



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO CARDIOPULMONAR, METABÓLICO, DA
CINÉTICA DE OXIGÊNIO E DA VENTILAÇÃO DE MULHERES OBESAS
DURANTE TESTES DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR EM ESTEIRA E
BICICLETA ERGOMÉTRICA**

Nicole Soares Oliver Cruz

**Natal-RN
2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO CARDIOPULMONAR, METABÓLICO, DA
CINÉTICA DE OXIGÊNIO E DA VENTILAÇÃO DE MULHERES OBESAS
DURANTE TESTES DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR EM ESTEIRA E
BICICLETA ERGOMÉTRICA**

Tese apresentada a uma banca como pré requisito para o grau de Doutora em Fisioterapia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Área de concentração: Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

Área de pesquisa: Avaliação e intervenção nos Sistemas Cardiovascular e Respiratório

Orientadora: Prof^ª. Dra. Selma Sousa Bruno

**Natal-RN
2018**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial do Centro Ciências da
Saúde - CCS

Cruz, Nicole Soares Oliver.

Comparação do desempenho cardiopulmonar, metabólico, da cinética de oxigênio e da ventilação de mulheres obesas durante testes de esforço cardiopulmonar em esteira e bicicleta ergométrica / Nicole Soares Oliver Cruz. - 2018.

140f.: il.

Tese (Doutorado em Fisioterapia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia. Natal, RN, 2018.

Orientadora: Profa. Dra. Selma Sousa Bruno.

1. Obesidade - Tese. 2. Teste de esforço cardiopulmonar - Tese. 3. Consumo de oxigênio - Tese. I. Bruno, Selma Sousa. II. Título.

RN/UF/BSCCS

CDU 615.817:611.24



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia
Prof. Dr. Álvaro Campos



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO CARDIOPULMONAR, METABÓLICO, DA
CINÉTICA DE OXIGÊNIO E DA VENTILAÇÃO DE MULHERES OBESAS
DURANTE TESTES DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR EM ESTEIRA E
BICICLETA ERGOMÉTRICA**

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Selma Sousa Bruno (Presidente) – UFRN

Prof. Dr. Antônio José Sarmiento da Nóbrega (Externo a instituição)

Prof.^a Dra. Shirley Lima Campos (Externo a instituição) - UFPE

Prof.^a Dra. Vanessa Regiane Resqueti Fregonezi (Interno ao programa) - UFRN

Prof. Dr. Gerson Fonseca de Souza (Interno) - UFRN

AGRADECIMENTOS

O caminho percorrido para chegar até aqui foi longo, e se foi fácil? Não! De forma alguma. Foram 2 anos ainda como mestranda, seguidas imediatamente por esses 4 anos no Doutorado. Altos e baixos passaram pela minha caminhada. Dificuldades e também conquistas, que juntas me fizeram estar finalizando esta etapa de um jeito diferente de quando eu iniciei. Trilhar essa jornada sozinha teria sido impossível. Jamais conseguiria e hoje é aquele momento que eu tenho para agradecer a todos que passaram pela minha vida e me ajudaram de alguma forma, para que conquistasse o que tanto almejava.

Inicialmente agradeço a Deus, por toda a força dada para que eu pudesse enfrentar as barreiras encontradas e mais ainda, por ele ter colocado na minha vida exatamente as pessoas necessárias para que a caminhada acontecesse de forma mais leve.

Agradeço imensamente aos meus pais, Olavo e Clea Cruz, sem eles eu jamais teria conseguido. Eles são minha base, meu alicerce, me incentivaram na hora que resolvi mudar minha vida, de cidade. Superaram a distância, a saudade. Me deram todo o suporte financeiro para isso, mas mais do que isso, me deram amor e carinho. Torceram junto comigo, vibraram com minha felicidade, e se orgulharam, muitas vezes, até mais do que eu, das minhas vitórias.

Agradeço também a minha irmã Wanessa Cruz, por todo apoio que me deu e incentivo para que eu seguisse trilhando o meu caminho. Ao meu cunhado Murillo Frazão, que também foi meu professor, e um dos primeiros que me fez começar a enxergar a Cardiologia de maneira diferente dentre as áreas da Fisioterapia. Não posso deixar de falar também do meu sobrinho, Pedro, que mesmo sem saber, me arrancou os sorrisos mais sinceros, nos meus dias mais difíceis.

Na vida em uma Pós-graduação, um ambiente competitivo, as vezes é difícil fazermos amizades. Colegas fazemos vários, amigos de laboratório também, mas amigos pra uma vida toda são poucos. Eu tive essa sorte. Davi Fialho e Anderson Moraes, obrigada por terem entrado na minha vida, e de forma tão rápida terem se tornado amigos de longas datas. Vocês me incentivaram, sempre me deram apoio, escutaram meus desabafos, ficaram tensos comigo, comemoraram comigo, sorriram comigo. Nossa amizade ultrapassou as paredes do Laboratório e foram os dois, as minhas maiores e melhores companhias nos meus dias sozinha por Natal.

Pra completar esse trio de amigos pra vida toda, Renata Carlos! Como não falar de você! Você que eu conheci ainda no mestrado, e sem obrigação alguma me estendeu a mão! A mão não! O braço todo na verdade. Era contigo que me socorria a cada mensagem de erro do Cortex, a cada vez que não sabia qual botão apertar. De uma pessoa que apenas me ajudava, você passou a ser uma colega, depois amiga. E algo me dizia que meu doutorado não seria o mesmo sem você do meu lado. Tanto te aperreei que consegui! Duas vagas, uma minha e uma sua. Você passou do posto de amiga, ao posto de irmã, mãe, conselheira, psicóloga, professora. Você foi a serenidade que me faltou nos meus dias de maior estresse. Sofremos juntas, fizemos planos A, B, C e D juntas, mas no final comemoramos juntas. A nossa coleta de dados não teria sido a mesma sem nossas horas extra no almoço, sem contar nos dedos cada paciente coletada. Hoje eu só tenho que agradecer por ter me acolhido e por ter se tornado a amiga tão especial que és.

Agradeço também a todo Team Core (Bruno Henrique, Renata Corte, Amanda Soares, Dra. Eliane). Trabalhar em equipe faz toda a diferença. Dividimos momentos, ajudamos um ao outro e crescemos juntos. Não posso deixar de falar também dos “meus meninos da Extensão”, Suzanny, Letícia, Whitney, Jesimiel, Gabi e Lhara. Vocês embarcaram nos meus sonhos junto comigo, toparam qualquer desafio, fizeram trabalhos, apresentaram resumos, viajaram comigo pra congressos, foram premiados (o que me enxia de orgulho), fizeram um trabalho lindo na Reabilitação. Vocês cresceram e me fizeram crescer.

Não posso deixar de agradecer a minha orientadora, Selma, que um dia me acolheu mesmo sem me conhecer. Ela acreditou no meu sonho, e seguiu comigo durante todos esses anos. Obrigada por todo o incentivo, estímulo e apoio. Obrigada por ter transformado meu sonho em realidade. Obrigada também a Prof^a Joceline Ferezini, que conheci algum tempo depois, mas que com seu coração grande de mãe, sempre me deu uma palavra de apoio, um incentivo, e que mesmo na correria da sua rotina, ainda se oferecia para ajudar no que precisasse.

Muito obrigada a minha banca examinadora pela disponibilidade. Prof.^a Vanessa Resqueti, agradeço também a ti, que mesmo sem saber é uma inspiração pra mim nessa caminhada. Você também me acompanhou desde o mestrado, me ensinou o manuseio do Córtex, foi banca de qualificação do meu mestrado, do meu doutorado e agora da minha defesa. Obrigada por sempre estar disponível para nos ajudar com suas considerações.

Agradeço aos demais professores membros da banca, Professora Shirley Lima, Professor Gerson Fonseca e Professor Antônio Sarmiento, que se disponibilizaram em ajudar e por todas as considerações feitas para que esse trabalho possa ser finalizado.

Ainda quero citar aqui as amigas de João Pessoa, as minhas amigas de Sempre (Gabi, Sara, Aline, Priscila, Rafa, Luiza, Larissa e Márcia), por me incentivarem sempre, entenderem muitas vezes a minha ausência, por terem torcido e vibrado junto comigo a cada conquista. A minha “panelinha” amada do voleibol que por muitas vezes me fizeram descontrair em quadra e também fora dela, Hortência e Gilanni. Obrigada por cada gargalhada coletiva. E as amigas, companheiras das minhas aventuras, Samara e Thaís que sempre tiveram presentes ao meu lado nos melhores e piores momentos.

Elas me fizeram falta em Natal, mas tive a sorte de encontrar por aqui alguns outros amigos que me acompanharam durante minha estadia. Gabi, Diego, Rafael, Clécio, Pedro e Lia, obrigada por todo o companheirismo, pelas conversas jogada fora, pela torcida e pela força que me deram.

Durante o meu tempo em Natal, ainda tive o prazer e a sorte de me reaproximar de uma parte da minha família que a distância entre dois Estados não permitem. Tio Célio e Gracinha, e os primos Didé, Carol, Sthepany e Luís Claudio, obrigada pela acolhida, pelo carinho, pela torcida, pela cuidado e preocupação de quando adoecia longe dos cuidados de Mãe, por todos os “mimos” que me deram enquanto estive por aqui. Como vocês falam, vocês tem o “grande núcleo” da família de vocês e eu por algum tempo me vi fazendo parte dele.

Por último agradeço a cada paciente que passou por mim. Que disponibilizou o seu tempo, para que cada etapa do protocolo de avaliação pudesse ser concluída. E também a todos os que fazem parte do Departamento de Fisioterapia da UFRN, minha casa nesses longos 6 anos de Pós-Graduação.

PREFÁCIO

A presente tese intitulada **“Comparação do desempenho cardiopulmonar, metabólico, da cinética de oxigênio e da ventilação de mulheres obesas durante testes de esforço cardiopulmonar em esteira e bicicleta ergométrica”**, foi elaborada de acordo com os preceitos do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, alinhadas às normas da Pró-Reitoria de Pós-Graduação desta Universidade, sob orientação da professora Dra. Selma Sousa Bruno.

Primariamente é apresentada a introdução da teste que consta de referencial teórico e delimitação do problema da pesquisa, aprofundando conceitos a respeito da obesidade, sua prevalência, funcionalidade, alterações mecânicas e função pulmonar do obeso e sua baixa tolerância ao exercício. Maior enfoque foi dado ao Teste de esforço cardiopulmonar e seus protocolos de avaliação, além da análise da cinética do consumo de oxigênio e ventilatória realizada através de diferentes protocolos e intensidades de exercício, questão essa, ainda desconhecida na população obesa adulta. A temática foi elaborada com base nas evidências científicas que nortearam o estabelecimento das hipóteses e questões do estudo.

Os demais elementos da teses também são expostos, contendo objetivos e o detalhamento dos aspectos metodológicos. Buscando responder aos objetivos previamente traçados em nossa pesquisa, foram produzidos dois artigos científicos: 1) Influência do tipo e da intensidade do exercício na curva da cinética de oxigênio e ventilatória de mulheres obesas; 2) Protocolo de rampa em obesas: diferenças cardiopulmonares e metabólicas encontradas em esteira e bicicleta ergométrica, que encontram-se expostos no tópico de “Resultados e Discussão”. Os artigos foram produzidos atendendo as normas de cada periódico científico selecionado para submissão.

Após a apresentação dos artigos científicos, estão expostos as considerações finais deste trabalho. Em seguida, um tópico contendo as produções científicas realizadas no período do doutorado dos quais participo da autoria, também é apresentado. Este tópico engloba artigos científicos, resumos publicados em anais de congresso e trabalhos apresentados em congressos. Para finalizar, encontram-se as referências usadas para elaboração da tese, seguida dos anexos e apêndices envolvidos na tese.

RESUMO

Introdução: Testes de esforço cardiopulmonar máximo (TECP) realizados em bicicleta ou esteira ergométrica medem de forma objetiva a capacidade funcional e quantificam a limitação ao exercício. Nestes testes, a análise do consumo de oxigênio no pico da atividade (VO_{2PICO}) e do limiar ventilatório (LV), são medidas úteis para avaliar o desempenho cardiorrespiratório em diversas populações. Diversos protocolos de exercício utilizando bicicleta ou esteira ergométrica são usados para avaliação do desempenho, entretanto, para indivíduos obesos, não se sabe qual dos ergômetros promove maior desgaste físico, qual melhor avalia a *performance* física destes sujeitos e ainda possui maior aceitabilidade por esses indivíduos. Além disso, para esta população, pouco ainda é conhecido sobre o comportamento da cinética de oxigênio e da ventilação, ou seja, sua taxa de incremento (τVO_2 e τVE) e o entendimento dos sistemas de energia durante o esforço utilizando diferentes tipos de exercício (caminhada x ciclismo).

Objetivos: comparar o desempenho cardiorrespiratório, metabólico, a cinética de oxigênio e da ventilação de mulheres obesas durante testes de esforço cardiopulmonar utilizando esteira convencional e bicicleta ergométrica por meio de protocolos incrementais de rampa e de testes de carga constante em duas diferentes intensidades de exercício.

Materiais e Método: A amostra foi composta por 40 obesas voluntárias, baseado em cálculo amostral, randomizadas em dois grupos de 20 obesas cada que realizaram TECP em esteira ou bicicleta. Foi realizada avaliação clínica, antropométrica e de adiposidade (Peso, Altura, IMC-índice de massa corporal, IAC-índice de adiposidade corporal, RCQ-relação cintura-quadril, CQ-circunferência quadril, CC-circunferência cintura, CP-circunferência pescoço) e espirométrica (CVF-capacidade vital forçada, VEF₁-volume expiratório forçado no 1º segundo, PFE-pico de fluxo expiratório, VVM-ventilação voluntária máxima). Em ambos os testes foram tomadas as medidas ventilatórias (VE-ventilação por minuto, VE/ VO_2 -equivalente ventilatório de oxigênio, VE/ VCO_2 -equivalente ventilatório de dióxido de carbono, RER-razão de troca gasosa) e metabólicas (VO_2 -consumo de oxigênio, VCO_2 -produção de dióxido de carbono) dos gases expirados (*breath-by-breath*) com sistema de análise de gases respiratórios (Cortex-Biophysik-Metamax3B), além das variáveis de percepção de esforço (fadiga e dispneia – Borg₆₋₂₀), de FCmax (Frequência cardíaca máxima) e pressões arterial sistólica e diastólica. Prosseguindo com o protocolo de avaliação, em um segundo momento, 30 obesas realizaram dois testes de carga constante com intensidades distintas ($25\% < LV$ e $25\% > LV$), com descanso de 30 minutos entre os testes, para avaliação da cinética de oxigênio e da ventilação.

Nestes, foram tomadas as medidas da cinética como o tempo de atraso(TA), taxa de incremento (τ) do VO_2 e VE e amplitude (A). Foi utilizado o software Sigma Plot 11.0 para análise da cinética e o software Statistic 10.0 para a análise estatística dos demais desfechos, sendo atribuído um nível de significância de 5% para testar as hipóteses. **Resultados:** a amostra estudada apresentou alto grau de obesidade (IMC= $43,5 \pm 6,6 \text{ kg/m}^2$, porém sem distúrbios ventilatórios presentes. Ambos os grupos apresentaram homogeneidade com relação as suas características antropométricas e ventilatórias. Durante TECP incremental, foram as obesas do grupo esteira (GE) que possuíam maior resposta cardiopulmonar e metabólica vista pelo $VO_{2\text{pico}}$ ($18,1 \pm 3,3 \text{ ml/kg/min}$ x $12,2 \pm 2,1 \text{ ml/kg/min}$) e VE_{pico} ($62,9 \pm 13,5 \text{ L}$ x $42,1 \pm 8,3 \text{ L}$) com $p < 0,05$. Entretanto, foi este mesmo grupo que interrompeu o TECP mais precocemente ($153,4 \text{ s}$), e com uma menor reserva ventilatória ($42,3 \pm 19,4 \text{ L}$ x $58,7 \pm 27,1 \text{ L}$) quando comparado ao grupo bicicleta (GB). Correlações existentes entre as medidas antropométricas com as variáveis de desempenho entre os grupos, observou que apenas o GE teve o desempenho final do teste influenciado pelas medidas antropométricas como peso ($r = -0,56$, $p = 0,01$) e IMC ($r = -0,55$, $p = 0,02$). Analisando a cinética de oxigênio e da ventilação, em teste infra limiar, foi encontrada diferença ($p < 0,05$) para o VO_2 estado estável($VO_{2\text{SS}}$), onde o GE apresentou aumento do $VO_{2\text{SS}}$ em relação ao GB (GE= 1.144 L/min , GB= 0.905 L/min ; $p < 0,05$). Já no teste supra LV, observamos um maior componente lento da VE (CLVE) para as obesas do GE (GE= $10.0 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, GB= $5,2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$; $p = 0,02$). **Conclusão:** em TECP ficou evidente em nossa amostra que a obesidade parece influenciar mais negativamente o teste realizado em esteira, fazendo com que as obesas interrompam este teste mais precocemente, necessitando de um maior consumo de oxigênio e resposta ventilatória para finalizar o exercício. Para a cinética de oxigênio e da ventilação, aparentemente o tipo de exercício realizado não influenciou a resposta da curva de VO_2 e VE quando o exercício foi realizado infra LV. Entretanto, para o teste supra LV, um adicional componente ventilatório (CLVE) foi necessário para que as obesas conseguissem finalizar a atividade, sugerindo que esta atividade torna-se mais difícil para esta população.

Palavras-Chaves: obesidade; teste de esforço cardiopulmonar; consumo de oxigênio; cinética do VO_2 ; cinética da VE; intensidade de exercício moderada; exercício de intensidade pesada.

ABSTRACT

Introduction: Maximum cardiopulmonary exercise tests (CPX) performed on a bicycle or treadmill objectively measure functional capacity and quantify exercise limitation. In these tests, the analysis of peak oxygen consumption (VO_{2PICO}) and ventilatory threshold (VT) are useful measures to evaluate cardiorespiratory performance in several populations. Several exercise protocols using a bicycle or treadmill are used for performance evaluation, however, for obese individuals, it is not known which of the ergometers leads to greater physical exhaustion, which better evaluates the physical performance of these subjects and is even more acceptably accepted by these individuals. Moreover, for this population, less is known about the behavior of oxygen kinetics and ventilation, i.e. its rate of increase (VO_2 and VE kinetics) and the understanding of energy systems during an exercise using different types of exercise (cycling x pedaling). **Objectives:** To compare the cardiorespiratory, metabolic performance, oxygen kinetics and ventilation of obese women during cardiopulmonary exercise tests using a conventional treadmill and ergometric bicycle through incremental ramp protocols and constant load tests at two different exercise intensities. **Materials and Methods:** The sample consisted of 40 obese volunteers, based on sample calculations, randomized into two groups of 20 obese individuals, each of whom performed treadmill or bicycle CPX. We assessed the clinical, anthropometric and adiposity (weight, height, BMI-body mass index, BAI-body adiposity index, WBC-waist-hip ratio, HC-hip circumference, WC- waist circumference, NC- neck circumference) and spirometry (FVC-forced vital capacity, FEV¹-forced expiratory volume in the 1st second, PEF-peak expiratory flow, MVV-maximum voluntary ventilation). In both tests, ventilatory measures (VE-ventilation per minute, VE/ VO_2 -ventilatory equivalent of oxygen, VE/ VCO_2 -ventilatory equivalent of carbon dioxide, RER-gas exchange ratio) and metabolic (VO_2 -consumption of oxygen, VCO_2 -carbon dioxide production) of breath-by-breaths with respiratory gases (Cortex-Biophysik-Metamax3B), in addition to the variables of effort perception (fatigue and dyspnea - Borg6-20), HRmax (maximum heart rate) and systolic and diastolic blood pressures. Continuing with the evaluation protocol, 30 obese performed two constant load tests with different intensities (25% <VT and 25% > VT), with a 30-minute rest between the tests, to evaluate oxygen kinetics and ventilation. In these, measurements of the kinetics were taken as the time delay (TD), rate of increase (τ) of VO_2 and VT and amplitude (A). Sigma Plot 11.0 software for kinetic analysis and Statistic 10.0 software were used for the statistical analysis of the other outcomes, with a significance level of 5% being assigned to test the hypotheses. **Results:** The studied sample presented a high degree of obesity (BMI = $43.5 \pm$

6.6 kg/m², but without ventilatory disorders.) Both groups presented homogeneity in relation to their anthropometric and ventilatory characteristics.

During incremental CPX, the obese women in the treadmill group (TG) had the highest cardiopulmonary and metabolic response seen by $\text{VO}_{2\text{peak}}$ (18.1 ± 3.3 ml/kg/min x 12.2 ± 2.1 ml/kg/min) and VE_{peak} (62.9 ± 13.5 L x 42.1 ± 8.3 L), with $p < 0.05$. However, it was the same group that interrupted CPX earlier (153.4s), and with a lower ventilatory reserve (42.3 ± 19.4 L x 58.7 ± 27.1 L) when compared to the bicycle group (BG). Correlations between the anthropometric measurements and the performance variables between the groups, observed that only the TG had the final performance of the test influenced by the anthropometric measures as weight ($r = -0.56$, $p = 0.01$) and BMI ($r = -0.55$, $p = 0.02$). Analyzing oxygen kinetics and ventilation, ($p < 0.05$) for the VO_2 stable state ($\text{VO}_{2\text{SS}}$), where the TG presented an increase in $\text{VO}_{2\text{SS}}$ in relation to BG (TG= 1.144 L/min, BG= 0.905 L/min; $p < 0.05$). In the above VT test, we observed an additional ventilatory component (SLVE) for the obese women of the TG (TG= 10.0 L.min⁻¹, BG= 5.2L.min⁻¹; $p = 0.02$). **Conclusion:** In our study, it was evident in our sample that obesity seems to influence the test performed on a treadmill more negatively, causing obese women to stop this test earlier, requiring a higher oxygen consumption and a ventilatory response to complete the exercise. For oxygen kinetics and ventilation, apparently the type of exercise performed did not influence the response of the VO_2 and VE curve when exercise was performed below VT. However, for the above VT test, an additional ventilatory component (SLVE) was required so that the obese could finish the activity, suggesting that this activity becomes more difficult for this population.

Keywords: Obesity; cardiopulmonary exercise test; oxygen consumption; kinetics of VO_2 ; VE kinetics; moderate exercise intensity; exercise of heavy intensity.

LISTA DE ABREVIATURAS

A - Amplitude de variação
ATP - Adenosina trifosfato
ATS - American Thoracic Society
AVE - Acidente Vascular Encefálico
CC - Circunferência de cintura
CEP - Comitê de Ética em Pesquisa
CLVO₂ - Componente lento do VO₂
CP - Circunferência de pescoço
CQ - Circunferência do quadril
CRF - Capacidade residual funcional
CVF - Capacidade vital forçada
DC - Débito cardíaco
DM - Diabetes mellitus
DP - Desvio padrão
DPOC - Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
DXA - Dual-energy X-Ray absorptiometry
ECG - Eletrocardiograma
FC - Frequência cardíaca
FR - Frequência respiratória
HAS - Hipertensão arterial sistêmica
HUOL - Hospital Universitário Onofre Lopes
IAC - Índice de Adiposidade Corporal
IAM - Infarto Agudo do Miocárdio
IL6 - Interleucina-6
IMC - Índice de massa corpórea
LA - Limiar anaeróbico
LV - Limiar ventilatório
NCD - Non Communicable Disease
NCD-RisC - Rede de Vigilância mundial de risco da NCD
O₂ - Oxigênio

OMS - Organização Mundial de Saúde
PA - Pressão arterial
PetO₂ - Fração expirada de oxigênio
PetCO₂ - Fração expirada de dióxido de carbono
PFE - Pico de fluxo expiratório
Pulso O₂ - Pulso de oxigênio
QO₂ - Consumo periférico de oxigênio
RCQ - Relação cintura-quadril
RER - Razão de troca respiratória
SCODE - Serviço de Cirurgia da Obesidade e Doenças Relacionadas
T_I - Taxa de incremento
TA - Tempo de atraso
TECP - Teste de esforço cardiopulmonar
VEF₁ - Volume expiratório forçado no 1º segundo
VRE - Volume de reserva expiratório
VC - Volume corrente
VCO₂ - Volume de dióxido de carbono VO₂ - Consumo de oxigênio
VE - Ventilação minuto
VE/VCO₂ - Equivalente ventilatório de dióxido de carbono
VE/VO₂ - Equivalente ventilatório de oxigênio VO_{2máx} - Consumo máximo de oxigênio
VO_{2PICO} - Consumo de oxigênio no pico da atividade
VVM - Ventilação voluntária máxima

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Tese

Figura 1: Evolução do número de pessoas obesas de 1980 a 2010 (a cada década) por região (NCD-RisC, 2016). Pág. 21

Figura 2: Prevalência de obesidade em ambos os gêneros no período de 2010 a 2014 de acordo com a OMS. (WHO 2015). Pág. 22

Figura 3. Curvas representativas da taxa de incremento do VO_2 ml/kg/min em dois testes máximos realizados em esteira. Círculo fechado = Protocolo de Balke; Círculo aberto = Protocolo de Bruce (Pollock et al. 1982). Pág. 31

Figura 4: Valores médios de VO_2 (ml/kg/min) em esteira e bicicleta ergométrica de adolescentes obesos e não obesos (Milano et al. 2009). Pág. 32

Figura 5: Representação gráfica da resposta do consumo de oxigênio (VO_2) em diferentes domínios de exercício durante teste de carga constante em saudáveis. LL - limiar de lactato; PC - potência crítica; VO_{2max} - consumo máximo de oxigênio; CL – componente lento (Caritá et al. 2014). Pág. 35

Figura 6: Curva triexponencial do VO_2 representando as três fases da cinética de oxigênio (Junior 2012). Pág. 37

Figura 7: Curva da Cinética de VO_2 em Testes de Carga Constante realizado a 80% do Limiar anaeróbico em esteira (círculo aberto) e bicicleta ergométrica (círculo fechado) em saudáveis. (Carter et al. 2000). Pág. 39

Figura 8: Unidade de Reabilitação Cardíaca – CORE UFRN/HUOL, Fonte: Setor de Reabilitação Cardíaca – CORE UFRN/HUOL. Pág. 43

Figura 9: Sistema de análise de gases *MetaSoft Cortex Biophysik Metamax 3B*, Fonte: Setor de Reabilitação Cardíaca – CORE UFRN/HUOL. Pág. 44

Figura 10: Teste Cardiopulmonar realizado em esteira. Fonte: Setor de Reabilitação Cardíaca – CORE UFRN/HUOL. Pág. 50

Figura 11: Escala de percepção subjetiva de esforço indicada durante Teste Cardiopulmonar realizado em bicicleta com paciente eutrófica. Fonte: Setor de Reabilitação Cardíaca – CORE UFRN/HUOL. Pág. 50

Artigo 1

Table 1: Anthropometric and spirometric characterization of obese women in the treadmill and ergometric bicycle groups (n = 30). Pág. 73

Table 2. Cardiopulmonary and Metabolic Responses in Incremental Cardiopulmonary Stress Test for treadmill and bicycle group (n=30). Pág. 74

Table 3. Kinetic response of VO_2 and VE in two different ergometers and at distinct intensities (supra threshold and infra-threshold) of exercise during constant load test. Pág. 75

Figure 1: Slow component of oxygen and ventilatory kinetics for constant load tests performed on treadmill and bicycle. Pág. 76

Figure 2: Curve of oxygen kinetics in constant test with load of 25% below VT performed on treadmill and exercise bicycle. Pág. 77

Figure 3: Correlation between anthropometric measurements and LV kinetics for constant test performed at load 25% below VT. Pág. 78

Artigo 2

Tabela 1. Características gerais, antropométricas e da função pulmonar da amostra total e separadas por grupo. Pág. 96

Tabela 2. Descrição das variáveis cardiopulmonares e metabólicas durante repouso pré TECP para amostra total e entre grupos bicicleta e esteira. Pág. 97

Tabela 3. Descrição das variáveis cardiopulmonares e metabólicas e características do TECP durante limiar ventilatório (LV) e pico do esforço para amostra total e entre grupos bicicleta e esteira. Pág. 98

Figura 1: Representação gráfico das curvas de VO_2 ml/kg/min e duração dos testes durante TECP realizado em Esteira e Bicicleta Ergométrica em mulheres obesas. Pág. 99

Figura 2: Representação gráfico das curvas da VE l/min e duração dos testes durante TECP realizado em Esteira e Bicicleta Ergométrica em mulheres obesas. Pág. 99

Figura 3. Correlações existentes entre medidas antropométricas e duração do TECP em esteira (A) e bicicleta ergométrica (B). Pág. 100

SUMÁRIO

Prefácio	viii
Resumo	ix
Abstract	xi
Lista de abreviaturas	xiii
Lista de Figuras e tabelas	xv
1 INTRODUÇÃO.....	20
1.1 OBESIDADE.....	20
1.2 CLASSIFICAÇÃO DA OBESIDADE.....	23
1.3 IMPACTO MULTIFATORIAL DA OBESIDADE.....	24
1.4 TESTE DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR.....	27
1.4.1 Protocolos e ergômetros para realização do TECP.....	30
1.5 TESTES DE CARGA CONSTANTE E CINÉTICA DO VO ₂ e VE.....	34
2 JUSTIFICATIVA.....	39
3 OBJETIVOS.....	41
3.1 OBJETIVO GERAL.....	41
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	41
4 HIPÓTESES.....	42
5 MATERIAIS E MÉTODO.....	43
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	43
5.2 INSTRUMENTAÇÃO.....	44
5.3 CÁLCULO AMOSTRAL.....	45
5.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO DOS SUJEITOS.....	46
5.5 ALOCAÇÃO DOS SUJEITOS.....	46
5.6 PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO.....	47
5.7 DETERMINAÇÃO DO VO ₂ E DO LV.....	53
5.8 ANÁLISE DA CINÉTICA DE OXIGÊNIO E VENTILAÇÃO	53
5.9 FLUXOGRAMA DE AVALIAÇÃO RECRUTAMENTOS.....	55
6 ESTRATÉGIA ESTATÍSTICA.....	56
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
<i>Artigo 1: Influência do tipo e da intensidade do exercício na curva da cinética de oxigênio e da ventilação de mulheres obesas.....</i>	58
<i>Artigo 2: Protocolo de rampa em obesas: diferenças cardiopulmonares e metabólicas encontradas em esteira e bicicleta ergométrica.....</i>	82
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
9 PRODUÇÕES CIENTÍFICAS.....	107

Referências bibliográficas.....	115
Apêndices.....	127
Anexos.....	136

1 INTRODUÇÃO

1.1 OBESIDADE

A obesidade, considerada um distúrbio nutricional e metabólico é uma epidemia em alarmante crescimento em todo o mundo, atingindo todas as idades e classes sociais (WHO 2015). É caracterizada pelo acúmulo excessivo de gordura corporal, ocasionada em grande parte por um desequilíbrio crônico, traduzido pelo aporte calórico maior do que a demanda metabólica. Sua etiologia é complexa e multifatorial e pode ocorrer devido interação dos genes com o meio ambiente, somada ainda ao estilo de vida e aos fatores emocionais dos indivíduos. Além disso, o aumento da ingestão calórica, aliados ao declínio dos níveis de atividade física são importantes fatores ambientais que contribuem para a obesidade (Manna e Jain, 2015; Abeso 2016). Outro ponto relevante evidenciado por Deshmukh-Taskar et al. 2006 e de importante impacto com o progredir da idade é que o excesso de gordura corporal adquirido na infância e adolescência tende a permanecer ao longo da vida adulta.

O acúmulo excessivo de gordura corpórea por si só é suficiente para colocar em risco a saúde do indivíduo (Issa 1996) pois contribui para o aparecimento de fatores de risco para uma série de doenças crônicas, favorecendo o agravamento de co-morbidades e mortalidade, além de implicações socioeconômicas (WHO 2015). Recentemente, a obesidade foi incorporada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em um conjunto de Doenças Não Comunicáveis (Non Communicable Disease – NCD), que necessitam de especial controle e vigilância (Figura 1). Além da obesidade, as NCD, incluindo doenças cardiovasculares, respiratórias crônicas, cânceres e diabetes, aparecem no Plano de Metas para Controle e Planejamento entre 2013-2025 e necessitam de ação prioritária de políticas de saúde mundial. Uma das metas alvo desse plano para 2025 é interromper o aumento da prevalência da obesidade. Resultados recentes, porém frustrantes, revelam que o objetivo global de se cumprir esta meta é praticamente inexistente (WHO 2013; NCD-RisC 2016).

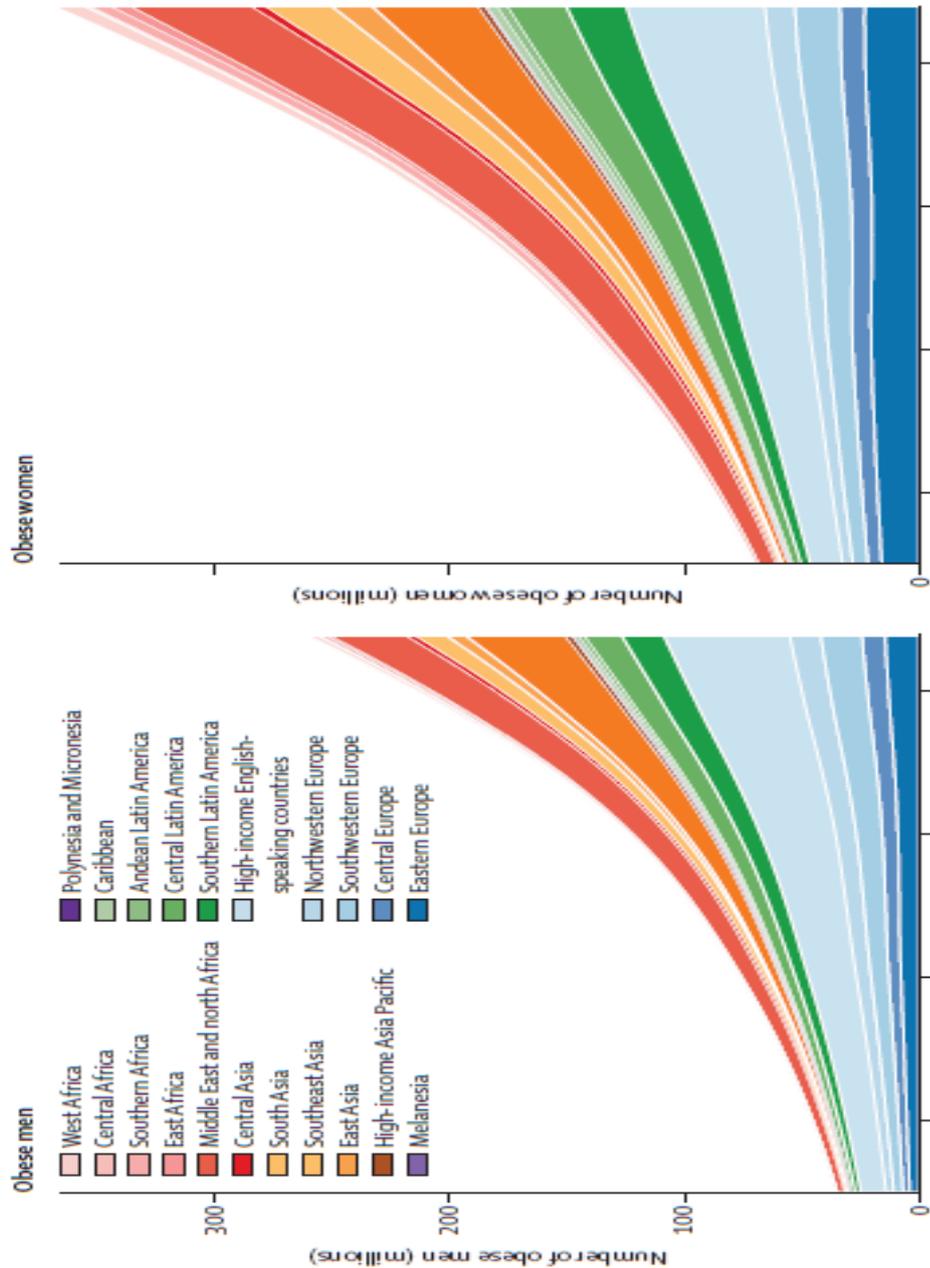


Figura 1: Evolução do número de pessoas obesas de 1980 a 2010 (a cada década) por região (NCD-RisC, 2016).

Uma estimativa da NCD-RisC (rede de vigilância mundial do risco de NCD ligado a OMS), analisando a progressão da obesidade entre os anos de 1975-2014 em 200 países, aponta que, caso esta tendência permaneça, em 2025, 18% da população mundial dos homens serão obesos e 21% das mulheres. Isto refere-se a um quinto da população mundial (NCD-RisC 2016). Dados nacionais recentes (WHO 2015), confirmam a obesidade como sendo um dos grandes problemas de saúde da atualidade em todo o país. No Brasil, no ano de 2014, 20% da população já apresentava obesidade (Figura 2). Em se tratando apenas do sexo feminino, estes

números ainda aumentam, 22,7% de mulheres são obesas, evidenciando mais uma vez o importante destaque que esta epidemia merece em termos de controle e prevenção.

