

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

EDUARDO COLUCCI

**DETERMINANTES DA CAPACIDADE DE *ENDURANCE* AO
EXERCÍCIO DE MEMBROS SUPERIORES (RELAÇÃO
POTÊNCIA – DURAÇÃO) EM PACIENTES COM DOENÇA
PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA**

SÃO PAULO, SP

2011

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

EDUARDO COLUCCI

**DETERMINANTES DA CAPACIDADE DE *ENDURANCE* AO
EXERCÍCIO DE MEMBROS SUPERIORES (RELAÇÃO
POTÊNCIA – DURAÇÃO) EM PACIENTES COM DOENÇA
PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA**

Dissertação apresentada à Universidade
Nove de Julho para obtenção do título de
Mestre em Ciências da Reabilitação.
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Simone Dal Corso

São Paulo, SP

2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Colucci, Eduardo

Determinantes da capacidade de endurance ao exercício de membros superiores (relação potência – duração) em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. / Eduardo Colucci. 2011. 76 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Nove de Julho – UNINOVE - Ciências da Reabilitação, São Paulo, 2011.

Orientador (a): Profa. Dra. Simone Dal Corso

1. Potência Crítica. 2. Membros Superiores. 3. DPOC.
- I. Dal Corso, Simone

CDU 615.8

São Paulo, 15 de dezembro de 2011.

TERMO DE APROVAÇÃO

Aluno: EDUARDO COLUCCI

Título da Dissertação: "DETERMINANTES DA CAPACIDADE DE ENDURANCE AO EXERCÍCIO DE MEMBROS SUPERIORES (RELAÇÃO POTÊNCIA – DURAÇÃO) EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA"

Presidente PROFA. DRA. SIMONE DAL CORSO Simone Dal Corso

Membro: PROFA. DRA. LUCIANA DIAS CHIAVEGATO Luciana Dias Chavegato

Membro: PROF. DR. LUIS VICENTE FRANCO DE OLIVEIRA Luis Vicente Franco de Oliveira

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente à minha esposa Aline que me apoiou em todos os momentos de dificuldade. Também dedico aos meus pais que me permitiram a oportunidade de chegar até aqui e ao Marcelo, meu irmão, amigo e companheiro de pesquisa que em muitas oportunidades orientou meu caminho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que passaram horas ao meu lado, permitindo a realização deste trabalho. Em especial a Prof^a Carla Malaguti e Prof^a Simone Dal Corso que sempre me auxiliaram nas horas necessárias.

Agradeço à Talita, Leandra, Roberta e Dr. Meyer pela ajuda na coleta dos dados deste estudo. Um obrigado especial a todos os participantes (pacientes) desta pesquisa, sem a ajuda de vocês nada seria possível.

Finalmente, agradeço ao Prof^o Luiz Eduardo Nery pela possibilidade de aprendizado proporcionada e pela oportunidade de estar em seu laboratório.

RESUMO

Introdução: Recentemente a potência crítica (PC) foi utilizada na avaliação da capacidade de *endurance* dos membros inferiores (MMII) em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). **Objetivos:** Avaliar os determinantes da PC dos membros superiores (MMSS) em pacientes com DPOC. **Metodologia:** Oito pacientes com DPOC (VEF_1 : $45,1 \pm 1,2\%$ do previsto) e sete controles pareados pela idade, peso, altura e IMC foram avaliados. Foram realizados quatro testes de carga constante de MMSS (100-120%, 90% e 80% da carga máxima e PC + 5 - 20%), após teste incremental. As análises metabólica e ventilatória foram feitas em todos os testes, bem como medidas de capacidade inspiratória (CI) antes e após cada teste. A PC foi determinada por análise de regressão linear entre as quatro cargas e o inverso do tempo e foi confirmada em um novo teste. **Resultados:** A carga da PC de MMSS dos pacientes não diferiu significativamente da do grupo controle ($30,2 \pm 12,7$ W VS $42,2 \pm 16,7$ W), correspondendo a $59,8 \pm 11,4\%$ do pico e $66,7 \pm 9,3\%$ do pico, respectivamente. Os valores de VO_2 atingidos na PC foram significativamente menores no grupo DPOC quando comparados ao grupo controle ($0,79 \pm 0,28$ L/min vs $1,20 \pm 0,37$ L/min, respectivamente). Os pacientes apresentaram hiperinsuflação dinâmica e importante redução da reserva ventilatória em todos os testes, inclusive na carga da PC. Mesmo com limitação ventilatória, todos os pacientes atingiram o tempo estipulado de 20 minutos na carga da PC. **Conclusão:** O presente estudo confirma a hipótese de que os determinantes da relação potência-tempo de MMSS em pacientes com DPOC são semelhantes aos de MMII já estabelecidos na literatura.

Palavras-chave: Potência Crítica, Membros Superiores, DPOC e Hiperinsuflação Dinâmica

ABSTRACT

Introduction: Recently the critical power (CP) has been used to evaluate the lower limbs (LL) endurance in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). **Objective:** To determine the upper limbs CP in COPD patients. **Methods:** Eight COPD patients (FEV_1 : $45.1 \pm 1.2\%$ of predicted) and seven healthy subjects were assessed. Four constant workload tests of upper limbs (100-120%, 90% e 80% of peak load and CP + 5 - 20%) were performed after an arm incremental test. The metabolic and ventilatory analyses were measured in all tests. The inspiratory capacity (IC) was performed before and immediately after each test. The CP was determined by the linear regression analysis among the tests with constant workload and the inverse time and it was confirmed in a new test. **Results:** There were no significant differences in the upper limbs CP workload comparing patients and controls [30.2 ± 12.7 W ($59.8 \pm 11.4\%$ of the exercise peak) and 42.2 ± 16.7 W ($66.7 \pm 9.3\%$ of the exercise peak, respectively)]. The VO_2 values reached in CP were lower in the COPD group than controls (0.79 ± 0.28 L/min vs 1.20 ± 0.37 L/min, respectively). The patients presented with dynamic hiperinsuflation and an important reduction of ventilatory reserve in all tests, including the CP test. Despite the ventilatory limitation, all patients reached the 20 minutes of the duration on the CP test. **Conclusion:** The present study confirms the hypothesis that the determinants of the upper limbs power-duration relationship in COPD patients are similar to the lower limbs already described in the literature.

Key words: Critical Power, Upper Limbs, COPD and Dynamic Hiperinsuflation

Sumário

Ficha Catalográfica	III
Dedicatória	IV
Agradecimentos	V
Resumo	VI
Abstract	VII
Sumário	VIII
Lista de tabelas e quadros	XI
Lista de figuras	XII
Lista de abreviaturas	XIII
1-Contextualização.....	1
1.1-Limitação ao exercício físico na DPOC	1
1.2-Avaliação da capacidade de exercício na DPOC	2
1.3-A relação potência-tempo	4
1.4-Comportamento ventilatório no exercício de MMSS em pacientes com DPOC	5
1.5-Hiperinsuflação dinâmica na DPOC	7
1.6-Referências bibliográficas da contextualização.....	10
2-Artigo.....	14
2.1-Introdução	14
2.2-Justificativa.....	18

2.3-Objetivo	18
2.4-Material de métodos	19
2.4.1-Amostra	19
2.4.1.1-Critérios de inclusão do grupo DPOC	19
2.4.1.2-Critérios de inclusão do grupo controle	19
2.4.1.3-Critérios de exclusão	20
2.4.2-Procedimentos	20
2.4.2.1-Espirometria	20
2.4.2.2-Pletismografia.....	21
2.4.2.3-Avaliação do índice de dispnéia basal MRC (Medical Research Concil)	21
2.4.2.4-Avaliação do índice de atividade física – Questionário de Baecke	22
2.4.2.5-Medidas da capacidade inspiratória (CI)	22
2.4.2.6-Teste de exercício cardiopulmonar (TECP) de membros inferiores (MMII).....	23
2.4.2.7-Teste incremental de membros superiores (MMSS)	24
2.4.2.8-Testes de carga constante para determinação da Potência Crítica	24
2.4.2.9-Avaliação da potência crítica dos membros superiores	25
2.5-Análise estatística	26
2.6-Cálculo do tamanho da amostra	26
2.7-Resultados	27
2.8-Discussão.....	35

2.9-Conclusão	39
2.10-Implicações do estudo.....	39
2.11-Referências bibliográficas	40
3-Anexos	44
3.1-Termo de consentimento livre e esclarecido	44
3.2-Questionário de dispnéia basal MRC (Medical Research Council)	49
3.3-Escala de atividade física basal de Baecke	50
3.4-Comprovante de submissão do artigo.....	58
3.5-Termo de aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa - Uninove	60

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1. Características basais do grupo DPOC e Controle	28
Tabela 2. Comparação dos valores obtidos nos testes incrementais de MMII e MMSS entre pacientes com DPOC e grupo controle	30
Tabela 1. Comparação dos valores de PC entre os grupos comparados aos valores do teste incremental de MMSS	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação gráfica da Pc de MMSS no grupo DPOC e controle 34

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

μg – micro gramas

1/Tlim – Relação entre 1 e o inverso do tempo de tolerância

Borg - Escala de esforço percebido para dispnéia

Borg MMII – Escala de esforço percebido para fadiga em membros inferiores

bpm – Batimentos por Minuto

CI – Capacidade Inspiratória

CPT – Capacidade Pulmonar Total

CVF – Capacidade vital forçada

DPOC – Doença pulmonar obstrutiva crônica

f – Frequência Respiratória

FC – Frequência cardíaca

GOLD – Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease

HD – Hiperinsuflação Dinâmica

IMC – Índice de Massa Corpórea

ipm – Incursões por Minuto

Kg – Quilograma

L – Litros

m – metros

mL – Mililitros

MMII – Membros Inferiores

MMSS – Membros Superiores

MRC – Escala da Medical Research Council

MRC – Escala de dispneia do Medical Research Council

O₂ – Oxigênio

PC – Potência Crítica

R – Razão de Trocas Gasosas

rpm – Rotações por Minuto

s – segundos

SBPT – Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia

SNC – Sistema Nervoso Central

SpO₂ – Saturação de pulso da oxihemoglobina

TC6M – Teste de caminhada de seis minutos

T_E – Tempo Expiratório

TECP – Teste de Esforço Cardiopulmonar

T_I – Tempo Inspiratório

T_I/T_{TOT} – relação entre tempo inspiratório e tempo total

T_{lim} – tempo de tolerância

T_{TOT} – Tempo Total

VCO_2 – Produção de Gás Carbônico

VE – Ventilação Minuto

VE/VCO_2 – Equivalente Ventilatório para o Gás Carbônico

VE/VO_2 – Equivalente Ventilatório para o Oxigênio

VE/VVM – Reserva Ventilatória

VEF_1 – Volume expiratório forçado no primeiro segundo

VEF_1/CVF – Relação entre o volume expiratório forçado no 1º segundo e a capacidade vital forçada

