscos serão minimizados, já que o teste será realizado na presença de um cardiologista e da fisioterapeuta responsável pela pesquisa, sendo que o local de execução do teste (Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico) é provido de material necessário em caso de intercorrência clínica cardiovascular durante atividades de esforço. Em relação aos benefícios do referido projeto, será possível fazer uma avaliação diagnóstica completa de sua capacidade funcional, sem acrescentar riscos à sua saúde.

O projeto de pesquisa acima mencionado será realizado no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular – Núcleo de Pesquisa em Exercícios Físico da UFSCar pela fisioterapeuta responsável pela pesquisa, além do cardiologista no caso do teste de esforço.

Todos os esclarecimentos necessários, antes e durante a execução dos procedimentos, são oferecidos e garantidos pela fisioterapeuta responsável pela pesquisa, independentemente do grupo de estudo em que você será alocada. A qualquer momento, você pode desistir de participar ou retirar o seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

As informações obtidas nessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação. Todas as informações obtidas durante as avaliações e execução do protocolo não poderão ser consultadas por pessoas não envolvidas nesta pesquisa sem sua expressa autorização por

escrito, mas poderão ser utilizadas para fins estatísticos ou científicos, sempre resguardando a sua privacidade.

Esta pesquisa não prevê nenhuma remuneração ou ressarcimento de gastos aos sujeitos da pesquisa.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto ou sua participação, agora ou a qualquer momento.

Luciana Di Thommazo

End: R. Major Manoel Antonio de Mattos, 388. Jd.Ricetti. São Carlos

Telefone: (16) 3351-8705

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da minha participação na pesquisa e concordo em participar.

O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km 235 – Caixa Postal 676 – CEP: 13565-905 – São Carlos –SP – Brasil. Fone: (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@power.ufscar.br

São Carlos, _____ de 20__

Assinatura do sujeito da pesquisa