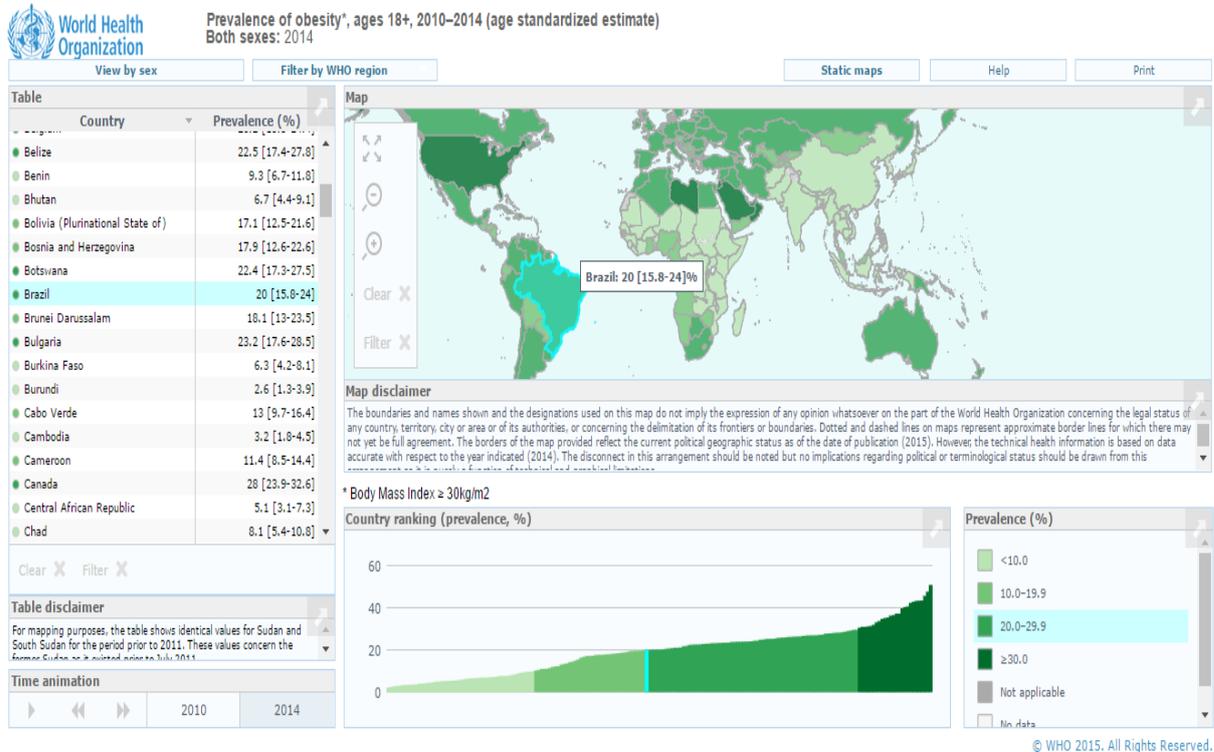


Figura 2: Prevalência de obesidade em ambos os gêneros no período de 2010 a 2014 de acordo com a OMS. (WHO 2015).

Esta alarmante epidemia afeta os indivíduos e traz como consequências uma série de complicações sistêmicas, alguma das quais resultam em severa deficiência de órgãos e tecidos. Estas complicações, em especial, referem-se à mudanças mecânicas causadas pelo acúmulo de tecido adiposo e pelo grande número de citocinas produzidas pelos adipócitos (Marseglia et al. 2014; Mafort et al. 2016). Em resumo, a disfunção do tecido adiposo pode induzir um estresse oxidativo sistêmico e refletir em produção anormal de adipocitoquinas, o que contribui para o desenvolvimento de desordens relacionadas a obesidade. O acúmulo de gordura, em especial a gordura visceral abdominal, prejudica mecanismos antioxidantes. Todos estes eventos levam a um estado pro-inflamatório crônico que resulta em patologias sistêmicas (Pihl et al. 2006; Okla et al. 2015).

1.2 CLASSIFICAÇÃO DA OBESIDADE

Atualmente, várias são as formas para se classificar a obesidade (Quadro 1), sendo a mais comumente utilizada na prática clínica o índice de massa corpórea (IMC). Este é definido como sendo a relação entre o peso do indivíduo em quilogramas pelo quadrado da sua altura em metros (Kg/m^2). Indivíduos que apresentam $\text{IMC} >30\text{kg}/\text{m}^2$ já são considerados obesos, contudo, para uma melhor classificação, subdivide-se ainda a obesidade em grau I ($\text{IMC} >30\text{kg}/\text{m}^2 < 34,9 \text{ kg}/\text{m}^2$), grau II ($\text{IMC} >35\text{kg}/\text{m}^2 < 39,9 \text{ kg}/\text{m}^2$) e grau III ($\text{IMC} >40\text{kg}/\text{m}^2$). Apesar do IMC ser a medida antropométrica mais utilizada clinicamente para diagnóstico e estratificação dos níveis de obesidade, uma vez que apresenta baixo custo e simplicidade de realização, apresenta uma acurácia limitada em relação ao percentual de adiposidade corporal. Este perde sua confiabilidade por exemplo em atletas que apresentam grande massa muscular. Desta forma, alternativas de quantificação da adiposidade são necessárias também quando se estuda a repercussão sistêmica da obesidade (WHO 2015).

	Índice de Massa Corporal	Classificação de obesidade	Risco de doença (em relação ao peso normal e a circunferência de cintura)	
			Homem <102 cm Mulher <88 cm	Homem >102 cm Mulher >88 cm
Baixo peso	<18,5			
Normopeso	18,5 – 24,9			
Sobrepeso	25,0 0 29,9		Aumentado	Alto
Obesidade	30,0 – 34,9	I	Alto	Muito alto
	35,0 – 39,9	II	Muito alto	Muito alto
Obesidade extrema	>40,0	III	Extremamente alto	Extremamente alto

Quadro 1: Pontos de corte, classificação da obesidade e associação com o risco de doenças. Adaptado de WHO, 2008.

Bergman et al. (2011) propôs uma nova alternativa para se classificar a obesidade. O Índice de Adiposidade Corporal (IAC) é definido como sendo o índice derivado da relação entre a circunferência do quadril (CQ) pela altura do sujeito. Este retrata o perfil de composição corporal do sujeito, ou seja, a distribuição de massa gorda em relação ao peso corporal total. Para este autor, o IAC correlaciona-se positivamente ($r=0,85$) com o percentual de gordura no corpo derivado do DXA (Dual-energyX-Ray absorptiometry), considerado padrão ouro para

este tipo de avaliação. O valor do IAC é expresso em percentual (%) e mostra que mulheres com IAC > 38% e homens >25% são considerados obesos. Valores considerados como um índice de gordura saudável para mulheres varia de 21 a 32%. Sendo assim, relata-se que sua utilização para monitoração da obesidade parece ser bastante útil em relação a outras medidas antropométricas. Contudo, Moliner-Urdiales et al. (2013) estudando homens, sugeriram que o uso do IAC não é o melhor indicador de todas as causas de risco de mortalidade por doença cardiovascular quando comparado com o IMC, com a circunferência de cintura (CC) e com o % de gordura corporal.

Outras formas de se avaliar a obesidade são centradas em medidas de adiposidade localizada, tais como, circunferência da cintura (CC), do quadril (CQ) e do pescoço (CP) (Gonçalves et al. 2011; Zhu et al. 2002; Zen et al. 2012). Esta também pode ser avaliada pela relação cintura-quadril (RCQ) dos indivíduos, que a define em: central ou androide (RCQ>0,80 para mulheres e >0,90 para homens), caracterizada por um aumento do volume dos adipócitos (obesidade hipertrófica), com predominância de gordura na região do tronco e abdome, dessa forma se correlacionando mais fortemente com o aparecimento de morbi-mortalidade. Já na obesidade periférica ou ginecoide (RCQ<0,80 para mulheres e <0,90 para homens), há predominância de gordura corporal localizada na região gluteofemoral e existe um aumento do número dos adipócitos (obesidade hiperplásica) (WHO 2008). Importante ressaltar que um padrão de distribuição central de gordura corporal está associado a um forte desenvolvimento de complicações cardiopulmonares e metabólicas (WHO 2013), como o infarto agudo do miocárdio (IAM) (Orsi et al. 2008) e com uma maior redução da mecânica respiratória (Piper e Grunstein. 2010), quando comparado com uma maior distribuição de gordura em torno dos quadris.

Desse modo, avaliação antropométrica e definição e classificação do grau de obesidade dos sujeitos é fundamental uma vez que a obesidade extrema está diretamente relacionada a risco de doenças extremamente altos.

1.3 IMPACTO MULTIFATORIAL DA OBESIDADE

Já é bastante discutido que a obesidade impacta negativamente na função física e pulmonar dos sujeitos, acarretando uma série de agravos com a saúde que culminam muitas vezes em situações crônicas e incapacitantes (WHO 2008). Além disso, obesos ainda apresentam alterações fisiológicas que vão desde alterações na mecânica respiratória, na

biomecânica da marcha até alterações no desempenho físico, representado por uma baixa capacidade cardiovascular. Estas, isoladamente ou em conjunto, contribuem para uma deterioração da funcionalidade e piora da qualidade de vida destes sujeitos (Ríos-Martínez, Rangel-Rodríguez e Pedraza-Moctezuma 2013).

Em geral, a prejudicada capacidade funcional destes sujeitos acarreta danos no desenvolvimento de suas atividades físicas. Associado a estes prejuízos, parte das doenças relacionadas à obesidade, como hipertensão arterial sistêmica (HAS) e diabetes mellitus (DM), também afetam a qualidade de vida. A perda da função nos indivíduos obesos também pode ser relatada como consequência aos problemas ortopédicos. A imobilidade e a sobrecarga articular interfere na marcha e em atividades de vida diária. A inflamação articular, tais como a osteoartrite, é associada fortemente com a obesidade, muitas vezes levando os pacientes a colocação de próteses de quadril ou joelho. As causas são multidimensionais e incluem o estresse mecânico articular e sobrecarga muscular (Sowers e Karvonen-Gutierrez 2010). Além disso, tem-se mostrado que o adipócito é um tecido com importante ação pró-inflamatória sistêmica (devido à liberação de citocinas inflamatórias, interleucina-6 (IL6)), frequente nesta doença e está fortemente associado na patogênese da inflamação articular lenta e crônica e consequente osteoartrite (Thijssen, Caam e Kraan 2015).

Tais fatores justificam a perda da função, entendida aqui, como perda da capacidade física que culmina com a diminuição de atividades realizadas pelo obeso e que contribuem para o aumento dos índices de sedentarismo nestes indivíduos (Di Thommazo-Luporini et al. 2012). Em geral, obesos realizam atividades simples, como o caminhar, de forma prejudicada (Hunles et al. 2001; Browning e Kram 2005; Sawyer et al. 2010), formando um ciclo vicioso (Pietilainen et al. 2008), o que torna o exercício cada vez mais desgastante. Este ciclo vicioso ainda relaciona-se com o agravamento dos fatores de risco e mortalidade nestes indivíduos. Quando comparado com indivíduos eutróficos, Fontaine et al. (2003) demonstraram que homens com obesidade mórbida apresentam uma redução de 22% do tempo de vida correspondendo a uma perda de 12 anos de vida.

Devido ao excesso de peso e grande acúmulo de adiposidade principalmente em torno do quadril e membros inferiores, associado a sua diminuída capacidade funcional e reduzida tolerância ao exercício, obesos apresentam uma reduzida capacidade para deambulação. Esta associa-se a uma maior percepção do esforço e aumento da dispnéia em pacientes com elevados graus de obesidade e uma precoce exaustão durante a realização das atividades (King et al. 2012; Di Thommazo-Luporini et al. 2012).

Além dos diversos fatores já explanados no que se refere a funcionalidade destes indivíduos e a sua precoce exaustão durante as atividades, é relevante levar em consideração o consumo de oxigênio destes sujeitos. O músculo esquelético dos obesos apresentam uma baixa capacidade oxidativa, resultando em uma baixa extração de oxigênio (O_2) pelos músculos nestes indivíduos (Houmard 2008). Desse modo, obesos apresentam um maior consumo de oxigênio (VO_2) mesmo no repouso em relação a indivíduos magros, sendo este aumento mais marcante durante o exercício dinâmico. Portanto, uma resposta ventilatória e cardiovascular maior do que o normal é necessária para responder à demanda do exercício nestes sujeitos (Salvadori et al. 1999, Wasserman et al. 2005). Sendo assim, estudos da capacidade funcional de obesos tem merecido destaque nos últimos anos.

A obesidade também afeta o sistema respiratório através de vários mecanismos, incluindo alterações mecânicas diretas, devido a deposição de gordura na parede torácica, abdômen e vias aéreas superiores, bem como a inflamação sistêmica (Brazzale, Pretto e Schachter 2015). Estas mudanças estruturais na região tóraco-abdominal restringem a mobilidade do diafragma e o movimento das costelas ocasionando mudanças na dinâmica do sistema respiratório (Unterborn 2001). Portanto, obesos apresentam prejuízos na sua função pulmonar e trocas gasosas ocasionando limitações ventilatórias (Bernhardt et al. 2013; Mafort et al. 2016) que repercutem negativamente na sua capacidade funcional. Podemos observar diminuição do volume pulmonar, do volume de reserva expiratório (VRE), da capacidade residual funcional (CRF) e da complacência tóraco-pulmonar (Orsi et al. 2008; Saliman et al. 2008; Piper e Grunstein. 2010; Mafort et al. 2016).

Devido a ineficiência dos músculos respiratórios destes indivíduos, estes também apresentam diminuição da força e da resistência muscular, levando a uma sobrecarga inspiratória. Como consequência é observado um aumento do esforço respiratório, do consumo de oxigênio e um maior gasto energético durante o exercício (Sood 2009; Piper e Grunstein 2010; Mafort et al. 2016). Além disso, é importante ressaltar a diminuição do volume expiratório forçado no 1º segundo (VEF_1) destes sujeitos (Chlif et al. 2005), que apresenta relação inversa com o aumento do IMC (Mcclean et al. 2008), e é considerado como um fator preditor de mortalidade e de risco para doenças cardiovasculares. A prejudicada função pulmonar e as alterações inflamatórias descritas nestes sujeitos também torna a obesidade como sendo um fator de risco para o desenvolvimento da asma (De Lima et al. 2015; Suárez-Medina et al. 2016). A evidência mais consistente surge a partir de estudos de citocinas produzidas pelo tecido adiposo chamadas de adipocitoquinas (Muc, Mota-Pinto e Padez 2016).

Agravando ainda mais esta situação, a obesidade também acarreta danos psicossociais relacionados ao estigma da discriminação vinculados a imagem corporal o que prejudica a autoestima e contribui para o aparecimento de sintomas depressivos e de ansiedade (Dos Santos et al. 2012). Portanto, o somatório de fatores psicossociais, co-morbidades associadas e alterações fisiológicas levam a uma pior qualidade de vida. Fato evidenciado, por exemplo, pelos scores do questionário abreviado de qualidade de vida da OMS (WHOQOL-brief) (Fleck et al. 2000), que apontaram por exemplo no estudo de Dos Santos et al. (2012) com indivíduos com obesidade grau III os aspectos físicos, sociais e ambientais dos sujeitos como “nem ruim, nem boa”, com destaque para achados como “aproveitar muito pouco a vida” e “muito pouco satisfeito com a aparência”.

1.4 TESTE DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR

O teste de esforço cardiopulmonar (TECP), considerado padrão ouro, possui significativo valor para avaliação e nos fornece uma medida objetiva da capacidade de trabalho, além de identificar a origem da limitação ao exercício (Diamond 2007). De acordo com a *American Thoracic Society* (ATS 2003), o TECP fornece uma avaliação global integrada das respostas ao exercício, envolvendo os sistema pulmonar, cardiovascular, hematopoiético e musculoesquelético. É utilizado para a quantificação dos níveis de incapacidade, avaliação de riscos pré-operatórios e para a prescrição e tolerância ao exercício em indivíduos com doenças cardiovasculares e/ou respiratórias e também usado em saudáveis e atletas. Este se diferencia do teste ergométrico convencional por fornecer as medidas dos gases ventilatórios expirados durante a sua realização incorporados à análise da resposta cardiovascular durante a realização do exercício.

É, portanto, de grande utilidade na investigação da capacidade funcional e da potência aeróbia pela obtenção de dois principais índices de limitação funcional: o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e o limiar anaeróbico (LA) ou limiar ventilatório (LV). O VO_{2max} reflete a máxima capacidade que um indivíduo possui em absorver, transportar e consumir oxigênio, sendo definido como o ponto em que o VO_2 eleva-se menos que 50ml/min ou 2,1ml/kg/min a despeito do aumento do esforço. Na prática, em análise visual, é quando no gráfico, a curva do VO_2 atinge um platô (Herdy e Uhlendorf 2010). O VO_{2max} , constitui portanto, o volume de oxigênio extraído do ar inspirado, pela ventilação pulmonar em um determinado período de tempo e é considerado o melhor ponto da capacidade aeróbica e aptidão

cardiopulmonar. Este deve ser diferenciado do consumo periférico de oxigênio (QO_2) pelos tecidos, que representa a quantidade real de O_2 sendo utilizada pelos processos metabólicos corporais. Entretanto, afirma-se na literatura que o VO_2 pode ser considerado uma estimativa confiável do QO_2 (Neder 2003; ATS 2003), sendo considerado parâmetro objetivo e independente de prognóstico de doenças cardiovasculares (Kubozono et al. 2008).

Estudando a variável metabólica de desempenho VO_2 , durante o TECP, para alguns sujeitos, em decorrência da rápida exaustão e interrupção precoce do teste, valores de VO_{2max} não são atingidos e a curva não atinge um platô. Myers et al. (1991), avaliando indivíduos cardiopatas, definiu o VO_{2max} , como sendo a variável que melhor expressa o índice objetivo do desempenho cardiovascular. Orsi et al. (2008) observando o impacto da obesidade na capacidade funcional de mulheres obesas observou que valores de VO_{2max} , expressos em ml/kg/min, são significativamente menores do que em outros grupos. Concluiu-se portanto que a aptidão física destes sujeitos é menor do que a das mulheres com sobrepeso e eutróficas. Wallman e Campbell (2006), também estudando a população obesa definem que quando estes valores de VO_{2max} não podem ser atingidos, uma boa opção para avaliação é por meio do consumo de oxigênio no pico da atividade (VO_{2PICO}). O VO_{2PICO} é uma variável metabólica que também expressa o desempenho físico e reflete a aptidão do sistema cardiorrespiratório (Diamond 2007; Vincent et al. 2013). Na prática clínica, durante o TECP, os indivíduos realizam um esforço físico até a exaustão (Guazzi et al. 2009) e o VO_{2PICO} caracteriza o limite funcional que o sistema cardiovascular tem em fornecer oxigênio para satisfazer as exigências aeróbias do indivíduo (Bruce, Kusumi e Hosmer, 1973), sendo graficamente diferenciado do VO_{2max} pela não formação de platô em sua curva.

Já o LV, é o momento em relação à intensidade do esforço físico, quando a produção de ATP (adenosina trifosfato – conversão de energia química em energia mecânica) é suplementada pela glicólise anaeróbia, com formação de ácido lático. É portanto, a transição do metabolismo aeróbio (oxidativo) para um metabolismo predominantemente anaeróbio (glicolítico), com a finalidade de suprir a demanda cardiorrespiratória (Neder et al. 2002; ATS 2003; Wasserman et al. 2005). Para sustentar a contração muscular, o organismo usa uma combinação das suas vias metabólicas. De forma sucinta, no exercício de alta intensidade e moderada duração, há um predomínio da via anaeróbia láctica (glicolítica), com predominância do carboidrato como substrato utilizado. Já durante os exercícios de moderada intensidade e de longa duração a via predominante é a aeróbica (oxidativa) e o substrato utilizado é a gordura (Neder 2003). Arena et al. (2014) afirma que a carga de trabalho em que ocorre o LV pode ser menor em obesos quando comparado a normopesos.

Além desses dois índices, o TECP também nos fornece outras variáveis ventilatórias, cardíacas e metabólicas. O volume de dióxido de carbono adicionado ao ar inspirado pela ventilação pulmonar num dado período de tempo é denominado VCO_2 . Isoladamente, durante exercício este representa escassa importância prática. Por sua vez, quando relacionado diretamente ao VO_2 e a ventilação (VE), fornece importantes informações quanto a detecção não-invasiva do limiar anaeróbico. Em suma, a produção de VCO_2 se dá por meio de duas fontes. A primeira é o metabolismo oxidativo, onde há conversão do O_2 consumido em CO_2 (CO_2 respiratório). A segunda é o metabolismo glicolítico, como consequência do tamponamento de íons H^+ (formação de CO_2 metabólico). O acúmulo do CO_2 respiratório com o CO_2 metabólico ocasionam um aumento do volume corrente (VC) e da frequência respiratória (FR), resultando em um aumento da ventilação minuto (VE – produto da $FR \times VC$) como forma compensatória para eliminação desse CO_2 (Neder 2003).

A razão entre a liberação de CO_2 e a captação de O_2 pulmonar é denominada razão de troca respiratória (RER). Esta é uma variável que indica a intensidade do esforço, entretanto, não deve ser usada isoladamente. No repouso seus valores variam entre 0,75-0,85 atingindo valores acima de 1,15 no esforço verdadeiramente máximo em saudáveis. Além disso, é indicativo das diferentes fontes de substratos que estão sendo usadas durante a atividade. Valores de RER acima de 1,0 indicam um metabolismo primariamente com queima de carboidrato. Uma outra variável obtida secundariamente durante TECP é o equivalente ventilatório de CO_2 (VE/VCO_2). Esta indica a resposta ventilatória à demanda metabólica, ou seja, reflete a necessidade ventilatória para eliminar uma dada quantidade de CO_2 produzido pelos músculos (Neder 2003). Por fim, o pulso de oxigênio (Pulso O_2) reflete uma medida indireta do transporte de oxigênio cardiopulmonar. Expresso em ml/minutos/batimentos, reflete o volume de O_2 extraído a cada sístole (VO_2/FC) e é indicativo da aptidão cardiovascular.

Destacamos aqui que uma função fisiológica normal, dos sistemas cardiovascular, pulmonar e musculoesquelético é essencial para se alcançar uma resposta acima da média durante o TECP. O débito cardíaco (DC) e a ventilação minuto (VE) aumentam durante a transição progressiva do repouso para o exercício aeróbico máximo, com dilatação arterial concomitante e aumento do consumo de oxigênio no músculo ativo (Arena et al. 2014). Valores reduzidos de VO_2 podem refletir problemas com o transporte de oxigênio (débito cardíaco, capacidade do sangue carrear oxigênio), limitações pulmonares (mecânicas, controle da respiração ou troca gasosa), extração de oxigênio dos tecidos (perfusão tecidual, difusão tecidual), limitações neuromusculares e musculoesqueléticas (ATS 2003).

Pesquisas anteriores demonstraram que na população obesa todos estes sistemas são impactados negativamente, como resultado do excesso de peso corporal. Obesos apresentam um aumento na massa ventricular esquerda, nas dimensões do átrio esquerdo e disfunção diastólica do ventrículo esquerdo (Galinier et al. 2005; Di et al. 2006; Di et al. 2006; Wong et al. 2007). Esta última, é talvez, a anormalidade que quando presente, desempenha papel primordial para impedir o aumento do débito cardíaco durante o exercício aeróbico. A capacidade em aumentar a ventilação minuto destes sujeitos também é impedida devido ao excesso de peso, resultando em um padrão ventilatório alterado, onde aumentos mais elevados do que o esperado na frequência respiratória são necessárias para compensar uma diminuição na capacidade em se aumentar o volume corrente (Li et al. 2001; Arena et al. 2014)

Portanto, como já citado, os indivíduos obesos são possuidores de uma baixa capacidade aeróbia porque além de apresentarem valores significativamente menores de VO_2 ml/kg/min, também apresentam alterações nos resultados obtidos através da produção de dióxido de carbono (VCO_2), ventilação minuto (VE) e razão de troca respiratória (RER) para um dado nível de esforço. Observa-se nessa população que ocorre uma resposta ventilatória aumentada em decorrência do aumento da frequência respiratória, todavia, sem aumento do VC, ocasionando um padrão respiratório superficial, adotado como estratégia compensatória de ventilação (Chlif et al. 2007; Ofir et al. 2007). Fato também evidenciado por Arena et al. (2014), estudando a população obesa. Este observou que os valores reduzidos de VO_{2PICO} (ml/kg/min) no obeso acarretam implicações importantes para avaliação da capacidade aeróbica, essencial para a realização de atividades ocupacionais.

1.4.1 Protocolos e Ergômetros para realização do TECP

Para a realização do TECP e avaliação da *performance* física da população no geral, o incremento do exercício pode ser feito de várias formas, a depender da escolha do protocolo: (a) exercício progressivo incremental (cada minuto) ou protocolo contínuo de rampa; (b) protocolos com exercício em multiestágios (a cada 3 minutos); (c) exercícios com carga constante (Balke e Ware, 1959; Bruce et al. 1973; Weber et al. 1988; Myers et al 1991; ATS 2003), e/ou utilizar diferentes ergômetros, como a esteira convencional ou a bicicleta ergométrica (Figura 3 e 4) (; Miles, Critz e Knowlton, 1980; Buchfuhrer et al. 1983; Turley e Wilmore, 1997; ATS 2003; Loftin et al. 2004; Araújo e Pinto, 2005; Lafortuna et al. 2008; Milano et al. 2009; Kisan et al. 2012; Abiodun et al 2015). Com relação a escolha do protocolo, na América do Norte, por exemplo, o protocolo de Bruce é o mais utilizado (Lear et al. 1999).

No entanto, este, e outros protocolos que também estimam a capacidade do exercício com base em equações tende a superestimar a capacidade do exercício. Estes podem exigir muito para aqueles indivíduos que apresentam limitada capacidade de exercício e ser demasiadamente longo para aqueles que apresentam boa aptidão física. Para estes, o ideal seriam protocolos de exercício em que a capacidade máxima seja alcançada por volta de 8 a 12 minutos, utilizando pequenos incrementos da carga de trabalho, como é o caso do protocolo de rampa (Lear et al. 1999).

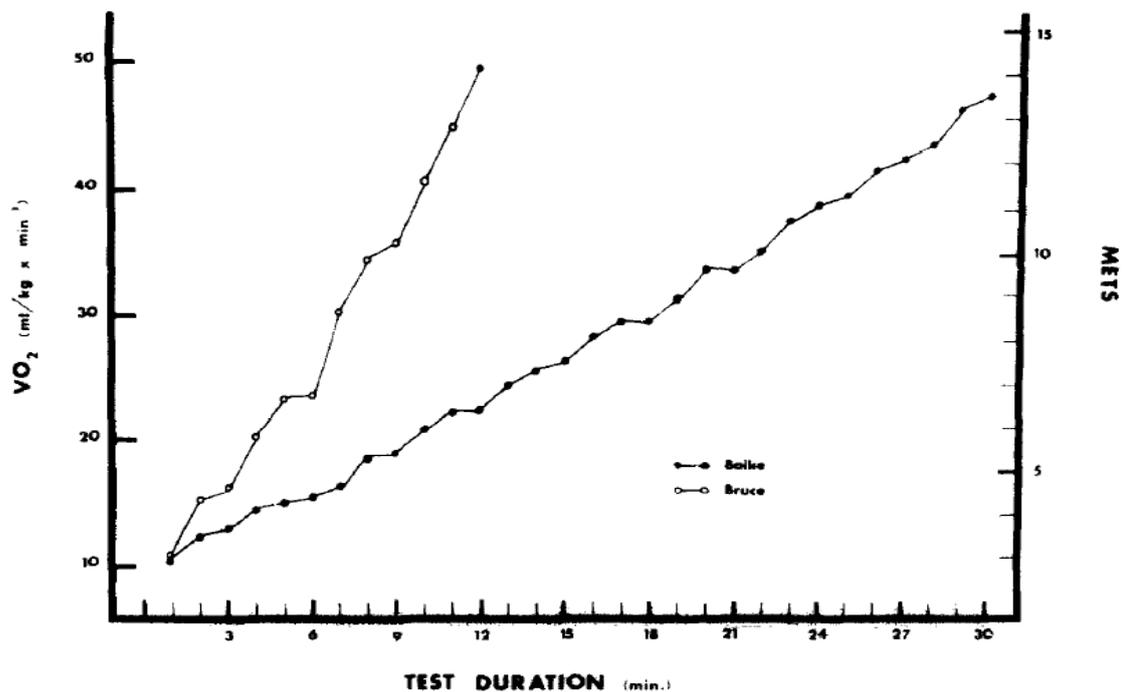


Figura 3. Curvas representativas da taxa de incremento do VO₂ ml/kg/min em dois testes máximos realizados em esteira. Círculo fechado = Protocolo de Balke; Círculo aberto = Protocolo de Bruce (Pollock et al. 1982).

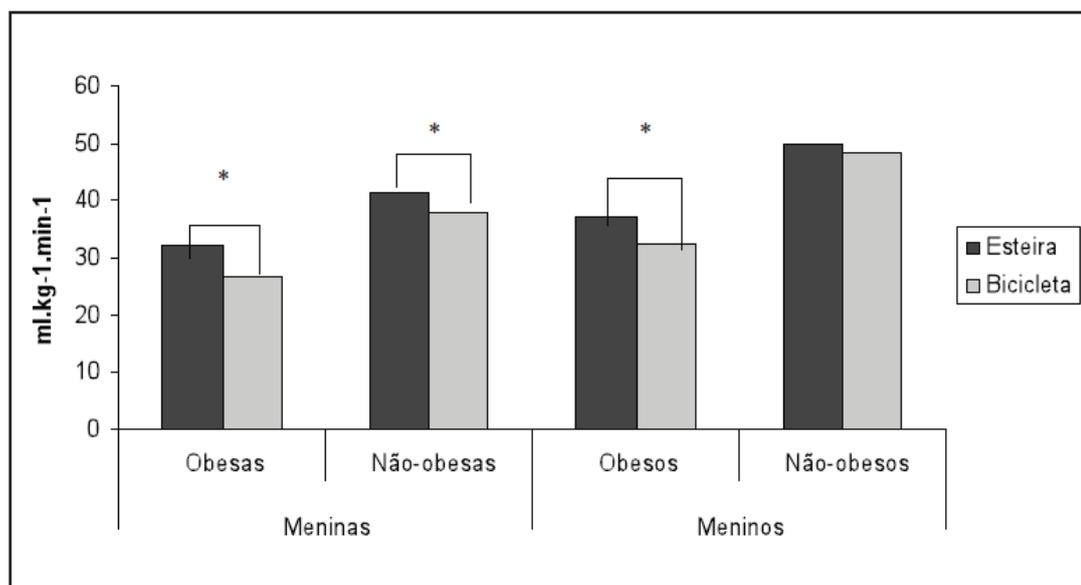


Figura 4: Valores médios de VO_2 (ml/kg/min) em esteira e bicicleta ergométrica de adolescentes obesos e não obesos (Milano et al. 2009).

Espera-se também que testes realizados em ergômetros diferentes apresentem valores máximos não coincidentes entre si (Neder e Nery, 2003). Na população saudável em geral, vários estudos foram desenvolvidos e indicam que os valores de VO_{2max} são em média, mais altos quando o teste é realizado em esteira (Christensen et al. 2004; Itoh et al. 2013; Kim, Chun e Kim, 2013). Segundo Meneghelo et al. (2010) e Stringer (2010), a escolha do melhor ergômetro e protocolo utilizado para a realização do TECP deve levar em consideração as condições específicas de cada indivíduo e depende inteiramente da preferência do paciente e do laboratório responsável pelo exame. Quanto à escolha do ergômetro, o uso da esteira é popular na América do Norte, enquanto a bicicleta ergométrica mais popular na Europa (Maeder et al. 2005).

É fundamental observarmos que a resposta fisiológica de cada indivíduo é diferente entre a esteira e a bicicleta. O caminhar é a forma de exercício mais familiar para a maioria dos pacientes, além de se conseguir maiores valores de VO_{2max} . O teste em esteira exige maior demanda metabólica e possivelmente maior estresse cardíaco e ventilatório (Neder e Nery, 2002; Wasserman et al. 2005), além de utilizar um maior número de grupos musculares. No entanto, há um menor controle do paciente para realização do teste, com risco de quedas e a taxa de trabalho em *Watts* não pode ser mensurada diretamente.

Já os testes realizados em bicicleta permitem uma fácil quantificação do ritmo do trabalho despendido (Wasserman et al. 2005), embora menos familiarizado com alguns pacientes, permite um maior controle do sujeito quanto ao risco de quedas e a quantificação

exata da potência no exercício (Watts), além de obter medidas (eletrocardiograma - ECG) com menos artefatos de movimento (Neder e Nery, 2002; Stringer 2010). Entretanto, Meneghelo et al. (2010) retratam que na bicicleta ergométrica muitas vezes ocorre uma interrupção precoce do esforço por exaustão de membros inferiores.

Estudo realizado na população japonesa saudável por Itoh et al. (2013) demonstrou que a taxa de trabalho no pico da atividade em um TECP realizado na bicicleta aumentou com o peso corporal e diminuiu com a idade do sujeito. Referente a intensidade do exercício, observou-se que a FC-frequência cardíaca foi menor em teste realizado em bicicleta. Estudando indivíduos saudáveis, Kim, Chun e Kim (2013) observaram que quando comparados os dois ergômetros, a bicicleta induziu uma melhor carga de trabalho para o sistema cardiovascular, visto através da pressão sanguínea sistólica, quando comparado a esteira.

Analisando a variável metabólica de desempenho, os valores de VO_2 ml/kg/min foram maiores no TECP realizado em esteira quanto comparado com bicicleta durante o LV e pico da atividade em saudáveis (Miyamura e Honda, 1972; Christensen et al. 2004; Itoh et al. 2013; Kim, Chun e Kim, 2013). Avaliando sujeitos com severa doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), Hsia et al. (2009) também observaram que em média o VO_{2PICO} foi 14% maior durante teste em esteira, entretanto, houve maior dessaturação de oxigênio no pico do exercício, determinando assim, uma melhor resposta ventilatória destes pacientes durante protocolo realizado em bicicleta. Corroborando com esses achados, Tuner et al. (2008) estudando indivíduos com doenças vasculares, relataram que o teste realizado em bicicleta induziu melhores respostas cardiopulmonares e metabólicas (FC, RER, VE e VCO_2 no pico do exercício), além de ser melhor tolerado pelo paciente.

Lafortuna et al. (2010), estudando adolescentes obesos relatou que a atividade física é essencial no manejo da obesidade, devido ao impacto da atividade relacionadas ao gasto energético e a taxa de oxidação de gordura. Ao final do seu estudo, concluiu-se que o caminhar na esteira era mais conveniente que o exercício em bicicleta em adolescentes obesos uma vez que se atingiu os mesmos valores e gasto energético com uma menor frequência cardíaca e uma maior taxa de oxidação de gordura. Em contrapartida, Milano et al. (2009) estudando adolescentes obesos e eutróficos, encontrou que a carga de trabalho foi similar entre os dois grupos, entretanto, como esperado, os valores de VO_{2max} foram menores no grupo obeso. Concluiu-se que neste estudo que pelo fato dos obesos suportarem a mesma carga final que os eutróficos em teste realizado em bicicleta, este seria o ergômetro ideal indicado para avaliação do desempenho físico destes sujeitos.

Com relação a duração do teste, Hsia et al. (2009) relataram que a utilização da esteira apresentou características que não são ideais para realização de um TECP, pois, para pacientes DPOC graves a taxa de trabalho inicial se aproxima da capacidade máxima de exercício, resultando em um teste demasiadamente curto para permitir uma adequada resposta para avaliação. Sugerimos aqui que o mesmo pode ser aplicado a população obesa. Ainda ressalta-se que na esteira ergométrica, a taxa de trabalho inicial durante a realização de teste é muito próxima da considerada máxima. Autores como Hsia et al. 2009, suportam a ideia de que o TECP realizado neste ergômetro torna-se um teste curto e fora dos parâmetros preconizados pela literatura de como ideal para que o TECP seja considerado válido (8 a 12 minutos). Somado a isto, a literatura aponta que para algumas populações, o TECP realizado em bicicleta induziu melhores respostas cardiopulmonares e metabólicas, além de ser melhor tolerado pelo paciente.