VO_2 – Consumo de Oxigênio

VR – Volume Residual

VR/CPT – Relação entre volume residual e capacidade pulmonar total

VRI – Volume de Reserva Inspiratório

vs – versus

V_T – Volume Corrente

VVM – Ventilação Voluntária Máxima

W – Watts

WA – Teste de Carga Constante de 100-120%

WB – Teste de Carga Constante de 90%

WC – Teste de Carga Constante de 80%

WD – Teste de Carga Constante da Potência Crítica somado a 5 a 20%

Δ – Variação

1- Contextualização

1.1 Limitação ao exercício físico na DPOC

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é uma doença progressiva e irreversível, caracterizada pela presença de obstrução ao fluxo aéreo. Desta forma, sob o acrônimo DPOC, encontra-se a bronquite crônica e o enfisema pulmonar associados às alterações variáveis do fluxo aéreo, principalmente o expiratório¹⁻².

Apesar da alteração fundamental na DPOC ser ventilatória, a capacidade de exercício e, portanto, a habilidade de realizar atividades de vida diária encontra-se marcadamente reduzida. De fato, existe um modelo, que parece explicar os mecanismos que levam a diminuição da capacidade física no paciente com DPOC; i.e., o modelo “espiral da dispnéia”. Este modelo estabelece que para evitar a dispnéia, os pacientes com DPOC desenvolvem um estilo de vida sedentário, o qual diminui a capacidade aeróbia dos músculos periféricos. A falta de condicionamento faz com que a contribuição do metabolismo anaeróbio glicolítico para geração energética aumente substancialmente, resultando em lactacidemia precoce, com conseqüente hiperventilação e agravamento da dispnéia³.

A intolerância ao exercício é, portanto, a característica marcante dessa doença e comumente está associada com redução da qualidade de vida e aumento da mortalidade⁴⁻⁵.

1.2 - Avaliação da capacidade de exercício na DPOC

Os testes de exercício vêm sendo, progressivamente, considerados componentes essenciais na rotina de avaliação clínica do estado funcional e na determinação da intensidade de exercício para programas de treinamento⁶.

Neste sentido, diversos protocolos têm sido utilizados para avaliar a capacidade do indivíduo para sustentar o exercício dinâmico⁷. A maioria destes testes, entretanto, é incapaz de identificar apropriadamente a intensidade da carga que pode ser mantida sem desconforto progressivo e dispnéia incapacitante⁸.

Embora o protocolo incremental seja amplamente utilizado na prática clínica, os protocolos de carga constante estão ganhando popularidade devido à sua aplicabilidade clínica, principalmente na avaliação de resposta à terapia⁹. Em pacientes com DPOC há evidências crescentes de que protocolos de *endurance* com carga constante de alta intensidade, são superiores ao teste incremental e a distância no teste de caminhada de seis minutos na avaliação dos efeitos de intervenções terapêuticas¹⁰.

Estas evidências foram baseadas nas observações de que a melhoria da taxa máxima de trabalho atingida na rampa do teste de exercício incremental, em resposta a uma intervenção específica, era relativamente pequena e muitas vezes perto do limite mínimo "cl clinicamente importante"¹¹. Em contraste, a mudança no tempo até ao limite de tolerância (Tlim) em um teste de carga constante, selecionada de uma grande fração da taxa máxima de trabalho incremental, foi mostrada ser sensivelmente maior e, portanto, considerados

ser mais discriminatório. Desta forma, muitas vezes pode-se renunciar o teste incremental máximo pós-intervenção. Evidente que também a natureza, a gravidade da doença e a dose da intervenção, podem desempenhar um papel significativo nesta variabilidade de respostas.

Dessa forma, recentemente Whipp e colaboradores (2009) sugeriram que a escolha do protocolo de incremento do teste ergométrico em si, contribui na melhora da duração da carga constante, mas pode não ser proporcional e representativa da melhora fisiológica efetiva resultante da intervenção¹².

Um dos problemas diz respeito à intensidade relativa, amplamente utilizada, para o teste de carga constante, i.e, "porcentagem da carga máxima de trabalho realizada na rampa incremental". Pois, durante o estado não-estável do teste, a relação entre a ventilação, respostas das trocas gasosas pulmonares e músculo esquelético à carga imposta não são constantes, mas variam em função das características da dinâmica dos sistemas.

Sendo assim, ao submeter um indivíduo a um teste incremental máximo, pode-se obter um VO_2 máximo/pico similar com diferentes taxas de incremento de carga. Conseqüentemente, o VO_2 máximo obtido não é afetado, enquanto a taxa máxima de trabalho atingida pode ser. Dessa forma, ao se usar frações da carga máxima proveniente de um teste incremental com grandes taxas de incrementos de carga, o indivíduo estará sendo submetido, conseqüentemente, a cargas de treinamento em níveis extremamente elevadas, culminando num tempo de atividade consideravelmente reduzido, o que pode promover menores benefícios fisiológicos relacionados ao treinamento¹²⁻¹³.

Adicionalmente, como as recomendações atuais objetivam uma duração de 10 min para a fase incremental do teste, isto resulta em diferentes taxas de rampa, as quais são escolhidas em função do limite conhecido ou previsto de funcionamento aeróbio do indivíduo. Isso pode ser evitado utilizando uma carga estimada em estado-estável equivalente ao VO_2 máximo, ao invés da carga máxima real de trabalho atingida. Entretanto, como a taxa de incremento é selecionada de modo a fornecer a máxima carga de trabalho atingida na rampa, a fase lenta da cinética do VO_2 manifestada em elevadas intensidades, a qual encurta o tempo de tolerância no teste de carga constante, não é considerada¹².

A partir deste conhecimento, a carga de avaliação da *endurance* aeróbica bem como a carga de treinamento apropriada parece ser melhor determinada por meio de testes de carga constante e, desse modo, a mais alta carga tolerável pode ser obtida de forma que o indivíduo possa suportá-la por longo período de tempo, promovendo maiores benefício e adaptações fisiológicas¹².

1.3 - A relação potência-tempo

A partir deste conhecimento, em 1927 um estudo clássico de AV Hill estabeleceu que a relação entre a potência aplicada e o tempo até a exaustão é uma hipérbole, denominando-se potência crítica (PC) como a mais alta potência que pode ser sustentada sem fadiga¹⁴. A PC demarca a transição do exercício intenso para o exercício muito intenso, ou seja, o limiar de fadiga, sendo um bom índice de capacidade de *endurance* em atividades de longa duração¹⁵.

Este modelo tem sido amplamente aplicado em diferentes modalidades de exercício, tanto em atletas como em indivíduos normais, mas apenas três estudos extrapolaram este modelo para pacientes com DPOC, sendo dois realizados em cicloergômetro de membros inferiores e um utilizando caminhada em solo⁶⁻⁸.

Neder *et al*, (2000) mostraram que os determinantes dos parâmetros da relação potência-tempo foram diferentes nos pacientes com DPOC, comparados a controles saudáveis. Estes parâmetros estavam relacionados a um elevado estresse ventilatório e intensidade de dispnéia, os quais puderam ser mantidos abaixo de um nível limitante de sintomas¹⁶.

O uso do modelo da PC na avaliação de atividades dos MMSS tem sido usado em alguns grupos específicos de atletas, como os de remadores de caiaque, praticantes de canoagem e em indivíduos paraplégicos. Para todos estes grupos, a PC tem se mostrado um ótimo parâmetro de avaliação da capacidade de *endurance* e determinação de cargas de treinamento¹⁷⁻¹⁸⁻¹⁹.

Contudo, até o presente momento, não foram encontradas evidências da avaliação dos determinantes da relação entre a potência aplicada e o tempo de tolerância no exercício de membros superiores de pacientes com DPOC.

1.4 - Comportamento ventilatório no exercício de MMSS em pacientes com DPOC

A realização de tarefas manuais exige a utilização não só dos músculos dos MMSS, mas também a ação coordenada de outros grupos musculares que participam na parte superior do tronco e no posicionamento do braço.

Anatomicamente, alguns músculos do tronco, como o peitoral maior e menor, grande dorsal, serrátil anterior e a parte inferior do trapézio são anexos à cintura escapular e a caixa torácica. Esta configuração lhes confere um potencial respiratório e função postural, dependendo do ponto de fixação onde exerce a sua força de tração²⁰. Esta estreita associação anatômica entre músculos das extremidades superiores e do tórax denota a influência do exercício dinâmico de braço sobre a resposta ventilatória, principalmente em níveis mais elevados de esforço. Celli e colaboradores (1986) mostraram que os pacientes com DPOC que interromperam o exercício de braço por dispnéia foram os mais propensos a demonstrar dissincronia toracoabdominal durante o exercício²¹.

Na medida em que uma tarefa requer maior atividade dos MMSS, dois fatores adicionais se tornam importantes determinantes desse padrão respiratório: a hiperinsuflação pulmonar e a força de reserva do diafragma. Com a hiperinsuflação dinâmica, os músculos respiratórios são colocados em uma posição desfavorável da sua curva comprimento-tensão durante a inspiração, reduzindo sua capacidade de geração de força. Assim, quando a função do diafragma se torna mais comprometida, maior será a contribuição dos músculos acessórios para a inspiração. Desta forma, a atividade dos MMSS pode forçar os músculos da cintura escapular e da parte superior do tronco a participar simultaneamente de atividades ventilatórias e não ventilatórias. “Inputs” aferentes simultâneos ou “outputs” de regiões do sistema nervoso central (SNC) que controla as funções tônicas e respiratórias desses músculos podem resultar em incoordenação significativa da ação dos músculos respiratórios e pode levar ao aumento da dispnéia, assincronia

toracoabdominal e pior *performance* observadas durante a execução de tarefas que exigem a participação dos MMSS²².

1.5 - Hiperinsuflação dinâmica na DPOC

Em baixas demandas ventilatórias, as alterações estruturais compensatórias diafragmáticas e de caixa torácica usualmente são suficientes para o equilíbrio do sistema respiratório. No entanto, quando este é submetido a atividades mais intensas, o aumento da frequência respiratória, secundário aos estímulos metabólicos e neurosensoriais ao esforço, resulta em importante diminuição do tempo expiratório (T_E), mesmo que o ciclo de serviço (razão T_I/T_{TOT}) permaneça inalterado. Devido à limitação de fluxo aéreo, mesmo ao repouso, o menor T_E torna-se insuficiente para o total esvaziamento do volume de ar previamente inalado, resultando em aprisionamento aéreo pulmonar progressivo ao exercício ou hiperinsuflação dinâmica (HD). Desta forma, quanto maior a demanda ventilatória e frequência respiratória para um dado T_I/T_{TOT} , menor será o T_E e, conseqüentemente, maior a HD²³.

A HD, entretanto, é um ajuste fisiopatológico que pode possibilitar ao paciente com DPOC evitar a ventilação em áreas onde a reserva de fluxo expiratório é menor, ou seja, em baixos volumes pulmonares. Tal mecanismo, em contrapartida diminui obrigatoriamente a reserva de fluxo inspiratório e tem alta demanda energética secundária ao elevado trabalho elástico de se respirar em volumes pulmonares maiores. O melhor entendimento da HD nos pacientes com DPOC é de particular relevância para o esclarecimento dos mecanismos ventilatório limitantes ao esforço nesta população²³.

O aprisionamento aéreo dinâmico resulta numa ventilação corrente deslocada para a esquerda na curva pressão-volume do sistema respiratório, região na qual a complacência do sistema é reduzida. Logo, para se obter pequenas variações no volume pulmonar são necessárias amplas variações de pressão pleural, resultando assim num trabalho elástico mais elevado. Nesta circunstância, os músculos inspiratórios estão em desvantagem mecânica para a geração de força, com uma zona de aposição diafragmática diminuída, tendendo à ineficiência ventilatória e maior fadigabilidade da bomba ventilatória²³⁻²⁴.

Como na HD os volumes pulmonares operantes ao exercício na DPOC estão deslocados para a esquerda, o incremento adicional do volume corrente (V_T) é prejudicado também porque a CPT está próxima e, com isso, o volume de reserva inspiratório (VRI) é pequeno. O resultado é uma grande disparidade entre o esforço respiratório para aumentar o V_T e o real aumento de volume caracterizando assim a dissociação neuromecânica ao exercício. Clinicamente, esse fenômeno fisiopatológico acarreta intensa sensação de desconforto respiratório²⁵.

Especialmente nos pacientes ventilatoriamente limitados, o exercício promove aumento na demanda ventilatória por exigência metabólica, levando a um padrão respiratório rápido e superficial, com redução do tempo expiratório e mais desconforto respiratório para um dado nível de exercício, em relação ao grupo controle sem limitação ventilatória, reduzindo assim, a tolerância ao esforço. Este padrão anormal resulta no aumento do volume pulmonar expiratório final o que configura a hiperinsuflação dinâmica (HD)²².

Quando analisadas as respostas metabólicas obtidas nos testes máximos em cicloergometria de membros superiores na DPOC, pode-se observar que intensa demanda local sobre a musculatura de membros superiores, e a não-familiaridade com a atividade em cicloergometria acarretam no predomínio do metabolismo energético glicolítico nas células musculares esqueléticas, com conseqüente acúmulo local de lactato e fadigabilidade mais acentuada de MMSS. Deve-se ressaltar ainda que muitos pacientes com DPOC já apresentam menor proporção de fibras oxidativas (Tipo I) nos MMSS, o que é potencializador da fadiga muscular local. Diante do acúmulo de lactato nesta atividade, ao tamponamento deste pelo bicarbonato, resulta em uma resposta ventilatória significativa. Esta elevada resposta ventilatória associada às particularidades da mecânica ventilatória relacionada à dissincronia toracoabdominal durante o exercício de MMSS, podem acarretar numa mais expressiva HD em pacientes com DPOC²⁶.

Considerando-se que em pacientes com DPOC a limitação ventilatória ao esforço constitui o fator determinante dos parâmetros da relação potência-tempo do exercício de MMII, e que o exercício dinâmico de MMSS elicita a hiperinsuflação dinâmica, pode-se hipotetizar que a PC de MMSS apresenta determinantes ventilatórios ainda mais expressivos que na PC de MMII.

1.6. Referências Bibliográficas da contextualização

1- Pauwels RA, Buist AS, Ma P, Jenkins CR, Hurd SS; GOLD Scientific Committee. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: National Heart, Lung, and Blood Institute and World Health Organization Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). *Respir Care* 2001; 46 (8): 798-825;

2- American Thoracic Society. Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and asthma. *Am J Respir Crit Care* 1995; 152: S77-S121;

3- Serres I, Hayot M, Préfaut C, Mercier J. Skeletal muscle abnormalities in patients with COPD: contribution to exercise intolerance. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30 (7): 1019-1027;

4- Ries AL, Kaplan RM, Limberg TM, Prewitt LM. Effects of pulmonary rehabilitation on physiological and psychosocial outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Ann Intern Med* 1995; 122: 823-832;

5- Gerardi DA, Lovett L, Benoit-Connors ML, Reardon JZ, ZuWallack RL. Variables related to increased mortality following out-patient pulmonary rehabilitation. *Eur Respir J* 1996; 9: 431-435;

6- Casas A, Vilaro J, Rabinovich R, Mayer A, Barbera JA, Rodriguez-Roisin R, Roca J. Encouraged 6-min walking test indicates maximum sustainable exercise in COPD patients. *Chest* 2005; 128 (1): 55-61;

- 7- Hansen JE. Exercise instruments, schemes and protocols for evaluating the dyspneic patient. *Am Rev Respir Dis* 1984; 129: S25-S27;
- 8- Malaguti C, Nery LE, Dal Corso S, De Fuccio MB, Lerario MC, Cendon S, Neder JA. Alternative strategies for exercise critical power estimation in patients with COPD. *Eur J Appl Physiol*. 2006; 96 (1): 59-65;
- 9- American Thoracic Society, American College of Chest Physicians. ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 167: 211–277;
- 10- Palange P, Ward SA, Carlsen K-H, et al. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Resp J* 2007; 29: 185–209;
- 11- Casaburi R. Factors determining constant work rate exercise tolerance in COPD and their role in dictating the minimal clinically important difference in response to interventions. *COPD* 2005; 2: 131–136;
- 12- Whipp BJ, Ward SA. Quantifying intervention-related improvements in exercise tolerance. *Eur Respir J* 2009; 33: 1254-1260;
- 13- Whipp BJ. The bioenergetic and gas-exchange basis of exercise testing. *Clin Chest Med* 1994; 15: 173–192;
- 14- Hill AV. Muscular movement in man: the factors governing speed and recovery from fatigue. McGraw-Hill, New York, 1927: 41-44;
- 15- Hill DW. The critical power concept: a review. *Sports Med* 1993; 16 (4): 237-254;

- 16- Neder JA, Jones PW, Nery LE, Whipp BJ. Determinants of the exercise endurance capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. The power-duration relationship. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162: 497-504;
- 17- Nakamura FY, Brunetto AF, Hirai DM, Roseguini BT, Kokubun E. O limiar de esforço percebido (LEP) corresponde à potência crítica e a um indicador de máximo estado estável de consumo de oxigênio. *Rev Bras Med Esporte* 2005; 11 (3): 197-202;
- 18- Altimari JM, Altimari LR, Okano AH, Cyrino ES, Nakamura FY, Moraes AC, Fontes EB, Chacon-Mikahil MPT. Determinação da potência crítica e da capacidade de trabalho anaeróbio em ergômetro de braço por meio de duas equações lineares em atletas de canoagem. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum* 2007; 9 (2): 121-126;
- 19- Capodaglio P, Bazzini G. Predicting endurance limits in arm cranking exercise with a subjectively based method. *Ergonomics* 1996; 39 (7): 924-932;
- 20- Celli BR. The clinical use of upper extremity exercise. *Clin Chest Med* 1994; 15 (2): 339-49;
- 21- Celli BR, Rassulo J, Make BJ. Dyssynchronous breathing during arm but not leg exercise in patients with chronic airflow obstruction. *N Engl J Med* 1986; 314: 1485-90;
- 22- Epstein SK, Celli BR, Williams J, Tarpay S, Roa J, Shannon T. Ventilatory response to arm elevation. Its determinants and use in patients with chronic

obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152 (1): 211-6;

23- O'Donnell DE. Hyperinflation, dyspnea, and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Proc Am Thorac Soc* 2006; 3 (2): 180-184;

24- O'Donnell DE, Revall SM, Webb KA. Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164 (5): 770-777;

25- O'Donnell DE, Webb KA. Exertional breathlessness in patients with chronic airflow limitation. The role of lung hyperinflation. *Am Rev Respir Dis* 1993; 148 (5):1351;

26- Maltais F, Simard AA, Simard C, Jobin J, Desgagnés P, LeBlanc P. Oxidative capacity of the skeletal muscle and lactic acid kinetics during exercise in normal subjects and in patients with COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153 (1): 288-93.

2. Artigo

2.1 Introdução

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é uma doença progressiva e irreversível, caracterizada pela presença de obstrução ao fluxo aéreo, principalmente expiratório. Compreende dois perfis de pacientes, a bronquite crônica e o enfisema pulmonar ^{1,2}.

Trata-se de uma doença silenciosa, cujo aparecimento surge, normalmente, após a quarta década de vida, levando os indivíduos portadores a procurarem assistência médica por sintomas como dispnéia e tosse crônica. Outros sintomas incluem a perda de peso, limitações às atividades de vida diárias (por intolerância ao exercício) e depressão ^{3,4,5}.