Para população obesa, poucos são os estudos que mostram a melhor forma de realização do TECP voltados para estes indivíduos. Aquele que irá favorecer a avaliação da capacidade cardiorrespiratória desses sujeitos, contribuindo assim para um melhor diagnóstico e prescrição de exercícios para os obesos adultos. Lafortuna et al. (2008) relatou que o excesso de massa corporal impacta negativamente no gasto energético do movimento, afetando as respostas cardiopulmonares. Destacamos que esse estudo utilizou um protocolo de esforço para o TECP que não foi o protocolo de rampa, além disso, não utilizou sistema de coleta de dados cardiopulmonares e metabólicos respiração-respiração e principalmente, não teve como foco a análise das respostas encontradas entre os ergômetros e sim entre obesos e normopesos. Milano et al. (2009) e Loftin et al. (2004) em seus estudos também se propuseram a analisar as respostas cardiopulmonares e metabólicas através de TECP utilizando diferentes ergômetros, entretanto, a população alvo foi adolescentes obesos.

1.5 TESTES DE CARGA CONSTANTE E CINÉTICA DO VO_2 e VE

Uma outra alternativa para avaliação da capacidade aeróbica dos indivíduos no geral são os exercícios realizados com carga constante. Estes podem ser realizados em diferentes intensidades de exercício e permitem caracterizar os domínios moderado, pesado e severo do exercício através da análise do comportamento da cinética do consumo de oxigênio (Burnley e Jones, 2007; Caritá. 2014) (Figura 5).

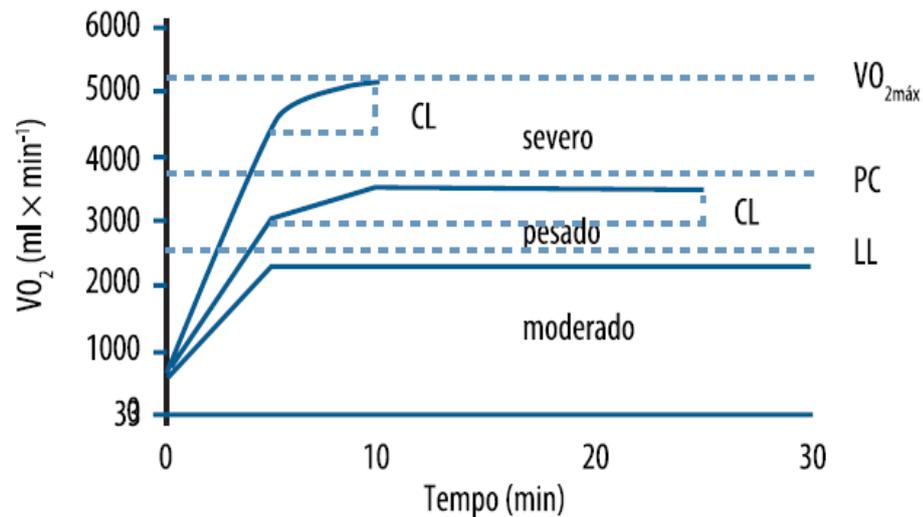


Figura 5: Representação gráfica da resposta do consumo de oxigênio (VO_2) em diferentes domínios de exercício durante teste de carga constante em saudáveis. LL - limiar de lactato; PC - potência crítica; VO_{2max} - consumo máximo de oxigênio; CL – componente lento (Caritá et al. 2014).

A análise da cinética do consumo de oxigênio amplia informações pertinentes à capacidade de adaptação do indivíduo frente ao exercício físico (Beltrame et al. 2010; Adami et al. 2011). Atribui-se a esta análise, o papel de descrever matematicamente o comportamento da cinética do O_2 , ou seja, a magnitude do VO_2 e o tempo decorrido para que o sistema cardiocirculatório e o metabolismo muscular ajustem a oferta de O_2 à demanda muscular (Caritá et al. 2014).

A resposta temporal primária do VO_2 (transporte e utilização de O_2 no músculo) nos fornece informações relacionadas ao início da difusão gasosa no músculo (tempo de atraso - TA) e a taxa de incremento do VO_2 (τ). A agilidade que possuímos em atingir o estado de equilíbrio é decorrente da taxa de incremento do VO_2 . Níveis maiores de aptidão física (VO_{2max}) podem levar a um incremento mais rápido na curva da amplitude do VO_2 (Gaesser e Poole et al. 1996; Franco et al. 2014). Já um atraso na cinética de oxigênio segundo Koike, Hiroe e Adachi (1994) reflete um atraso na absorção de oxigênio muscular com consequente prejuízos na função muscular, considerada fator chave para realização de atividades de vida diária e na mobilidade. Portanto, quanto menor o τ , mais rapidamente o VO_2 necessário para realização de determinada atividade é atingido. Desse modo, podemos afirmar que indivíduos sedentários e possuidores de uma baixa aptidão física possuem um maior τ . Sendo assim, esta é uma importante variável para avaliar a tolerância ao exercício dos indivíduos (Whipp, Ward e Rossiter, 2005; Murgatroyd et al. 2011; Caritá et al. 2014). Whipp e Wasserman (1972) sugerem que indivíduos jovens saudáveis possuem τ entre 20 e 35 segundos.

A cinética do consumo de O₂, pode determinar a magnitude do déficit de oxigênio e a dependência de fontes de energia (glicólise e fosfocreatina), e apresentar impacto direto na tolerância ao exercício. Hummel et al. (2016) estudando a cinética do consumo de O₂ em níveis submáximos de indivíduos adultos com insuficiência cardíaca (IC) encontrou que a cinética do VO₂ se correlacionou fortemente com a mobilidade funcional assim como o VO_{2PICO}. Estes ainda observaram que, assim como o esperado, aqueles que apresentaram IC possuíam prejuízos na resposta da cinética do VO₂ quando comparado com o grupo saudáveis. Sugere-se que disfunções cardiovasculares podem ocasionar redução significativa na capacidade de adaptação ao exercício em função principalmente, de alterações no sistema de transporte de oxigênio. Fato evidenciado por Beltrame et al. (2010) que observou que indivíduos saudáveis tem uma melhor capacidade de ajuste cardiorrespiratório frente ao exercício quando comparado com indivíduos pós infarto.

Com isso, compreender a dinâmica desta resposta de oxigênio no início da atividade pode esclarecer questões relacionadas com baixa aptidão física em obesos (Ingham et al. 2007; Burnley e Jones 2007). Estudos recentes indicam que adolescentes e crianças obesas apresentam uma resposta da cinética de VO₂ mais lentificada quando comparados com normopesos (Potter et al. 2013; Salvadego et al. 2010), contudo os resultados ainda apresentam dúvidas. Estudos anteriores sugeriram que o aumento do peso corporal não é indicativo de uma atraso na resposta temporal do VO₂ (Loftin et al. 2005; Nadeau et al. 2009).

O papel de descrever matematicamente o comportamento da cinética do VO₂ e quantificar a “velocidade” do incremento do metabolismo oxidativo através da constante de tempo (τ), pode ser obtido pela equação descrita adiante.

A cinética do VO₂ pode ser quantificada matematicamente por uma função mono-exponencial considerando o VO₂ repouso, a amplitude de aumento do consumo de oxigênio e a constante de tempo Tau (τ), (Rossiter et al. 1999), conforme Eq. 1.

$$VO_{2(t)} = VO_{2(repouso)} + A \cdot (1 - e^{-(\tau - td/t)})$$

Onde:

VO₂(t) é o consumo de oxigênio no tempo t;

VO₂repouso é o consumo de oxigênio imediatamente antes do início do teste de carga constante;

A é a amplitude de aumento do consumo de oxigênio (VO₂-VO₂repouso);

td (tempo de atraso) é a diferença de tempo entre o início do exercício e o valor de t quando y é igual a zero; e

τ (Tau) é a constante de tempo estimada (Barstow e Mole, 1991).

A curva do VO_2 durante o exercício por meio de componentes exponenciais pode ter um comportamento mono-exponencial, biexponencial ou triexponencial, a depender da intensidade do esforço físico e do nível de treinamento do praticante (Junior 2012), sendo essa crescente resposta exponencial do VO_2 durante o exercício dividida em: fase 1 ou cardiodinâmica, fase 2 ou componente primário (rápido) e fase 3 ou componente lento. A primeira, FASE I, ou componente cardiodinâmico, representado nos primeiros 15-25 segundos de exercício, representa o aumento da extração do O_2 alveolar pelo maior fluxo sanguíneo pulmonar, em função do aumento do débito cardíaco. A fase subsequente, FASE II, ou componente primário, reflete o aumento do metabolismo oxidativo muscular, resultado do aumento da extração de O_2 na mistura venosa. A última fase, FASE III, ocorre com a estabilidade no débito cardíaco e na extração de O_2 pelos músculos (Figura 6) (Caritá et al. 2014).

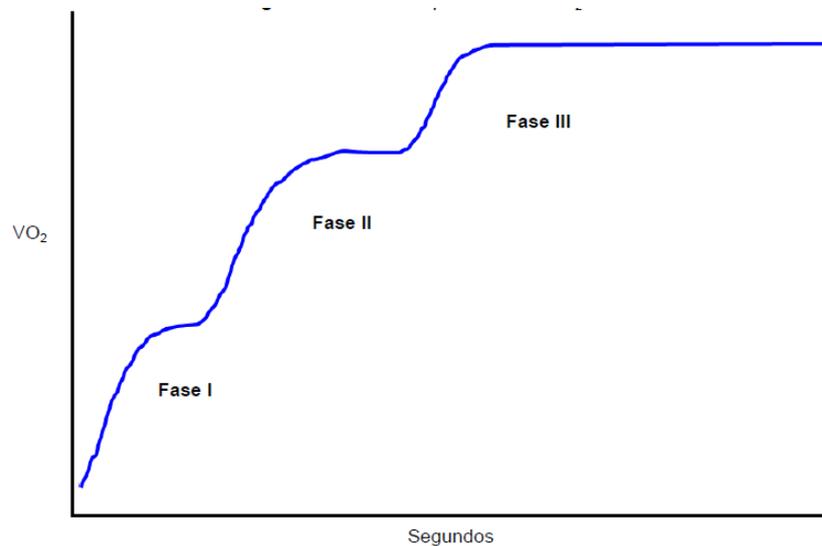


Figura 6: Curva triexponencial do VO_2 representando as três fases da cinética de oxigênio (Junior 2012).

A cinética da fase I resulta de fenômenos estruturais, e não necessariamente reflexo do consumo de O_2 muscular. Uma rápida cinética da fase I indicaria um aumento do débito cardíaco e do fluxo sanguíneo sistêmico, mas não necessariamente, um aumento do consumo de O_2 localizado. Sendo assim, a fase cardiodinâmica é considerada como uma parte do tempo

e não um padrão de resposta (Whipp et al. 2009), sendo geralmente excluída da análise da cinética de O_2 . Geralmente na fase 1, o aumento na resposta do VO_2 está relacionada principalmente com aumento da FC, com um maior fluxo sanguíneo nos músculos ocasionando maior resposta respiratória. É nesta fase que evidenciamos o primeiro tempo de atraso, ou seja, ocorre um rápido consumo de oxigênio dos pulmões e isto não é observado de maneira tão eficaz na musculatura. Nesse caso os pulmões não acompanham a necessidade de O_2 da musculatura envolvida na atividade física ocasionando um déficit de O_2 (Junior 2012).

Na fase II, a constante temporal (τ) na qual a resposta atinge o "alvo" está relacionada diretamente com o nível de resistência do indivíduo (Cerretelli et al. 1979), sendo possível detectar alterações existentes no que se refere ao transporte de O_2 para a periferia, ou seja, para utilização pelo músculo (Hughson 2009). Esta pode durar a partir de alguns segundos até uns poucos minutos. Nesta fase o VO_2 continua com um aumento exponencial não permitindo ao indivíduo um equilíbrio estável. Na fase 2 os músculos envolvidos no exercício utilizam uma maior quantidade de O_2 vindo dos pulmões, enquanto que os pulmões recebem uma maior quantidade de sangue venoso, contribuindo para uma menor participação de mioglobina, proteína que se liga ao O_2 e atua como reserva de O_2 para a musculatura envolvida ao exercício. Em ambas as fases (1 e 2) tem sido evidenciado uma maior participação do sistema creatinofosfato, seguido do glicolítico e em menor participação do metabolismo aeróbico (Junior 2012).

Nos protocolos de exercício com carga constante, realizados acima do LV (Figura 7), observa-se um custo adicional do consumo de oxigênio o que provoca um atraso para que esta variável atinja um novo estado estável, denominado componente lento (Fase III) do VO_2 (CL VO_2). No início do exercício, após a Fase 1, realizado em intensidade moderada, abaixo do LV, o VO_2 aumenta de acordo com um modelo mono-exponencial (Fase 2) até atingir um novo estado estável (Fase 3) por volta do terceiro minuto do exercício. Entretanto, em exercícios realizados acima do LV, com alta intensidade, o componente primário da cinética do VO_2 é suplementado por um adicional componente lento o qual causa aumento no VO_2 e conseqüentemente atraso e aumento do estado estável, atingindo valores de consumo máximo de oxigênio (Figura 5) (Denadai e Caputo, 2003; Machado et al. 2006; Santanta et al. 2007; Ozyener et al. 2011; Jones et al. 2011).

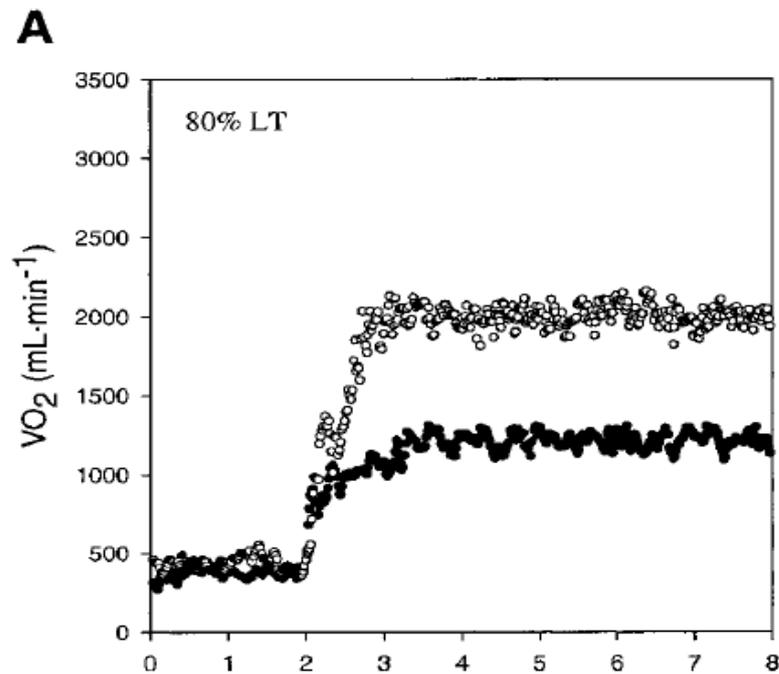


Figura 7: Curva da Cinética de VO_2 em Testes de Carga Constante realizado a 80% do Limiar anaeróbico em esteira (círculo aberto) e bicicleta ergométrica (círculo fechado) em saudáveis. (Carter et al. 2000).

A compreensão e determinação do $CLVO_2$ é bastante importante na prescrição do exercício. A tolerância máxima ao esforço, realizado acima da fase estável (Fase 3 – 80 a 85% do VO_{2max}) pode ser dependente do comportamento do componente lento, o que se torna importante para a prescrição dos exercícios uma vez que a melhora da aptidão aeróbia depende da utilização de intensidades de exercício (>80 a 85% do $VO_{2máximo}$) em que o $CLVO_2$ pode estar presente (Neder et al. 2003; Santana et al. 2007). Desse modo, a análise do $CLVO_2$ é de fundamental importância para uma avaliação metabólica mais completa, da eficiência muscular e da tolerância ao exercício (Jones et al. 2011).

2 JUSTIFICATIVA

No que se refere a indivíduos acima do peso, são escassos os estudos que avaliam qual protocolo e ergômetro melhor expressa o desempenho cardiorrespiratório e metabólico dos indivíduos obesos, promovendo um maior desgaste físico, além daquele que possui maior aceitação e facilidade de realização para esta população. A escolha correta do protocolo de TECP e o ergômetro utilizado para o teste podem interferir na duração do mesmo e nas respostas cardiopulmonares e metabólicas encontradas ao final do exame. Dessa forma, poucos são os estudos que mostram a melhor forma de realização do TECP voltados para esta população.

Aquele que irá favorecer a avaliação da capacidade cardiorrespiratória desses indivíduos, contribuindo assim para um melhor diagnóstico e prescrição de exercícios para os obesos adultos. Além disso, o comportamento das variáveis obtidas em testes de carga constante, com intensidades submáximas, podem nos fornecer novas informações acerca da aptidão física desses sujeitos. A cinética do consumo de oxigênio e da ventilação pode portanto, ampliar informações pertinentes à capacidade de adaptação do indivíduo frente ao exercício físico. Assim, o presente trabalho pretende contribuir para elucidar os questionamentos existentes no que diz respeito a avaliação da capacidade funcional de indivíduos obesos utilizando o TECP, bem como inferir qual dos ergômetros torna-se mais aceito por obesos em programas de perda de peso. Ademais, buscamos avaliar o processo de transição repouso-atividade através na análise da cinética de oxigênio e da ventilação utilizando diferentes modalidades de exercício e diferentes intensidades de esforço.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar e comparar o desempenho cardiorrespiratório, metabólico, da cinética de oxigênio e da ventilação de mulheres obesas mórbidas durante testes de esforço cardiopulmonar utilizando esteira convencional e bicicleta ergométrica por meio de protocolos incrementais de rampa e de carga constante em duas diferentes intensidades, bem como as medidas subjetivas de percepção de esforço durante os testes.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Artigo 1: Influência do tipo e da intensidade do exercício na curva da cinética de oxigênio e da ventilação de mulheres obesas

Artigo 2: Protocolo de rampa em obesas: diferenças cardiopulmonares e metabólicas encontradas em esteira e bicicleta ergométrica

4 HIPÓTESES

Diante dos argumentos apontados, hipotetizamos, que para os testes incrementais utilizando protocolo de rampa, as obesas irão apresentar uma maior dificuldade de execução nos testes realizados em esteira ergométrica, levando a uma interrupção mais precoce do teste neste tipo de ergômetro.

Para os testes de carga constante, hipotetizamos que tanto para análise da cinética de oxigênio, quanto da ventilação, respostas mais lentificadas serão encontradas nos testes realizados na bicicleta com uma intensidade infra limiar e um adicional componente de oxigênio e da ventilação serão necessários para as obesas finalizarem os testes utilizando a esteira ergométrica com intensidade supra limiar.

5 MATERIAIS E MÉTODO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo trata-se de uma pesquisa observacional, transversal e prospectiva. Foi avaliado o desempenho cardiorrespiratório, metabólico e *performance* física de obesas durante protocolo incremental de rampa em teste cardiopulmonar de exercício utilizando esteira convencional e bicicleta ergométrica e posterior análise da curva da cinética de oxigênio e da ventilação utilizando protocolo de carga constante realizado em bicicleta ou esteira em duas diferentes intensidades de esforço.

O estudo foi realizado no Hospital Universitário Onofre Lopes (HUOL), no Setor de Reabilitação Cardíaca – CORE UFRN/HUOL (figura 8), na cidade de Natal/RN, no período de março de 2016 até abril de 2017 e foi submetido à avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) local (nº cep 1.255.726 – ANEXO B). Antes do início do protocolo de avaliação, os sujeitos foram devidamente esclarecidos acerca dos procedimentos da pesquisa e orientados a assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice A), conforme normatização vigente (Resolução nº 466/12- CNS) quando aceitassem participar do estudo em questão.

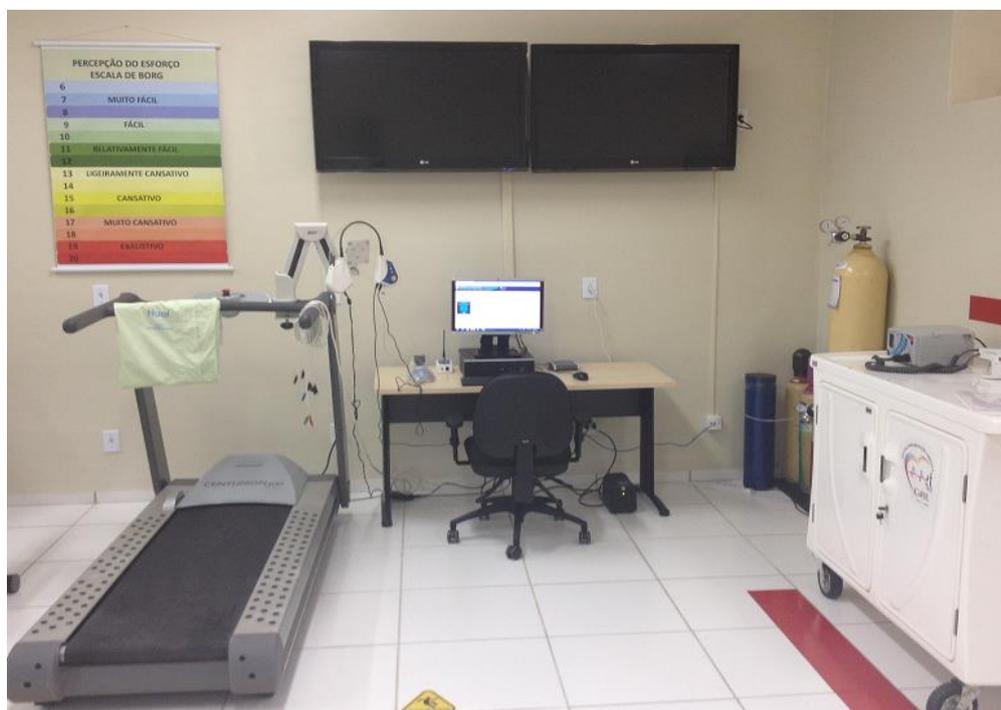


Figura 8: Unidade de Reabilitação Cardíaca – CORE UFRN/HUOL, Fonte: Setor de Reabilitação Cardíaca – CORE UFRN/HUOL

Os pacientes foram convidados para o estudo através do Serviço de Cirurgia da Obesidade e Doenças Relacionadas (SCODE) do HUOL e da UFRN. A população fonte do estudo foi dos indivíduos que faziam parte da lista de espera do programa de tratamento da obesidade, sendo a amostra do estudo retirada do grupo de preparo de tal programa. À medida que os sujeitos realizavam suas consultas de rotina no programa com uma equipe multiprofissional, estes eram convidados a participar da pesquisa (ver fluxograma de recrutamento a seguir).

5.2 INSTRUMENTAÇÃO

Para coleta do dados da prova de função pulmonar (Espirometria) e obtenção de todas as variáveis de interesse foi utilizado o Espirômetro DATOSPIR 120 (Siblemed, Barcelona, Espanha).

Para a análise dos gases respiratórios, durante o Teste de Esforço Cardiopulmonar incremental e com carga constante foi utilizado um analisador de gases respiratórios, o Cortex Biophysik GmbH, Metamax 3BTM (Figura 8 e 9), além do Ergo PC Elite (Leipzig, Alemanha).

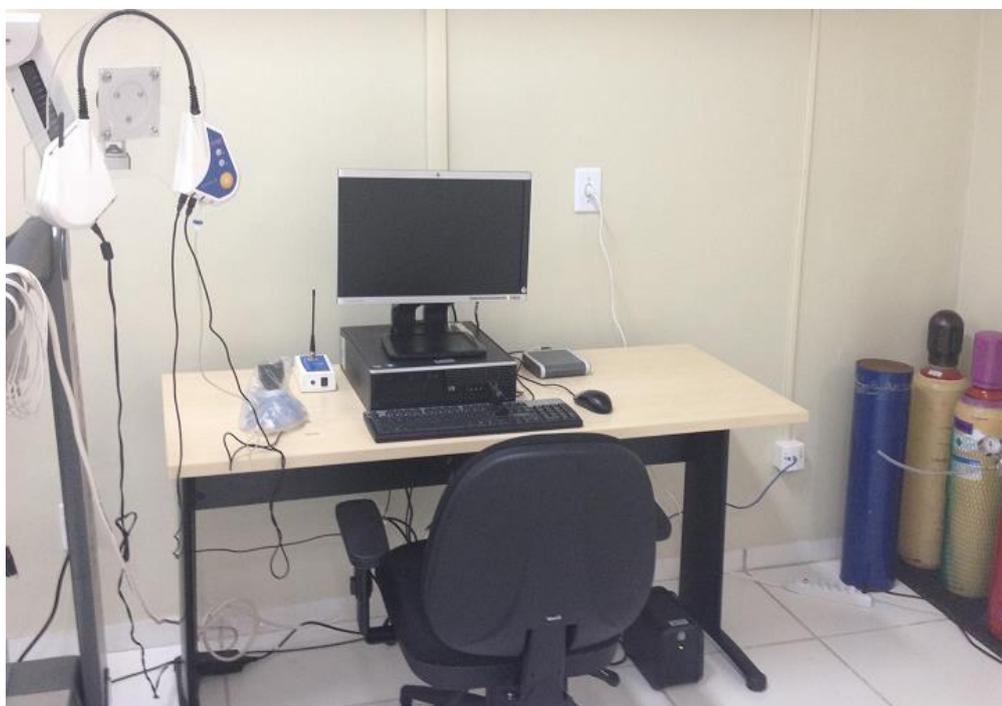


Figura 9: Sistema de análise de gases *MetaSoft Cortex Biophysik Metamax 3B*, Fonte: Setor de Reabilitação Cardíaca – CORE UFRN/HUOL

5.3 CÁLCULO AMOSTRAL

A amostra do estudo foi resultante de um processo de amostragem do tipo probabilístico. O cálculo do número amostral foi realizado por meio da seguinte fórmula proposta por Miot (2011):

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \delta}{E} \right)^2$$

Onde:

n - tamanho da amostra (por grupo); $Z_{\alpha/2}$ - valor crítico para o grau de confiança desejado, comumente de 1.96 (95%); δ - desvio padrão populacional da variável; E - erro padrão, usualmente: 5% da proporção dos casos (precisão absoluta) ou $\pm 5\%$ da média (1.05 x média).

Para o artigo 1 (cinética de O_2 e da ventilação) a realização do cálculo amostral foi utilizada a principal variável de desfecho da cinética do VO_2 , o τ obtido no estudo piloto, realizado com 6 obesas, sendo três submetidas a teste incremental e constante na esteira (GE), e três com testes realizados em bicicleta (GB). Foram obtidas a seguinte média e desvio-padrão para a variável em análise: $OB_{Esteira}=41,1\pm 13,1$ segundos e $(OB_{Bike})=35,9\pm 12,3$ segundos. Adotou-se nível de significância de 0,05 e erro máximo de estimativa de 20%. Verificou-se, então, que o menor número necessário para se detectar a diferença esperada seriam 12 indivíduos por grupo, com um acréscimo de 20% referente a possíveis perdas amostrais. Desse modo, o n do estudo foi de 15 indivíduos por grupo, sendo o n final do estudo de 30 participantes.

Para o artigo 2 (Protocolo de Rampa em esteira e bicicleta) a realização do cálculo amostral foi utilizada a variável de desfecho-primário “consumo de oxigênio no pico de atividade - VO_{2PICO} (ml/kg/min)” obtida através do TECP realizado com adolescentes obesas em estudo de Loftin et al. (2005) conduzido com obesas em teste realizado em bicicleta ergométrica (IMC= 41.2 ± 9.2 Kg/m²), onde obtiveram respectivamente, a seguinte média e desvio-padrão para a variável em análise: 22.0 ± 5.3 ml/kg/min. Foi considerado o valor de $\alpha=0.05$ e $\beta=0.20$. Sendo assim, o tamanho da amostra (n) foi de 19 participantes por grupo, com

um acréscimo de 5% referente a possíveis perdas amostrais. Desse modo, o n do estudo foi de 20 indivíduos por grupo, sendo o n final do estudo de 40 participantes.

5.4 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Foram incluídos no estudo indivíduos do sexo feminino (uma vez que a lista de espera da obesidade é formada na sua grande parte por mulheres e para que não haja contaminação dos dados e viés decorrente do baixo número de pacientes do sexo masculino) com, ficha de avaliação fisioterapêutica pré-operatória concluída; obesidade grau II e III (IMC ≥ 35 e ≤ 60 Kg/m²); idade superior e/ou igual a 18 anos e inferior e/ou igual a 45 anos; indivíduos sedentários ou ativos; sem déficit no aparelho locomotor e/ou alterações do equilíbrio relatado ou detectado no exame físico inicial, sem alterações da função cardíaca (liberados pelo médico cardiologista, mediante atestado para realização de exercício físico), e aceitação e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. A exclusão foi determinada quando: os indivíduos solicitaram sair do estudo; não realizaram adequadamente as provas ventilatórias, função espirométrica não preservada pela relação $VEF_1/CVF < 0,70$ e quando limitações osteomioarticulares ou dor impossibilitaram a realização dos testes.

5.5 ALOCAÇÃO DOS SUJEITOS

A alocação dos sujeitos da pesquisa foi feita através de randomização por meio do site www.randomization.com e os mesmos foram alocados em 2 diferentes grupos (ver fluxograma a seguir) para realização do TECP, sendo eles:

GRUPO 1 – Protocolo incremental de rampa em bicicleta ergométrica com os incrementos de carga em watts sendo realizados a cada 15 segundos, a fim de atingir os valores de VO_2 preditos baseados na equação de referência de Wasserman et al. 2005. Os pacientes foram orientados a manutenção da cadência por volta de 50-60rpm.

GRUPO 2 – Protocolo incremental de rampa realizado em esteira ergométrica, (controle automático de incrementos dados pelo software), levando em consideração para o incremento do protocolo o consumo de oxigênio máximo ($VO_{2MÁX}$) paciente/predito (Tabela 1).

Os sujeitos do grupo 1 e grupo 2 (incremental de rampa em bicicleta e em esteira), após um repouso mínimo de 7 dias realizaram dois protocolos de teste de carga constante (em bicicleta ou esteira, a depender da alocação do sujeito para o teste incremental) com duas intensidades distintas. O primeiro teste foi realizado com uma intensidade de 25% abaixo do LV ($LV < 25\%$) e após descanso de 30 minutos um segundo teste foi realizado com uma carga de 25% acima do LV ($LV > 25\%$).

Tabela 1: Protocolo de Rampa (esteira)

Adultos	Feminino				Masculino			
	Vel. Inicial	Km/h 10min	Incl.% Inicial	Incl.% 10min	Vel. Inicial	Km/h 10min	Incl.% Inicial	Incl.% 10min
20-24	3,5	7,0	4,0	14,0	4,5	9,5	5,0	15,0
25-29	3,5	7,0	4,0	14,0	4,5	9,0	5,0	15,0
30-34	3,5	7,0	4,0	14,0	4,0	8,5	5,0	15,0
35-39	3,0	7,0	4,0	14,0	4,0	8,0	5,0	15,0
40-44	3,0	6,5	4,0	14,0	4,0	8,0	5,0	15,0
45-49	3,0	6,5	4,0	14,0	3,5	7,5	5,0	15,0
50-54	3,0	6,0	4,0	14,0	3,5	7,5	5,0	15,0
55-59	3,0	6,0	4,0	14,0	,5	7,0	5,0	15,0

Fonte: Software Ergo Pc Elite.

5.6 PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO

Todas as avaliações foram realizadas por profissionais capacitados, fisioterapeutas, treinados de maneira padronizada com os equipamentos utilizados durante o protocolo em conjunto com um médico cardiologista. O fluxograma 1 sumariza a estratégia e sequência de coleta de dados, composta por:

- a) **Avaliação Clínica e Antropométrica** - Em um primeiro momento (DIA 1), os pacientes realizaram, no Hospital Universitário Onofre Lopes - HUOL (Setor de Reabilitação Cardíaca – CORE) a avaliação clínica e antropométrica pré-operatória para triagem. Estes responderam a uma ficha de avaliação, desenvolvida, e já em uso pela equipe de fisioterapia responsável pela avaliação pré-operatória do grupo de preparo de Cirurgia da Obesidade e Doenças Relacionadas (SCODE) do referido hospital (APÊNDICE B) que consta das seguintes informações: Identificação (sexo, idade, data de nascimento, escolaridade, estado civil, profissão), antecedentes patológicos e

familiares (Hipertensão, Diabetes, Doenças cardiovasculares, Dislipidemias, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica - DPOC, Câncer, Acidente Vascular Encefálico - AVE, Artrite, Artrose), hábitos de vida (sedentarismo, etilismo, fumo) e do sono (sonolência, roncos), quadro álgico, medicação em uso, cirurgias anteriores, informações do ciclo menstrual (para mulheres). Além disso, foram verificadas as medidas antropométricas de adiposidade geral (peso kg, altura m, cálculo do IMC e % do IAC) e periférica (CP, CC e CQ, por meio de fita métrica de 2 metros) para quantificação da adiposidade central e periférica (RCQ – relação cintura-quadril). O cálculo do IMC foi obtido através da razão entre o peso e o quadrado da altura (kg/m^2). A obesidade dos sujeitos foi classificada de acordo com o IMC da seguinte forma: IMC entre 18,5 – 24,99 kg/m^2 = eutróficos, IMC entre 25,0 – 29,99 kg/m^2 = sobrepeso, IMC entre 30,0 – 34,99 kg/m^2 = obesidade grau I, IMC entre 35,0 – 39,99 kg/m^2 = grau II e IMC $\geq 40,0\text{kg}/\text{m}^2$ = obesos grau III ou mórbidos. Através da medida da circunferência do quadril e da estatura do sujeito, foi feita a análise do IAC ($(\text{CQ})/(\text{altura})^{1,5}$ -18) que para Bergman et al. (2011) reflete a medida da quantidade de gordura corporal, relacionada diretamente com o percentual de adiposidade. Através das medidas de circunferências da cintura (CC) e de quadril (CQ), também foi observada a relação cintura-quadril (RCQ). Valores de RCQ $\geq 0,90$ em homens e $\geq 0,85$ em mulheres indicam uma distribuição de gordura corporal predominantemente abdominal, valores abaixo destes refletem uma distribuição de gordura corporal periférica. As medidas foram tomadas conforme a recomendação da OMS, (WHO 2013) para classificação da obesidade.

- b) Avaliação da Função Pulmonar** – Neste mesmo momento (DIA 1), foi realizada a avaliação respiratória completa, constando de **espirometria** (DATOSPIR 120 - Siblemed, Barcelona, Espanha) para medição de parâmetros como a capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1), pico de fluxo expiratório (PFE) e a ventilação voluntária máxima (VVM). Os testes foram realizados conforme o padrão de aceitação e reprodutibilidade orientados por Pereira et al. (2008). Os sujeitos foram orientados quanto à alimentação (não realizar refeições pesadas, não ingerir chá ou café preto seis horas antes do teste, não fumar ou ingerir álcool 2 horas antes do teste) antes da realização do teste e durante o mesmo. Todos utilizaram cliques nasais e bocais descartáveis, adotaram postura sentada, confortavelmente, com coluna ereta e cabeça em posição neutra. Antes do início do teste, os pacientes foram questionados quanto a presença de alterações respiratórias (gripe, resfriado, pneumonia)

nas últimas 3 semanas. As medidas da avaliação respiratória foram tomadas para caracterizar uma amostra saudável do ponto de vista espirométrico e para a comparação de algumas variáveis respiratórias de interesse na comparação com as medidas cardiovasculares, além de certificar que os critérios de inclusão foram respeitados. Para adoção das variáveis de interesse (CVF, VEF₁, PFE, VVM) foram realizados um mínimo de 3 e um máximo de 8 manobras. Foram considerados os três melhores valores encontrados, adotando-se uma variabilidade de 10% entre as provas e o maior valor observado selecionado.

- c) **Teste de Esforço Cardiopulmonar Máximo** - Em um segundo momento (DIA 2), foi realizado o teste considerado padrão ouro de teste de avaliação cardiopulmonar, no Hospital Universitário - HUOL (Setor de Reabilitação Cardíaca - CORE), os pacientes realizaram o teste cardiopulmonar de esforço máximo (Figura 10), ou teste ergoespirométrico, com um analisador de gases por sistema de telemetria (modelo MetaSoft Cortex Biophysik, Metamax 3B, Alemanha) em esteira ergométrica convencional (Micromed Centurium 300) ou bicicleta ergométrica (Lode/Corival), a depender da alocação dos sujeitos. O teste seguiu a normatização de segurança, monitoração, realização e interpretação dos dados preconizados pela ATS (2003) e para realização do teste cardiopulmonar de exercício e os sujeitos foram orientados antes do teste quanto a alimentação adequada para o dia da prova e a vestimenta ideal. O protocolo utilizado foi: protocolo incremental de Rampa em bicicleta (grupo 1) ou protocolo incremental de rampa em esteira (grupo 2). Para os testes realizados em bicicleta a altura do banco e posição do guidão foram ajustados de acordo com cada paciente. Os testes tiveram duração média de 8 a 12 minutos até o limite tolerável pelo paciente. Um sistema de telemetria (Córtex Metamax 3B) foi acoplado ao paciente (com máscara oronasal) para a tomada dos gases metabólicos e respiratórios expirados durante o teste respiração-respiração. Foram coletadas variáveis de interesse (Apêndice C) para monitorar a capacidade funcional máxima dos obesos: variáveis metabólicas (VO₂ e VCO₂ produzidos na atividade e VO₂ esforço dependente ou pico) e respiratórias (ventilação minuto - VE; equivalentes respiratórios de oxigênio- VE/VO₂ e de dióxido de carbono -VE/VCO₂; razão de troca respiratória- RER) e cardíacas (FC e Pulso de O₂). A análise da percepção subjetiva de esforço (Figura 11) foi utilizada antes, durante e depois do teste (Borg. 6-20 – Anexo A). Durante o teste também foram monitoradas as

variáveis cardíacas (pressão arterial - PA, frequência cardíaca - FC e traçado eletrocardiográfico - ECG). Os critérios para interrupção dos testes foram rigorosamente seguidos de acordo com a padronização da ATS (2003).