A presença de um componente obstrutivo das vias aéreas pode ser o principal fator limitante durante os exercícios ou qualquer atividade habitual dos pacientes com DPOC. Isso porque durante atividades físicas, ou mesmo durante as simples atividades de vida diária (AVD), o aumento da demanda ventilatória, expressa pela Ventilação Minuto (VE), associado à obstrução ao fluxo expiratório, causa hiperinsuflação dinâmica, fazendo com que os indivíduos interrompam as atividades precocemente, levando ao descondicionamento físico com o tempo ⁶.

Esse ciclo entre descondicionamento e dispnéia levou ao desenvolvimento de um modelo caracterizado como “espiral da dispnéia”. Este modelo estabelece que, para evitar a dispnéia, os pacientes com DPOC desenvolvem um estilo de vida sedentário, o qual diminui a capacidade aeróbia

dos músculos periféricos. Isso parece ser demonstrado pelo predomínio do sistema anaeróbio durante atividades onde o predomínio deveria ser oxidativo. Dessa forma, há produção precoce de lactato e conseqüente interrupção do exercício por fadiga. Quando este mecanismo “periférico” não é o limitante, a hiperventilação promovida pela acidose resulta em limitação ventilatória basicamente pela hiperinsuflação dinâmica e redução da reserva ventilatória⁷. Sendo assim a DPOC apresenta ampla relação com a intolerância ao exercício o que, conseqüentemente afeta a qualidade de vida e promove aumento de mortalidade^{8,9}.

A identificação da limitação ao exercício na doença é de extrema importância, assim como a sua determinação de gravidade. A partir disso, consegue-se propor melhores formas de auxiliar no tratamento. Na DPOC, diversas são as formas de se avaliar o impacto da doença na capacidade de exercício. De acordo com o *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* (GOLD), principal órgão que estuda a DPOC, a doença pode ser avaliada desde testes cardiopulmonares máximos a testes simples como o teste de caminhada de seis minutos (TC6M)⁴.

Uma vez identificada a limitação ao exercício e sua gravidade, deve-se determinar a melhor metodologia de treinamento desses pacientes. Atualmente, existem diversas formas de prescrição de treinamento físico para pacientes portadores de DPOC que fazem parte de um programa de reabilitação pulmonar. Treinamentos que variam de 10 a 45 minutos, realizados diariamente e que utilizam como carga, 50% do consumo máximo de oxigênio (VO_2 max) podem ser realizados, assim como sessões de treinamento de

endurance em ergômetros de membros inferiores com cargas que variam em torno de 60-80% da carga máxima obtida em testes de esforço cardiopulmonares. Entretanto, outras formas mais simples de treinamento, incluem a prescrição baseada na sensação de cansaço e dispnéia⁴.

Também fazem parte dos programas de reabilitação pulmonar, o treinamento de músculos de membros superiores (MMSS), que podem ser realizados em ergômetros específicos ou com exercícios resistidos com pesos. Normalmente as cargas usadas são cerca de 50% da carga máxima suportada pelos MMSS ou em menor escala do consumo de oxigênio (VO_2), ambos obtidos em testes de protocolo incremental^{4, 10}.

Em recente estudo, a respeito da carga de treinamento de MMSS e avaliação da dinâmica pulmonar durante o exercício, pôde-se observar que em uma única sessão de treinamento com carga de 50% do máximo, os pacientes apresentaram baixa taxa de hiperinsuflação dinâmica durante o exercício, quando comparado a cargas de 65 e 80% do máximo, porém mantiveram os mesmo níveis de VO_2 que os últimos dois grupos e por maior tempo¹¹.

Mesmo com protocolos bem descritos na literatura e que mostram sua efetividade na avaliação da limitação física desses pacientes, ainda permanece difícil a identificação da intensidade apropriada de treinamento que pode ser mantida sem que haja desconforto e dispnéia importantes por longos períodos de tempo e que se obtenha o melhor resultado possível¹².

Em um estudo clássico de AV Hill (1927), os autores observaram que a relação entre a potência aplicada e o tempo até a exaustão é uma hipérbole,

denominando-se a potência crítica (PC): a mais alta potência que pode ser sustentada sem fadiga, demarcando a transição do exercício moderado para o exercício intenso, sendo um bom índice de capacidade de *endurance* em atividades de longa duração^{13,14}.

Este modelo tem sido amplamente aplicado em diferentes modalidades de exercício, tanto em atletas como em indivíduos normais, mas apenas poucos estudos extrapolaram para pacientes com DPOC, sendo dois realizados em cicloergômetro de membros inferiores (MMII) e um utilizando caminhada em solo, não havendo nenhum relato sobre este modelo em MMSS, nesta população^{12, 15,16}.

A potência crítica tem seu cálculo estimado a partir da equação: $(P-PC) \times t = W$, onde P é potência gerada, t o tempo de exercício até a exaustão e W é uma curva constante, equivalente ao trabalho constante que pode ser realizado acima do limiar de fadiga (PC ou θ_F)^{16,17}.

Neder e colaboradores (2000) avaliaram a capacidade de *endurance* em pacientes com DPOC a partir do modelo da relação entre potência e tempo de exercício para os membros inferiores e encontraram uma redução significativa nos valores absolutos de potência crítica e carga máxima no grupo de pacientes quando comparado ao grupo controle¹⁶.

Em relação à limitação ventilatória, todos os pacientes, mesmo com elevada relação volume minuto máximo (VE_{max}) e ventilação voluntária máxima (VVM), conseguiram completar o tempo de 20 minutos de atividade na potência crítica, apesar da hiperinsuflação dinâmica ter ocorrido. Essas

alterações ventilatória podem justificar o fato de que, pacientes com DPOC apresentam maiores valores de limiar de fadiga (potência crítica) que indivíduos sem a doença, quando este é expresso em porcentagem do pico de trabalho, mostrando maior gasto energético e maior sobrecarga ventilatória¹⁶.

Apesar de não existirem dados na literatura a respeito da relação potência-tempo e potência crítica na avaliação dos membros superiores de pacientes com DPOC, assim como o comportamento da hiperinsuflação dinâmica e suas conseqüências nesse método de avaliação e prescrição de exercício, acredita-se que os fenômenos que ocorram nesta atividade sejam semelhantes aos que ocorrem nos membros inferiores.

2.2 - Justificativa

A determinação da PC de MMSS em pacientes com DPOC fornecerá uma ferramenta mais acurada na avaliação da capacidade de *endurance* de MMSS, bem como para avaliar respostas à intervenções.

2.3 - Objetivo

Caracterizar os determinantes da relação potência-duração ao exercício de membros superiores em pacientes com DPOC e contrastá-lo com um grupo controle.

2.4 - Material e métodos

2.4.1 - Amostra

A caracterização da amostra dos pacientes e grupo controle respeitou os critérios a seguir:

2.4.1.1- Critérios de inclusão do grupo DPOC

Para a inclusão no estudo, é necessário o preenchimento dos seguintes parâmetros:

- Diagnóstico clínico e espirométrico de DPOC moderado a muito grave;
- Ambos os gêneros;
- Estarem clinicamente estáveis nas últimas 4 semanas (não tendo apresentado mudanças em relação à tosse e expectoração de secreção ou mudanças no aspecto da secreção, ou ainda, necessidade de mudanças nas medicações habituais);

2.4.1.2 – Critérios de inclusão do grupo controle

Foram incluídos no grupo controle, indivíduos:

- Sem doenças cardiopulmonares prévias;
- Não tabagistas ou ex-tabagistas (que tenham parado há pelo menos um ano);
- Pareados pela idade;
- Sem comorbidades que impossibilitem a realização dos testes;

2.4.1.3 - Critérios de exclusão

- Ser tabagista ativo ou ter parado de fumar a menos de 1 ano da admissão do estudo;
- Idade inferior a 55 anos ou superior a 77 anos;
- Apresentar co-morbidades tais como cardiopatias, doenças ortopédicas nos membros superiores e inferiores, seqüelas motoras de doenças neurológicas que impossibilitem a realização dos testes propostos ou que possam alterar ou tragam riscos ao paciente;
- Presença de outras doenças respiratórias crônicas como asma, bronquiectasias e fibroses pulmonares diversas;
- Extrema dificuldade ou incapacidade em realizar as manobras espirométricas propostas;
- Usuários de oxigenoterapia domiciliar prolongada.

2.4.2- Procedimentos

2.4.2.1 - Espirometria

As medidas espirométricas pré e pós administração de 400 µg de salbutamol (broncodilatador) serão realizadas no sistema CPF-S[®] (Medical Graphics Corporation-MGC, St. Paul, Mo. USA), sendo considerados para o estudo apenas os valores após o uso do broncodilatador. Ao menos três manobras expiratórias forçadas aceitáveis e reprodutíveis serão obtidas de acordo com os critérios da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT)¹⁷. Capacidade Vital Forçada (CVF), Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo (VEF₁) e relação VEF₁/CVF foram registrados e expressos

em percentual do valor previsto. Antes de cada visita foram realizadas espirometrias para garantir que os valores de função pulmonar estivessem semelhantes ao do período de inclusão do estudo, obtidos por pletismografia.

A ventilação voluntária máxima (VVM) foi estimada multiplicando o VEF₁ por 40. No presente estudo, foram utilizados os previstos da população brasileira, sugeridos por Pereira e colaboradores¹⁸.

2.4.2.2 - Pletismografia

Pletismografia de corpo inteiro foi realizada no sistema 1085 ELITE D[®] (*Medical Graphics Corporation-MGC, St. Paul, Mo. USA*), seguindo-se as recomendações padronizadas pela SBPT. Os valores de referência serão aqueles obtidos em uma amostra da população brasileira saudável¹⁸. Foram registrados os seguintes valores pós broncodilatador: Volume Residual (VR) e Capacidade Pulmonar Total (CPT), ambos expressos em litros e porcentagem do previsto e a relação entre elas (VR/CPT) expressa em porcentagem do previsto. A pletismografia foi utilizada para avaliar os volumes pulmonares estáticos, com o objetivo de identificar a hiperinsuflação pulmonar estática.

2.4.2.3 - Avaliação do índice de dispnéia basal MRC (Medical Research Council)

O índice de dispnéia avaliado pela escala de MRC consiste de um questionário com 5 itens que abordam a presença da dispnéia em diferentes atividades diárias (Anexo 3.2). Os indivíduos foram orientados a ler as 5 questões e assinalar a alternativa que mais se aproximasse de quanto sua

dispnéia influencia as atividades cotidianas. Os escores variam de 1 a 5 e quanto maior o valor, maior é a sensação referida de dispnéia¹⁹.

2.4.2.4 - Avaliação do índice de atividade física – Questionário de Baecke

O índice de atividade física dos participantes foi avaliado pelo questionário modificado de Baecke (Anexo 3.3). Este questionário é constituído de 16 questões que abrangem 3 domínios, a atividade física ocupacional, exercícios físicos no lazer e atividades físicas no lazer e locomoção. Neste questionário, quanto maior a pontuação maior é o nível de atividade física que o indivíduo apresenta. Os participantes eram orientados a ler as questões e assinalar a que mais se aproximava de sua realidade. Foi usada uma versão validada para o português para ambos os grupos^{20, 21}.

2.4.2.5 - Medidas da Capacidade Inspiratória (CI)

Para análise do comportamento da hiperinsuflação pulmonar dinâmica foi obtido o volume pulmonar expiratório final calculado indiretamente como resultado da diferença da capacidade pulmonar total (CPT) pela CI. Desta forma, a CI foi medida no repouso e imediatamente após o término de cada teste, solicitando-se aos indivíduos realizar, após quatro ciclos respiratórios estáveis, uma inspiração máxima até a CPT. Foram realizadas pelo menos duas manobras para buscar reprodutibilidade entre estas (diferença < 150 mL). Tal método de análise do aprisionamento aéreo dinâmico tem como princípio de que não há alteração da CPT ao exercício, sendo este o mais empregado na literatura²²⁻²³.

2.4.2.6 - Teste de exercício cardiopulmonar (TECP) de membros inferiores (MMII)

Foi realizado um TECP de membros inferiores na visita inicial, com o objetivo de se identificar possíveis alterações cardiopulmonares ao exercício máximo que pudessem contra-indicar os participantes de serem incluídos no protocolo. Os TECP foram realizados em cicloergômetro de MMII com dados direcionados para o CardiO₂ System[®] (Medical Graphics Corporation - MGC, St. Paul, Mo. USA). Durante todos os TECP foram obtidas, respiração por respiração, variáveis metabólicas: consumo de oxigênio (VO₂, mL/min), produção de dióxido de carbono (VCO₂, mL/min), razão de trocas respiratórias (R); variáveis ventilatórias: ventilação minuto (VE, L/min), frequência respiratória (f, rpm), equivalente ventilatório para o O₂ e CO₂ (VE/VO₂ e VE/VCO₂), relação VE/VVM; variáveis cardiovasculares: eletrocardiograma de 12 derivações, frequência cardíaca (FC, bpm) e pressão arterial de repouso e final, a cada 3 minutos do exercício e recuperação; e variáveis de troca gasosa: saturação periférica de oxigênio (SpO₂) com oxímetro de pulso colocado no lóbulo da orelha.

As sensações de esforço ventilatório e cansaço dos membros inferiores foram questionadas no repouso, a cada minuto e no pico do exercício, por meio da escala modificada de Borg²⁴⁻²⁵. Todos os testes foram acompanhados de um médico pneumologista treinado.

2.4.2.7 - Teste incremental de MMSS

Os testes foram realizados em um cicloergômetro eletromagnético de MMSS modelo Angio[®] (Lode BV – Groningen, Nederland) . O indivíduo foi posicionado sentado em uma cadeira, em frente ao ergômetro, com as costas apoiadas, pés apoiados no chão e tronco estabilizado. O pedal deveria estar situado, quando os MMSS estiverem estendidos, na altura da articulação gleno-umeral.

Aos pacientes, antes do início do teste, foi feita medicação broncodilatadora (400µg de salbutamol). O teste se iniciava com um período de aquecimento de 2 minutos com carga livre mantendo a rotação fixa (que deverá ser mantida até o final do teste) entre 55 e 60 rpm. Após o aquecimento, foram incrementadas cargas de 3 a 7 watts a cada minuto para o grupo DPOC e 7 a 12 watts para o grupo controle, até a interrupção do exercício por exaustão ou pela não capacidade de manter o mínimo de rotações na carga atual. Esses testes também tiveram o acompanhamento de médico treinado e as mesmas variáveis metabólicas e ventilatórias do TECP de MMII foram registradas.

2.4.2.8 - Testes de carga constante para estimativa da Potência Crítica

Subseqüentemente, em dias separados, o indivíduo foi submetido a quatro testes de carga constante em cicloergômetro de MMSS até o limite da tolerância (Tlim), após a administração de broncodilatador (400 µg de salbutamol) no caso dos pacientes.

Estes testes foram realizados, em ordem aleatória, com potências relativas àquelas obtidas no teste incremental realizado no cicloergômetro de MMSS.

Inicialmente foram realizados os testes com 100-120%, 90% e 80% da intensidade máxima, o que denominamos de intensidade A = 100-120% máx (WA), B = 90% máx (WB) e intensidade C = 80% máx (WC). O quarto teste (WD) terá a sua carga relativa a 5-20% acima da PC calculada com os três pontos anteriores.

Estas intensidades foram selecionadas para fornecer pontos de distribuição ao longo do eixo potência – tempo de tolerância. Os testes realizados nas quatro visitas tiveram sua ordem randomizada.

2.4.2.9 - Avaliação da Potência Crítica de MMSS

A carga correspondente a potência crítica foi determinada a partir da regressão linear da intensidade $\times 1/T_{lim}$ dos testes de carga constante (WA, WB, WC, WD), correspondendo ao valor do intercepto-y, ou seja, quando a reta toca o eixo y. Com o intuito de testarmos a tolerabilidade na carga da PC, em uma visita independente, foi realizado o teste na carga da PC de MMSS.

Foi considerado como capacidade de tolerar esta intensidade de trabalho, quando o indivíduo puder sustentar a atividade por 20 minutos como indicativa de que a mesma corresponda a mais alta taxa de trabalho sustentável, ou seja, a real potência crítica (PC).

2.5 – Análise estatística

Os dados registrados foram analisados no programa estatístico SPSS® versão 19.0. Foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar a natureza da distribuição das variáveis, sendo as medidas de tendência central e de dispersão utilizadas como média e desvio padrão (paramétricas) ou mediana e intervalo de variação (não-paramétricas).

Para a comparação inter grupos e intra-grupo foram utilizados os testes teste t *Student* não pareado e t *Student* pareado. Análise de regressão linear e não-linear (hiperbólica) foram utilizadas para as relações potência-tempo e potência e inverso do tempo, respectivamente. Para as comparações da ventilação e capacidade inspiratória entre as cinco cargas testadas utilizou-se a Anova de medidas repetidas e o teste de contraste de Tukey.

Foi assumido como significância um valor de $p \leq 0,05$.

2.6 – Cálculo do tamanho da amostra

O tamanho da amostra de 7 pacientes para o grupo DPOC foi calculado com um erro tipo I de 0,05 e um poder de 0,9 para detectar uma diferença de 25 watts na carga da PC entre pacientes e controles. O desvio padrão utilizado foi derivado da carga da PC do grupo de DPOC no estudo de Neder e colaboradores¹⁶.

2.7 – Resultados

Foram avaliados oito pacientes com DPOC (5 homens) e sete indivíduos controles (4 homens) com características semelhantes em relação à idade, peso, altura e IMC. O nível de atividade física, avaliado pelo questionário de Baecke, demonstrou que ambos os grupos foram considerados, no geral, como sedentários.

Em relação à função pulmonar, 3 pacientes apresentaram obstrução moderada, 4 apresentaram obstrução grave e 1 paciente foi considerado muito grave. Como esperado, os marcadores de obstrução pulmonar, VEF_1 em valores absolutos e em porcentagem do previsto e VEF_1/CVF , foram significativamente diferentes do grupo controle ($p < 0,05$). Também houve redução dos valores de CVF em porcentagem do previsto ($76,8 \pm 11,1\%$), indicando hiperinsuflação pulmonar estática, confirmada pela pletismografia, por meio dos valores de VR e da relação VR/CPT em porcentagem do previsto.

Ao repouso, quando comparado ao grupo controle, os pacientes com DPOC apresentaram redução significativa da capacidade inspiratória ($2,01 \pm 0,52$ vs $2,75 \pm 0,46L$), sendo mais um indicativo de alçaponamento aéreo. Os valores referentes às características basais e de função pulmonar estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características basais do grupo DPOC e controle

Variáveis	DPOC	Controle
	N=8	N=7
Idade (anos)	67 ± 6	65 ± 6
Peso (Kg)	65,8 ± 14,9	75,6 ± 10,5
Altura (m)	1,60 ± 0,07	1,64 ± 0,08
IMC (Kg/m ²)	25,2 ± 4,7	28,1 ± 4,3
BAECKE absoluto	6,9 ± 1,8	7,6 ± 1,3
VEF ₁ (L)	1,14 ± 0,41*	2,68 ± 0,60
VEF ₁ (%)	45,1 ± 1,2*	100,4 ± 0,9
CVF (L)	2,53 ± 0,70	3,26 ± 0,80
CVF (% previsto)	76,8 ± 11,1*	98,1 ± 10,8
VEF ₁ /CVF	0,46 ± 0,10*	0,82 ± 0,02
VR (% previsto)	180,8 ± 18,8*	112,3 ± 23,7
CPT (% previsto)	113,5 ± 8,5*	94,6 ± 9,1
VR/CPT (%)	146,7 ± 25,2*	100,5 ± 13,1
CI (L)	2,01 ± 0,52*	2,75 ± 0,46
VVM (L/min)	40,9 ± 14,3*	110,6 ± 26,4

IMC= índice de massa corpórea; VEF₁= volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF= capacidade vital forçada; VR= volume residual; CPT= capacidade pulmonar total; CI= capacidade inspiratória; VVM= ventilação voluntária máxima. *P<0,05 entre DPOC e Controle.

Na tabela 2 pode ser visualizado o comportamento de ambos os grupos nos testes de MMII e MMSS. Apenas 6 indivíduos do grupo DPOC realizaram os testes de MMII, pelo fato de duas pacientes terem o diagnóstico de osteoartrose de joelho e não apresentarem condições para realizar este teste.