Figura 10: Teste Cardiopulmonar realizado em esteira. Fonte: Setor de Reabilitação Cardíaca – CORE URFN/HUOL



Figura 11: Escala de percepção subjetiva de esforço indicada durante Teste Cardiopulmonar realizado em bicicleta com paciente eutrófica. Fonte: Setor de Reabilitação Cardíaca – CORE URFN/HUOL

d) Teste de Esforço Cardiopulmonar com carga constante (bicicleta e esteira) – Os pacientes alocados no grupo 1 e grupo 2, após um período de repouso de 7 dias, realizaram em um quarto e último momento (DIA 3), também no Hospital Universitário - HUOL (Setor de Reabilitação Cardíaca - CORE) o teste de esforço com carga constante, também com um analisador de gases (modelo MetaSoft Cortex Biophysik, Metamax 3B, Alemanha) em bicicleta ou esteira (a depender do grupo de alocação do TECP). O teste seguiu a normatização de segurança, monitoração, realização e interpretação dos dados preconizados pela ATS (2003) e os sujeitos foram orientados antes do teste quanto a alimentação adequada para o dia da prova e a vestimenta ideal. Para o teste em Bicicleta (Lode/Corival), foi realizado protocolo de carga constante (Machado et al. 2006) e as obesas realizaram um aquecimento inicial de 3 minutos pedalando sem carga com manutenção da cadência em torno de 50-60rpm. Para os testes realizados em esteira a velocidade foi mantida em 2km/hr e 0% de inclinação também por 3 minutos. Após este tempo, permaneceram em repouso por um período de 5 minutos para monitoração de todas as variáveis de interesse no repouso. Após o repouso, realizaram um exercício com carga constante com intensidade 25% abaixo do VO_2 obtido no LV por 6 minutos. Ao final dos 6 minutos, os sujeitos interromperam a cadência da bicicleta e a velocidade e inclinação no caso da esteira e permaneceram em recuperação passiva por 5 minutos. Após um descanso de 30 minutos para retorno aos valores basais, o indivíduo realizou novo teste de carga constante, seguindo o mesmo protocolo (aquecimento, repouso, treino e recuperação passiva), entretanto com uma diferente intensidade. O segundo teste de carga constante, seguiu o mesmo protocolo do anterior, entretanto foi realizado em uma intensidade de 25% acima do VO_2 obtido no LV até sua exaustão, não ultrapassando os 6 minutos de teste. O sistema de análise de gases foi acoplado ao paciente (com máscara oronasal) para a tomada dos gases metabólicos e respiratórios expirados durante o teste respiração-respiração. Foram coletadas todas as variáveis de interesse para monitorar a capacidade funcional máxima, a percepção subjetiva de esforço, e as variáveis cardíacas dos obesos já citadas anteriormente em teste cardiopulmonar de esforço máximo. Os critérios para interrupção dos testes foram rigorosamente seguidos de acordo com a padronização da ATS (2003).

Para medição dos valores preditos de VO₂ (Pico, Limiar) e VE, foram utilizadas as equações propostas por Wasserman et al. (2005) e Neder et al. (2001), determinando o percentual previsto para cada obesa durante os testes (Quadro 2 e 3).

a) Wasserman et al, (2005):
<i>Mulheres Sedentárias:</i>
1 - Calcular fator Bicicleta = $22,17 - 0,17 \times \text{idade}$
2 - Calcular peso predito (kg) = $0,65 \times \text{altura(cm)} - 42,8$
3A- Calcular VO ₂ se peso Normal (ml/min) = (peso real + 43) x fator bicicleta
3B- Calcular VO ₂ se acima do ideal (ml/min) = (peso normal + 43) x fator bicicleta) + 6 x (peso real - peso normal)
3C- Calcular VO ₂ se abaixo do peso (ml/min) = $[(\text{peso normal} + \text{peso real} + 86/2)]$ x fator bicicleta
4- se usar esteira em vez de bicicleta = multiplicar VO ₂ predito por 1,11

Quadro 2: Cálculo para medição dos valores de referência do VO₂ de acordo com Wasserman et al. (2005).

b) Neder et al, (2001)
<i>Mulheres:</i>
VO ₂ pico = $-13,7 \times \text{idade} + 7,5 \times \text{peso} + 7,4 \times \text{altura(cm)} + 372$
VO ₂ LA = $-3,011 \times \text{idade} + 5,654 \times \text{peso} + 519$
VE = $-0,55 \times \text{idade} + 0,58 \times \text{altura(cm)} - 1$
Pulso O ₂ = $-0,04 \times \text{idade} + 0,08 \times \text{peso} + 5,1$

Quadro 3: Fórmulas para medição dos valores de referência do VO₂ pico e LV, VE e pulso de oxigênio de acordo com Neder et al. (2011).

Durante a realização da pesquisa a previsão de riscos para o paciente foi mínima, ou seja, o risco que este correu foi semelhante àquele sentido em um exame físico ou psicológico de rotina. Dentre eles temos: riscos inerentes à atividade física como falta de ar leve

e fadiga(cansaço), tontura ou queda da pressão arterial. Contudo, para minimizar esses riscos o exercício proposto ocorreu dentro dos critérios de segurança previstos pela fisiologia respiratória e o paciente teve seu traçado cardíaco (ECG) e gases ventilatórios monitorados durante realização dos testes e após o mesmo até a recuperação dos seus sinais vitais para os valores basais. Nenhuma intercorrência ocorreu durante os testes.

Como benefícios ao participar da pesquisa, os participantes puderam ter: Informações sobre a doença, orientações pré-operatórias sobre a cirurgia da obesidade, laudo completo da sua função cardiopulmonar e desempenho físico que ajudará na prescrição de exercícios para sua rotina de atividades físicas.

5.7 DETERMINAÇÃO DO VO_2 E DO LV

Ao final do TECP, um consenso entre 2 ou 3 avaliadores foi tomado para definição da capacidade aeróbica máxima (VO_{2max} ou VO_{2PICO}) e do LV. O VO_2 esforço dependente ou pico refere o maior pico encontrado na curva durante a realização do teste (com a média dos últimos 30 segundos). Caso durante a realização do teste a curva do VO_2 apresentasse formação de um platô, este foi definido como sendo o VO_{2max} . Para determinação do VO_{2max} ou pico foi considerado pelo menos dois dos seguintes critérios: exaustão ou inabilidade para manter a velocidade requerida, $RER > 1,0$, FC_{max} predita atingida e/ou VO_{2max} predito atingido.

O LV foi determinado pela análise gráfica usando o método ventilatório através da análise das curvas de VO_2 e VCO_2 , equivalentes ventilatórios e curvas de fração expirada de oxigênio - $PetO_2$ e fração expirada de dióxido de carbono - $PetCO_2$ e foi também confirmado pelo método V-Slope quando necessário. O LV observado através das curvas do VO_2 e VCO_2 foi definido como o ponto em que se observou a perda da linearidade da curva de VCO_2 , quando o VCO_2 aumentou mais rapidamente que o consumo de O_2 . Pela análise realizada através das curvas dos equivalentes ventilatórios o LV foi definido como o ponto da curva onde o VE/VCO_2 mantém-se constante e o VE/VO_2 diminui antes do seu ponto de incremento.

5.8 ANÁLISE DA CINÉTICA DO OXIGÊNIO E VENTILAÇÃO

Para as transições entre cada etapa do exercício os dados de VO_2 e VE (respiração-respiração) foram linearmente interpolados para obter valores com intervalos de 1 segundo. Técnicas de regressão não linear foram utilizadas para ajustar os dados de VO_2 após o início do exercício com uma função mono ou bi exponencial. O modelo matemático foi constituído de

três termos, cada um representando uma fase da resposta da cinética da curva do VO_2 (Whipp et al. 1982)

A primeira fase do exercício iniciou-se logo após o início da atividade (tempo=0) e as outras fases iniciaram-se após tempos de atraso independentes.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{VO_2(t)} &= \mathbf{VO_2base} + \mathbf{A0} \times (\mathbf{1 - e^{-t/\tau_0}}) \\
 &\quad (\text{Fase 1 - componente cardiodinâmico}) \\
 &+ \mathbf{A1} \times (\mathbf{1 - e^{-(t - TA1)/\tau_1}}) \\
 &\quad (\text{Fase 2 - componente primário}) \\
 &+ \mathbf{A2} \times (\mathbf{1 - e^{-(t - TA2)/\tau_2}}) \\
 &\quad (\text{Fase 3 - componente lento})
 \end{aligned}$$

Onde: $VO_2(t)$ = consumo de oxigênio do tempo t ; VO_2base = consumo de oxigênio no início do teste; $A0$, $A1$ e $A2$ são as amplitudes assintóticas para os três termos exponenciais; τ_0 , τ_1 e τ_2 são as constantes de tempo; $TA1$ e $TA2$ são os tempos de atraso. O termo da fase 1 terminou no início da fase 2 (i.e., no $TA1$) e foi apontado o valor para o tempo ($A'0$).

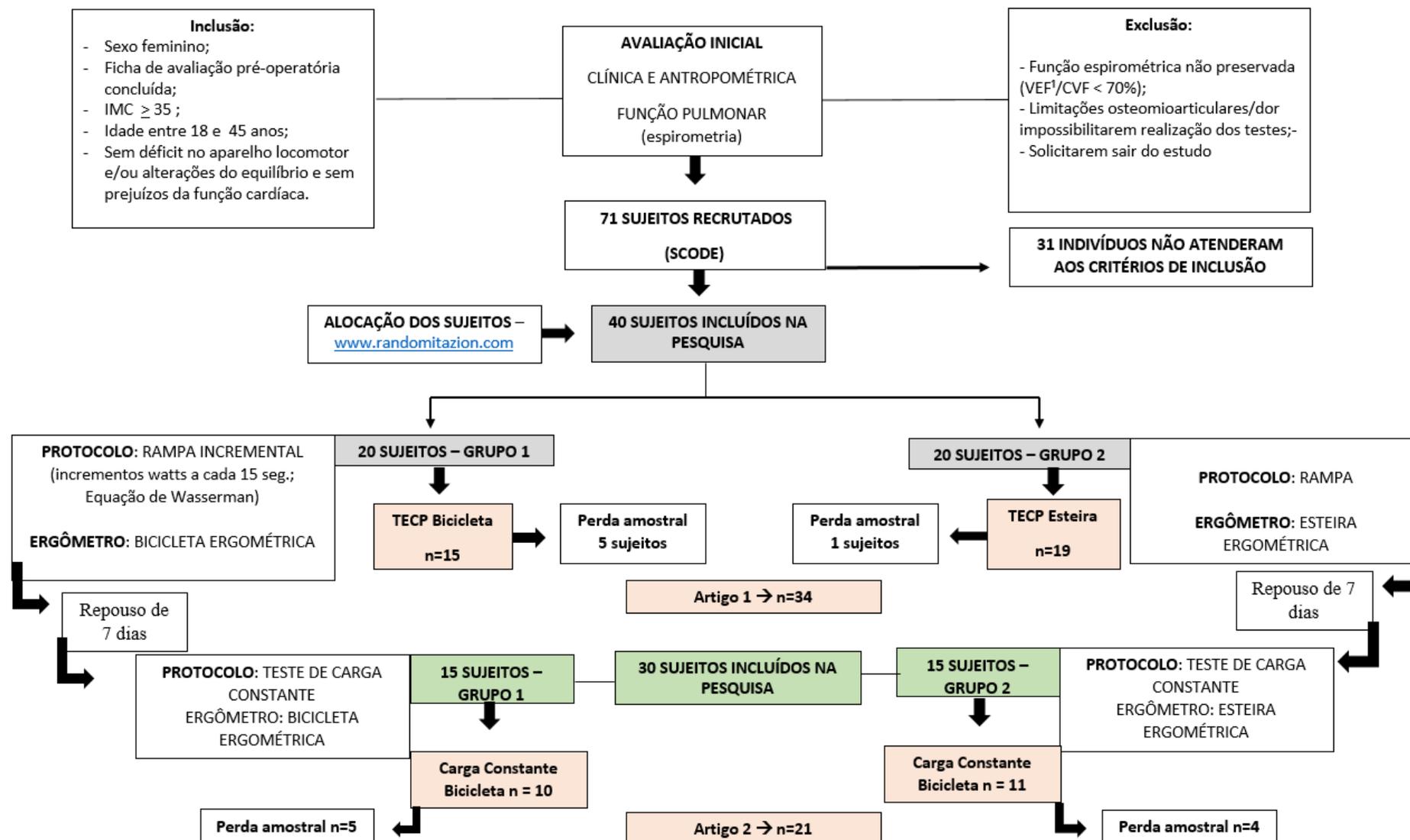
$$\mathbf{A'0} = \mathbf{A0} \times (\mathbf{1 - e^{-\frac{TA1}{\tau_0}}})$$

O VO_2 no final da fase 1 ($A'0$) e a amplitude da fase 2 ($A1$) foram somadas para calcular a amplitude da fase 2 ($A'1$). A amplitude do componente lento foi determinada como o aumento do VO_2 do $TA2$ até o final do exercício ($A'2$), ao invés do valor assintótico ($A2$), pois este apresenta frequentemente valores acima dos limites fisiológicos. O componente lento foi calculado também em valores relativos.

$$\mathbf{A'2\ relativo} = \mathbf{A'1} \times \frac{\mathbf{2}}{\mathbf{A1 + A'2}} \times \mathbf{100}$$

Uma mensuração adicional para obtenção de outros valores referentes ao componente lento foi realizada considerando a diferença do VO_2 entre os valores do sexto (valor médio entre 5,75 e 6,0min) e terceiro minuto de exercício (valor médio entre 2,75 e 3,0min de exercício) (ΔVO_2 6-3min).

5.9 FLUXOGRAMA DE AVALIAÇÃO E RECRUTAMENTOS



6. ESTRATÉGIA ESTATÍSTICA

As variáveis de interesse obtidas em todos os testes de esforço cardiopulmonar máximo e de carga constante, as medidas de antropometria e espirometria foram testadas quanto a sua distribuição normal através do Teste de Normalidade dos dados Kolmogorov-Smirnov. A normalidade foi confirmada para todas as variáveis de interesse analisadas e estas foram apresentadas em análise descritiva, apresentando os dados em medidas de tendência central (média) e de dispersão, desvio padrão (DP) e intervalo de confiança (IC).

Para testar a associação entre o conjunto de medidas de desempenho cardiovascular, cinética de oxigênio e ventilação e curva de eficiência do consumo de oxigênio (VO_2 , VE, RER, VE/ VCO_2 , FC, τ , OUES), com medidas antropométricas (Peso, IMC, IAC, RCQ, CC, CQ, CP), espirométricas (CVF%, VEF¹%, PFE, VVM, VRE) e de percepção de esforço, foi utilizado o teste de correlação de Pearson. Coeficiente de Correlação de Pearson também foi calculado para testar a possibilidade e magnitude de associação entre a cinética de O_2 e de VE (τ) com as variáveis ventilatórias e metabólicas do TECP.

Para testar a diferença entre as médias das medidas de desempenho cardiopulmonar e metabólico, cinética de O_2 e de VE entre os grupos do teste de esforço máximo e com carga constante realizado em esteira e bicicleta foi utilizado Teste t de Student. As correlações estaticamente significativas foram colocadas em um modelo de regressão linear para análise da influência de fatores antropométricos e respiratórios com a resposta do desempenho cardiopulmonar e metabólico, cinética de O_2 e de VE os testes.

Para todas as análises foi atribuído um valor de 5% para testar as hipóteses através do software Statistic 10.0 (StatSoft, USA) e para análise da cinética de oxigênio foi utilizado o software Sigma Plot versão 11.0.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e a discussão da pesquisa serão descritas na forma de dois artigos científicos produzidos nesta tese. O primeiro artigo intitulado “Influence of intensity and type of exercise on the oxygen and ventilatory kinetics curve in severely obese woman” foi submetido ao Periódico “European Journal of Applied Physiology”, Qualis A1, na área 21 da CAPES. O segundo artigo intitulado “Protocolo de rampa em obesas: diferenças cardiopulmonares e metabólicas encontradas em esteira e bicicleta ergométrica” será submetido ao periódico “Journal of Sports Science and Medicine”, Qualis A2, na área 21 da CAPES.

Os artigos estão apresentados conforme as normas e diretrizes de submissão de cada periódico.

7.1 ARTIGO 1

INFLUENCE OF INTENSITY AND TYPE OF EXERCISE ON THE OXYGEN AND VENTILATORY KINETICS CURVE IN SEVERELY OBESE WOMAN

Nicole Oliver – Physical Therapy Postgraduate Program, Federal University Rio Grande Norte. R. Costa Bela Vista, 72, Cabedelo, PB, Brazil. CEP: 58101-810. ORCID: 0000-0003-0546-6152

Renata Carlos – Physical Therapy Postgraduate Program, Federal University Rio Grande Norte. R. Barão de Lucena, 62, Pitimbu, Natal, RN, Brazil. ORCID: 0000-0003-0384-2927

Tatiana Onofre – Federal University of Amapá. Rod. Juscelino Kubitscheck, km-02, Jardim Marco Zero, Macapá, AC, Brazil. CEP:68.903-419. ORCID:0000-0003-4985-1466

Davi Fialho – Physical Therapy Postgraduate Program, Federal University Rio Grande Norte. R. Professor Emídio Cardoso, 2961, Bloco E, Apt 304, Capim Macio. Natal, RN, Brazil. ORCID: 0000-0002-1604-6009

Suzanny Laís da Silva– Federal University Rio Grande Norte. R. Minas Gerais, 244B, Neópolis. Natal, RN, Brazil. ORCID: 0000-0002-4974-2959

Letícia França – Federal University Rio Grande Norte. R. Ismael Pereira da Silva, 1509. Capim Macio. Natal, RN, Brazil. ORCID: 0000-0003-3164-7432

Selma Bruno – Federal University Rio Grande Norte. R. Antônio Lopes Chaves, n° 626 – Casa 15, Nova Parnamirim, Natal. ORCID: 0000-0003-2911-7977

CORRESPONDING AUTHOR: Selma Bruno. Rua Antônio Lopes Chaves, n° 626 – Casa 15, Nova Parnamirim, Parnamirim, Rio Grande do Norte, Brasil. Email: selma.bruno@gmail.com and sbruno@ufrnet.br, phone: +55 84 3342 2022

Abstract

Objective: to determine the difference in oxygen uptake (VO_2) and ventilation (VE) kinetics of obese women during exercise constant during a treadmill or bike exercise below and above the ventilatory threshold (VT). We hypothesized that severely obese woman would show slower VO_2 in moderate to heavy activity according to with exercise. **Methods:** Thirty obese women were randomized into two groups (TG=treadmill group and BG=bicycle group). After assessing anthropometric and spirometric function was determined VO_2 and VT from a clinical cardiopulmonary exercise test (CPX) in cycling or running exercise and constant load tests (Ct) at the intensity of $25\% < \text{VT}$ (Ct1) and $25\% > \text{VT}$ (Ct2), on the treadmill or bicycle. A breath-by-breath analyzer was used. VO_2 and VE kinetics were calculated from modeled non-linear or linear regression techniques, and the slow component, time mean of response (tau) and steady state (ss) of VO_2 and VE assessed. **Results:** Even with higher ($p < 0.05$) metabolic response in the treadmill ($\text{VO}_{2\text{PEAK}}$, ml.kg.min, = 18.0 ± 3.5) related bicycle group (12.4 ± 2.2) and early interruption of the test (TG= 459.8 ± 100.6 s, BG= 613.2 ± 142.9 s; $p < 0.05$), in constant load tests the difference was found only of slow component of VE in the TG= $10.0 \text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ related BG= $5.2 \text{L} \cdot \text{min}^{-1}$; $p = 0.02$ at moderated intensity. A difference was found in analyzing Tc1 ($p < 0.05$) for $\text{VO}_{2\text{SS}}$ in which the TG presented an increase in relation to the BG (TG= $1.144 \text{L}/\text{min}$, BG= $0.905 \text{L}/\text{min}$). **Conclusion:** VO_2 and VE kinetics of severely obese women were similar at low intensity of exercise, regardless of the type of activity. However, obese needs an additional SCVE to complete the treadmill test.

Keywords: Obesity; oxygen uptake; VO_2 kinetics; VE kinetics; moderate exercise intensity; high intensity exercise.

Abbreviations

BMI - body mass index

KVO_2 - oxygen uptake kinetics

KVE - ventilation kinetics

VE - ventilation

τ - Tau time constant

$\text{VO}_{2\text{SS}}$ - steady state VO_2

VE_{SS} - steady state VE

$\text{VO}_{2\text{MAX}}$ - maximum oxygen uptake

VT - ventilatory threshold

SLVO₂ - slow oxygen component
TG - treadmill group
BG - bicycle group
BAI - body adiposity index
NC - neck circumference
WC - waist circumference
HC - hip circumference
WHR – waist to hip ratio
CPX - cardiopulmonary exercise test
Ct1 - Constant test 1
Ct2 - Constant test 2
RER - respiratory exchange ratio
VE/VCO₂ – ventilatory equivalent of carbon dioxide
HR - heart rate
FVC% - %forced vital capacity
FEV¹% - %forced expiratory volume
PEF – peak expiratory flow
MVV - maximum voluntary ventilation
ERV – expiratory reserve volume
SLVE - slow component of ventilation
COPD - obstructive pulmonary disease
T_{LIM} - exhaustion time

INTRODUCTION

Excessive accumulation of body fat continues to represent an epidemic at an alarming increase. It is estimated that the global obesity rate in 2025 will exceed 18% in men and 21% in women. Severe obesity will increase 6% in men and 8% in women (NCD-*RisC*, 2016). Body mass index (BMI) and localized fat accumulation alone are enough to put an individual's health at risk. This is associated with cardiovascular risk factors and other chronic diseases which favors the aggravation of comorbidities and mortality, and also implies in socioeconomic problems (The Emerging Risk Factors Collaboration, 2011; WHO, 2015). Complex biological mechanisms, behaviors and lifestyle justify its etiology.

Obesity control remains a challenge. Recent recommendations point to 1A levels of evidence for conducts that guide "best practices", including lifestyle modifications such as practicing high or moderate intensity regular physical exercise (Jensen et al. 2013). Such strategies lead to weight loss and control of body weight, and are justified because obesity alone interferes with the transfer of oxygen to working/active muscles, negatively affecting the physical and pulmonary function of the subjects (Lee et al. 2011). Reduced functional capacity associated with obesity reduces exercise tolerance, increases perceived exertion and dyspnea, thus generating a vicious cycle of dyspnea-inactivity.

An analysis of oxygen uptake (KVO_2) and ventilation kinetics (KVE) expand information relevant to the individual's ability to adapt to physical exercise (Adami et al. 2011). The analysis mathematically describes a physiological event, meaning the VO_2 magnitude (oxygen uptake) and VE (ventilation) and the elapsed time for the cardiocirculatory system to adjust the supply of O_2 and ventilation to the required muscle demand (Caritá 2014). This analysis helps to understand the contribution of energy systems during the onset of exercise. This evaluation also highlights the understanding of cardiopulmonary and metabolic responses, being useful in the transition from rest to activity and can elucidate problems related to low functional capacity in the obese.

Higher levels of physical fitness and better tolerance to fatigue can lead to a faster increase in the KVO_2 and KVE amplitude curve, as observed by the Tau time constant (τVO_2 and τVE). Tau reflects the agility in achieving the steady state VO_2 and VE (VO_{2SS} and VE_{SS}) (Burnley and Jones 2007; Franco et al. 2014). A delay in oxygen kinetics (decrease in the rate of VO_2 increase), for example, reflects in a slower absorption of muscular oxygen with consequent damage to the muscular function. Slowed kinetics is therefore considered as a marker of reduced exercise tolerance (Grassi et al. 2011). This delay is a determining factor for

the low ability to perform activities of daily living in heart disease and pulmonary disease patients (Myers et al. 2001; Hummel et al. 2016; Saynor et al. 2016).

There is a critical gap related to studies of KVO_2 and KVE in obese adults. However, obese adolescents and children seem to have a slower response on the VO_2 curve compared to normal weight individuals for both moderate and high intensity exercises (Salvadego et al. 2010; Lambrick et al. 2013; Potter et al. 2013). Therefore, it is possible that obese adults present higher values for the increased rate of τVO_2 . In addition to the described factors, a disproportion in the amount of type II glycolytic fibers (Kriketos et al. 1997) and muscles with low oxidative capacity and mitochondrial content (Simoneau et al. 1995) can also justify this delay.

Despite the gap in the studies, some elements need to be considered about the divergence of results and the different physiological conditions. It has been previously shown that body adiposity is not indicative of a delay in the temporal response of VO_2 (Loftin et al. 2005; Nadeau et al. 2009). Carter et al. (2000) found similar results in healthy individuals, however they point out that the (type of) ergometers (bicycles and treadmill) and different exercise intensities (50 and 75% - difference between the maximum oxygen uptake - VO_{2MAX} and VT - ventilatory threshold) can interfere in the VO_2 kinetic response. A VO_2 response above the VT is complicated due to additional O_2 uptake, which makes VO_2 rise above the predicted (slow oxygen component - $SLVO_2$) (Whipp 1994).

KVO_2 and KVE can therefore determine the magnitude of the oxygen and ventilation deficit which have a direct impact on exercise tolerance. For both incremental protocols, when the exercise is performed on different ergometers, different non-coincident maximal cardiopulmonary and metabolic responses are observed due to different movement biomechanics and types of muscle fibers recruited (Milano et al. 2009; Itoh et al. 2013; Muscat et al. 2015). Therefore, divergent responses for the KVO_2 and KVE responses are suggested, depending on the ergometer used. The objective of the current study was to determine whether there are differences in oxygen uptake and ventilation kinetics of obese women in performing a constant load test on a treadmill and exercise bike and at two different exercise intensities.

MATERIALS AND METHODS

The study was developed at the Onofre Lopes University Hospital (*HUOL, Cardiac Rehabilitation Sector - CORE/HUOL*) and approved by the local Research Ethics Committee (CEP-1.213.818). The subjects signed the consent form after being clarified about the study procedures.

A total of 71 obese women were recruited, however only 30 met the inclusion criteria of the study (Obesity class II and III, BMI ≥ 35 and ≤ 60 Kg/m²; age older and/or equal to 18 years and younger and/or equal to 45 years; absence of deficit in the musculoskeletal system and/or reported balance changes or detected at the initial physical examination; or any clinically diagnosed cardiorespiratory disease or taking any medication to control them; evidence of spirometry with FVC or FEV¹ > 80% predicted).

Data Collection and Study Protocol

Anthropometric measurements (weight-kg, height-cm, BMI calculation and body adiposity index-BAI) and peripheral measurements of general adiposity (neck circumference-NC, waist-WC and hip circumference-HC) and the quantification of central and peripheral adiposity (WHR-waist-to-hip ratio) were carried out (WHO 2013). Pulmonary function was assessed by spirometry (DATOSPIR 120-Siblemed, Barcelona, Spain) (ATS 2003).

For both the CPX and the constant load tests, an analysis of expired gases during exercise was performed using a breath-by-breath gas analyzer (MetaSoft Cortex Biophysik, Metamax 3B, Germany) on a conventional treadmill (Micromed Centurium 300) or on an exercise bicycle (Lode/Corival), depending on the subjects' allocation. The tests followed the safety, monitoring, performance and interpretation of the data standards recommended by the ATS (2003).

After initial evaluation the participants were randomized into two groups of 15 subjects (TG=treadmill group; BG=bicycle group) to perform the standard clinical cardiopulmonary exercise test (CPX) to determine the exercise load (above or below the ventilatory threshold-VT) and the VO₂ at peak effort (VO_{2PEAK}). The VT was assessed by the V-Solpe method or ventilatory method. The BG performed an incremental ramp protocol on a stationary bicycle with watt increments performed every 15 seconds (Wasserman et al. 2005), in which patients were instructed to maintain a pace around 50-60rpm. The TG implemented an incremental ramp protocol performed on a treadmill (automatic increment control provided by the software), taking into consideration the maximum oxygen consumption (VO_{2MAX}) predicted.

After a rest period of 7 days, the subjects underwent a second day of testing with two constant load tests on the bicycle (when initially randomized into the BG) or on a treadmill (when randomized into the TG) at two different intensities (Constant test 1-Ct1; and Constant test 2-Ct2).

Constant load tests

The obese female subjects performed a 5-minute warm-up prior to the tests. For the bicycle exercise, the subjects pedaled without load and were instructed to maintain a pace around 50-60rpm. For the warm-up on the treadmill, the subjects walked at a speed of 2km/h.

After this time they performed an exercise with a constant load at an intensity of 25% below the VO_2 obtained at the VT (Ct1 - VT 25% below) for 6 minutes. At the end of the 6 minutes, subjects continued to pedal (without load) or walk (2km/h) (depending on the ergometer) for 2 minutes in active recovery and for another 3 minutes in passive recovery, totaling 5 minutes of recovery. After a 30-minute rest the individual performed a new constant load test following the same protocol (warm-up, rest, training, active and passive recovery), however at an intensity of 25% above the VO_2 obtained at the VT (Ct2 - VT 25% above) until exhaustion, not exceeding 6 minutes of testing. The gas analyzer was coupled to the patient to record the expired metabolic and respiratory gases during the breath-by-breath test. All variables of interest regarding VO_2 and VE kinetics were collected and later processed.

VO₂ and VE Kinetics Analysis

An individual curve analysis of each subject was initially performed to eliminate possible artifacts. All data were extracted from the second-by-second Metalyzer 3b and then plotted in Microsoft Excel 13.0, excluding the seconds referring to the cardiogenic phase of the exercise (20 first seconds). Linear and non-linear regression tests were subsequently performed using Sigma Plot 10.0 software.

Non-linear regression techniques were used to adjust the VO_2 and VE data after the beginning of the exercise to determine whether the curve followed a mono- or bi-exponential function. The mathematical model, as previously described (Whipp et al. 1982), was composed of three phases, each representing a kinetic response phase of the curve. The first phase of the exercise corresponding to the beginning of the activity (time = t₀) and the other phases started after independently delayed times. Both analyzes were carried out following the same mathematical model. However, an example of the analysis detailing the VO_2 kinetics is presented below.

A non-linear regression was performed to obtain the time constant (τ) in seconds. For this analysis, a fixed time of 180 seconds was determined for the primary component. The analysis followed the following mono-exponential model:

$$VO_2(t) = VO_{2t_0} + A (1 - e^{-(t/\tau)})$$

In which: $VO_2(t)$ = oxygen consumption at time t ; VO_{2t0} = baseline oxygen consumption at the start of the test; A represents the amplitude, magnitude of the response until it reaches the steady state; τ is the curve growth constant, corresponding to the time required to reach 63% of the response in the steady state.

To analyze the slow component of the VO_2 and VE and following the mono- and bi-exponential mathematical models, 360 seconds of the test was used (Whipp et al. 1982).

$$VO_2(t) = VO_{2base} + x.t,$$

$$VO_2(t) = VO_{2base} + A_1 (1 - e^{-(t/\tau_1)}),$$

$$VO_2(t) = VO_{2base} + A_1 (1 - e^{-(t-TD_1)/\tau_1}) + A_2(1 - e^{-(t-TD_2)/\tau_2})$$

In which, $VO_2(t)$ represents VO_2 at any moment; VO_{2base} is the baseline value obtained by the average of the last 30 seconds of rest; x corresponds to the linear constant of VO_2 increment by time; A_1 identifies the amplitude of variation in the VO_2 rapid kinetic phase; A_2 is the amplitude of the slow kinetic phase, corresponding to the $SLVO_2$ obtained through the difference between the VO_2 at the third and sixth minute of constant (load) test; τ is the growth constant of the curve, corresponding to the time required to reach 63% of the steady-state response; TD_1 identifies the time delay for the beginning of the rapid kinetic phase, and TD_2 for the slow kinetic phase.

Statistical analysis

A significance level of 5% was used to test the hypotheses of the study for all analyzes. Statistic 10.0 software was used (StatSoft, USA) for statistical treatment and the Sigma Plot version 11.0 for analysis of oxygen and ventilation kinetics.

The variables of interest were obtained from all CPX and constant load tests (with intensities above and below the VT), anthropometric and spirometry measurements were tested for their normal distribution by the Kolmogorov-Smirnov Normality Test and shown as measures of central tendency and dispersion.

To test the hypothesis of association between the set of cardiovascular performance measurements and oxygen and ventilation kinetics (VO_2 , VE , RER , VE/VCO_2 , HR , τ), with anthropometric measurements (weight, BMI, BAI, WHR, WC, HC, NC), spirometric measurements (FVC%, FEV1%, PEF, MVV, ERV) and perceived exertion were carried out according to the Pearson correlation test.

The student's t-test was used to test the hypothesis regarding the difference between cardiopulmonary and metabolic performance measurements of the CPX, as well as VO_2 and

VE kinetics between the tests performed on different ergometers (BG and TG), with intensities above and below the VT.

RESULTS

The characterization of the sample regarding anthropometric and pulmonary function of both groups is described in Table 1. We observed that the studied sample presented a severe degree of obesity for both groups (46.7% of the TG and 73.3% of the BG presented class III obesity). Data homogeneity (without a significant difference) was observed for the anthropometric measurements of lung function, as well as age and height of obese women. The absence of ventilatory disorders was also observed (TG: FVC%=92.3%; FEV₁%=93.3%, BG: FVC%=88.5%; FEV₁%=89.6%) among the groups for these variables.

Cardiopulmonary and metabolic analysis performed through CPX at rest, peak effort and VT are detailed in Table 2. It was observed that there was initially no significant differences in the rest values ($p>0.05$) between groups, ensuring that the baseline values for the beginning of CPX were respected. For peak effort on the incremental test, higher cardiopulmonary and metabolic responses ($p<0.05$) were observed for TG compared to BG. Obese women had greater VO₂ and a higher ventilatory response for the performance of CPX on the TG and they completed the test earlier than the BG (TG: 459.8 s, BG: 613.2 s; $p<0.05$), which corresponds to a significant difference between the groups.

The behavior of the and KVE performed at intensities of 25% below the VT (Ct1) and 25% above the VT (Ct2) in constant load test between the groups are described in Table 3. For Tc2, three obese women in the TG did not complete the full 6-minute test time, while only one obese woman in the BG did not complete the test; however, without significant differences regarding the test exhaust time. Also regarding this test, a greater slow component of ventilation (SLVE) was observed for obese women who underwent treadmill test when compared to the BG (SLVE(L.min⁻¹), TG=10.0, BG=5.2; $p=0.02$), corresponding to an increase of 4.8L/min for TG (Figure 1), without any difference for the oxygen supplement (SLVO₂). In turn, no differences were found in the mono-exponential or bi-exponential time constants (τ) between the studied groups for KVO₂ and KVE.

In analyzing Ct1, a statistically significant difference was found for the VO_{2SS}, in which TG presented an increase of 0.239L/min of VO_{2SS} concern to the BG (TG: 1.144L/min, BG: 0.905L/min; $p<0.05$). Similar findings were also observed for the variable VO_{2Amplitude}, in

which TG had an amplitude of 0.227L/min higher than the BG ($p<0.05$). The τ of the VO_2 and VE did not present any significant differences between the groups (Table 3; Figure 2).

Our findings from the KVE (Figure 3) also show that strong and significant relationships were observed between anthropometric measurements (weight, WC and HC) and the mono-exponential time constant τ_{VE} for our sample ($p=0.01$, weight; $p=0.03$, WC; $p=0.02$, HC).

DISCUSSION

Our study is the first to carry out an analysis of VO_2 and VE kinetics in individuals with high levels of obesity ($\text{BMI}>40$) using different types of exercise (walking x cycling) at two different intensities of exercise with constant load (above and below the VT). Comparing the kinetics between walking and cycling could unveil potential differences about to cardiorespiratory regulation related to the type of exercise. In order to make a valid comparison of the kinetics between both types of exercise, and as suggested by Carter et al. (2000), we chose to normalize the exercise intensity based on the VT as determined for both treadmill and bicycle exercises, thus allowing for a comparison between ergometers when the degree of metabolic stress is the same. The primary objective of our study was to determine whether there are differences in oxygen consumption kinetics and ventilation kinetics in obese women at a constant load test performed on treadmill and exercise bicycle with exercise intensities of 25% below VT and 25% above VT. We hypothesized that activities performed differently on the treadmill or exercise bicycle would interfere in the response of the kinetic analysis of VO_2 and VE, as well as the intensity with which these responses are being carried out will also impact additional oxygen consumption and ventilation to perform the activity.