As cargas atingidas nos testes incrementais de MMII e MMSS pelo grupo DPOC esteve em torno de 63% e 80% do atingido pelo grupo controle, respectivamente.

Tabela 2. Comparação dos valores obtidos nos testes incrementais de MMII s MMSS entre pacientes com DPOC e grupo controle

Variáveis	<u>Incremental de MMII</u>		<u>Incremental de MMSS</u>	
	DPOC (n=6)	Controle (n=7)	DPOC (n=8)	Controle (n=7)
Carga (W)	69,1 ± 14,2*	108,4 ± 30,6 ‡	50,0 ± 21,2	62,7 ± 20,4
Tempo (s)	543,8 ± 219,7	633,5 ± 112,3	520,8 ± 88,7 †	420,5 ± 71,7
VO ₂ (L/min)	1,15 ± 0,21 *	1,53 ± 0,29 ‡	0,91 ± 0,25	1,16 ± 0,31
R	0,84 ± 0,09*	1,15 ± 0,16	0,92 ± 0,13 †	1,16 ± 0,17
FC (bpm)	134,3 ± 19,2	141,4 ± 14,7	130,3 ± 15,7	142,2 ± 12,9
FC (% previsto)	86,8 ± 9,3	91,4 ± 11,1	84,9 ± 8,1	91,7 ± 7,2
VO ₂ /FC (ml/bpm)	8,5 ± 1,7 *	10,8 ± 1,6 ‡	6,9 ± 1,8	8,1 ± 1,7
VE (L/min)	41,6 ± 11,5 *	53,4 ± 9,6	38,0 ± 13,8	51,6 ± 17,6
VE/VVM (%)	98,0 ± 19,8 *	49,2 ± 8,6	93,1 ± 9,5 †	47,0 ± 13,5
FR (ipm)	34,0 ± 7,2	30,1 ± 4,3	37,0 ± 9,7	36,1 ± 7,6
VE/VO ₂	37,6 ± 9,8 §	35,5 ± 8,0 ‡	45,0 ± 8,8	44,4 ± 6,8
VE/VCO ₂	46,6 ± 7,9 *	31,4 ± 4,7 ‡	49,6 ± 13,2 †	37,8 ± 4,4
BORG MMII/MMSS	5,5 (1-10)	6 (4-9)	9,5 (4-10)	7 (3-10)
BORG Dispneia	2,5 (1-10)	3 (0-5)	5,5 (2-10)	5,0 (0-7)
ΔCI (ml) (*-1)	445,0±223,3*	50,0±206,3	521,2±207,6†	-5,7±119,14

VO₂ = consumo máximo de oxigênio; R= quociente respiratório; FC = frequência cardíaca; VO₂/FC = pulso de oxigênio; VE = ventilação minuto pico; VE/VVM = reserva ventilatória; FR = frequência respiratória; VE/VO₂ = equivalente ventilatório de oxigênio; VE/VCO₂= equivalente ventilatório de gás carbônico; ΔCI= variação de capacidade inspiratória; Todos os valores são expressos em média e DP, exceto o BORG de MMSS e Dispneia, que está expresso em mediana e valor mínimo e máximo.

* p<0,05 entre DPOC e Controles para o TECP de MMII;

† p<0,05 entre DPOC e Controles para o TECP de MMSS;

‡p<0,05: MMII vs MMSS para o grupo controle;

§p<0,05: MMII vs MMSS para o grupo DPOC.

Ao comparar os valores absolutos de carga atingida nos MMII e MMSS, não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,08$) para o grupo DPOC, entretanto o grupo controle apresentou maiores valores absolutos de carga ($108,4 \pm 30,6W$ vs $62,7 \pm 20,4W$, $p=0,006$), VO_2 pico ($1530,1 \pm 293,0ml/min$ vs $1164,4 \pm 314,3ml/min$, $p=0,04$), pulso de oxigênio ($10,8 \pm 1,6ml/bpm$ vs $8,1 \pm 1,7ml/bpm$, $p<0,0001$), VE/VO_2 ($35,5 \pm 8,0$ vs $44,4 \pm 6,8$, $p=0,001$) e VE/VCO_2 ($31,4 \pm 4,7$ vs $37,8 \pm 4,4$, $p=0,003$) no teste de MMII, quando comparado ao de MMSS.

Em relação à sensação referida de cansaço e dispnéia no teste de MMII, o grupo controle apresentou maiores valores quando comparado ao grupo DPOC. O inverso pôde ser observado no teste de MMSS, tendo os pacientes com DPOC apresentado maiores valores de dispnéia e cansaço de MMSS, ao comparar com o grupo controle.

Apenas o grupo DPOC apresentou hiperinsuflação dinâmica em ambos os testes, sem diferenças estatísticas para o grau de hiperinsuflação entre eles.

Na tabela 3 estão os dados referentes à PC de MMSS para ambos os grupos. Todos os participantes foram capazes de atingir o tempo estabelecido para validação da PC (20 minutos).

Os valores de PC para o grupo DPOC estiveram em torno de $30,2 \pm 12,7W$, o que corresponde a aproximadamente 60% da carga máxima atingida no teste incremental de MMSS. Valores semelhantes foram encontrados para o grupo controle ($42,2 \pm 16,7W$ e 66,7% do máximo), sem diferenças estatísticas entre os grupos.

O VO_2 atingido na carga da PC correspondeu aproximadamente a 85% do atingido no teste incremental, enquanto o grupo controle obteve valores ao

final do teste em torno do VO_2 pico atingido no teste máximo de MMSS (104% do máximo).

Os graus de ventilação minuto atingidos no final do teste da PC para ambos os grupos corresponderam a $96,3 \pm 19,1\%$ e $92,8 \pm 30,6\%$ do teste incremental, para o grupo DPOC e controle, respectivamente. Entretanto, tanto no teste incremental de MMSS quanto no teste da PC, o grupo DPOC apresentou redução importante da reserva ventilatória ($93,1 \pm 9,5\%$ e $89,2 \pm 17,1\%$), determinando a presença de limitação ventilatória em ambos os testes, o que não ocorreu no grupo controle.

Os valores absolutos de ventilação minuto no pico dos testes foram de $39,7 \pm 13,1$ L/min, $39,5 \pm 13,5$ L/min, $39,7 \pm 13,9$ L/min e $40,0 \pm 13,6$ L/min para os testes WA, WB, WC e WD. Na PC, os valores estiveram em $36,7 \pm 14,4$ L/min, porém estatisticamente não houve diferença entre esse valor e os outros.

A limitação ventilatória pôde ser confirmada pela hiperinsuflação dinâmica ocorrida nos dois testes (ΔCI de $521,2 \pm 207,6$ L no incremental e $395,0 \pm 248,4$ L na PC), entretanto sem diferenças estatísticas entre ambos, ou seja, em termos gerais ocorreu o mesmo grau de hiperinsuflação pulmonar.

Todos os pacientes conseguiram tolerar o tempo predeterminado de 20 minutos de exercício, porém com grande estresse ventilatório, mesmo assim, a PC de MMSS determinou a mais alta carga tolerável, dentro dos limites ventilatórios dos pacientes.

Tabela 3. Comparação entre os valores de PC entre os grupos comparados aos valores do teste incremental de MMSS

Variáveis	Potência Crítica					
	Incremental – MMSS		DPOC		Controle	
	DPOC	Controle	Absoluto	% pico	Absoluto	% pico
Carga (W)	50,0 ± 21,2	62,7 ± 20,4	30,2 ± 12,7	59,8 ± 11,4	42,2 ± 16,7	66,7 ± 9,3
Tempo (s)	520,8 ± 88,7 *	420,5 ± 71,7	1200	----	1200	----
VO ₂ (L/min)	0,91 ± 0,25	1,16 ± 0,31	0,79 ± 0,28 †	85,5 ± 18,6	1,2 ± 0,37	104,6 ± 21,8
R	0,92 ± 0,13 *§	1,16 ± 0,17	0,79 ± 0,07	87,5 ± 10,8	0,97 ± 0,23	83,5 ± 15,1
FC (bpm)	130,3 ± 15,7	142,2 ± 12,9	122,3 ± 14,6	94,0 ± 7,9	137,5 ± 16,9	97,1 ± 1,2
VO ₂ /FC(ml/bpm)	6,9 ± 1,8	8,1 ± 1,7	6,3 ± 1,9 †	87,0 ± 10,0 ‡	8,6 ± 1,9	107,0 ± 20,0
VE (L/min)	38,0 ± 13,8	51,6 ± 17,6	36,7 ± 14,4	96,3 ± 19,1	46,9 ± 17,6	92,8 ± 30,6
VE/VVM (%)	93,1 ± 9,5 *	47,0 ± 13,5	89,2 ± 17,1 †	----	43,0 ± 16,1	----
FR (ipm)	37,0 ± 9,7	36,1 ± 7,6	31,3 ± 8,0	85,3 ± 7,6	34,0 ± 5,0	97,2 ± 22,7
VE/VO ₂	45,0 ± 8,8	44,4 ± 6,8	46,3 ± 11,7	102,8±11,7 ‡	37,7 ± 9,7	84,7 ± 18,4
VE/VCO ₂	49,6 ± 13,2 *	37,8 ± 4,4	55,1 ± 13,6 †	112,5 ± 17,0	38,7 ± 4,8	103,0 ± 14,7
BORG MMSS	9,5(4-10)	7 (3-10)	4,5 (0,5-10)	----	4 (4-9)	----
BORG DISP	5,5 (2-10)	5,0 (0-7)	4 (0-10)	----	1 (0-5)	----
ΔCI (ml) (*-1)	521,2±207,6*	-5,7±119,14	395,0±248,4†	----	148,5±130,7	----

VO₂ = consumo máximo de oxigênio; R=quociente respiratório; FC = frequência cardíaca; VO₂/FC = pulso de oxigênio; VE = ventilação minuto pico; VE/VVM = reserva ventilatória; FR = frequência respiratória; VE/VO₂ = equivalente ventilatório de oxigênio; VE/VCO₂= equivalente ventilatório de gás carbônico; ΔCI= variação de capacidade inspiratória; Todos os valores são expressos em média e DP, exceto o BORG de MMSS e Dispnéia, que está expresso em mediana e valor mínimo e máximo.