Our initial findings demonstrated that during the CPX, the group of women who underwent cycling showed lower cardiopulmonary and metabolic responses, as seen (for example) from the $\text{VO}_{2\text{PEAK}}$ and VE_{PEAK} values, and the VT. However, this group of women endured a more extended test duration. Obese women from the TG discontinued the CPX 153.4 seconds sooner than those from the BG and with a lower ventilatory reserve (16.4L). The BG also reached the moment of the VT with a lower $\text{VO}_2\%$ than the TG. These results corroborate those previously shown in the literature. In a healthy population and with respiratory disease, $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ is higher on average at the exercise peak and in the VT on treadmill tests when compared to the exercise bicycle (Christensen et al. 2004; Itoh et al. 2013; Kim, Chun and Kim 2013). Evaluating subjects with severe chronic obstructive pulmonary disease (COPD), Hsia et al. (2009) also observed that $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ was on average 14% higher during treadmill testing.

In analyzing the activity performed below the VT, our study did not confirm the hypothesis of a significant difference between the VO_2 and VE kinetics in obese women according to the ergometer used. The τVO_2 analysis was similar among the women, regardless of the ergometer used in the exercise. It shows, at least according to a preliminary analysis, that the oxygen transfer to the periphery apparently does not seem to be affected by the type of activity performed. However, obesity apparently generated a greater aerobic demand during treadmill exercise than on the bicycle. Higher τVO_2 values for the treadmill reflect a delay in kinetics due to a worse level of physical fitness. Thus, we believe that there may be a slow absorption of muscle O_2 performed by obese women on a treadmill in concerning to the exercise performed on a bicycle.

For this same test, significant differences were observed for the VO_2 kinetics on $\text{VO}_{2\text{SS}}$ and $\text{VO}_{2\text{amplitude}}$. Our results corroborate the findings from Carter et al. (2000), in which the comparison of the VO_2 kinetics in moderate exercise revealed very similar patterns between treadmill and bicycle for healthy individuals. The only differences were for VO_2 amplitudes, which were higher for the TG. One of the possible explanations for this result may be related to the different energy demands generated when exercise is performed on a treadmill or on a bicycle. The displacement of excess body weight during treadmill exercises requires a higher VO_2 , while the action of gravity is reduced on the bicycle. Therefore, we hypothesized that only standing up has a negative impact on the performance of the activity in individuals with a high degree of obesity. Carter et al. (2000) curiously evidenced that despite the different biomechanics of movement and the different muscle contraction responses with a distinct predominance in the type of muscle fiber used, the general dynamics of the VO_2 response (τVO_2) was similar between running and cycling for moderate exercise conditions.

Similar results were not observed for ventilation kinetics. Despite no statistically significant results, obese women also had higher values of VE_{SS} and $\text{VE}_{\text{Amplitude}}$ on the treadmill test. Moreover, positive correlations between anthropometry and the time constant (τVE) were also observed in our results. The increase in obesity is correlated with a higher τVE , which reflects in a slowness VE curve, suggesting worse ability to perform the exercise.

Contrary to our results, these authors also found higher SLVO_2 values in healthy individuals exercising on a bicycle at a severe intensity. They suggested that the higher values found on the cycling test are related to the different regime of muscular contraction between the types of exercise. With regard to oxygen kinetics in athletes and in healthy subjects, Billat et al. (1998) and Jones et al. (1999) also pointed out that the increase in VO_2 between the third and sixth minutes of heavy exercise (SCVO_2) was greater in cycling than in treadmill running

at the same relative exercise intensity. This fact was not observed in the obese population. We emphasize herein that subjects with greater aerobic fitness and a higher proportion of type I fibers have a more significant gain in the primary component and proportionately a lower slow component. High-end elite athletes, for example, have an almost insignificant magnitude of the slow component (Billat et al. 1998), unlike our population.

The literature indicates that physiological and mechanical factors can clarify the differences in the $SCVO_2$ in the two different ergometers. During the high intensity exercise, the highest values found on the bicycle were due to greater development of intramuscular tension obtained in doing this type of exercise which would cause large recruitment of type II muscle fibers, less efficient in cycling, greater tension due to gripping the bicycle handlebars and torso oscillation during the activity also contribute to fatigue. In this situation, the muscular effort is increased without contribution of external power generation. Therefore, it is possible that the increase in the energy cost of these auxiliary muscles contributes to the appearance of additional oxygen for performing the activity ($SCVO_2$) (Carter et al. 2000). Contrary to our results, although without statistical differences, the treadmill exercise was what generated an additional VO_2 component, suggesting that this type of exercise appears to develop increased muscle work for this population, leading to higher energy demand.

In addition and unlike the observed response to the VO_2 kinetics in the above VT test, the TG required a significantly higher additional ventilatory response (SLVE) to complete the exercise, suggesting that in addition to the burden imposed by the exercise for the obese, impaired biomechanics due to having to move heavier arms and legs associated to the action of gravity lead them to present worse results on the treadmill test, making this ergometer more difficult to execute. Koschate et al. (2016) analyzed the heart rate kinetics in healthy youngsters. They observed faster kinetics for walking compared to cycling. These authors justify this fact due to greater active muscle mass under walking conditions.

The kinetic analysis of VO_2 and VE can therefore satisfactorily help to understand the contribution of energy systems during exercise. This can determine the magnitude of the oxygen deficit and the dependence of energy sources (glycolysis and phosphocreatine), with a direct impact on exercise tolerance. When the exercise is started or stopped, the kinetics will be changed according to the intensity and volume of the performed task (Damasceno et al. 2011) as a result of ventilatory, cardiovascular and metabolic adaptations of the activity in question. It is suggested that cardiovascular dysfunctions can cause a significant reduction in the ability to adapt to exercise, mainly due to changes in the oxygen transport system. A decrease in kinetic response is considered a marker for the reduction of exercise tolerance in patients after cardiac

transplantation and those with mitochondrial myopathies (Grassi et al. 2011). This fact was also evidenced by Beltrame et al. (2010) who observed that healthy individuals had a better ability to adjust their cardio-respiratory fitness to exercise when compared to post-infarction individuals, especially at the load corresponding to the threshold point (VT).

In investigating the kinetics of O₂ consumption at submaximal levels of adult individuals with heart failure (HF), Hummel et al. (2016) found that VO₂ kinetics strongly correlated with functional mobility as well as with VO_{2PEAK}. They also observed that, as expected, those who had HF had losses in VO₂ kinetics response when compared to the healthy group. This fact should be taken into account among the obese population, which presents an excessive accumulation of body adiposity and a major mechanical disadvantage which contributes to impaired functional capacity, increased energy expenditure during activities and a negative impact on their cardiopulmonary responses (Lafortuna et al. 2005; Lafortuna et al. 2008; Sowers, Karvonen-Gutierrez. 2010; Sawyer et al. 2010). It is therefore believed that cardiovascular dysfunctions can cause a significant reduction in the ability to adapt to exercise mainly due to changes in the oxygen transport system, in the time required for the cardiovascular system to adjust to aerobic metabolism (Franco et al. 2014).

Analyzing the difference in VO₂ kinetics response among obese girls and boys, Franco et al. (2014) found that there are differences regarding gender, and that boys had a strengthened potential regarding the provision and use of O₂. This is perhaps justified by the fact that obese men present greater aerobic enzymatic activation in comparison with obese women, allowing for more efficient oxidative energy production in the skeletal muscle, and thus a faster response of VO₂ kinetics. These facts have not been analyzed in our study, however they deserve particular attention.

In principle, individuals who are in better health and who participate in a regular aerobic training program have a faster τ VO₂. Comparatively, individuals with poorer health status and/or those who lead a sedentary lifestyle have a slower τ VO₂ (Jones et al. 2004; Poole et al. 2008). Thus, the kinetics of the oxygen curve proved to be a valuable tool in providing information related to an individual's ability to tolerate physical activity. Studies with older adults with reduced mobility, but without diagnosed heart failure, found that the VO₂ kinetics during onset and submaximal exercise recovery was more predictive for functional mobility than VO₂ at the peak activity/effort, reflecting the clinical importance of its analysis (Whipp and Wasserman. 1972; Alexander et al. 2003).

We should point out that although there is no significant difference between the exhaustion time (T_{LIM}) in our results, three obese women in the TG failed to complete the 6

minutes of testing, while only one woman in the BG did not finish. In evaluating the intensities of VO_2 kinetics in swimmers, Souza et al. (2014) concluded that the duration of exercise becomes so short at intensities close to the maximum that a slow component of VO_2 cannot be observed. SLVO_2 is characterized as a linear increase of VO_2 as a function of time, in which the inclination of this increase is inversely proportional to the time until the individual's exhaustion (Salvadeo et al. 2010). These findings make us think again that the obese women interrupt/stop the treadmill test earlier and require additional ventilation response to complete the performed task because this exercise is the most strenuous for this population.

CONCLUSION

Our results demonstrate that for exercise intensities during constant load test below the ventilatory threshold (which are closer and more similar to daily activities) there is no difference in the kinetics of VO_2 and VE of women with high degrees of obesity, regardless of the type of activity being performed. However, there are higher $\text{VO}_{2\text{SS}}$ and $\text{VO}_{2\text{AMPLITUDE}}$ values for the group that used the treadmill as an evaluation protocol. Thus, our data suggest that there is no limitation or slowdown of oxygen absorption at a muscular level, regardless of the activity being performed. However, higher τVO_2 values in the treadmill group lead us to consider the worse exercise biomechanics, which individuals need to perform in walking in order to move their heavier limbs. Added to this, our data showed us that an additional ventilatory component (SLVE) was necessary for this same group for the obese women to complete the proposed activity, leading us to believe that this exercise modality is more difficult for this population.

Author Contribution Statement

NO: conceived and designed research, conducted experiments, analyzed data, wrote the manuscript; **RC:** conceived and designed research, conducted experiments, analyzed data. **TO:** conceived and designed research, conducted experiments, analyzed data; **DF:** conducted experiments; **SL:** conducted experiments; **LF:** conducted experiments; **SB:** conceived and designed research, conducted experiments, analyzed data, wrote the manuscript. All authors read and approved the manuscript.

Conflict of Interest: *The authors declare that they have no conflict of interest.*

Ethical approval: *All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards.*

Informed consent: *Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.*

Table 1: Anthropometric and spirometric characterization of obese women in the treadmill and ergometric bicycle groups (n = 30)

	Woman with obesity Treadmill (n=15)	Woman with obesity Bicycle (n=15)
Age, years	33.6±6.07	34.9±5.3
Height, cm	161.1±18.4	159.0±3.7
Weight, Kg	107.6±13.5	111.3±11.9
BMI, Kg/m ²	41.5±7.1	44.1±5.0
Obesity degree		
	III	46.7%
	II	53.3%
WC, cm	112.0±14.3	121.0±14.1
HC, cm	128.5±11.7	135.5±15.6
WHR	0.87±0.06	0.90±0.014
FVC, l	3.33±0.43	3.10±0.64
% FVC	92.3±9.2	88.5±17.5
FEV ₁ , l	2.81±0.41	2.62±0.62
% FEV ₁	93.3±11.3%	89.6±20.8
MVV, l	103.2±18.5	98.8±27.1
% MVV	85.5±15.4%	86.1±12.3

Data presented in mean and standard deviation. Test T for independent sample groups was used to verify differences between groups.

No significant difference between groups ($p > 0.05$) for all variables.

BMI: body mass index; WC: waist circumference; HC: hip circumference; WHR: waist-hip ratio; FVC: forced vital capacity; FEV: forced expiratory volume; MVV: maximum voluntary ventilation.

Table 2. Cardiopulmonary and Metabolic Responses in Incremental Cardiopulmonary Stress Test for treadmill and bicycle group (n=30)

	Treadmill Group ((n=15)		Bicycle Group (n=15)		
	Basal	Peak of Exercise	Basal	Peak of Exercise	
VO ₂ , <i>ml.Kg-1.min⁻¹</i>	3.30±0.51	18.0±3.5	3.27±0.57	12.4±2.2	*
%VO ₂ PREDICTED,%		83.7±12.1		66.3±8.7	*
VO ₂ VT		14.6±2.2		8.9±1.0	*
%VO ₂ VT		75.5±8.6		44.7±13.1	*
HR, <i>bpm</i>	85.4±13.2	163.7±11.4	92.0±10.5	152.1±22.6	
%HR _{AGE,PREDICTED} ,%		87.9±5.8		77.4±24.1	
RER	0.82±0.09	1.00±0.07	0.80±0.08	0.97±0.10	
VE	10.7±2.0	60.8±12.5	10.2±2.5	42.1±8.3	*
Ventilatory reserve		42.3±19.4		58.7±27.1	
%VE		82.1±15.0		58.4±10.3	*
VCO ₂	0.293± 0.05	1.921±0.356	0.290±0.06	1.345±0.295	*
Duration, <i>seconds</i>		459.8±100.6		613.2±142.9	*

Data presented in mean and standard deviation. Test T for independent sample groups was used to verify differences between groups.

T test without significant difference between baseline values ($p > 0.05$);

* Significant difference in peak exercise and ventilatory threshold between

VO₂= oxygen consumption; VT= ventilatory threshold; HR= maximal heart rate; RER=respiratory exchange ratio; VE=ventilation; VCO₂: production of carbon dioxide

Table 3. Kinetics response of VO₂ and VE in two different ergometers and at distinct intensities (supra and infra threshold) of exercise during constant load test

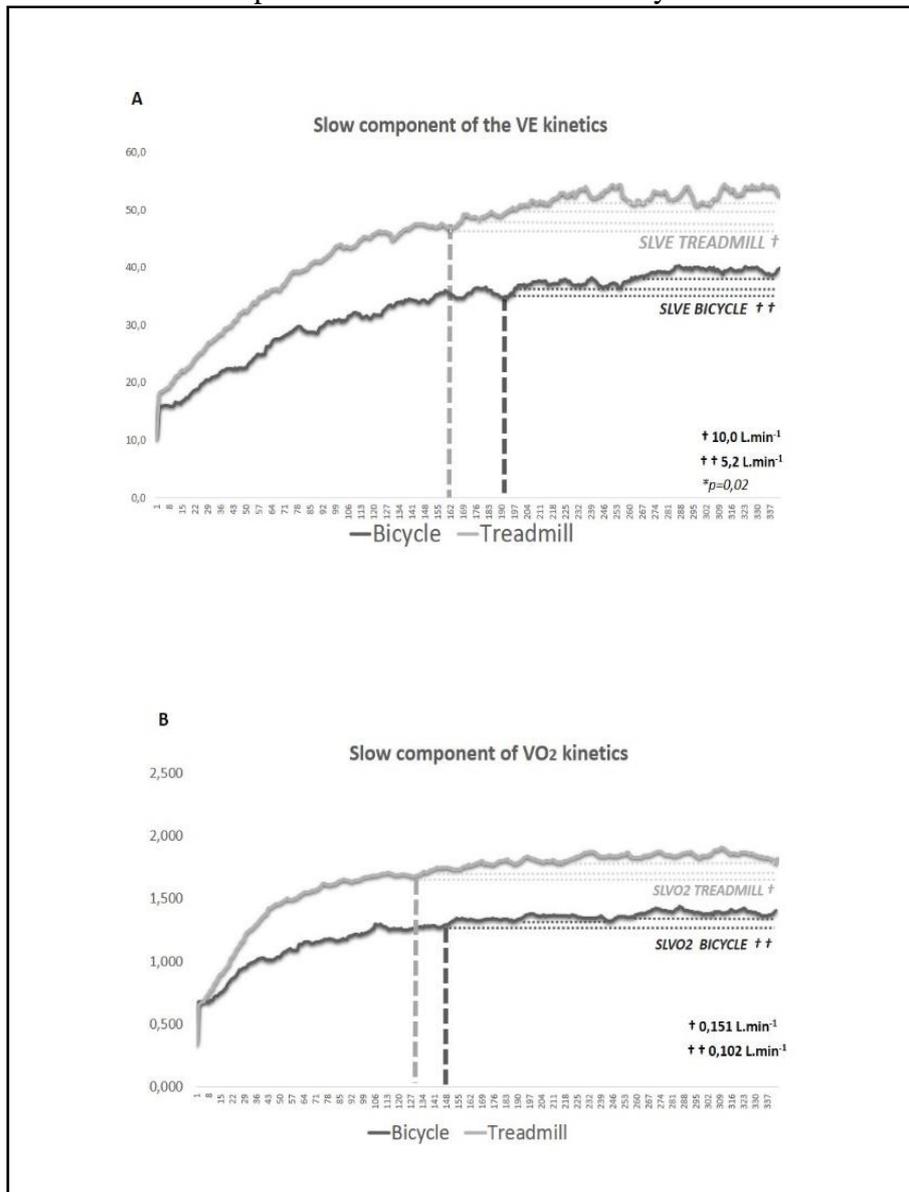
	Woman with obesity Treadmill	Woman with obesity Bicycle	
<i>W 25%BELOW VT</i>			
tVO ₂ (seconds)	37,6±10,6	34,1±8,0	
VO ₂ BASAL (L.min ⁻¹)	0,323±0,058	0,311±0,133	
VO ₂ SS (L.min ⁻¹)	1,144±0,275	0,905±0,188	*
VO ₂ Amplitude (L.min ⁻¹)	0,821±0,236	0,594±0,178	*
tVE (seconds)	71,4±36,5	78,9±44,8	
VE _{BASAL} (L.min ⁻¹)	10,5±3,5	10,3±2,4	
VE _{SS} (L.min ⁻¹)	27,7±8,8	22,2±3,5	
VE Amplitude (L.min ⁻¹)	17,2±6,2	11,9±3,3	
<i>W 25%ABOVE VT</i>			
tVO _{2 mono} (seconds)	55,2±20,5	56,8±26,8	
tVO _{2 bi} (seconds)	29,3±22,4	44,6±30,6	
VO ₂ BASAL (L.min ⁻¹)	0,340±0,007	0,372±0,008	
SLVO ₂ (L.min ⁻¹)	0,151±0,156	0,102±0,008	
tVE _{mono} (seconds)	54,9±33,4	84,6±50,8	
tVE _{bi} (seconds)	86,1±27,4	99,9±23,1	
VE _{BASAL} (L.min ⁻¹)	10,2±4,1	10,7±2,7	
SLVE(L.min ⁻¹)	10,0±5,5	5,2±3,1	*
T _{LIM} (s)	350,8±27,3	351,0±27,5	

Test T for independent sample groups was used to verify differences between groups;

*Significant difference (p<0.05) between the groups with obesity at treadmill and bicycle ergometer tests;

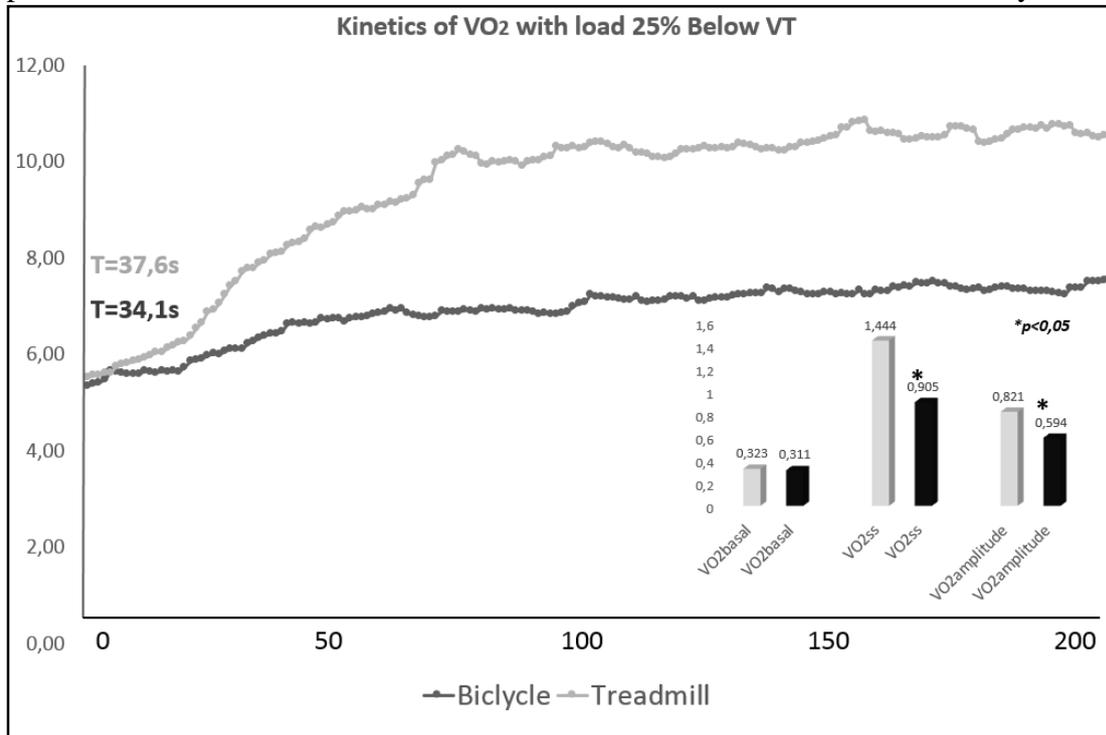
t: time constant of kinetics; VO₂: oxygen uptake; SS: steady state; VE: ventilation; T_{LIM}: time to exhaustion; SLVO₂: slow component of VO₂; SLVE: slow component of ventilation.

Figure 1: Slow component of oxygen and ventilatory kinetics for constant load tests performed on treadmill and bicycle



*Significant difference ($p=0.02$) for SLVE between groups at treadmill and bicycle ergometer
 SLVO₂: slow component of VO₂; SLVE: slow component of ventilation.

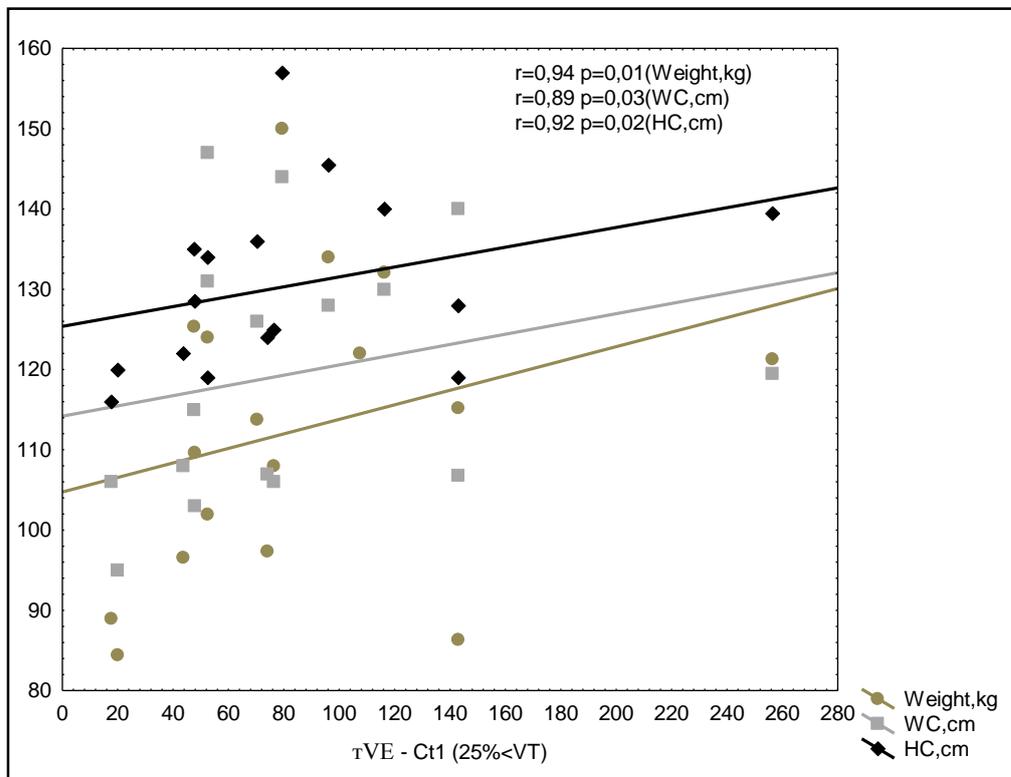
Figure 2: Curve of oxygen kinetics in constant test with load of 25% below VT performed on treadmill and exercise bicycle



*Significant difference ($p < 0.05$) for VO₂SS and VO₂AMPLITUDE between groups at treadmill and bicycle ergometer;

VO₂: oxygen uptake; SS: steady state.

Figure 3: Correlation between anthropometric measurements and VE kinetics for constant test performed at load 25% below VT



WC:waist circumference; HC:hip circumference; VE:ventilation, VT: ventilatory threshold

References

1. Adami A, Pogliaghi S, de Roia G et al (2014) Oxygen uptake, cardiac output and muscle deoxygenation at the onset of moderate and supramaximal exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology* 111; 7 pp. 1517–1527.
2. Alexander NB, Dengel DR, Olson RJ, et al (2003) Oxygen-uptake ($\dot{V}O_2$) kinetics and functional mobility performance in impaired older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 8:734–739.
3. ATS/ACCP. American thoracic Society/American College of chest physicians (2003) Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med.*167:211-77.
4. Beltrame T, Karsten M, Neves LMT, et al (2010) Avaliação da cinética do consumo de oxigênio em diferentes testes de exercício com carga constante em homens aparentemente saudáveis e após infarto do miocárdio. *Rev Bras Fisioter* 14(Supl 1): 435.
5. Billat V, Richard R, Binsse V, et al (1998) $\dot{V}O_2$ slow component for severe exercise depends on type of exercise and is not correlated with time to fatigue. *J Appl Physiol* 85: 2118–2124.
6. Burnley M, Jones AM (2007) Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. *Eur J Sport Sci* 7(2):63–69.
7. Caritá RAC, Filho DMP, Barbsa LF, et al (2014) Componente lento da cinética de $\dot{V}O_2$: determinantes fisiológicos e implicações para o desempenho em exercícios aeróbicos. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 16(2):233-246.
8. Carter H, Jones AM, Barstow TJ, et al (2000) Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. *J Appl Physiol* 89(3):899-907.
9. Christensen CC, Ryg MS, Edvardsen A, et al (2004) Effect of exercise mode on oxygen uptake and blood gases in COPD patients. *Respir Med* 98(7):656-660.
10. Damasceno M, Bertuzzi R, Pires, F (2011) Relação entre cinética do consumo de oxigênio e a estratégia de corrida em uma prova de 10 km. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 17; 5. p. 354-357.
11. Franco RL, Bowen MK, Arena R (2014) Sex Differences in Pulmonary Oxygen Uptake Kinetics in Obese Adolescents. *J Pediatr* 165(6): 1161–1165.
12. Grassi B, Porcelli S, Salvadego D, et al (2011) Slow $\dot{V}O_2$ kinetics during moderate-intensity exercise as markers of lower metabolic stability and lower exercise tolerance. *Eur J Appl Physiol* 111: 345–355.
13. Hsia D, Casaburi R, Pradhan A, et al (2009) Physiological responses to linear treadmill and cycle ergometer exercise in COPD. *Eur Respir J* 34: 605–615.
14. Hummel SL, Herald J, Alpert C (2016) Submaximal oxygen uptake kinetics, functional mobility, and physical Activity in older adults with heart failure and reduced ejection fraction. *J Geriatr Cardiol* 2016; 13: 450 - 457. doi: 10.11909.
15. Itoh H, Ajisaka R, Koike A, et al (2013) Heart rate and blood pressure response to ramp exercise and exercise capacity in relation to age, gender, and mode of exercise in a healthy population. *Journal of Cardiology* 61:71–78.

16. Jensen MD, Ryan DH, Apovian CM, et al (2013) AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and The Obesity Society. *Circulation* 00:000–000.
17. Jones A, Poole D., editors (2004) *Oxygen Uptake Kinetics in Sport, Exercise, and Medicine*. New York: Routledge.
18. Jones AM, McConnell AM et al (1999) Effect of exercise modality on oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *Eur J Appl Physiol* 80: 213–219. 1999.
19. Jones AM, Wilkerson DP, Wilmschurst S, et al (2004) Influence of L-NAME on pulmonary O₂ uptake kinetics during heavy-intensity cycle exercise. *J Appl Physiol* 96:1033–8.
20. Kim YJ, Chun H, Kim CH (2013) Exaggerated Response of Systolic Blood Pressure to Cycle Ergometer. *Ann Rehabil Med.* 37(3): 364–372.
21. Koschate1 J, Drescher1 U, Thieschäfer1 L, et al (2016) Cardiorespiratory Kinetics Determined by Pseudo- Random Binary Sequences – Comparisons between Walking and Cycling. *J Sports Med* ISSN 0172-4622
22. Kriketos AD, Baur LA, O'Connor J, et al (1997) Muscle fibre type composition in infant and adult populations and relationships with obesity *International Journal of Obesity* 21, 796-801.
23. Lafortuna CL, Agosti F, Galli R, et al (2008) The energetic and cardiovascular response to treadmill Walking and cycle ergometer exercise in obese women. *Eur J Appl Physiol* 103:707–717.
24. Lafortuna CL, Maffiuletti NA, Agosti F, et al (2005) Gender variations of body composition, muscle strength and power output in morbid obesity. *Int J Obes* 29:833–841
25. Lambrick D, Faulkner J, Westrupp N et al (2013) The influence of body weight on the pulmonary oxygen uptake kinetics in pre-pubertal children during moderate- and heavy intensity treadmill exercise. *Eur J Appl Physiol* 113:1947–1955.
26. Lee DC, Sui X, Artero EG, et al (2011) Long term effects of changes in cardiorespiratory fitness and body mass index on all-cause and cardiovascular disease mortality in men: the Aerobics Center Longitudinal Study. *Circulation* Dec 6; 124(23):2483-90.
27. Loftin M, Heusel L, Bonis M et al (2005) Comparison of oxygen uptake kinetics and oxygen deficit in severely overweight and normal weight adolescent females. *J Sports Sci Med.* 1; 4(4):430-6.
28. Milano GE, Leite N (2009) Comparacao das Variaveis Cardiorrespiratorias de Adolescentes Obesos e nao Obesos em Esteira e Bicicleta Ergometrica. *Rev Bras Med Esporte* 15;4.
29. Myers J, Gianrossi R, Schwitter J, et al (2001) Effect of exercise training on postexercise oxygen uptake kinetics in patients with reduced ventricular function. *Chest* 120(4):1206-11.
30. Nadeau KJ, Zeitler PS, Bauer TA, et al (2009) Insulin resistance in adolescents with type 2 diabetes is associated with impaired exercise capacity. *J Clin Endocrinol Metab* 94(10):3687-95.

31. NCD Risk Factor Collaboration (2016). Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1698 population-based measurement studies with 19.2 million participants. *Lancet* 387: 1377–96.
32. Poole DC, Barstow TJ, McDonough P et al (2008) Control of oxygen uptake during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 40:462–474.
33. Potter CR, Zakrzewski JK, Draper SB, et al (2013) The oxygen uptake kinetic response to moderate intensity exercise in overweight and non-overweight children. *Int J Obes* 37(1):101-6.
34. Salvadego D, Lazzer S, Busti C, (2010) Gas exchange kinetics in obese adolescents. Inferences on exercise tolerance and prescription. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 299(5):1298-305.
35. Saynor ZL, Barker AR, Oades PJ, et al (2016) Impaired Pulmonary VO₂ Kinetics in Cystic Fibrosis Depend on Exercise Intensity. *Med Sci Sports Exerc* 48(11):2090-2099.
36. Sawyer BJ, Blessinger JR, Irving BA, et al (2010) Walking and running economy: inverse association with peak oxygen uptake. *Med Sci Sports Exe* 11: 2122-7.
37. Simoneau JA, Bouchard C (1995) Skeletal muscle metabolism and body fat content in men and women. *Obes Res* 3: 23–29.
38. Sousa AC, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ (2014) Kinetics and Metabolic Contributions Whilst Swimming at 95, 100, and 105% of the Velocity at VO₂max. *BioMed Research International* 24; 675363.
39. Sowers MR, Karvonen-Gutierrez CA (2010) The evolving role of obesity in knee osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol* 22(5): 533–537.
40. The Emerging Risk Factors Collaboration (2011). Separate and combined associations of body-mass index and abdominal adiposity with cardiovascular disease: collaborative analysis of 58 prospective studies. *Lancet* 377: 1085–95.
41. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY (2005) Prova de Esforço: princípios e interpretação. 3rd ed. Rio de Janeiro: Revinter.
42. Whipp BJ (1994) The slow component of O₂ uptake kinetics during heavy exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 26(11):1319-1326.
43. Whipp BJ, Ward SA, Lamarra N, et al (1982) Parameters of ventilatory and gas exchange dynamics during exercise. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 52(6):1506-13.
44. Whipp BJ, Wasserman K (1972) Oxygen-uptake kinetics for various intensities of constant-load work. *J Appl Physiol* 33:351–356.
45. World Health Organization – WHO (2013) Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013–2020. Geneva, Switzerland.
46. World Health Organization. Obesity and overweight. WHO (2015). Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index.html>>. Acesso em 09/05/2016.

7.2 ARTIGO 2

PROTOCOLO DE RAMPA EM OBESAS: DIFERENÇAS CARDIOPULMONARES E METABÓLICAS ENCONTRADAS EM ESTEIRA E BICICLETA ERGOMÉTRICA**Respostas cardiopulmonares em diferentes ergômetros**

Oliver, N¹; Carlos, R¹; Corte, R¹; Fialho D¹, Henrique B¹; Barbosa W²; Messias, J²; Bruno, S¹

¹ Physical Therapy Postgraduate Program, Federal University Rio Grande Norte

² Physical Therapy Program, Federal University Rio Grande Norte

Resumo

Introdução: a resposta fisiológica dos indivíduos é diferente quando se compara a caminhada e o ciclismo. Espera-se que ergômetros diferentes apresentem valores de esforço máximo não coincidentes entre si. A escolha do ergômetro é fundamental para o sucesso da avaliação, principalmente de indivíduos obesos, com limitada função cardiopulmonar e motora, uma vez que podem indicar sucesso na adesão aos programas de perda de peso. **Objetivos:** avaliar e comparar os parâmetros da aptidão cardiopulmonar e metabólica de obesas adultas por meio do Teste de Esforço Cardiopulmonar (TECP) realizado com protocolo de rampa em esteira e bicicleta ergométrica. **Materiais e Método:** 40 obesas adultas realizaram avaliação antropométrica, de função pulmonar e TECP. As obesas foram randomizadas. 20 utilizaram a esteira (GE=grupo esteira) e 20 bicicleta (GB=grupo bicicleta). Todas tiveram suas variáveis cardiopulmonares (ventilação-VE, frequência cardíaca-FC; pulso de oxigênio-PulO₂, razão de troca respiratória-RER) e metabólicas (consumo de oxigênio-VO₂ e produção de dióxido de carbono-VCO₂) monitoradas respiração-respiração. **Resultados:** A amostra apresentou severo grau de obesidade (IMC=43,5±6,7). A função pulmonar apresentou-se homogênea para os grupos (%CVF=90,4±11,0; %VEF¹=91,9±11,9 – GE e %CVF=89,2±15,4; %VEF¹=89,2±15,4 – GB). O GE apresentou valores de VO₂pico, ml/kg/min maiores do que o GB (esteira: VO₂pico: 18,1±3,3; bicicleta: VO₂pico: 12,2±2,1; p<0,05) indicando uma maior sobrecarga de trabalho. Entretanto GE apresentou uma interrupção mais precoce do teste. Ainda observamos que apenas para o GE, o desempenho final do teste teve influência de medidas antropométricas como peso (r=-0,56, p=0,01) e IMC (r=-0,55, p=0,02). **Conclusão:** ao comparar os parâmetros de aptidão cardiopulmonar e metabólica de obesas adultas foi na bicicleta ergométrica que as obesas apresentaram melhor adaptação. Observamos que o TECP sofre uma influência negativa da antropometria quando realizado em esteira. Fato que pode ser eliminado quando teste é realizado excluindo-se a sustentação do peso corporal dos sujeitos.

Palavras-chave: obesidade, consumo de oxigênio, esteira e bicicleta ergométrica, VO₂PICO, resposta cardiopulmonar

INTRODUÇÃO

Pela avaliação do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2MÁX}$) e do VO_2 no momento do limiar ventilatório (LV), indicadores da aptidão cardiorrespiratória e parâmetros preditivos de morbidades associadas, podemos quantificar o nível de condicionamento cardiorrespiratório dos indivíduos (ATS, 2003; ACSM, 2014; Guazzi et al., 2016). O Teste de Esforço Cardiopulmonar (TECP), é definido como padrão ouro para esta avaliação. Este é usado para quantificar o nível de aptidão física dos indivíduos, quer sejam saudáveis (Neder et al., 2002; ATS, 2003), ou em diferentes populações (Palange et al., 2007; Mezzani et al., 2009; Balady et al., 2010; Guazzi et al., 2012; Thommazo-Luporini et al., 2012; Pereira et al., 2012; Evans et al., 2014; Guazzi et al., 2016;). Este, além de possuir valor significativo para avaliação, fornece uma medida objetiva da capacidade do trabalho, identifica a origem da limitação ao esforço (Diamond, 2007), é usado para prescrever exercícios e monitora as adaptações ao treinamento (ATS, 2003).

Já existe na literatura diferentes protocolos consistentes para avaliação através do TECP (Balke and Ware, 1959; Bruce et al., 1973; Weber et al., 1988; Myers et al., 1991; ATS, 2003; Pereira et al., 2012). Ademais, diferentes ergômetros podem ser utilizados (Miles, Critz, and Knowlton, 1980; Buchfuhrer et al., 1983; Turley and Wilmore, 1997; Loftin et al., 2004; Araújo and Pinto, 2005; Lafortuna et al., 2008; Milano et al., 2009; Kisan et al., 2012; Abiodun et al., 2015), como por exemplo, esteira e bicicleta ergométrica (Maeder et al., 2005). A escolha do ergômetro é fundamental para o sucesso da avaliação. Espera-se que testes realizados em ergômetros diferentes apresentem valores máximos não coincidentes entre si (Milano et al., 2009). Autores já avaliaram as diferentes respostas cardiopulmonares e metabólicas encontradas em teste utilizando esteira e bicicleta em saudáveis (Christensen et al., 2004; Itoh et al., 2013; Kim, Chun and Kim, 2013; Muscat et al., 2015), em pacientes com Doença

Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) (Palange et al., 2000; Hsia et al., 2009) e pacientes DPOC obesos (Ciavaglia et al., 2014).

No que se refere a população obesa adulta, são escassos os estudos que analisam qual ergômetro melhor avalia o desempenho cardiopulmonar e metabólico destes sujeitos, promovendo um menor desgaste físico diante de uma população que apresenta uma biomecânica de movimento já limitada. Nosso estudo coloca em destaque esta questão. Lafortuna et al., (2008) previamente avaliou as respostas cardiopulmonares e metabólicas de obesas usando a esteira e a bicicleta, entretanto, o foco do seu estudo foi a comparação destas respostas com a de mulheres não obesas.

É fundamental ressaltar que a resposta fisiológica do indivíduo é diferente entre a caminhada e o ciclismo. O caminhar é a forma de exercício mais familiar para a maioria dos indivíduos. Entretanto, o teste em esteira exige maior demanda metabólica e possivelmente maior estresse cardíaco e ventilatório (Neder and Nery, 2002; Wasserman et al., 2005), pois utiliza um maior número de grupos musculares durante sua realização (Boileau et al., 1977). Já Meneghelo et al., (2010) retratam que na bicicleta ergométrica, devido a biomecânica do movimento necessário para a atividade, muitas vezes ocorre uma interrupção precoce do esforço por exaustão de membros inferiores. Fato este, que pode ser agravado na população obesa, devido ao grande acúmulo de tecido adiposo em torno dos quadris e membros inferiores (King et al., 2012; Thommazo-Luporini et al., 2012).

Um dos pontos chaves para o questionamento do comportamento das variáveis cardiorrespiratórias se baseia no tipo de atividade física compatível com o indivíduo obeso, com limitada função. O excesso de adiposidade corporal proporciona uma maior sobrecarga articular e muscular, acarretando prejuízos na execução de atividades simples, como a deambulação, o subir e descer escadas. Fato que pode ser agravado com a execução de atividades mais extenuantes. Levando em consideração a postura corporal e o aumento da distribuição de cargas

sobre os segmentos esqueléticos, no obeso, a desarmonia mecânica se torna mais evidente. A manutenção do equilíbrio postural e estabilidade corporal são mais difíceis, principalmente durante a marcha e a locomoção (Bankoff et al., 2003). O padrão biomecânico da marcha é alterado, ocasionando uma maior instabilidade postural e exigindo mais ações musculares compensatórias (McGraw et al., 2000).

Destacamos ainda que a escolha correta do ergômetro torna-se fundamental não apenas para uma avaliação adequada, mas também para o sucesso na adesão ao programas de perda de peso. Diante do exposto, hipotetizamos que a população obesa mórbida sofreria com uma pior adequação corporal durante TECP realizado em esteira do que na bicicleta ergométrica, já que para este último, todo o exercício é realizado excluindo-se a ação da gravidade. Assim, mesmo com os maiores valores de $VO_{2MÁX}$ sendo obtidos em teste de esteira, o que nos indicaria uma melhor aptidão cardiorrespiratória, a bicicleta pode apresentar benefícios que a fazem ser a melhor opção de escolha. Além dos argumentos já citados, autores ainda afirmam benefícios como menor risco de quedas, traçado eletrocardiográfico-ECG com menos interferência, menor sustentação de peso corporal (Kisan et al., 2012).

O objetivo do atual estudo foi avaliar e comparar os parâmetros da aptidão cardiorrespiratória e metabólica de obesas adultas realizando protocolo de rampa em esteira e bicicleta ergométrica, e inferir qual ergômetro melhor se adapta ao obeso, sendo dessa forma a melhor opção de escolha tanto para avaliação da capacidade física quanto para os programas de treinamento, que necessitam de adesão para o seu sucesso. Além disso, buscou-se investigar se variáveis antropométricas, como as circunferências de cintura, quadril, peso e índice de massa corporal, interferem no resultado final do TECP realizado em ambos os ergômetros.

MATERIAIS E MÉTODO

O estudo foi desenvolvido no Hospital Universitário Onofre Lopes (HUOL, Setor de Reabilitação Cardíaca – CORE/HUOL) e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local (CEP-1.213.818). Os sujeitos assinaram o termo de consentimento após serem esclarecidos sobre dos procedimentos do estudo.

Um total de 71 obesas foram recrutadas. Destas, apenas 40 atenderam aos critérios de inclusão para início da realização dos protocolos de avaliação e foram incluídas na pesquisa (obesidade grau II e III, IMC ≥ 35 e ≤ 60 Kg/m²; idade superior e/ou igual a 18 anos e inferior e/ou igual a 45 anos; ausência de déficit no aparelho locomotor e/ou alterações do equilíbrio relatado ou detectado no exame físico inicial, ou doença cardiorrespiratória clinicamente diagnosticada ou em uso de medicação para controle destas, prova espirometria com CVF ou VEF1 > 80% predito). Estes foram randomizadas em dois grupos de 20 indivíduos (GE=grupo esteira; GB=grupo bicicleta) e o protocolo constou de avaliação do desempenho cardiorrespiratório, metabólico e *performance* física avaliados durante TECP utilizando protocolo de rampa em esteira convencional ou bicicleta ergométrica através da utilização de um analisador de gases (Cortex Biophysik GmbH, Metamax3B).

Coleta de Dados/Desenho do Estudo

Inicialmente, em um primeiro dia, todas as obesas realizaram avaliação clínica (Hipertensão, Diabetes, Doenças cardiovasculares, Dislipidemias, DPOC; e hábitos de vida - sedentarismo, etilismo, fumo) e antropométrica pré-operatória para triagem. Foram verificadas as medidas antropométricas de adiposidade geral (peso, kg, altura, cm, cálculo do IMC e percentual de adiposidade corporal-IAC) e periférica (circunferências do pescoço - CP, cintura - CC e quadril - CQ) e quantificação da adiposidade central e periférica (RCQ – relação cintura-quadril) (WHO, 2013). Tiveram ainda sua função pulmonar (capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), pico de fluxo expiratório (PFE) e

ventilação voluntária máxima (VVM)), avaliada através da espirometria (DATOSPIR 120 - Siblemed, Barcelona, Espanha) (ATS, 2003). Os testes foram realizados conforme o padrão de aceitação e reprodutibilidade orientados pela ATS (ATS, 2003).

Em um segundo dia, as obesas realizaram o TECP clínico padrão com protocolo de Rampa em esteira ergométrica convencional (Micromed Centurium 300) ou bicicleta ergométrica (Lode/Corival), a depender da alocação dos sujeitos. Os testes seguiram a normatização de segurança, monitoração, realização e interpretação dos dados preconizados pela ATS, (2003).

O GB realizou protocolo incremental de rampa em bicicleta ergométrica com os incrementos de watts sendo realizados a cada 15 segundos (Wasserman et al., 2005). O GE realizou protocolo incremental de rampa realizado em esteira ergométrica (controle automático de incrementos dados pelo software), levando em consideração para o incremento do protocolo o consumo de oxigênio máximo ($VO_{2MÁX}$) paciente/predito.

Durante os testes o sistema de análise de gases respiratórios foi acoplado ao paciente (com máscara oronasal) para a tomada dos gases metabólicos e respiratórios expirados teste respiração-respiração. Foram coletadas variáveis de interesse para monitorar a capacidade funcional máxima dos obesos: variáveis metabólicas (VO_2 e VCO_2) e respiratórias (ventilação minuto - VE; equivalentes respiratórios de oxigênio- VE/VO_2 e de dióxido de carbono - VE/VCO_2 ; razão de troca gasosa- RER) e cardíacas (frequência cardíaca-FC e Pulso de O_2). O LV foi avaliado pelo método de V-Solpe ou método ventilatório. A análise da percepção subjetiva de esforço foi utilizada antes, durante e depois do teste (Borg. 6-20). Durante o teste foram também monitoradas as variáveis cardíacas (pressão arterial – PA e traçado eletrocardiográfico - ECG). Os critérios para interrupção dos testes foram rigorosamente seguidos de acordo com a padronização da ATS, (2003).

Análise Estatística

Para o tratamento estatístico usou-se o software Statistic 10.0 (StatSoft, USA). Para todas as análises foi adotado um nível de significância de 5%.

As variáveis de interesse obtidas em todos os TECP, as medidas de antropometria e espirometria foram testadas quanto a sua distribuição normal através do Teste de Normalidade dos dados Kolmogorov-Smirnov e mostradas em medidas de tendência central e dispersão.

Teste de correlação de Pearson foi utilizado para se testar a magnitude das correlações existentes entre o conjunto de medidas de desempenho cardiopulmonar e metabólico (VO_2 , VE, RER, VE/VCO₂, FC) com as medidas antropométricas (Peso, IMC, IAC, RCQ, CC, CQ, CP), espirométricas (CVF%, VEF¹%, PFE, VVM, VRE).

Para testar a hipótese de diferença entre as medidas de desempenho cardiopulmonar e metabólico do TECP entre os dois ergômetros usados (GB e GE), foi utilizado o teste T de Student.

RESULTADOS

Foram recrutadas inicialmente 71 mulheres obesas. Entretanto, apenas 40 participantes foram randomizadas entre dois grupos, permanecendo 20 obesas no GE e 20 obesas no GB. Os dados gerais da amostra, características antropométricas, de função pulmonar, cardiopulmonares e metabólicas são apresentados na Tabela 1.

A amostra estudada apresentou severo grau de obesidade, com média de IMC de $43,5 \pm 6,7$, com predominância de adiposidade localizada na região central (RCQ de $0,88 \pm 0,09$). Quando os dados antropométricos foram analisados separadamente entre os grupos, observou-se que no GB 75% das obesas possuíam obesidade grau III, enquanto no GE apenas 55% das obesas. Destacamos que quando analisadas as diferenças antropométricas entre os grupos,

apenas a CC apresentou diferença significativa (GE: $38,3 \pm 2,6$ e GB: $40,5 \pm 3,1$; $p < 0,05$). Observamos ainda ausência de distúrbios ventilatórios (GE: %CVF=92.3%; %VEF₁=93.3%, GB: %CVF=88.5%; %VEF₁=89.6%) e homogeneidade entre os grupos para estas variáveis (tabela 1).

As variáveis cardiopulmonares e metabólicas foram inicialmente analisadas no repouso para garantir que os valores basais para início de um TECP fossem respeitados. Todas as variáveis analisadas não apresentaram diferença significativa entre os grupos ($p > 0,05$) (Tabela 2). Ao final dos testes, observou-se que o GE apresentou uma interrupção mais precoce do teste ($p < 0,05$). Entretanto, apesar do menor tempo de duração, o GE apresentou valores de VO₂pico, ml/kg/min maiores do que o GB (esteira: VO₂pico: $18,1 \pm 3,3$; % VO₂pico: $93,2 \pm 12,4$; bicicleta: VO₂pico: $12,2 \pm 2,1$; % VO₂pico: $66,1 \pm 8,6$; $p < 0,05$) indicando uma maior sobrecarga de trabalho. Fato que também pôde ser observada no momento do LV ($p < 0,05$) (Tabela 3/Figura 1).

Quando observada a necessidade ventilatória das obesas no momento do pico do esforço (Tabela 3/Figura 2), observou-se maior necessidade ventilatória daquelas obesas que realizaram TECP na Esteira quando comparado a bicicleta (%VE esteira: $85,3 \pm 17,1$; %VE bicicleta: $58,4 \pm 10,3$; $p < 0,05$). Ademais ao final dos testes as obesas do GE apresentavam uma reserva ventilatória de 38,3L enquanto para o grupo bicicleta uma reserva de 59,5L. Dados também confirmados pela escala subjetiva de esforço, onde as obesas do GE relataram um Borg dispneia maior do que Borg Fadiga para este ergômetro, onde, do total de 19 obesas, 12 referiram o borg de dispneia como principal motivo para interrupção do teste. Enquanto que no GB o Borg fadiga foi maior do que o Borg Dispneia. Os demais dados cardiopulmonares e metabólicos durante LV e Pico do esforço para ambos os grupos encontram-se detalhados na tabela 3.

Destacamos ainda que, ao analisar as possíveis correlações existentes entre as medidas antropométricas com as variáveis de desempenho do TECP entre os grupos, observou-se que apenas para o GE, o desempenho final do teste, visto pela duração do TECP teve influência de medidas antropométricas como peso ($r=-0,56$, $p=0,01$) e IMC ($r=-0,55$, $p=0,02$) (Figura 3). Para o GB, destacamos que a variável antropométrica vista através do IMC, apresentou uma correlação negativa com o VO_2 pico (ml/kg/min) ao final do teste ($r=-0,61$, $p=0,01$).

DISCUSSÃO

Nosso principal objetivo foi avaliar as respostas cardiopulmonares e metabólicas de mulheres obesas durante diferentes modalidades de exercício através do TECP. Hipotetizamos que mesmo com maiores respostas fisiológicas sendo encontradas durante teste realizado em esteira, a bicicleta apresenta benefícios que a fazem ser uma melhor opção de escolha tanto para avaliação do desempenho físico quanto para realização de programas de treinamento e perda de peso. Nossos principais resultados mostram que mesmo durante o teste realizado em bicicleta apresentar menores valores de VO_2 pico, VO_2 LV, foi durante esse ergômetro que as obesas apresentaram uma duração ideal para o teste (em torno de 8 a 12 minutos) (Arena et al. 2007).

Nossos achados mostraram, que foi na esteira, que as obesas interromperam precocemente o teste, apresentando um LV muito próximo ao início do exercício. Sugerimos que o TECP em esteira, apresenta uma alta demanda energética e utilização de muitos grupos musculares. Assim, apresenta valores iniciais muito próximos dos valores máximos preditos, levando muitas vezes a uma interrupção abrupta do teste no início do esforço. Devemos considerar que o excesso de adiposidade corporal proporciona uma maior sobrecarga articular e muscular e acarreta em uma desarmonia mecânica mais evidente. O padrão biomecânico do

obeso é alterado, exigindo mais ações musculares compensatórias, que somadas a ação da gravidade, tornam a deambulação uma atividade muito extenuante, o que justificaria a interrupção precoce do teste durante essa modalidade de exercício (McGraw et al., 2000; Bankoff et al., 2003).

Hipotetizamos que a escolha do ergômetro utilizado para avaliação da aptidão cardiorrespiratória interfere de forma direta nos seus resultados, uma vez que a biomecânica do movimento são diferentes para a caminhada e o ciclismo. Na bicicleta, os indivíduos realizam o exercício utilizando principalmente os membros inferiores para gerar um movimento rotativo e para superar a carga imposta externamente. Em contrapartida, em teste na esteira, o trabalho mecânico é realizado utilizando um grande grupo de segmentos do corpo para elevar e acelerar clinicamente o centro de massa do corpo, de modo que o próprio corpo se torna uma carga imposta (Hermansen et al., 1970; Faulkner et al., 1971; Hermansen, 1973; Hillokorpi et al., 1999).

Escassos foram os estudos que avaliaram a resposta cardiopulmonar e metabólica de obesos em diferentes ergômetros durante TECP. Anteriormente, Lafortuna et al., (2008) relatou que o excesso de massa corporal impacta negativamente no gasto energético do movimento, afetando as respostas cardiopulmonares. Destacamos que esse estudo diferenciou-se do nosso uma vez que utilizou um protocolo de esforço para o TECP que não foi o protocolo de rampa, além disso, não utilizou sistema de coleta de dados cardiopulmonares e metabólicos respiração-respiração e principalmente, não teve como foco a análise das respostas encontradas entre os ergômetros e sim entre obesas e normopesas. Em nossos achados observamos que o excesso de massa corporal impactou negativamente a realização do teste apenas para o grupo esteira. Observamos que quanto maior o peso e maior o IMC das nossas obesas, pior foi duração do teste em esteira. Sugerimos mais uma vez que o grande acúmulo de adiposidade, somada a

sustentação do peso corporal durante a marcha, tornam esta atividade extenuante para a população obesa.

Divergindo dos nossos resultados, Meneghelo et al., (2010) afirmam que é na bicicleta, que muitas vezes ocorre uma interrupção precoce do esforço por exaustão de membros inferiores. Este ergômetro em geral, é mais indicado nos indivíduos com limitação ortopédica e deficits do equilíbrio. Do mesmo modo, Ciavaglia et al., (2014) relatam que em TECP realizado com DPOC obesos que o grupo que realizou o teste em bicicleta teve uma discreta redução de tempo em relação ao grupo esteira, entretanto, esses dados sem valor significativo.

Analisando a demanda cardíaca e ventilatória, nossos resultados mostraram que no pico do esforço, as obesas apresentaram uma $FC_{máx}$ ao final do teste de 6,4% maior no GE. Do mesmo modo, foi este mesmo grupo que apresentou uma maior demanda ventilatória necessária para finalizar o exercício. O aumento da ventilação e também da FR observado neste grupo talvez apresente relação com o acúmulo de CO_2 durante realização de TECP. Discordando dos nossos achados, Lafortuna et al., (2008) mostraram que tanto nas mulheres obesas quanto normopesas, os valores de FC foram maiores no TECP realizado em bicicleta do que em esteira e que para o grupo de obesas essa diferença foi significativa.

Identificamos ainda que as obesas apresentaram um $\%VO_2$ de apenas 66,1% do predito durante teste em bicicleta, enquanto que na esteira foi de 93,2% do predito. Por sua vez, durante o momento LV, o VO_2 na esteira já se apresentava em 75,8% do predito, enquanto que na bicicleta apenas 44,7% do predito. Os dados ainda se tornam mais robustos quando acrescentamos informações da reserva ventilatória das obesas ao final no TECP, que foi menor para o GE em comparação com o GB. Torna-se evidente que as obesas realizam TECP em esteira com uma maior dificuldade, uma vez que necessitam de uma maior demanda ventilatória para movimentar um corpo extremamente pesado durante o exercício, acarretando em um pico de esforço alto mesmo no início do exercício, levando a interrupção precoce do teste.

Na população saudável, os valores de $VO_{2MÁX}$ são em média, mais altos quando o teste é realizado em esteira tanto durante o pico da atividade, quanto no momento do LV (Christensen et al., 2004; Itoh et al., 2013; Kim, Chun and Kim, 2013). Avaliando sujeitos com severo DPOC, Hsia et al., (2009) também observaram que em média o $VO_{2MÁX}$ foi 14% maior durante teste em esteira, entretanto, houve maior dessaturação de oxigênio no pico do exercício, determinando assim, uma melhor resposta ventilatória destes pacientes durante protocolo realizado em bicicleta. Ciavaglia et al., (2014) avaliando indivíduos DPOC que possuíam também uma obesidade grau II, uma absorção de oxigênio significativamente maior foi observada no TECP em esteira em comparação com a bicicleta, nesta população também foi observada uma maior dessaturação de oxi-hemoglobina durante determinada intensidade. Abiodun et al., (2015), avaliando hipertensos, tanto os valores de $VO_{2máx}$, como a taxa de FC foi maior no exercício realizado em esteira comparado a bicicleta.

Fato relevante durante avaliação do desempenho dos obesos refere-se a sustentação do peso corporal. Apesar dos obesos apresentarem uma maior massa corporal durante realização do exercício, estudando jovens com sobrepeso, Loftin et al., (2004) relatou não haver discordância nos valores máximos entre os ergômetros, sugerindo que ambos são ideais para avaliação do $VO_{2MÁX}$. Anteriormente, Maffei et al., (1994), avaliando crianças obesas havia relatado haver diferenças entre os ergômetros, com os maiores valores sendo obtidos na esteira (9.7% maior- VO_{2l}/min e 12.9% maior- $VO_{2ml}/kg/min$). Diante das divergências encontradas na literatura, comparar as respostas fisiológicas durante as diferentes modalidades de exercício foi o ponto chave do nosso estudo.

Importante ressaltar que a obesidade também promove alteração do desempenho muscular, uma vez que o músculo dos obesos possui uma menor capacidade oxidativa devido as alterações na estrutura mitocondrial, que está relacionado a inflexibilidade metabólica ao oxigênio, ocasionando uma maior dificuldade de extração de oxigênio nesta população

(Houmard, 2008). De modo geral, obesos apresentam uma prejudicada capacidade funcional acarretando prejuízos no desenvolvimento de suas atividades (Browning and Kram, 2005; Hullnes, 2006; Sowers and Karvonen-Gutierrez, 2010; Sawyer et al., 2010; Thommazo-Luporini et al., 2012). O acúmulo de adiposidade em torno dos quadris e membros inferiores destes indivíduos contribuem para uma reduzida capacidade cardiopulmonar e metabólica e uma pior capacidade para deambulação, decorrente da desvantagem mecânica que estes sujeitos apresentam, consequência da carga adicional imposta pelo excesso de massa gorda (Lafortuna et al., 2005). Esta associa-se a uma maior percepção do esforço e aumento da dispneia em pacientes com elevados graus de obesidade além de uma precoce exaustão durante a realização das atividades (King et al., 2012; Thommazo-Luporini et al., 2012).

CONCLUSÃO

Com nossos resultados, concluímos que ao comparar os parâmetros de aptidão cardiopulmonar e metabólica de obesas adultas em protocolos de rampa durante TECP em diferentes ergômetros, foi na bicicleta que as obesas apresentaram melhor adaptação. Durante TECP em bicicleta as obesas finalizaram o exercício com uma maior reserva ventilatória. Somado a isto, para nossa população, foi a bicicleta que apresentou uma duração ideal de teste, não permitindo uma interrupção mais precoce do TECP como foi observado na esteira. Um dos nossos principais achados foi o fato de que durante TECP na bicicleta, a duração total do teste não sofreu influência alguma da antropometria do indivíduo. Por sua vez, na esteira, quanto maior era o peso e a circunferência de quadril da obesa pior seu desempenho com relação a duração do teste. Portanto, afirmamos que o TECP sofre uma influência negativa da antropometria quando realizado em esteira. Fato que pode ser eliminado quando teste é realizado excluindo-se a sustentação do peso corporal dos sujeitos.

Corresponding Author: Selma Bruno. Rua Antônio Lopes Chaves, nº 626 – Casa 15, Nova Parnamirim, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. Email: selma.bruno@gmail.com and sbruno@ufrnet.br, phone: +55 84 3342 2022

Conflict of Interest: *The authors declare that they have no conflict of interest.*

Author biography:

Oliver, N: PhD student. Physical Therapy Postgraduate Program. Federal University of Rio Grande do Norte

Carlos, R: PhD. Physical Therapy Postgraduate Program. Federal University of Rio Grande do Norte

Corte, R: PhD student. Physical Therapy Postgraduate Program. Federal University of Rio Grande do Norte

Fialho D: Master. Physical Therapy Postgraduate Program. Federal University of Rio Grande do Norte

Henrique B: Master. Physical Therapy Postgraduate Program. Federal University of Rio Grande do Norte

Barbosa W: Graduation student. Federal University of Rio Grande do Norte

Messias, J: Graduation student. Federal University of Rio Grande do Norte

Bruno, S: Physical Therapy Department, Federal University Rio Grande Norte

Table 1. General, anthropometric and pulmonary function characteristics of obese women separated by group

	General Group (n=40)	Treadmill Group (n=20)	Bicycle Group (n=20)
Age, years	34.1±5.4	33.6±6.0	34.5±4.8
Height, cm	159.5±6.2	159.7±7.9	159.7±4.0
Weight, kg	110.5±16.8	107.9±18.1	113.2±15.5
% Morbid obesity	65%	55%	75%
BMI, kg/m ²	43.5±6.6	42.4±7.6	42.4±5.4
BAI, %	48.4±8.2	46.9±9.0	46.9±7.3
NC, cm	39.5±3.0	38.3±2.6	40.5±3.1*
WC, cm	117.3±13.8	113.5±14.3	120.8±12.6
HC, cm	133.7±14.3	130.2±12.4	130.2±15.5
WHR	0.88±0.09	0.87±0.05	0.89±0.12
FVC, l	3.1±0.5	3.2±0.5	3.1±0.5
%FVC	89.8±13.2	90.4±11.0	89.2±15.4
FEV ¹ , l	2.7±0.5	2.7±0.4	2.6±0.5
%FEV ¹	91.3±15.5	91.9±11.9	89.2±15.4
FEV/FCV	85.6±6.9	86.2±7.3	84.9±6.6
PFE, l	4.7±1.5	5.0±1.3	4.4±1.7
MVV, l	101.4±21.6	101.2±18.9	101.6±24.6
%MVV	86.4±13.4	85.7±14.0	87.2±11.0
ERV	0.57±0.35	0.58±0.3	0.57±0.40

Data presented in mean and standard deviation. Test T for independent sample groups was used to verify differences between groups;

No significant difference between groups ($p>0.05$);

*Significant difference between groups ($p<0.05$);

BMI: body mass index; BAI: body adiposity index; NC: neck circumference; WC: waist circumference; HC: hip circumference; WHR: waist-hip ratio; FVC: forced vital capacity; FEV: forced expiratory volume; PEF: peak expiratory flow; MVV: maximum voluntary ventilation; ERV: expiratory reserve volume.

Table 2. Description of cardiopulmonary and metabolic variables during the rest period between bicycle and treadmill groups

	General Group (n=34)	Treadmill Group (n=19)	Bicycle Group (n=15)
SBP, mmHg	123.6±12.2	120.2±12.0	128.0±11.4
DBP, mmHg	79.7±9.2	75.7±8.2	84.6±8.3*
HR, bpm	88.9±11.7	86.4±12.3	92.0±10.5
Borg dyspnea	7.0±1.3	7.3±1.5	6.7±0.9
Borg fatigue	7.0±1.4	7.0±1.6	7.0±1.0
VO ₂ , ml/kg/min	3,3±0.6	3.3±0.6	3.2±0.5
VE, l	10.6±2.4	10.8±2.4	10.2±2.5
VCO ₂ , l	0.292±0.05	0.294±0.05	0.290±0.06
RER	0.81±0.08	0.82±0.08	0.80±0.08
PulO ₂ , bpm/min	4.10±0.9	4.23±1.0	3.93±0.7
VE/VO ₂	25.1±3.6	26.1±3.4	23.9±3.6
VE/VCO ₂	30.5±4.1	31.1±4.9	29,6±2.9
PETO ₂	107.3±4.6	107.9±4.8	106.6±4.5
PETCO ₂	33.5±3.2	33.2±3.6	33.9±2.7

Data presented in mean and standard deviation. Test T for independent sample groups was used to verify differences between groups;

No significant difference between groups ($p>0.05$);

*Significant difference between groups ($p<0.05$);

SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; HR: heart rate; VO₂: oxygen consumption, VE: minute ventilation, VCO₂: carbon dioxide production, RER: respiratory exchange rate, PulO₂: oxygen pulse, VE/VO₂: ventilatory equivalent of oxygen, VE/VCO₂: ventilatory equivalent of carbon dioxide; PETO₂: expired oxygen fraction; PETCO₂: expired fraction carbon dioxide.

Table 3. Cardiopulmonary and metabolic variables during ventilatory threshold (LV) and peak of effort between bicycle and treadmill groups

	General	Treadmill Group		Bicycle Group	
	Group (n=34)	(n=19)		(n=15)	
	PEAK	VT	PEAK	VT	PICO
SBP, mmHg	178,2±24,3		173,1±22,1		184,6±26,1
DBP, mmHg	84,4±16,7		80,0±16,7		90,0±15,5
HR, bpm	159,1±18,0	135,6±8,8	164,6±10,9	128,8±20,7	152,1±22,8*
%HR, bpm	85,6±9,0		88,4±5,3		82,0±11,3*
Borg dyspnea	15,2±2,7		16,0±2,3		14,3±2,9
Borg fatigue	15,4±2,9		15,6±3,0		15,2±3,0
VO ₂ , ml/kg/min	15,5±4,0	14,7±2,2	18,1±3,3	8,9±1,0*	12,2±2,1*
%VO ₂ , ml/kg/min	81,2±17,4	75,8±9,3	93,2±12,4	44,7±13,1*	66,1±8,6*
VE, l	53,7±15,4	37,2±7,2	62,9±13,5	24,7±3,2*	42,1±8,3*
%VE, l	73,5±19,7		85,3±17,1		58,4±10,3*
VCO ₂ , l	1,673±0,43	1,284±0,27	1,935±0,33	0,830±0,10*	1,345±0,29*
RER	0,99±0,08	0,80±0,07	1,0±0,06	0,84±0,06	0,98±0,10
PulO ₂ , bpm/min	10,5±2,1	11,5±2,1	11,7±1,9	7,7±1,1*	8,9±1,3*
%PulO ₂ , bpm/min	95,4±18,2		106,1±14,2		80,8±11,8*
VE/VO ₂	29,9±4,3	22,9±3,0	30,9±4,1	23,2±3,0	28,5±4,4
VE/VCO ₂	30,0±3,2	27,8±3,3	30,8±3,6	27,1±3,3	28,9±2,4
PETO ₂	110,1±4,3	101,2±4,3	111,1±4,0	102,2±5,4	108,7±4,3
PETCO ₂	37,0±3,6	39,2±4,2	36,5±4,1	39,2±3,2,2	37,7±3,0
Test duration		459,2±91,7		613,2±142,9*	

Data presented in mean and standard deviation. Test T for independent sample groups was used to verify differences between groups;

No significant difference between groups ($p>0.05$);

*Significant difference between groups ($p<0.05$);

VT: ventilatory threshold; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; HR: heart rate; VO₂: oxygen consumption, VE: minute ventilation, VCO₂: carbon dioxide production, RER: respiratory exchange rate, PulO₂: oxygen pulse, VE/VO₂: ventilatory equivalent of oxygen, VE/VCO₂: ventilatory equivalent of carbon dioxide; PETO₂: expired oxygen fraction; PETCO₂: expired fraction carbon dioxide;

Reference Equation VO₂, see Wasserman et al. 2005.

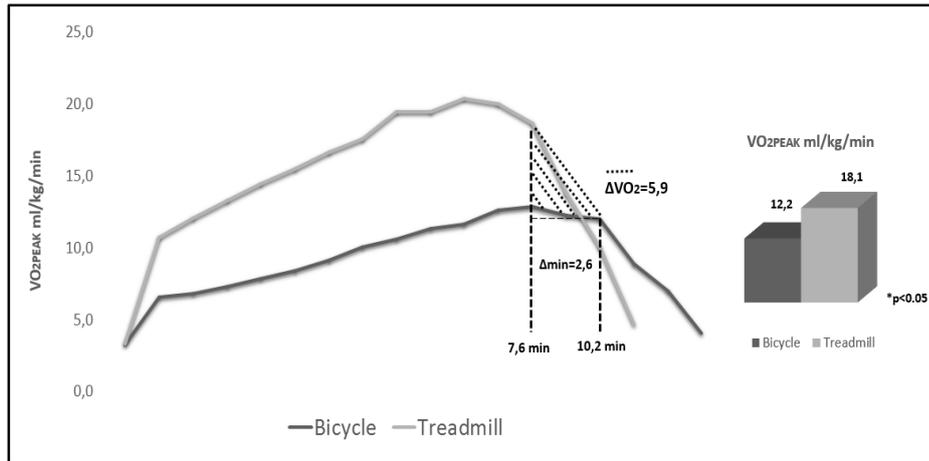


Figure 1: Graphical representation of the VO₂ml/kg/min curves and duration of the tests during CPX performed in Treadmill and Bicycle in obese women. VO₂PEAK: oxygen consumption at the peak of the exercise; Δmin: delta of the difference in minutes of the duration of the tests; ΔVO₂:delta of the difference between the O₂ consumption at the peak of the tests. *Significant difference between groups (p<0.05).

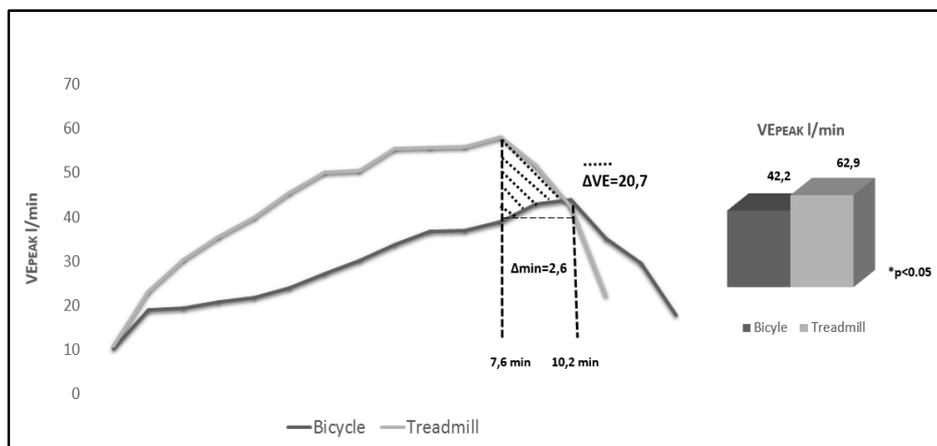


Figure 2: Graphical representation of the curves of the VE L/min and duration of the tests during CPX performed in Treadmill and Bicycle in obese women. VEPEAK: ventilation per minute at the peak of the exercise; Δmin: delta of the difference in minutes of the duration of the tests; ΔVE: delta of the difference between ventilation at the peak of the tests. *Significant difference between groups (p<0.05).

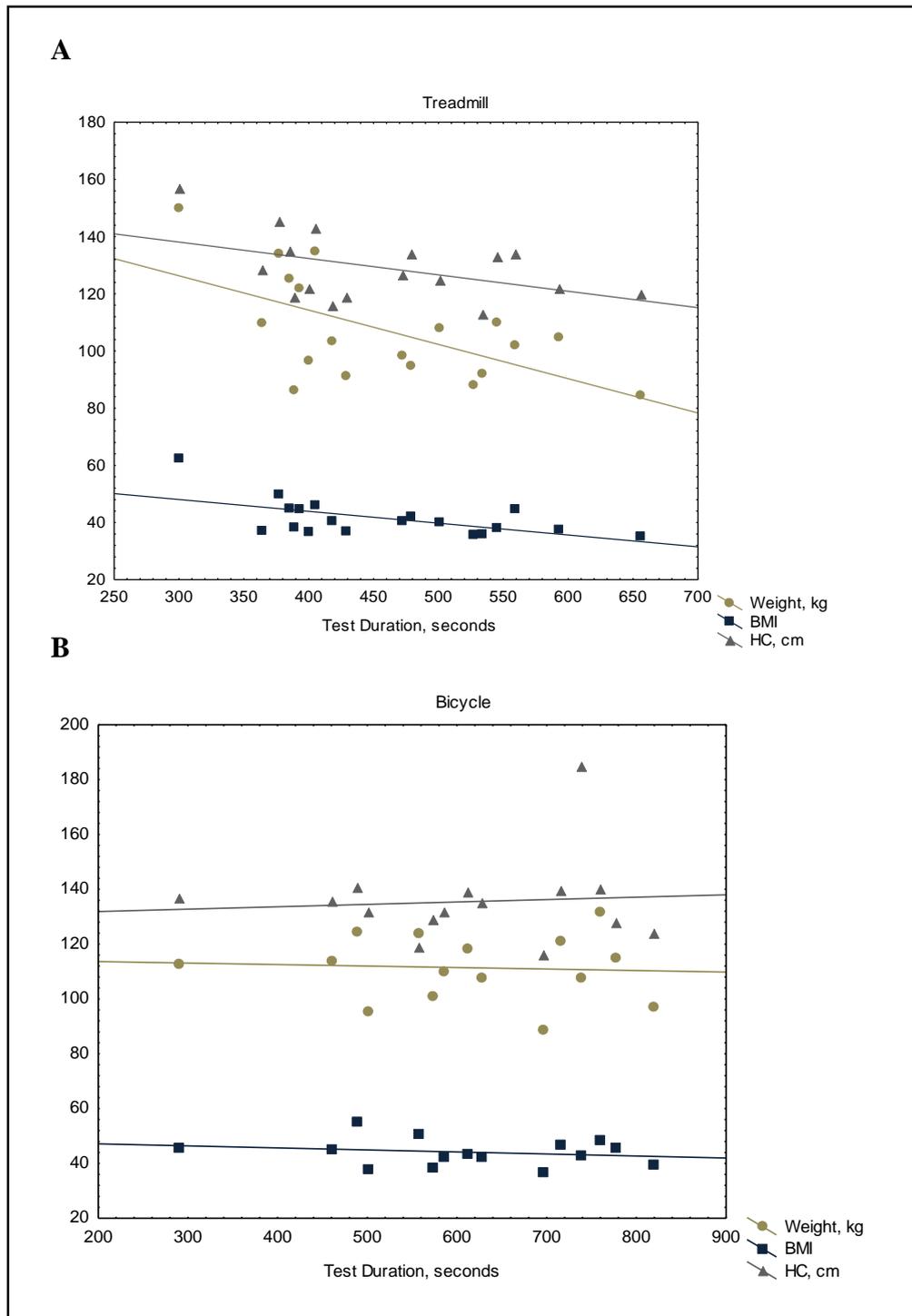


Figure 3. Correlation between anthropometric measures and CPX duration on treadmill (A) and bicycle (B). BMI: body mass index; HC: hip circumference. $p < 0.05$ for treadmill group; $p > 0.05$ for bicycle group.