*p<0,05 entre DPOC e grupo Controle para o teste incremental de MMSS

†p<0,05 entre DPOC e grupo Controle para os valores absolutos no teste da PC

‡p<0,05 entre DPOC e grupo Controle para os valores de PC em porcentagem do pico (incremental de MMSS)

§p<0,05 na comparação entre incremental de MMSS e PC no grupo DPOC

As representações gráficas individuais da determinação da PC no grupo DPOC e controle podem ser visualizadas nas Figuras 1A e 1B, respectivamente. As figuras 1C e 1D representam, graficamente, a PC como hipérbole e relação linear do grupo DPOC e controle, respectivamente. Ambas foram calculadas pela média de tempo e carga dos grupos.

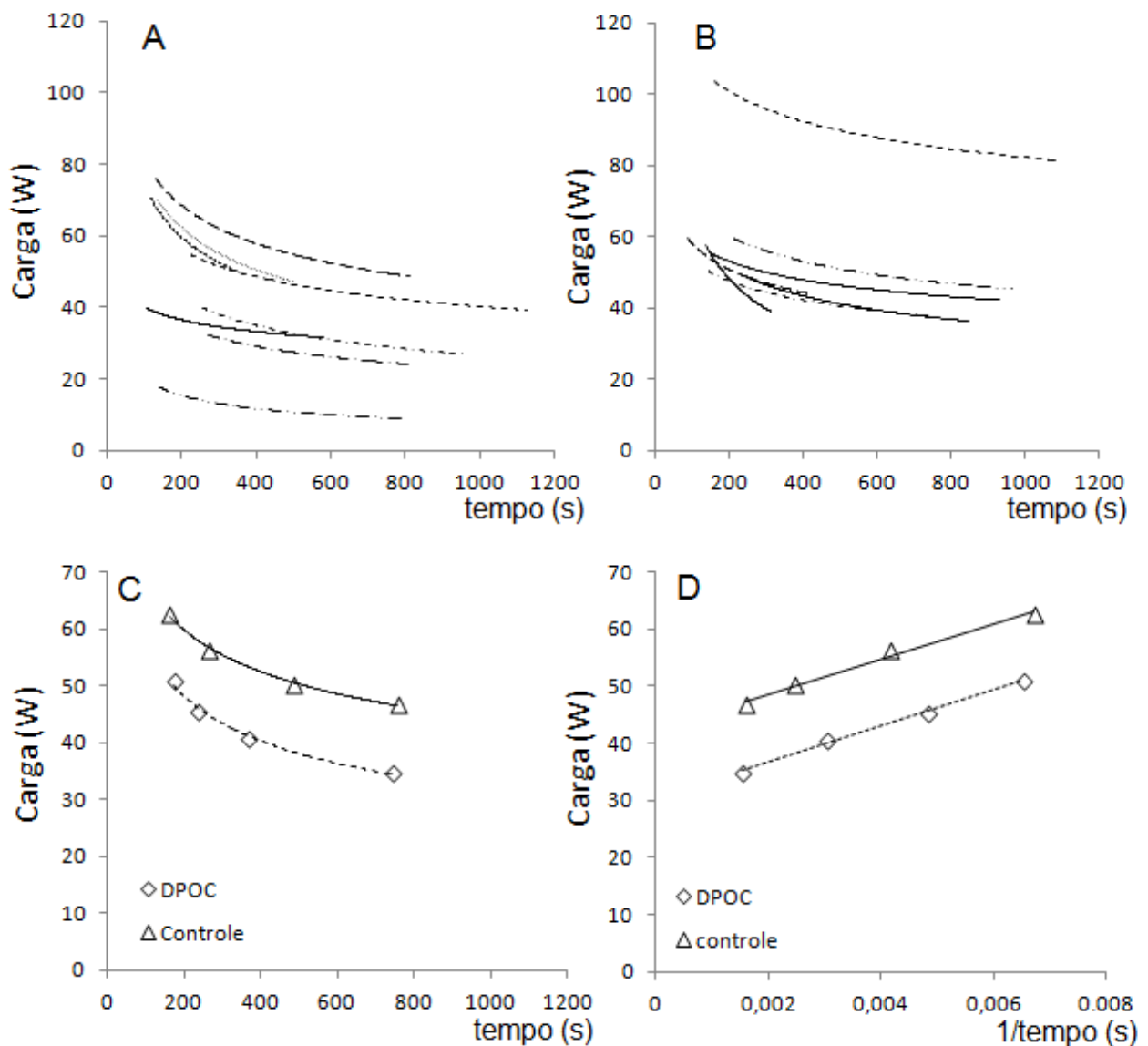


Figura 1. Representação gráfica da PC de MMSS no grupo DPOC (A) e controle (B). (C) Representação da média da PC entre o grupo DPOC e Controle e em (D) a linearização da PC média entre os dois grupos.

2.8 – Discussão

O objetivo deste estudo foi o de avaliar os fatores determinantes da relação potência-tempo de membros superiores em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. Até o presente momento, não existem estudos relacionados a estes exercícios com os MMSS, apenas MMII, nesta população.

O delineamento do estudo pôde determinar a potência crítica dos MMSS nos pacientes com DPOC, até então não estudada, estando seus valores em torno de 60% da carga máxima e 85% do VO_2 atingidos no teste incremental de MMSS. Apesar do grande estresse ventilatório, observado pelos baixos valores de reserva ventilatória e presença de hiperinsuflação dinâmica, todos os pacientes puderam atingir o tempo estipulado da PC de 20 minutos, o que demonstra que a PC de MMSS, determinada por quatro testes de carga constante, pode ser considerada como sendo a carga mais alta que pode ser tolerada, dentro dos limites ventilatórios dos pacientes.

A PC dos MMSS tem sido determinada em diversas modalidades de exercício e nas mais variadas situações clínicas, como demonstrado em estudos prévios^{26, 27, 28}. Os tempos de duração e o número de testes para determinação da PC também variam de acordo com os estudos¹².

Nossos resultados mostraram que a diferença de cargas atingidas nos testes incrementais de MMSS e MMII de aproximadamente 20W apesar de clinicamente importante, não apresentou diferença estatisticamente significativa. Essa semelhança entre as cargas não é evidenciada em populações saudáveis, como demonstrado em nosso grupo controle, entretanto, na DPOC alguns estudos já tem demonstrado mesmos níveis de capacidade aeróbia entre os MMII e os MMSS, explicando tal achado pela

manutenção das atividades diárias de MMSS e pela ativação freqüente dos músculos da cintura escapular na participação da ventilação como acessórios, o que não acontece com as atividades de MMII²⁹. O estresse ventilatório e metabólico nos dois testes incrementais também foram semelhantes em nosso estudo e condizem com os valores encontrados na literatura para os MMII¹⁶ e MMSS¹¹.

Em relação a potencia crítica de MMSS, nossos resultados mostraram que esta se encontra em torno de 60% do pico para o grupo DPOC e 67% para o grupo controle, este último com porcentagem semelhante ao estudo de Junior e colaboradores (2010)³⁰, que avaliaram adultos jovens saudáveis. Os valores da PC não diferiram entre os grupos, tanto em valores absolutos, quanto em porcentagem do previsto, podendo ser explicado pelo menor impacto que a doença promove nos músculos dos MMSS, promovendo assim, menor limitação na capacidade de *endurance* deste grupo muscular²⁹. No estudo de Gea e colaboradores (2001)³¹ foi demonstrado por meio de biópsia do músculo deltóide que as enzimas oxidativas encontraram-se preservadas no grupo DPOC, ao contrário do que acontece em MMII destes pacientes. Esses dados contribuem para justificar a semelhança das cargas da PC de MMSS entre os dois grupos nos testes incrementais de MMSS e MMII, já que ambos os testes, e principalmente a PC, refletem a capacidade aeróbia.

Interessantemente, nos quatro testes de carga constante o “teto” ventilatório foi alcançado próximo aos níveis máximos ($VE/VVM > 97\%$ em todos os testes de carga constante), enquanto a limitação ventilatória observada no teste da PC foi ligeiramente menos expressiva ($VE/VVM > 89\%$). Assim como no estudo de Neder e colaboradores (2000)¹⁶, o comportamento

ventilatório observado nos pacientes com DPOC ao exercício dinâmico de MMSS mostra que na carga da potência crítica a reserva ventilatória foi suficiente, e a dispnéia resultante não limitou o exercício prolongado nesta alta carga de trabalho, este fato consubstancia com os determinantes ventilatórios na relação potência-duração.

Outro aspecto relevante é que o grupo DPOC apresentou hiperinsuflação dinâmica em todos os testes, o que reforça a idéia da associação entre o aumento do volume pulmonar expiratório final no exercício de MMSS. O grau de hiperinsuflação dinâmica atingida na carga da PC correspondeu a uma carga superior (65% da carga máxima) daquela encontrada no estudo Colucci e colaboradores (2010)¹¹ (50% da carga máxima) no exercício de MMSS em pacientes com DPOC. Tal fato pode ser explicado pela diferença do grau de obstrução pulmonar dos pacientes envolvidos nos estudos, bem como a diferença do protocolo de incremento utilizado nos testes máximos.

Adicionalmente, a evidência da natureza hiperbólica da relação da carga de trabalho e a duração do exercício demonstraram que cada paciente tem uma capacidade finita de trabalho acima da potência crítica de MMSS, e que esse limite entre o exercício sustentável e não sustentável é determinado por fatores ventilatórios nos pacientes com DPOC moderado-grave.

Este estudo apresentou algumas importantes limitações: (i) um relativo pequeno número de pacientes avaliados: isto se deve à complexidade do protocolo que incluiu sete testes de exercícios extenuantes, exigindo muitas visitas ao laboratório; (ii) nossos resultados não devem ser extrapolados para pacientes mais graves ou para aqueles que apresentam significativa hipoxemia;

(iii) adicionalmente, podemos ter subestimado o papel dos fatores periféricos musculares na limitação da tolerância ao exercício, assim como nós não avaliamos objetivamente a fadiga dos músculos dos membros superiores.