Referências

1. Abiodun OO, Balogun MO, Akintomide AO, et al (2015) Comparison between treadmill and bicycle ergometer exercise tests in mild-to-moderate hypertensive Nigerians. *Integrated Blood Pressure Control* 8.
2. Meneghelo RS, Araújo CGS, Stein R, et al (2010) Sociedade Brasileira de Cardiologia. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Teste Ergométrico. *Arq Bras Cardiol* 95(5 supl.1): 1-26.
3. Araújo CGS, Pinto VLM (2005) Freqüência Cardíaca Máxima em Testes de Exercício em Esteira Rolante e em Cicloergômetro de Membros Inferiores. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* 85, nº1
4. Arena R, Myers J, Williams MA, et al (2007) Assessment of functional capacity in clinical and research settings. *Circulation*. 116(3):329-43.
5. ATS/ACCP. American thoracic Society/American College of chest physicians (2003) Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*.167:211-77.
6. ACSM. American College os Sports Medicine (2014) Diretrizes do ACSM para os Testes de Esforço e sua Prescrição. Ed. 9. Rio de Janeiro/RJ: Guanabara Koogan
7. Balady GJ, Arena R, Sietsema K, et al (2010) Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 122:191-225.
8. Balke B, Ware R (1959) An experimental study of physical fitness of air force personnel. *US Armed Forces Med*. 1:10:675-88. 1959.
9. Bankoff ADP, Zamai CA, Schimdt A et al (2003) Estudo das alterações morfológicas do sistema locomotor: postura corporal x obesidade. *Revista da Educação Física/UEM* 14, n.2, p. 41-48, 2.
10. Boileau RA, Bonen A, Heyward VH (1977) Maximal aerobic capacity on the treadmill and bicycle ergometer of boys 11-14 years of age. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 17, 153-162.
11. Browning RC, Kram R (2005) Energetic cost and preferred speed of walking in obese versus normal weight women. *Obesity Resear* 13:891-9.
12. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, et al (1983) Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol* 55:1558–1564.
13. Bruce RA, Kusumi F, Hosmer, D (1973) Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J*. April 546-562.
14. Ciavaglia CE, Guenette JA, Ora J et al (2014) Does exercise test modality influence dyspnoea perception in obese patients with COPD? *Eur Respir J* 43: 1621–1630.
15. Christensen CC, Ryg MS, Edvardsen A, et al (2004) Effect of exercise mode on oxygen uptake and blood gases in COPD patients. *Respir Med* 98(7):656-660.
16. Diamond, E (2007) Developing a Cardiopulmonary Exercise Testing Laboratory. *Chest* 132:2000–2007.

17. Evans RA, Dolmage TE, Robles PG, et al (2014) Do Field Walking Tests Produce Similar Cardiopulmonary Demands to an Incremental Treadmill Test in Obese Individuals With Treated OSA? *Chest* 146(1):81-87.
18. Faulkner JA, Roberts DE, Elk RL, Conway J (1971) Cardiovascular responses to submaximum and maximum effort cycling and running. *J Appl Physiol* 30:457–461.
19. Guazzi M, Adams V, Conraads V, et al (2012) Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *European Heart Journal*. 5.
20. Guazzi M, Arena R, Halle M, et al (2016) Focused Update: Clinical Recommendations for Cardiopulmonary Exercise Testing Data Assessment in Specific Patient Populations. *Circulation* 133.
21. Houmard JA (2010) Intramuscular lipid oxidation and obesity. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 294(4):R1111-6
22. Hulens M, Vansant G, Lysens R, (2001) Exercise capacity in lean versus obese women. *Scand J Med Sci Sports* 11 (5):305-9.
23. Hermansen L (1973) Oxygen transport during exercise in human subjects. *Acta Physiol Scand Suppl* 399:1–104.
24. Hermansen L, Ekblom B, Saltin B (1970) Cardiac output during submaximal and maximal treadmill and bicycle exercise. *J Appl Physiol* 29:82–86.
25. Hillokorpi H, Fogelholm M, Laukkanen R, Pasanen M, Oja P, Mañnta`ri A, Natri A (1999) Factors affecting the relation between heart rate and energy expenditure during exercise. *Int J Sports Med* 20:438–443
26. Hsia D, Casaburi R, Pradhan A, (2009) Physiological responses to linear treadmill and cycle ergometer exercise in COPD. *Eur Respir J*. 34: 605–615.
27. Itoh H, Ajisaka R, Koike A, et al (2013) Heart rate and blood pressure response to ramp exercise and exercise capacity in relation to age, gender, and mode of exercise in a healthy population. *Journal of Cardiology* 61:71–78, 2013.
28. Kim YJ, Chun H, Kim CH (2013) Exaggerated Response of Systolic Blood Pressure to Cycle Ergometer. *Ann Rehabil Med*. 37(3): 364–372.
29. King WC, Engel SG, Elder KA, (2012) Walking Capacity of Bariatric Surgery Candidates. *Surg Obes Relat Dis*. 8:48–59.
30. Kisan R, Kisan SR, Anitha OR, et al (2012) Treadmill and Bicycle Ergometer Exercise: Cardiovascular Response comparison. *Global Journal of Medical research*. 12(5):1.0.
31. Lafortuna CL, Agosti F, Galli R, et al (2008) The energetic and cardiovascular response to treadmill Walking and cycle ergometer exercise in obese women. *Eur J Appl Physiol* 103:707–717.
32. Lafortuna CL, Maffiuletti NA, Agosti F, Sartorio A (2005) Gender variations of body composition, muscle strength and power output in morbid obesity. *Int J Obes* 29:833–841.

33. Loftin M, Sothorn M, Warren B, et al (2004) Comparison of Vo₂ Peak During Treadmill And Cycle Ergometry In Severely Overweight Youth. *Journal of Sports Science and Medicine* 3, 254-260.
34. McGraw B, McClenaghan BA, Williams HG, (2000) Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. *Arch Phys Med Rehabil.* 81(4):484-9
35. Maffei C, Schena F, Zaffanello M, et al (1994). Maximal aerobic power during running and cycling in obese and non-obese children. *Acta Pediatr* 83:223-226.
36. Maeder M, Wolber T, Atefy R, et al (2005) Impact of the exercise mode on exercise capacity. *Chest* 128:2804–2811.
37. Mezzani A, Agostoni P, Cohen-Solal P, et al (2009) Standards for the use of cardiopulmonary exercise testing for the functional evaluation of cardiac patients: a report from the Exercise Physiology Section of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation* 16: 249.
38. Milano GE, Leite N (2009) Comparação das Variáveis Cardiorrespiratórias de Adolescentes Obesos e não Obesos em Esteira e Bicicleta Ergométrica. *Rev Bras Med Esporte* 15, nº4.
39. Miles DS, Critz JB, Knowlton RG (1980) Cardiovascular, metabolic and ventilatory responses of women to equivalent cycle ergometer and treadmill exercise. *Medicine and science in sports and exercise* 12; 1: 14-19.
40. Muscat KM, Kotrach HG, Wilkinson-Maitland CA, et al (2015) Physiological and perceptual responses to incremental exercise testing in healthy men: effect of exercise test modality. *Appl Physiol Nutr Metab* 40(11):1199-209
41. Myers J, Buchanan N, Walsh D et al (1991) Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. *J Am Coll Cardiol* 17: 1334-42.
42. Neder JA, Nery LE (2002) Teste de Exercício Cardiopulmonar. *J Pneumol.* 28(Supl 3).
43. Palange P, Forte S, Onorati P, et al (2000) Ventilatory and metabolic adaptations to walking and cycling in patients with COPD. *J Appl Physiol* 88:1715-1720.
44. Palange P, Ward SA, Carlsen KH (2007) Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J* 29: 185–209.
45. Pereira DAG, Samora GAR, Alencar MCN, et al (2012) Teste de esforço cardiopulmonar com Protocolo de rampa em adultos Com insuficiência cardíaca. *Rev Bras Med Esporte* 18, 6.
46. Pollock ML, Foster C, Schmidt, D, et al (1992) Comparative analysis of physiologic responses to three different maximal graded exercise test protocols in healthy women. *American Heart Journal.*
47. Sawyer BJ, Blessinger JR, Irving BA, (2010) Walking and running economy: inverse association with peak oxygen uptake. *Med Sci Sports Exe.* 11:2122-7.
48. Sowers MR, Karvonen-Gutierrez CA (2010) The evolving role of obesity in knee osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol* 22(5): 533–537.

49. Stringer, WW. Cardiopulmonary exercise testing: current applications (2010) *Exp Rev Respir Med.* 4:179-88.
50. Thommazo-Luporini L, Jürgensen SP, Castello-Simões V, et al (2012) Metabolic and clinical comparative analysis of treadmill six-minute walking test and cardiopulmonary exercise testing in obese and eutrophic women. *Rev. Bras Fisioter* 38(55):862s-863.
51. Turley KR, Wilmore JH (1997) Cardiovascular responses to treadmill and cycle ergometer exercise in children and adults. *J Appl Physiol* 83(3):948-57.
52. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY (2005) *Prova de Esforço: princípios e interpretação.* Revinter. 3 Ed. Rio de Janeiro.
53. Weber KT, Janicki JS, McElroy PA, et al (1988) Concepts and Applications of Cardiopulmonary Exercise Testing. *Chest* 93:4.
54. World Health Organization – WHO (2013) *Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013–2020.* Geneva, Switzerland

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tese desenvolvida teve como enfoque principal a análise das variáveis cardiopulmonares e metabólicas obtidas em TECP clínico padrão e a análise da cinética do consumo de oxigênio e da ventilação realizados em duas diferentes modalidades de exercício, a esteira e a bicicleta ergométrica. Objetivamos ainda para análise das cinéticas, realizadas por meio de testes de carga constante, a observação das respostas obtidas tanto para esteira, quanto para bicicleta, em duas diferentes intensidades de exercício. Hipotetizamos que para a população obesa adulta, diferentes respostas cardiopulmonares e metabólicas máximas não coincidentes entre si sejam observadas. Ademais, atividades realizadas de maneira diferente (caminhada x ciclismo) também irão levar a uma resposta adicional de oxigênio e da ventilação necessária para finalizar atividades não coincidentes entre si. Desse modo, a sobrecarga exercida pelo excesso de peso, pode apresentar respostas diferentes nos ergômetros estudados, em razão talvez da ação da gravidade agindo de maneira diferente em ambos os tipos de atividade.

Com relação ao TECP clínico padrão, ao comparar as respostas cardiopulmonares e metabólicas de obesas adultas, com protocolo de rampa, utilizando esteira e bicicleta ergométrica, as obesas parecem apresentar uma maior dificuldade durante realização do teste na esteira. Movimentar o excesso de peso, ainda com o impacto da ação da gravidade, as levam a interromper o teste mais precocemente, tornando-o muitas vezes um teste demasiadamente curto para avaliação e correta prescrição de atividade. Um dos nossos principais achados, foi que aquelas obesas que realizaram o TECP na bicicleta, a duração total do teste não sofreu influência das medidas antropométricas. Fato que foi observado para o teste em esteira. Maiores circunferências de cintura e quadril e quanto maior o peso, pior o desempenho das obesas no que se diz respeito a interrupção precoce do teste.

Analisando a cinética do VO_2 e da VE observamos que analisando intensidades de exercício mais próximas das realizadas no cotidiano (infra LV), não existe diferença na cinética de oxigênio e da ventilação independente do tipo de atividade que está sendo executada, entretanto, com maiores valores de τVO_2 no grupo esteira, nos faz refletir sobre a pior biomecânica de exercício que os indivíduos necessitam realizar quando estão caminhando, fato justificado pelo grande excesso de peso corporal aliado a ação da gravidade. Além disso, em teste supra LV, um adicional componente de VE foi necessário para que as obesas conseguissem finalizar a atividade proposta durante teste realizado em esteira. Para esta mesma modalidade de exercício, o aumento da obesidade se correlaciona com um maior τVE , o que

reflete uma lentificação da curva da VE, sugerindo uma pior capacidade para realização do exercício.

Durante o período da pesquisa, algumas limitações foram enfrentadas. Uma delas foi referente a captação das voluntárias para a pesquisa. Devido a mudanças no atendimento dos pacientes do SCODE do HUOL em fase de pré-operatório de cirurgia bariátrica exigida pelo Sistema Único de Saúde, houve uma descentralização do acompanhamento pré operatório do Hospital, o que levou a uma grande redução do número de obesas avaliadas, dificultando nosso acesso aos pacientes. Além disso, devido ao nosso protocolo de pesquisa constar com três dias de avaliação, uma grande perda de voluntárias aconteceu entre o segundo e o terceiro dia de avaliação prejudicando a finalização da nossa pesquisa. Ainda houve dificuldade encontrada uma vez que passamos por alguns períodos de suspensão das coletas dos dados, por problemas no fornecimento de material de consumo do aparelho Cortex Metamax.

Finalizando, destacamos que nossa amostra de pesquisa foi composta por voluntárias obesas, que não apresentavam distúrbios ventilatórios, cardíacos e/ou ortopédicos/reumatológicos, com o intuito de identificar o impacto que a obesidade isoladamente causa durante realização de um TECP incremental e teste de carga constante.

9 PRODUÇÕES CIENTÍFICAS

Produções científicas, ligadas ou não a produção deste tese também foram desenvolvidas no período do Doutorado (2014 – 2018). Estas englobam englobando artigos publicados em periódicos, resumos publicados em anais de congressos e trabalhos apresentados e premiados em eventos científicos.

Artigos Publicados em Periódicos

1. **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; ONOFRE, TATIANA; SA, J. C. F.; SILVA, E. P.; BRUNO, SELMA. Ventilatory and Metabolic responses during field tests and CPX in obese adults. REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIA E MOVIMENTO. V.25, p.xx - xx, 2017.
2. ONOFRE, TATIANA; **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; FELISMINO, A. S.; CORTE, RENATA; SILVA, E. P.; BRUNO, S. Oxygen uptake efficiency slope as a useful measure of cardiorespiratory fitness in morbidly obese women. Plos One. V.12, p.e0172894 - xx, 2017.
3. ONOFRE, TATIANA; CARLOS, RENATA; **OLIVER, NICOLE**; FELISMINO, A. S.; FIALHO, DAVI; CORTE, RENATA; PEREIRA, ELIANE; GODOY, EUDES; BRUNO, S. Effects of a Physical Activity Program on Cardiorespiratory Fitness and Pulmonary Function in Obese Women after Bariatric Surgery: a Pilot Study. OBESITY SURGERY. V.27, p.xx - xx, 2017.
4. CARLOS, RENATA; **OLIVER, NICOLE**; CRUZ, A. L. F.; SILVA, S. L.; SOUZA, J. M.; SILVA, B. H. F.; FIALHO, DAVI; BRUNO, SELMA. Prevalence of sleep disorders in obese before bariatric surgery. REVISTA TERAPIA MANUAL. V.15, p.1 - 5, 2017.
5. COLACO, C. L.; NOGUEIRA, I. C.; ABDO, A. P. V.; COLACO, M. A. X. P.; **CRUZ, N.S.O.** Efeitos do uso da cinta abdominal em pacientes com traumatismo raquimedular. Universidade Federal do Ceará. Centro de Ciências da Saúde. Revista de Medicina. V.56, p.10 - 15, 2016.
6. BARBOSA, J. FERNANDES DE SOUZA; BRUNO, S.S.; **CRUZ, N.S.O.**; DE OLIVEIRA, J.S.; RUARO, J.A.; GUERRA, R.O. Perceived fatigability and metabolic and energetic responses to 6-minute walk test in older women. Physiotherapy. V.102, p.294 - 299, 2015.

7. **OLIVER, NICOLE**; ONOFRE, TATIANA; CARLOS, RENATA; BARBOSA, JULIANA; GODOY, EUDES; PEREIRA, ELIANE; GUERRA, RICARDO O.; BRUNO, SELMA. Ventilatory and Metabolic Response in the Incremental Shuttle and 6-Min Walking Tests Measured by Telemetry in Obese Patients Prior to Bariatric Surgery. *Obesity Surgery*. V.25, p.1658 - 1665, 2015.

Resumos Publicados em Anais de Eventos

1. CARLOS, R.; **OLIVER, NICOLE**; SILVA, B. H. F.; FELISMINO, A. S.; SILVA, S. L.; SANTOS, W. H. B.; SOUZA, J. M.; SOUZA, L. F. A.; OLIVEIRA, G. F. M.; BRUNO, S. Correlação da Função Pulmonar e do VO₂ do Cardiopata, In: I Congresso Paraibano de Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica; 2017, João Pessoa. ASSOBRAFIR Ciência. 2017 Jul;8(Supl 1):9-25. P.12.

2. **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, R.; SILVA, B. H. F.; FELISMINO, A. S.; SOUZA, J. M.; SILVA, S. L.; SANTOS, W. H. B.; SOUZA, L. F. A.; OLIVEIRA, G. F. M.; BRUNO, S. Correlação entre a função pulmonar e a capacidade cardiopulmonar e metabólica de mulheres obesas em diferentes ergômetros, 2017. In: I Congresso Paraibano de Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica; 2017, João Pessoa. ASSOBRAFIR Ciência. 2017 Jul;8(Supl 1):9-25. P.13.

3. **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; ONOFRE, TATIANA; SANTOS, W. H. B.; SILVA, S. L.; CRUZ, A. L. F.; SOUZA, J. M.; BRUNO, SELMA. Correlação entre as medidas antropométricas e de desempenho de obesos durante TECP e Shuttle Test, In: IV COSEFIR - CONGRESSO DOS SERTÕES DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA, FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR E FISIOTERAPIA EM TERAPIA INTENSIVA, 2016, Mossoró. ASSOBRAFIR Ciência, 2016. v.7. p.37 – 37.

4. **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; ONOFRE, TATIANA; SANTOS, W. H. B.; CRUZ, A. L. F.; OLIVEIRA, G. F. M.; SOUZA, L. F. A.; BRUNO, SELMA. Correlação entre a função pulmonar e as medidas antropométricas de indivíduos obesos, In: IV COSEFIR - CONGRESSO DOS SERTÕES DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA, FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR E FISIOTERAPIA EM TERAPIA INTENSIVA, 2016, Mossoró.

ASSOBRAFIR Ciência, 2016. v.7. p.31 – 32.

5. CARLOS, RENATA; **OLIVER, NICOLE**; SILVA, S. L.; CRUZ, A. L. F.; SANTOS, W. H. B.; SOUZA, J. M.; ONOFRE, TATIANA; BRUNO, SELMA. Avaliação dos distúrbios do sono em pacientes do pré-operatório de cirurgia bariátrica, In: IV COSEFIR - CONGRESSO DOS SERTÕES DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA, FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR E FISIOTERAPIA EM TERAPIA INTENSIVA, 2016, Mossoró. ASSOBRAFIR Ciência, 2016. v.7. p.33 – 33.

6. COSTA, C.; PORTO, N. P. C.; **OLIVER, NICOLE**; SILVA, S. L.; CRUZ, A. L. F.; SOUZA, J. M.; CARLOS, RENATA; BRUNO, SELMA. Impacto da ventilação voluntária máxima e pressões respiratórias em obesos, In: IV COSEFIR - CONGRESSO DOS SERTÕES DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA, FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR E FISIOTERAPIA EM TERAPIA INTENSIVA, Mossoró. ASSOBRAFIR Ciência, 2016. v.7. p.34 – 34.

7. PORTO, N. P. C.; COSTA, C.; **OLIVER, NICOLE**; SANTOS, W. H. B.; SILVA, S. L.; SOUZA, J. M.; CARLOS, RENATA; BRUNO, SELMA. Avaliação da pressão inspiratória nasal sniff na população obesa, In: IV COSEFIR - CONGRESSO DOS SERTÕES DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA, FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR E FISIOTERAPIA EM TERAPIA INTENSIVA, 2016, Mossoró. ASSOBRAFIR Ciência, 2016. v.7. p.32 – 33.

8. **CRUZ, N.S.O.**; CARLOS, RENATA; ONOFRE, TATIANA; SA, J. C. F.; PEREIRA, ELIANE; BRUNO, SELMA. Respostas Cardiorrespiratórias e Metabólicas durante Testes de Campo e o TECP em Obesos adultos, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte. ASSOBRAFIR Ciência, 2016. v.7. p.153 – 153.

9. ONOFRE, TATIANA; **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; CORTE, RENATA; FELISMINO, A. S.; FIALHO, DAVI; SA, J. C. F.; BRUNO, SELMA. Análise da aptidão cardiorrespiratória em mulheres obesas após a cirurgia bariátrica, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte. ASSOBRAFIR Ciência, 2016. v.7. p.264 – 246.

10. ONOFRE, TATIANA; CARLOS, RENATA; **OLIVER, NICOLE**; CORTE,

RENATA; FREGONEZI, G.; RESQUETI, V.; SA, J. C. F.; BRUNO, SELMA. Análise de Gases e Troca Gasosa durante TC6M de mulheres obesas e eutróficas, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte. ASSOBRAFIR Ciência, 2016. v.7. p.268 – 268.

11. CORTE, RENATA; BARRETO, C.; ONOFRE, TATIANA; **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; RESQUETI, V.; BRUNO, SELMA. Relação entre medidas antropométricas e função pulmonar após cirurgia bariátrica, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte. ASSOBRAFIR Ciência, 2016. v.7. p.392 - 392

12. CORTE, RENATA; ONOFRE, TATIANA; **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; FELISMINO, A. S.; BRUNO, SELMA. Circunferência de Pescoço é associada a redução da função pulmonar de obesos, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte. ASSOBRAFIR Ciência, 2016. v.7. p.293 – 293.

13. ONOFRE, TATIANA; FELISMINO, A. S.; **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; CORTE, RENATA; FIALHO, DAVI; SA, J. C. F.; BRUNO, SELMA. Efeitos de 12 semanas de treinamento intervalado X contínuo em pacientes com insuficiência cardíaca, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte. ASSOBRAFIR Ciência, 2016. v.7. p.196 – 197.

14. ALCANFOR, T. A. F.; COLACO, C. L.; COLACO, M. A. X. P.; NOGUEIRA, I. C.; **CRUZ, N.S.O.** Efeito do uso da Cinta Abdominal em Pacientes com Traumatismo Raquimedular, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte. ASSOBRAFIR Ciência, 2016. v.7. p.321 - 321

15. BARBOSA, J. FERNANDES DE SOUZA; BRUNO, SELMA; **CRUZ, N.S.O.**; OLIVEIRA, J. S.; GOMES, C. S.; RUARO, J.A.; GUERRA, RICARDO O. Fatigabilidade Percebida, sua Correlação com o VO₂ e o custo energético da caminhada em idosas, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte. ASSOBRAFIR Ciência, 2016. v.7. p.205 – 205.

16. BARBOSA, JULIANA; BRUNO, SELMA; **OLIVER, NICOLE**; RUARO, J.A.; GUERRA, R.O. Relationship Between Perceived Fatigability, Expired Gases Kinetics And The Energy Cost Of Walking, In: The Gerontological Society of America - The 68th Annual Meeting, 2015, Orlando. The Gerontologist - Supplement, 2015. v.55. p.188 – 189.

17. **CRUZ, N.S.O**; ONOFRE, TATIANA; CARLOS, RENATA; SILVA, E. P.; BRUNO, SELMA. Respostas Ventilatórias e Metabólicas durante ISWT e TC6M em obesos antes da cirurgia bariátrica In: III Congresso Nordestino de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2015, Maceió. ASSOBRAFIR Ciência, 2015. v.6. p.178 – 178.

Apresentação de Trabalhos em Eventos

1. OLIVER, NICOLE; **CARLOS, R.** ; SILVA, B. H. F. ; FELISMINO, A. S. ; SOUZA, J. M. ; SILVA, S. L. ; SANTOS, W. H. B. ; SOUZA, L. F. A. ; OLIVEIRA, G. F. M. ; BRUNO, S. . Correlação entre a função pulmonar e a capacidade cardiopulmonar e metabólica de mulheres obesas em diferentes ergômetros. 2017. I Congresso Paraibano de Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica, ASSOBRAFIR. **3º Lugar Categoria Tema Livre Oral.**

2. **CARLOS, R.** ; OLIVER, NICOLE ; SILVA, B. H. F. ; FELISMINO, A. S. ; SILVA, S. L. ; SANTOS, W. H. B. ; SOUZA, J. M. ; SOUZA, L. F. A. ; OLIVEIRA, G. F. M. ; BRUNO, S. . Correlação da Função Pulmonar e do VO2 do Cardiopata. 2017. I Congresso Paraibano de Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica, ASSOBRAFIR.

3. SANTOS, W. H. B. ; **OLIVER, N.** ; CARLOS, R. ; SOUZA, L. F. A. ; OLIVEIRA, G. F. M. ; SOUZA, J. M. ; SILVA, S. L. ; CORTE, RENATA ; BRUNO, S. . Perfil clínico de da função pulmonar de pacientes cardiopatas atendidos no centro de reabilitação cardíaca do Huol. 2017. XIX Congresso Northeriogrãndese de Cardiologia e IV Jornada de Fisioterapia, Sociedade Brasileira de Cardiologia. **1º Lugar na Categoria Tema Livre Oral**

4. SOUZA, L. F. A. ; CARLOS, R. ; **OLIVER, NICOLE** ; SOUZA, J. M. ; SANTOS, W. H. B. ; OLIVEIRA, G. F. M. ; SILVA, S. L. ; FIALHO, DAVI ; BRUNO, S. . Influência da sensação de fadiga no desempenho do Teste de Esforço Cardiopulmonar em mulheres obesas e eutróficas.

2017. XIX Congresso Norterriograndese de Cardiologia e IV Jornada de Fisioterapia, Sociedade Brasileira de Cardiologia.

5. **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; ONOFRE, TATIANA; SANTOS, W. H. B.; SILVA, S. L.; CRUZ, A. L. F.; SOUZA, J. M.; BRUNO, SELMA. Correlação entre as medidas antropométricas e de desempenho de obesos durante TECP e Shuttle Test, In: IV COSEFIR - CONGRESSO DOS SERTÕES DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA, FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR E FISIOTERAPIA EM TERAPIA INTENSIVA, 2016, Mossoró.

6. **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; ONOFRE, TATIANA; SANTOS, W. H. B.; CRUZ, A. L. F.; OLIVEIRA, G. F. M.; SOUZA, L. F. A.; BRUNO, SELMA. Correlação entre a função pulmonar e as medidas antropométricas de indivíduos obesos, In: IV COSEFIR - CONGRESSO DOS SERTÕES DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA, FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR E FISIOTERAPIA EM TERAPIA INTENSIVA, 2016, Mossoró.

7. CARLOS, RENATA; **OLIVER, NICOLE**; SILVA, S. L.; CRUZ, A. L. F.; SANTOS, W. H. B.; SOUZA, J. M.; ONOFRE, TATIANA; BRUNO, SELMA. Avaliação dos distúrbios do sono em pacientes do pré-operatório de cirurgia bariátrica, In: IV COSEFIR - CONGRESSO DOS SERTÕES DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA, FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR E FISIOTERAPIA EM TERAPIA INTENSIVA, 2016. **2º Lugar na Categoria Pôster.**

8. COSTA, C.; PORTO, N. P. C.; **OLIVER, NICOLE**; SILVA, S. L.; CRUZ, A. L. F.; SOUZA, J. M.; CARLOS, RENATA; BRUNO, SELMA. Impacto da ventilação voluntária máxima e pressões respiratórias em obesos, In: IV COSEFIR - CONGRESSO DOS SERTÕES DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA, FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR E FISIOTERAPIA EM TERAPIA INTENSIVA, Mossoró.

9. PORTO, N. P. C.; COSTA, C.; **OLIVER, NICOLE**; SANTOS, W. H. B.; SILVA, S. L.; SOUZA, J. M.; CARLOS, RENATA; BRUNO, SELMA. Avaliação da pressão inspiratória nasal sniff na população obesa, In: IV COSEFIR - CONGRESSO DOS SERTÕES DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA, FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR E FISIOTERAPIA EM TERAPIA INTENSIVA, 2016, Mossoró. **1º Lugar na Categoria Tema Livre Oral**

10. **CRUZ, N.S.O.**; CARLOS, RENATA; ONOFRE, TATIANA; SA, J. C. F.; PEREIRA,

ELIANE; BRUNO, SELMA. Respostas Cardiorrespiratórias e Metabólicas durante Testes de Campo e o TECP em Obesos adultos, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte.

11. ONOFRE, TATIANA; **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; CORTE, RENATA; FELISMINO, A. S.; FIALHO, DAVI; SA, J. C. F.; BRUNO, SELMA. Análise da aptidão cardiorrespiratória em mulheres obesas após a cirurgia bariátrica, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte.

12. ONOFRE, TATIANA; CARLOS, RENATA; **OLIVER, NICOLE**; CORTE, RENATA; FREGONEZI, G.; RESQUETI, V.; SA, J. C. F.; BRUNO, SELMA. Análise de Gases e Troca Gasosa durante TC6M de mulheres obesas e eutróficas, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte.

13. CORTE, RENATA; BARRETO, C.; ONOFRE, TATIANA; **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; RESQUETI, V.; BRUNO, SELMA. Relação entre medidas antropométricas e função pulmonar após cirurgia bariátrica, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte.

14. CORTE, RENATA; ONOFRE, TATIANA; **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; FELISMINO, A. S.; BRUNO, SELMA. Circunferência de Pescoço é associada a redução da função pulmonar de obesos, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte.

15. ONOFRE, TATIANA; FELISMINO, A. S.; **OLIVER, NICOLE**; CARLOS, RENATA; CORTE, RENATA; FIALHO, DAVI; SA, J. C. F.; BRUNO, SELMA. Efeitos de 12 semanas de treinamento intervalado X contínuo em pacientes com insuficiência cardíaca, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte.

16. ALCANFOR, T. A. F.; COLACO, C. L.; COLACO, M. A. X. P.; NOGUEIRA, I. C.; **CRUZ, N.S.O.** Efeito do uso da Cinta Abdominal em Pacientes com Traumatismo Raquimedular, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia

Intensiva, 2016, Belo Horizonte.

17. BARBOSA, J. FERNANDES DE SOUZA; BRUNO, SELMA; **CRUZ, N.S.O.**; OLIVEIRA, J. S.; GOMES, C. S.; RUARO, J.A.; GUERRA, RICARDO O. Fatigabilidade Percebida, sua Correlação com o VO₂ e o custo energético da caminhada em idosas, In: XVIII Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2016, Belo Horizonte.

18. **OLIVER, NICOLE**; ONOFRE, TATIANA; CARLOS, RENATA; SILVA, E. P.; BRUNO, SELMA. Respostas Ventilatórias e Metabólicas durante ISWT e TC6M em obesos antes da cirurgia bariátrica In: III Congresso Nordestino de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2015, Maceió. . **2º Lugar na categoria Pôster**

Referências Bibliográficas - Tese

1. Associação Brasileira para o Estudo de Obesidade e da Síndrome Metabólica. Diretrizes Brasileiras de Obesidade. 2016 – ABESO. 4 ed. São Paulo, SP.
2. Abiodun OO, Balogun MO, Akintomide AO, et al. Comparison between treadmill and bicycle ergometer exercise tests in mild-to-moderate hypertensive Nigerians. *Integrated Blood Pressure Control* 2015; 8.
3. Adami A, Pogliaghi S, de Roia G, et al. Oxygen uptake, cardiac output and muscle deoxygenation at the onset of moderate and supramaximal exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology*. 2011; 111, no. 7, 1517–1527.
4. Araújo CGS, Pinto VLM. Frequência Cardíaca Máxima em Testes de Exercício em Esteira Rolante e em Cicloergômetro de Membros Inferiores. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2005; 85, no. 1.
5. Arena R, Cahalin LP. Evaluation of Cardiorespiratory Fitness and Respiratory Muscle Function in the Obese Population. *Prog Cardiovasc Dis*. 2014; 56(4):457-464.
6. ATS/ACCP. American thoracic Society/American College of chest physicians. Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003; 167:211-77.
7. Balke B, Ware R. An experimental study of physical fitness of air force personnel. *US Armed Forces Med*. 1959; 1:10: 675-88.
8. Beltrame T, Karsten M, Neves LMT, et al. Avaliação da cinética do consumo de oxigênio em diferentes testes de exercício com carga constante em homens aparentemente saudáveis e após infarto do miocárdio. *Rev Bras Fisioter*. 2010; 14(1): 435.
9. Bergman RN, Stefanovski D, Buchanan DA, et al. A Better Index of Body Adiposity. *Obesity* 2011; 19: 1083–1089.

10. Bernhardt V, Lorenzo S, Babb TG, et al. Corrected End-Tidal P CO₂ Accurately Estimates Pa CO₂ at Rest and During Exercise in Morbidly Obese Adults. *Chest* 2013; 143(2):471–477.
11. Brazzale DJ, Pretto JJ, Schachter LM. Optimizing respiratory function assessments to elucidate the impact of obesity on respiratory health. *Respirology*. 2015; 20:715–21.
12. Browning RC, Kram R. Energetic cost and preferred speed of walking in obese versus normal weight women. *Obesity Resear*. 2005; 13:891-9.
13. Burnley M, Jones AM. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. *Eur J Sport Sci*. 2007; 7(2):63–69.
14. Hulens M, Vansant G, Lysens R, Claessens AL, Muls E. Exercise capacity in lean versus obese women. *Scand J Med Sci Sports*. 2001; 11 (5):305-9.
15. Bruce RA, Kusumi F, Hosmer, D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J*. April. 1973; 546-562.
16. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, et al. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol*. 1983; 55:1558–1564.
17. Caritá RAC, Filho DMP, Barbsa LF, et al. Componente lento da cinética de VO₂: determinantes fisiológicos e implicações para o desempenho em exercícios aeróbicos. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2014; 16(2):233-246.
18. Chlif M, Keochkerian D, Feki Y, et al. Inspiratory muscle activity during incremental Exercise in obese men. *International Journal of Obesity*. 2007; 31, 1456–1463.

19. Chlif M, Keochkerian D, Mourlhon C, et al. Noninvasive assessment of the tension–time index of inspiratory muscles at rest in obese male subjects. *International Journal of Obesity*. 2005; 29:1478–1483.
20. Christensen CC, Ryg MS, Edvardsen A, et al. Effect of exercise mode on oxygen uptake and blood gases in COPD patients. *Respir Med*. 2004; 98(7):656-660.
21. De Lima Azambuja R, Da Costa Santos Azambuja LS, Costa C, et al. Adiponectin in asthma and obesity: protective agent or risk factor for more severe disease? *Lung*. 2015; 193(5):749–55.
22. Denadai BS, Caputo F. Efeitos do treinamento sobre a cinética do consumo de oxigênio durante o exercício realizado nos diferentes domínios de intensidade de esforço. *Motriz*. 2003; 9:1-7.
23. Deshmukh-Taskar P, Nicklas TA, Morales M, et al. Tracking of overweight status from childhood to young adulthood: the Bogalusa Heart Study. *Eur J Clin Nutr* 2006; 60:48-57.
24. Di BV, Santini F, Di CA, et al. Relationship between preclinical abnormalities of global and regional left ventricular Function and insulin resistance in severe obesity: a color Doppler imaging study. *Int J Obes*. 2006; 30(6):948-956.
25. Di BV, Santini F, Di CA, et al. Obesity cardiomyopathy: is it a reality? An ultrasonic tissue characterization study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2006; 19(8):1063-1071.
26. Diamond, E. Developing a Cardiopulmonary Exercise Testing Laboratory. *Chest*; 2007; 132:2000–2007.
27. Di Thommazo-Luporini L, Jurgensen SP, Castello-Simões V, et al. 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(6), 469-78.

28. Dos Santos AA, Carvalho CC, Chaves ECL, et al. Qualidade de vida de pessoas com obesidade grau III: um desafio comportamental. *Rev Bras Clin Med.* São Paulo, 2012; 10(5):384-9.
29. Fleck MPA, Louzada S, Xavier M, et al. Aplicação da versão em português do instrumento abreviado de avaliação da qualidade de vida “WHOQOL-bref”. *Rev Saúde Pública.* 2000; 34(2):178-83.
30. Franco RL, Bowen MK, Arena R. Sex Differences in Pulmonary Oxygen Uptake Kinetics in Obese Adolescents. *J Pediatr.* 2014; 165(6): 1161–1165.
31. Fontaine KR, Redden DT, Wang C, et al. Years of life lost due to obesity. *JAMA.* 2003; 289:187-193.
32. Gaesser GA, Poole DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exercise and Sport Sciences Reviews.* 1996; 24, 35-70.
33. Galinier M, Pathak A, Roncalli J, et al. Obesity and cardiac failure. *Arch Mal Coeur Vaiss.* 2005; 98(1):39-45.
34. Gonçalves MJ, Lago STS, Godoy EP, et al. Influence of Neck Circumference on Respiratory Endurance and Muscle Strength in the Morbidly Obese. *Obes Surg* 2011; 21:1250–1256.
35. Guazzi M, Adams V, Conraads V, et al. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *European Heart Journal.* 2012; 5.
36. Herdy AH, Uhlendorf D. Reference Values for Cardiopulmonary Exercise Testing for Sedentary and Active Men and Women. *Arq Bras Cardiol.* 2010 [online].
37. Hsia D, Casaburi R, Pradhan A, et al. Physiological responses to linear treadmill and cycle ergometer exercise in COPD. *Eur Respir J.* 2009; 34: 605–615.

38. Houmard JA. Intramuscular lipid oxidation and obesity. *Am.J.Physiol.* 2008.
39. Hummel SL, Herald J, Alpert C. Submaximal oxygen uptake kinetics, functional mobility, and physical Activity in older adults with heart failure and reduced ejection fraction. *Journal of Geriatric Cardiology.* 2016; 13: 450-457.
40. Hughson RL. Oxygen uptake kinetics: historical perspective and future directions. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2009; 34(5):840-50.
41. Ingham SA, Carter H, Whyte G, et al. Comparison of the oxygen uptake kinetics of club and olympic champion rowers. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39(5):865–871.
42. Itoh H, Ajisaka R, Koike A, et al. Heart rate and blood pressure response to ramp exercise and exercise capacity in relation to age, gender, and mode of exercise in a healthy population. *Journal of Cardiology.* 2013; 61:71–78.
43. Issa JS. Obesidade e doenças cardíacas: Aspectos epidemiológicos e preventivos. *Rev. Soc. Cardiol.* 1996; 5:558-563.
44. Jones AM, Grassi B, Christensen PM, et al. Slow Component of $\dot{V}O_2$ Kinetics: Mechanistic Bases and Practical Applications. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43(11):2046-62.
45. Carter H, Jones AM, Barstow TJ, et al. Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. *J Appl Physiol.* 2000; 89:899-907.
46. Junior NKM. Matemática da cinética do $\dot{V}O_2$ e da contribuição do sistema de energia durante o exercício: um estudo de revisão. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício.* 2012; 6, no. 36, 578-603.
47. Kim YJ, Chun H, Kim CH. Exaggerated Response of Systolic Blood Pressure to Cycle Ergometer. *Ann Rehabil Med.* 2013; 37(3): 364–372.

48. King WC, Engel SG, Elder KA, et al. Walking Capacity of Bariatric Surgery Candidates. *Surg Obes Relat Dis*. 2012; 8:48–59.
49. Kisan R, Kisan SR, Anitha OR, et al. Treadmill and Bicycle Ergometer Exercise: Cardiovascular Response comparison. *Global Journal of Medical research*. 2012; 12 (5).
50. Koike A, Hiroe M, Adachi H, et al. Oxygen uptake kinetics are determined by cardiac function at onset of exercise rather than peak exercise in patients with prior myocardial infarction. *Circulation*. 1994; 90, 2324–2332.
51. Kubozono T, Itoh H, Oikawa K, et al. Peak VO₂ is more potent than B-type natriuretic peptide as a prognostic parameter in cardiac patients. *Circ J*. 2008; 72(4): 575-81.
52. Lafortuna CL, Lazzer S, Agosti F. Metabolic responses to submaximal treadmill walking and cycle ergometer pedalling in obese adolescents. *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20: 630–637.
53. Lafortuna CL, Agosti F, Galli R, et al. The energetic and cardiovascular response to treadmill Walking and cycle ergometer exercise in obese women. *Eur J Appl Physiol*. 2008; 103:707–717.
54. Lear SA, Brozic A, Myers JN, et al. Exercise stress testing. An overview of current guidelines. *Sports Med*. 1999; 27(5):285-312.
55. Li J, Li S, Feuers RJ, et al. Influence of body fat distribution on oxygen uptake and pulmonary performance in morbidly obese females during exercise. *Respirology*. 2001; 6(1):9-13.
56. Loftin M, Sothern M, Warren B, Udall J. Comparison Of Vo₂ Peak During Treadmill And Cycle Ergometry In Severely Overweight Youth. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2004; 3, 254-260.

57. Loftin M, Heusel L, Bonis M, Carlisle L, Sothorn M. Comparison of oxygen uptake kinetics and oxygen deficit in severely overweight and normal weight adolescent females. *J Sports Sci Med*. 2005; 1(4):430-6.
58. Machado FA, Guglielmo LGA, Greco CC, Denadei BS. Componente lento do VO₂ em crianças durante exercício pesado de corrida: análise com base em diferentes modelos matemáticos. *Rev Bras Med Esporte*. 2006; 12, no. 6.
59. Manna P, Jain SK. Obesity, oxidative stress, adipose tissue dysfunction, and the associated health risks: causes and therapeutic strategies. *Metab Syndr Relat Disord*. 2015; 13:423–44.
60. Mafort TT, Rufino R, Costa CH, Lopes AJ. Obesity: systemic and pulmonary complications, biochemical abnormalities, and impairment of lung function. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*. 2016; 11:28.
61. Marseglia L, Manti S, D'Angelo G, Nicotera A, Parisi E, Di Rosa G, et al. Oxidative stress in obesity: a critical component in human diseases. *Int J Mol Sci*. 2014; 16:378–400.
62. McClean KM, Kee F, Young IS, Elborn JS. Obesity and the lung: 1 · Epidemiology. *Thorax* 2008; 63: 649-654.
63. Milano GE, Leite N. Comparacao das Variaveis Cardiorrespiratorias de Adolescentes Obesos e nao Obesos em Esteira e Bicicleta Ergometrica. *Rev Bras Med Esporte*. 2009; 15(4).
64. Miles DS, Critz JB, Knowlton RG. Cardiovascular, metabolic and ventilatory responses of women to equivalent cycle ergometer and treadmill exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 1980; 12; 1: 14-19.
65. Miot HA. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. *J Vasc Bras*. 2011; 10:275-78.

66. Miyamura, M., Honda, Y. Oxygen intake and cardiac output during maximal treadmill and bicycle exercise. *Journal of Applied Physiology*. 1972; 32, no. 2, 185-188.
67. Moliner-Urdiales D, Artero EG, Lee DC, España-Romero V, Sui X, Blair SN. Body adiposity index and all-cause and cardiovascular disease mortality in men. *Obesity*. 2013; 21(9):1870-6.
68. Muc M, Mota-Pinto A, Padez C. Association between obesity and asthma - epidemiology, pathophysiology and clinical profile. *Nutr Res Rev*. 2016; 12:1-8.
69. Murgatroyd SR, Ferguson C, Ward SA, Whipp BJ, Rossiter HB. Pulmonary O₂ uptake kinetics as a determinant of high-intensity exercise tolerance in humans. *J Appl Physiol* (1985). 2011; 110(6):1598-606.
70. Myers J, Buchanan N, Walsh D et al. Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 1334-42.
71. Nadeau KJ, Zeitler PS, Bauer TA, Brown MS, Dorosz JL, Draznin B; et al. Insulin resistance in adolescents with type 2 diabetes is associated with impaired exercise capacity. *J Clin Endocrinol Metab*. 2009; 94(10): 3687-95.
72. NCD Risk Factor Collaboration. Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1698 population-based measurement studies with 19.2 million participants. *Lancet* 2016; 387: 1377–96
73. Neder JA, Nery LE. *Fisiologia clínica do exercício – Teoria e prática*. São Paulo: Editora Artes Médicas, 2003.
74. Neder JA, Nery LE. Teste de Exercício Cardiopulmonar. *J Pneumol*. 28 (Supl 3), 2002.

75. Neder JA, Nery LE, Peres C, Whipp JB. Reference Values for Dynamic Responses to Incremental Cycle Ergometry in Males and Females Aged 20 to 80. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164: 1481–1486.
76. Ofir D, Laveneziana P, Webb KA, O'Donnell DE. Ventilatory and perceptual responses to cycle exercise in obese women. *J Appl Physiol*. 2007; 102(6): 2217-26.
77. Okla M, Kang I, da Kim M, Gourineni V, Shay N, Gu L, et al. Ellagic acid modulates lipid accumulation in primary human adipocytes and human hepatoma Huh7 cells via discrete mechanisms. *J Nutr Biochem*. 2015; 26:82–90.
78. Orsi JVA, Nahas FX, Gomes HC, Andrade CHV, Veiga DF, Novo NF, Ferreira LM. Impacto da obesidade na capacidade funcional de mulheres. *Rev Assoc Med Bras* 2008; 54:106-9.
79. Özyener F, Rossiter HB, Ward SA, Whipp BJ. Oxygen uptake kinetics during incremental- and decremental-ramp cycle ergometry. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2011; 10: 584-589.
80. Pihl et al. 2006 Pihl E, Zilmer K, Kullisaar T, Kairane C, Mägi A, Zilmer M. Atherogenic inflammatory and oxidative stress markers in relation to overweight values in male former athletes. *Int J Obes*. 2006; 30:141–6.
81. Piper AJ, Grunstein RR. Big breathing: the complex interaction of obesity, hypoventilation, weight loss and respiratory function. *J Appl Physiol*. 2010; 108:199-205.
82. Pollock ML, Foster C, Schmidt D, Hellman C, Milwaukee AW. Comparative analysis of physiologic responses to three different maximal graded exercise test protocols in healthy women. *American Heart Journal*. March, 1982.
83. Potter CR, Zakrzewski JK, Draper SB, Unnithan VB. The oxygen uptake kinetic response to moderate intensity exercise in overweight and non-overweight children. *Int J Obes (Lond)*. 2013; 37(1):101-6.

84. Ríos-Martínez BP, Rangel-Rodríguez G, Pedraza-Moctezuma LG. How do the obese persons perceive their overall health? *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2013; 51(4):390-5.
85. Saliman JA, Benditt JO, Flum DR, Oelschlager BK, Dellinger EP, Goss C, et al. Pulmonary function in the morbidly obese. *Sur Obesity Relat Dis.* 2008; 4:632-39.
86. Salvadego D, Lazzer S, Busti C, Galli R, Agosti F, Lafortuna C, et al. Gas exchange kinetics in obese adolescents. Inferences on exercise tolerance and prescription. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2010; 299(5): 1298-305.
87. Salvadori A, Fanari P, Fontana M, Buontempi L, Saezza A, Baudo S, Miserocchi G, Longhini E. Oxygen uptake and cardiac performance in obese and normal subjects during exercise. *Respiration.* 1999; 66: 25-33.
88. Santana MG, Tufik S, Giselle SP, Santee DM, Denadai SB, Mello MT. Comparação entre diferentes métodos de análise do componente lento do consumo de oxigênio: uma abordagem no domínio muito intenso de exercício. *Rev Bras Med Esporte.* 2007; 13, no. 4.
89. Sawyer BJ, Blessinger JR, Irving BA, Weltman A, Patrie JT, Gaesser GA. Walking and running economy: inverse association with peak oxygen uptake. *Med Sci Sports Exe.* 2010; 11: 2122-7.
90. Pietilainen KH, Kaprio J, Borg P, Plasqui G, Yki-Jarvinen H, Kujala UM, et al. Physical inactivity and obesity: a vicious circle: *Obesity.* 2008; 16:409-414.
91. Sood, A. Altered Resting and Exercise Respiratory Physiology in Obesity. *Clin Chest Med.* 2009; 30(3): 445–7.
92. Sowers MR, Karvonen-Gutierrez CA. The evolving role of obesity in knee osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol.* 2010; 22(5): 533–537.

93. Stringer, WW. Cardiopulmonary exercise testing: current applications. *Exp Rev Respir Med.* 2010; 4:179-88.
94. Suárez-Medina R, Venero-Fernández SJ, Britton J, Fogarty AW. Population-based weight loss and gain do not explain trends in asthma mortality in Cuba: A prospective study from 1964 to 2014. *Respir Med.* 2016; 118:4-6.
95. Thijssen E, Caam AV, Kraan PMV. Obesity and osteoarthritis more than just wear and tear: pivotal roles for inflamed adipose tissue and dyslipidaemia in obesity-induced osteoarthritis. *Rheumatology* 2015; 54:588-600.
96. Tuner SL, Easton C, Wilson J, Byrne DS, Rogers P, Kilduff LP, Kingsmore DB, Pitsiladis YP. Cardiopulmonary responses to treadmill and cycle ergometry exercise in patients with peripheral vascular disease. *J Vasc Surg.* 2008; 47:123-30.
97. Turley KR, Wilmore JH. Cardiovascular responses to treadmill and cycle ergometer exercise in children and adults. *J Appl Physiol (1985).* 1997; 83(3):948-57.
98. Unterborn J. Pulmonary function testing in obesity, pregnancy, and extremes of body habitus. *Clin Chest Med.* 2001; 22:759-67.
99. Vincent F, Labourey JL, Leobon S, Antonini MT, Lavau-Denes S, Tubiana-Mathieu N. Effects of a home-based walking training program on cardiorespiratory fitness in breast cancer patients receiving adjuvant chemotherapy; a pilot study. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2013; 49:319-29.
100. Wallman KE, Campbell L. Test-retest reliability of the Aerobic Power Index submaximal exercise test in an obese population. *J Sci Med Sport.* 2006; 10(3):141-6.
101. Weber KT, Janicki JS, McElroy PA, Reddy HK. Concepts and Applications of Cardiopulmonary Exercise Testing. *Chest.* 1988; 93:4.

102. Whipp BJ, Ward SA, Rossiter HB. Pulmonary O₂ uptake during exercise: conflating muscular and cardiovascular responses. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37(9):1574-85.
103. Whipp BJ, Wasserman K. Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. *J Appl Physiol.* 1972; 33(3):351-6.
104. Whipp BJ. Point:Counterpoint: The kinetics of oxygen uptake during muscular exercisedo/do not manifest time-delayed phases. *J Appl Physiol.* 2009; 107: 1663–1668.
105. Wong C, Marwick TH. Alterations in myocardial characteristics associated with obesity: detection, mechanisms, and implications. *Trends Cardiovasc Med.* 2007;17(1).
106. World Health Organization. Obesity and overweight. WHO. Jan 2015. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index.html> >. Acesso em: 09/05/2016.
107. WHO. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013–2020. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2013.
108. World Health Organization. Waist circumference and waist-hip ratio: report of a WHO expert consultation. Geneva. *Regul.Integr. Comp Physiol*, 2008; 294, no. 4: 1111-1116.
109. Zen V, Fuchs FD, Wainstein MV, Gonçalves SC, Biavatti K, Riedner CE, Fuchs FC, Wainstein RD, Rhoden EL, Ribeiro JP (in memoriam), Fuchs SC. Neck circumference and central obesity are independent predictors of coronary artery disease in patients undergoing coronary angiography. *Am J Cardiovasc Dis* 2012; 2(4):323-330
110. Zhu S, Wang Z, Heshsa S, Heo M, Faith MS, Heymsfield SB. Waist circumference and obesity-associated risk factors among whites in the third National Health and Nutrition Examination Survey: clinical action thresholds. *Am J Clin Nutr* 2002; 76:743–9.

APÉNDICES

A



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM FISIOTERAPIA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Esclarecimentos

Este é um convite para você participar da pesquisa intitulada “Comparação do Desempenho Cardiopulmonar e Metabólico e Análise do $CLVO_2$ em Obesos Durante Teste de Esforço Cardiopulmonar em Esteira e Bicicleta: protocolo incremental x carga constante” que tem como pesquisadora responsável a doutoranda Nicole Soares Oliver Cruz.

Sua participação é voluntária, o que significa que você poderá desistir a qualquer momento, retirando sua aceitação, sem que isso lhe traga nenhum prejuízo. Esta pesquisa pretende comparar o desempenho cardiorrespiratório, metabólico e medidas subjetivas de esforço de obesos durante os testes de esforço cardiopulmonar em esteira e bicicleta ergométrica utilizando dois protocolos distintos: carga constante e carga progressiva (com aumento gradual de velocidade).

A partir desta pesquisa poderemos disponibilizar informações que serão utilizadas por profissionais da área de saúde na elaboração de protocolos para realização do Teste de Esforço Cardiopulmonar para esta população e com isso verificar qual destes protocolos tem uma maior facilidade de realização e aceitação pelos pacientes, trazendo-lhes um menos desgaste físico.

Caso você decida aceitar o convite, você será submetido(a) aos seguintes procedimentos: uma avaliação inicial (Avaliação clínica, verificação de peso(kg) e altura(cm) e avaliação da função pulmonar-espirometria). Em seguida realizarão Teste de esforço cardiopulmonar em esteira ergométrica com protocolo de carga progressiva. Em seguida realizarão novo Teste de esforço cardiopulmonar com protocolo de carga progressiva,

entretanto utilizado desta vez um outro equipamento, no caso, bicicleta ergométrica. Por fim, no 4º e último dia realizarão um Teste de esforço cardiopulmonar utilizado protocolo com carga constante em bicicleta ergométrica. Se alguma pergunta lhe trazer algum constrangimento, você tem o direito de se recusar a responder. Em seguida avaliaremos seu condicionamento físico através de um teste chamado Teste de Esforço Cardiopulmonar. Esta avaliação será realizada de forma a gerar um esforço máximo durante uma corrida em uma esteira/bicicleta.

Durante a realização da pesquisa a previsão de riscos é mínima, ou seja, o risco que você corre é semelhante àquele sentido num exame físico ou psicológico de rotina. Dentre eles temos: riscos inerentes à atividade física como falta de ar leve e fadiga(cansaço), tontura ou queda da pressão arterial. Contudo, para minimizar esses riscos o exercício proposto ocorrerá dentro dos critérios de segurança previstos pela fisiologia respiratória e a sua função cardíaca e ventilatória serão monitoradas durante realização dos testes e após o mesmo até a recuperação dos seus sinais vitais para os valores iniciais. Caso algum desconforto aconteça os testes serão imediatamente interrompidos para recuperação da sua função e você será avaliado pela médica cardiologista de plantão.

Você terá os seguintes benefícios ao participar da pesquisa: Informações sobre o a sua doença, orientações pré-operatórias sobre a cirurgia da obesidade, laudo completo da sua função cardiopulmonar e desempenho físico que ajudará na prescrição de exercícios para sua rotina de atividades físicas.

Em caso de algum problema que você possa ter, relacionado com a pesquisa, você terá direito a assistência gratuita que será prestada pela equipe envolvida. Durante todo o período da pesquisa você poderá tirar suas dúvidas ligando para o pesquisador responsável, Nicole Soares Oliver Cruz e/ou equipe através dos telefones (83) 987874195 ou (84) 3342 5242.

Você tem o direito de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem nenhum prejuízo para você.

Os dados que você irá nos fornecer serão confidenciais e serão divulgados apenas em congressos ou publicações científicas, não havendo divulgação de nenhum dado que possa lhe identificar.

Esses dados serão guardados pelo pesquisador responsável por essa pesquisa em local seguro e por um período de 5 anos.

Se você tiver algum gasto pela sua participação nessa pesquisa, ele será assumido pelo pesquisador e reembolsado para você.

Em qualquer momento, se você sofrer algum dano comprovadamente decorrente desta pesquisa, você terá direito a indenização.

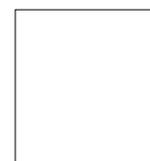
Qualquer dúvida sobre a ética dessa pesquisa você deverá ligar para o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, telefone 3215-3135.

Este documento foi impresso em duas vias. Uma ficará com você e a outra com a pesquisadora responsável, Nicole Soares Oliver Cruz. O termo de Consentimento Livre e Esclarecido após ter sido esclarecido sobre os objetivos, importância e o modo como os dados serão coletados nessa pesquisa, além de conhecer os riscos, desconfortos e benefícios que ela trará para mim e ter ficado ciente de todos os meus direitos, concordo em participar da pesquisa “Comparação do Desempenho Cardiopulmonar e Metabólico e Análise do CLVO₂ em Obesos Durante Teste de Esforço Cardiopulmonar em Esteira e Bicicleta: protocolo incremental x carga constante”, e autorizo a divulgação das informações por mim fornecidas em congressos e/ou publicações científicas desde que nenhum dado possa me identificar.

Data: ____/____/____

Participante da pesquisa: _____

Pesquisador responsável: _____



Impressão
datiloscópica do
participante

Em caso de dúvidas favor entrar em contato com o pesquisador responsável através do endereço citado abaixo ou por telefone/e-mail.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL

Fisioterapeuta Nicole Soares Oliver Cruz (84 – 3342-5242)

Unidade de Reabilitação Cardíaca – CORE/UFRN/HUOL).

Endereço: AV. Nilo Peçanha 620, Petrópolis, Natal-RN, 59.012-300 –
CORE/HUOL - Térreo

Declaração do pesquisador responsável

Como pesquisador responsável pelo estudo intitulada “Comparação do Desempenho Cardiopulmonar e Metabólico e Análise do CLVO₂ em Obesos Durante Teste de Esforço Cardiopulmonar em Esteira e Bicicleta: protocolo incremental x carga constante”, declaro que assumo a inteira responsabilidade de cumprir fielmente os procedimentos metodologicamente

e direitos que foram esclarecidos e assegurados ao participante desse estudo, assim como manter sigilo e confidencialidade sobre a identidade do mesmo.

Declaro ainda estar ciente que na inobservância do compromisso ora assumido estarei infringindo as normas e diretrizes propostas pela Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde – CNS, que regulamenta as pesquisas envolvendo o ser humano.

Natal, ___/___/___

Pesquisador Responsável

B



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
MESTRADO EM FISIOTERAPIA
HOSPITAL UNIVERSITÁRIO ONOFRE LOPES

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO PRÉ-OPERATÓRIO – FISIOTERAPIA

Data da avaliação: __/__/__
 __/__/__

Reavaliação:

IDENTIFICAÇÃO
Nome: _____
Data de nascimento: __/__/__ Idade: _____ anos Telefone: _____
Endereço: _____
Sexo: <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F
Estado Civil: <input type="checkbox"/> Casado <input type="checkbox"/> Solteiro <input type="checkbox"/> Divorciado <input type="checkbox"/> Viúvo
Escolaridade: <input type="checkbox"/> Analfabeto <input type="checkbox"/> 1º grau <input type="checkbox"/> 2º grau <input type="checkbox"/> 3º grau <input type="checkbox"/> Completo <input type="checkbox"/> Incompleto
Profissão: _____

Antecedentes
Patológicos: <input type="checkbox"/> HAS <input type="checkbox"/> DM <input type="checkbox"/> D.Cardiovasculares <input type="checkbox"/> Dislipidemia <input type="checkbox"/> Resist. à Insulina <input type="checkbox"/> DPOC <input type="checkbox"/> Asma <input type="checkbox"/> Câncer <input type="checkbox"/> AVE <input type="checkbox"/> Artrite <input type="checkbox"/> Artrose <input type="checkbox"/> Lupus Eritematoso <input type="checkbox"/> Outras _____
Familiares: <input type="checkbox"/> HAS <input type="checkbox"/> DM <input type="checkbox"/> D.Cardiovasculares <input type="checkbox"/> Dislipidemia <input type="checkbox"/> Resist. à Insulina <input type="checkbox"/> DPOC <input type="checkbox"/> Asma <input type="checkbox"/> Câncer <input type="checkbox"/> AVE
Háb de Vida: <input type="checkbox"/> Etilista <input type="checkbox"/> Sedentário <input type="checkbox"/> Ativo Frequência: _____ <input type="checkbox"/> Fumante <input type="checkbox"/> Ex-fumante Anos de fumo: _____. Cigarros/dia: _____.
Sono: <input type="checkbox"/> Insônia <input type="checkbox"/> Sonolência matutina <input type="checkbox"/> Roncos <input type="checkbox"/> Despertar com Sufocação
Dor: <input type="checkbox"/> ausência de dor <input type="checkbox"/> dor Local? _____ Piora com o que? _____
Ciclo menstrual <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Irregular <input type="checkbox"/> Ausente
Medicação <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Qual/ Tempo de Uso? _____
MMII : <input type="checkbox"/> Varizes <input type="checkbox"/> Microvarizes <input type="checkbox"/> Edemas <input type="checkbox"/> Erisepela
Cirurgias Anteriores <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Qual? _____

MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS	
Peso (Kg): Altura (m): IMC (Kg/m ²): Grau de Obesidade: <input type="checkbox"/> I (30-34,9) <input type="checkbox"/> II (35-39,9) <input type="checkbox"/> III (40-44,9) ou Mórbida	Circunferência Cintura (cm): Circunferência Quadril (cm): Circunferência Pescoço (cm): WHR:

PROVA DE FUNÇÃO PULMONAR					
CVF				PFE	
CVF%				VC	
VEF1				VVM	
VEF1%				VRE	
VEF1/CVF				FEF _{25-75%}	

1. Escala de Epworth

Score Final _____

Escolha o número apropriado, conforme a probabilidade que acontece de você "**COCHILAR**" em cada situação abaixo:

Situações	N°	
Sentado e lendo		0 = Nunca acontece
Assistindo TV		
Sentado sem fazer nada em lugares público (ex.: teatro, cinema, sala de aula, etc)		1= Pequena chance de acontecer
Como passageiro de carro por horas sem parar		
Deitado para descansar à tarde		2= Moderada chance de acontecer
Sentado conversando com alguém		
Sentado quieto após o almoço sem tomar álcool		3= Alta chance de acontecer
No carro (ou no ônibus) enquanto parado por alguns minutos no trânsito		

2. Escala de Ronco (Stanford)

Score Final _____

Marque o número conforme o que acontece com relação ao **RONCO**:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sem ronco	Não interrompe ninguém no quarto durante o sono			Incomoda alguém no quarto durante o sono			Incomoda outras pessoas que estão em outros ambientes da casa			Deixam você dormir sozinho (a) por causa do ronco

3. Escala de Sonolência Matutina (Stanford)

Score Final _____

Marque o número conforme o que acontece com relação ao **SONO**:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nunca dorme durante o dia	Dorme rara vez durante o dia			Dorme freqüentemente durante o dia			Dorme sempre durante o dia			Sente sonolência constante

C

1) ERGOESPIROMETRIA (TECP)

Data: ___/___/___

Nome: _____ Idade: _____ Peso: _____ Altura: _____

Diagnóstico: _____ DN: ___/___/___

FCmáx: _____ VO₂predito: _____ PulsoO₂predito: _____ Protocolo: _____

CORTEX	ELITE
Tempo início treino: _____	Tempo total de treino: _____
Tempo início teste: _____	
Término da prova: _____	Tempo total de prova: _____

TECP – ERGOESPIROMETRIA										
Variável	Repouso	2'	4'	6'	8'	10'	12'	F	Rec 2' Ativa	Rec 2' Passiva
FC (bpm)										
PA (mmHg)										
SpO ₂ (%)										
Borg Disp (6-12)										
Borg Fad (6-12)										
VO ₂ ml/kg/min										
VE										
R										
VE/VCO ₂										
Pulso O ₂										
Pet CO ₂										
Pet O ₂										

Motivo término da prova:

- Ultrapassou FC máx Queda da saturação Fadiga Dispneia
 Angina Outros Qual? _____

Observações: _____

PACIENTE: _____
 T VO₂ LA: _____ T VO₂ LA – 45 SEG: _____ VO₂ LA – 45 SEG: _____

TESTE CARGA CONSTANTE

() BICICLETA () ESTEIRA

CARGA 01

VO₂ LA – 25%: _____ T VO₂ LA – 25% → CORTEX _____ TESTE: _____ CARGA: _____

VARIÁVEL	REPOUSO	2	4	6	8	RECUPERAÇÃO
FC						
PA						
BORG _{DISP}						
BORG FADIGA						
SpO ₂						
VO ₂						
RER						

TEMPO: Início: _____ Fim: _____

Obs.: _____

CARGA 02

VO₂ LA +25%: _____ T VO₂ LA +25% → CORTEX _____ TESTE: _____ CARGA: _____

VARIÁVEL	REPOUSO	2	4	6	8	RECUPERAÇÃO
FC						
PA						
BORG _{DISP}						
BORG FADIGA						
SpO ₂						
VO ₂						
RER						

TEMPO: Início: _____ Fim: _____

Obs.: _____

ANEXOS

A



B

HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
ONOFRE LOPES-HUOL/UFRN



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO CARDIOPULMONAR E METABÓLICO E ANÁLISE DO CLVO2 EM OBESOS DURANTE TESTES DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR EM ESTEIRA E BICICLETA: PROTOCOLO INCREMENTAL x

Pesquisador: Nicole Soares Oliver Cruz

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 46206515.0.3001.5292

Instituição Proponente: Pós-Graduação em Fisioterapia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.255.726

Apresentação do Projeto:

O presente estudo trata-se de uma pesquisa observacional, transversal e prospectiva, onde será avaliado o desempenho cardiorrespiratório, metabólico e performance física em obesos mórbidos durante os testes cardiorrespiratórios de exercício máximo utilizando esteira convencional e bicicleta ergométrica por meio da análise da cinética de gases respiratórios, através da utilização de um analisador de gases por sistema de telemetria (Cortex Biophysik GmbH, Metamax3B)

Objetivo da Pesquisa:

Comparar e avaliar o desempenho cardiorrespiratório, metabólico e medidas subjetivas de esforço de obesos durante o teste de esforço cardiorrespiratório em esteira e bicicleta ergométrica utilizando dois protocolos distintos: carga constante e protocolo incremental.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Durante a realização da pesquisa a previsão de riscos para o paciente é mínima, ou seja, o risco que este corre é semelhante àquele sentido em um exame físico ou psicológico de rotina. Dentre eles temos: riscos inerentes à atividade física como falta de ar leve e fadiga(cansaço), tontura ou

Endereço: Avenida Nilo Peçanha, 820 - 3ª subsolo
Bairro: Petrópolis CEP: 59.012-300
UF: RN Município: NATAL
Telefone: (84)3342-5003 Fax: (84)3202-3941 E-mail: cep_huol@yahoo.com.br

HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
ONOFRE LOPES-HUOL/UFRN



Continuação do Parecer: 1.255.726

7. Em conformidade com a Carta Circular nº. 003/2011 CONEP/CNS, faz-se obrigatório a rubrica em todas as páginas do TCLE pelo sujeito de pesquisa ou seu responsável e pelo pesquisador.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_500450.pdf	28/07/2015 18:26:39		Aceito
Outros	RESPOSTAS AS PENDÊNCIAS.pdf	28/07/2015 15:56:27		Aceito
Outros	FORMULARIO CEP MODIFICADO.pdf	28/07/2015 15:54:32		Aceito
Outros	TERMO CONCESSÃO AUTORIZAÇÃO MODIFICADO.pdf	28/07/2015 15:46:09		Aceito
Outros	CARTA ANUÊNCIA MODIFICADA.pdf	28/07/2015 15:45:17		Aceito
Outros	CARTA APRESENTAÇÃO MODIFICADA.pdf	28/07/2015 15:44:51		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO MODIFICADO.docx	28/07/2015 15:43:44		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE MODIFICADO.docx	28/07/2015 15:42:42		Aceito
Folha de Rosto	FOLHA DE ROSTO.pdf	28/07/2015 15:41:50		Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_500450.pdf	18/05/2015 18:20:49		Aceito
Outros	CARTA ANUENCIA.pdf	18/05/2015 18:13:58		Aceito
Outros	TERMO AUTORIZAÇÃO PARA DOCUMENTOS.pdf	18/05/2015 18:13:21		Aceito
Outros	DECLARAÇÃO INSTITUCIONAL.pdf	18/05/2015 18:11:31		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO DOUTORADO CEP- Nicole Oliver Cruz .docx	18/05/2015 18:00:51		Aceito
Outros	CURRICULUM VITAE Nicole Oliver Cruz.docx	17/05/2015 20:55:23		Aceito
Outros	DECLARAÇÃO.pdf	17/05/2015 20:53:16		Aceito
Outros	TERMO CONFIDENCIALIDADE.pdf	17/05/2015		Aceito

Endereço: Avenida Nilo Peçanha, 520 - 3º subsolo
Bairro: Petrópolis CEP: 59.012-300
UF: RN Município: NATAL
Telefone: (84)3342-5003 Fax: (84)3202-3941 E-mail: cep_huol@yahoo.com.br

Página 02 de 04

HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
ONOFRE LOPES-HUOL/UFRN



Continuação do Parecer: 1.255.726

Outros	TERMO CONFIDENCIALIDADE.pdf	20:48:11		Aceito
Outros	FORMULARIO CEP UFRN.pdf	17/05/2015 20:47:43		Aceito
Outros	CARTA APRESENTAÇÃO.pdf	17/05/2015 20:40:48		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO.docx	17/05/2015 20:39:59		Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

NATAL, 02 de Outubro de 2015

Assinado por:
HELIO ROBERTO HEKIS
(Coordenador)

C

Saúde
Ministério da Saúde

REGISTRO BRASILEIRO DE
Ensaios Clínicos

USUÁRIO SENHA Esqueceu a senha? Registrar-se

PT | ES | EN

NOTÍCIAS | SOBRE | AJUDA | CONTATO

[BUSCA AVANÇADA](#)

HOME / ENSAIOS REGISTRADOS /

RBR-4b7gmb
Comparação do desempenho cardiopulmonar, metabólico e análise do CLVO2 em obesos durante testes de esforço cardiopulmonar em esteira e bicicleta: protocolo incremental x carga constante
 Data de registro: 22 de Set. de 2016 às 10:00
 Last Update: 6 de Jan. de 2017 às 11:35

Tipo do estudo:
Estudos Observacionais

Campos de Estudos Observacionais:
 Temporalidade: Cross-sectional
 Desenho do estudo observacional: Other

PT-BR

Comparação do desempenho cardiopulmonar, metabólico e análise do CLVO2 em obesos durante testes de esforço cardiopulmonar em esteira e bicicleta: protocolo incremental x carga constante

EN

Comparison of cardiopulmonary and metabolic performance and CLVO2 analysis in obese patients during cardiopulmonary stress tests on treadmill and bicycle: incremental protocol x constant load

Identificação do ensaio

Número do UTN: U1111-1187-9320

Título público:

PT-BR

Comparação da aptidão física e do consumo de oxigênio de obesas mórbidas durante diferentes protocolos de teste cardiopulmonar em esteira e bicicleta ergométrica

EN

Comparison of physical fitness and the morbidly obese oxygen consumption during different cardiopulmonary test protocols on treadmill and stationary bike

Editorial Manager® x EJAP-S-18-00362 (1).pdf x

Seguro | https://www.editorialmanager.com/ejap/default.aspx

Apps Entrar Webmail :: Bem-vindo Bem-vindo ao Facebook SIGAA - Sistema Inter Plataforma Brasil Home - PubMed - N Sign in | Mendeley PROGESP [Pró-Reitor Plataforma Lattes

European Journal of Applied Physiology Editorial Manager

HOME • LOGOUT • HELP • REGISTER • UPDATE MY INFORMATION • JOURNAL OVERVIEW
MAIN MENU • CONTACT US • SUBMIT A MANUSCRIPT • INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Role: Author Username: selmabruno

Submissions Being Processed for Author Selma Bruno

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display 10 results per page.

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
Action Links	EJAP-D-18-00317	INFLUENCE OF INTENSITY AND TYPE OF EXERCISE ON THE OXYGEN AND VENTILATORY KINETICS CURVE IN SEVERELY OBESE WOMAN	13 Apr 2018	13 Apr 2018	Submitted to Journal

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display 10 results per page.

<< Author Main Menu