Em linhas gerais, pode-se mencionar que a PC de MMSS forneceu um índice da mais alta carga de exercício sustentável em pacientes com DPOC. Nesta assertiva, existem evidências convincentes de que os testes de carga constante são mais sensíveis do que os testes máximos incrementais em determinar os efeitos benéficos de intervenções nesta população de pacientes³². De fato, é amplamente sabido que o treinamento de MMSS em programas de reabilitação pulmonar é crucial, tendo em vista a grande quantidade de atividades que envolvem os MMSS no dia-a-dia, e que o treinamento de *endurance* é capaz de melhorar os sintomas relacionados a estas atividades. Logo, podemos hipotetizar que o treinamento de MMSS baseado no modelo da PC em pacientes com DPOC pode, proporcionalmente a limitação ventilatória destes, explorar ao máximo o metabolismo aeróbio. Todavia, estudos prospectivos com estratégias de treinamento de MMSS na carga da PC em doentes pulmonares obstrutivos crônicos se fazem agora necessário.

2.9 – Conclusão

O presente estudo confirma a hipótese de que os determinantes da relação potência-tempo de MMSS em pacientes com DPOC são semelhantes aos da PC de MMII presentes na literatura. Os valores de carga na PC encontrados em nosso estudo foram similares aos do grupo controle, estando em torno de 60% da carga máxima obtida em teste incremental, o que pode estar associado à manutenção da capacidade aeróbia de MMSS pela continuidade da realização das tarefas diárias por esse grupo muscular. Mesmo com elevada resposta ventilatória e escassez de reserva ventilatória, o tempo de 20 minutos, estipulado para validação da PC, pôde ser atingido por todos os pacientes, determinando assim, a carga mais alta de trabalho aeróbico dentro dos limites ventilatórios dos pacientes.

2.10 - Implicações do estudo

Por meio deste estudo, pudemos confirmar a determinação da potência crítica de membros superiores nessa população, o que possibilita a sua utilização na definição da tolerância máxima ao exercício de membros superiores e seus possíveis fatores limitantes, podendo ainda, servir como uma ferramenta mais acurada na avaliação da capacidade de *endurance* de MMSS e na identificação do modo mais apropriado de se determinar a intensidade de treinamento físico de membros superiores no âmbito da reabilitação pulmonar.

2.11- Referências bibliográficas

1. Pauwels RA, Buist AS, Ma P, Jenkins CR, Hurd SS; GOLD Scientific Committee. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: National Heart, Lung, and Blood Institute and World Health Organization Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). *Respir Care*. 2001; 46(8):798-825;
2. American Thoracic Society. Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and asthma. *Am J Respir Crit Care* 1995; 152:S77-S121;
3. American Thoracic Society (ATS) and European Respiratory Society (ERS). Standards for the diagnosis and management of patients with COPD, 2004. 222 p;
4. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global Strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease, 2009;
5. Casaburi R, Kukafka D, Cooper CB, Witek TJ, Kesten S. Improvement in exercise tolerance with the combination of tiotropium and pulmonary rehabilitation in patients with COPD. *Chest* 2005; 127(3):809-17;
6. O'Donnell DE. Ventilatory limitations in chronic obstructive pulmonary disease. *Med Sci Sports Exerc*. 2001; 33 (7 Suppl): S647-55;
7. Serres I, Hayot M, Préfaut C, Mercier J. Skeletal muscle abnormalities in patients with COPD: contribution to exercise intolerance. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30 (7):1019-1027;

8. Ries AL, Kaplan RM, Limberg TM, Prewitt LM. Effects of pulmonary rehabilitation on physiological and psychosocial outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Ann Intern Med* 1995; 122:823-832;
9. Gerardi DA, Lovett L, Benoit-Connors ML, Reardon JZ, ZuWallack RL. Variables related to increased mortality following out-patient pulmonary rehabilitation. *Eur Respir J* 1996; 9:431-435;
10. ACSM'S Guidelines for Exercise Testing & Prescription, 7^a ed. 2006, pg. 173;
11. Colucci M, Porto E, Castro A, Cortopassi F, Colucci E, Souza GF, Nascimento OA, Iamonti V, Jardim JR; Upper limb exercises using varied workloads and their association with dynamic hyperinflation in patients with COPD. *Chest* 2010; 138(1): 39-46;
12. Malaguti C, Nery LE, Dal Corso S, De Fuccio MB, Lerario MC, Cendon S, Neder JA. Alternative strategies for exercise critical power estimation in patients with COPD. *Eur J Appl Physiol* 2006; 96(1):59-65;
13. Hill AV. Muscular movement in man: the factors governing speed and recovery from fatigue. McGraw-Hill, New York, 1927: 41-44;
14. Hill DW. The critical power concept: a review. *Sports Med* 1993; 16(4):237-254.
15. Casas A, Vilaro J, Rabinovich R, Mayer A, Barbera JA, Rodriguez-Roisin R, Roca J. Encouraged 6-min walking test indicates maximum sustainable exercise in COPD patients. *Chest* 2005;128(1):55-61;
16. Neder JA, Jones PW, Nery LE, Whipp BJ. Determinants of the exercise endurance capacity in patients with chronic obstructive pulmonary

- disease. The power-duration relationship. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162:497-504;
17. Sociedade Brasileira Pneumologia e Tisiologia. Espirometria. Diretrizes para Testes de Função Pulmonar *J Pneumol* 2002; 28(S3);
 18. Pereira CAC, Sato T, Rodrigues SC. Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. *J. Bras. Pneumol* 2007; 33 (4): 397-406;
 19. Mahler DA, Wells CK. Evaluation of clinical methods for rating dyspnea. *Chest* 1988; 18 (93): 580-586;
 20. Pitta F, Troosters T, Probst VS, Spruit M.A, Decramer M, Gosselink R. Quantifying physical activity in daily life with questionnaires and motion sensors in COPD. *Eur Respir J* 2006; 27: 1040–1055;
 21. Florindo AA, Latorre MRDO. Validação e reprodutibilidade do questionário de Baecke de avaliação da atividade física habitual em homens adultos. *Rev Bras Med Esporte* 2003. 9 (3): 121- 128;
 22. O'Donnell DE, Lam M, Webb KA. Measurement of symptoms, lung hyperinflation, and endurance during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158: 1557-1565;
 23. Stubbing DG, Pengelly LD, Morse JL, Jones NL. Pulmonary mechanics during exercise in subjects with chronic airflow obstruction. *J Appl Physiol* 1980; 49(3):511-5;
 24. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med* 1970; 14 (2): 92-98;
 25. Burdon JG, Juniper EF, Killian KJ, et al. The perception of breathlessness in asthma. *Am Rev Respir Dis* 1982; 126:825-828;

26. Altimari JM, Altimari LR, Okano AH, Cyrino ES, Nakamura FY, Moraes AC, Fontes EB, Chacon-Mikahil MPT. Determinação da potência crítica e da capacidade de trabalho anaeróbio em ergômetro de braço por meio de duas equações lineares em atletas de canoagem. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum* 2007; 9 (2): 121-126;
27. Nakamura FY, Borges TO, Brunetto AF, Franchini E. Correlação entre os parâmetros do modelo de potência crítica no cicloergômetro de membros superiores e no caiaque. *R Bras Ci Mov* 2005; 13 (2): 41-48;
28. Capodaglio P, Bazzini G. Predicting endurance limits in arm cranking exercise with a subjectively based method. *Ergonomics*. 1996; 39 (7): 924-932;
29. American Thoracic Society/European Respiratory Society. Skeletal Muscle Dysfunction in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Statement of the American Thoracic Society and European Respiratory Society. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: S1-S40;
30. Junior BD, Oliveira FR, Serafini JAN, Silva AC. Determinação da relação potência-duração em exercício com membros superiores. *Rev Bras Fisioter* 2010; 14 (4): 316-321;
31. Gea JG, Pasto M, Carmona MA, Orozco-Levi M, Palomeque J, Broquetas J. Metabolic characteristics of the deltoid muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 2001; 17: 939-945;
32. Whipp BJ, Ward SA. Quantifying intervention-related improvements in exercise tolerance. *Eur Respir J* 2009; 33: 1254-1260;

3. ANEXOS

3.1- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Protocolo: Determinantes da capacidade de *endurance* ao exercício de membros superiores (relação potência – duração) em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

Prezado participante:

Este estudo que você está sendo convidado a participar, tem como objetivo avaliar a sua capacidade de realizar exercício físico intenso com os braços. Estudando a sua capacidade de realizar exercício com os braços, vamos ficar sabendo o quanto a sua doença (bronquite ou enfisema) influencia sua vida e desempenho em fazer tarefas, como tomar banho, carregar objetos, usar guarda-chuva e realizar compras. Para fazermos isso, você realizará uma série de avaliações para garantir seu bem-estar antes de iniciar os testes de exercício intenso com os braços

Na primeira visita: você fará uma avaliação clínica com um médico treinado, que vai fazer muitas perguntas a respeito da sua doença, da falta de ar e atividades que causam mais cansaço para serem realizadas. Também será realizada medida de volume do seu pulmão através de um exame chamado espirometria, que nada mais é que soprar com bastante força num aparelho. Não se preocupe se você tiver que repetir o teste algumas vezes. Nesta visita, se você estiver apto, irá realizar o teste de exercício com os braços em uma bicicleta para adaptada para os braços e que não sai do lugar. O exercício vai ser interrompido, quando o senhor não aguentar mais manusear a bicicleta com os braços, ou por dor nos braços ou por falta de ar. O

senhor vai girar o pedal desta bicicleta com os braços, sendo que aos poucos vai ficando cada vez mais pesado de girar. Não se preocupe que durante o teste, serão vigiados constantemente, o oxigênio no sangue através de um aparelho colocado no seu dedo, o coração através de eletrocardiograma e sensação de desconforto respiratório e de cansaço nos braços através de uma escala.

Na segunda visita: você realizará um teste com uma resistência no pedal que corresponderá a 100% da carga atingida no primeiro teste. Durante todos os testes você estará sendo avaliado por uma equipe de profissionais capacitados, e você poderá interromper o teste por desconforto nos braços, falta de ar ou qualquer outro motivo.

Na terceira visita: você realizará um teste com uma resistência no pedal que corresponderá a 90% da carga atingida no primeiro teste. E na quarta visita: você vai fazer outro teste com uma resistência no pedal da bicicleta que corresponde a 80% da carga que você conseguiu no primeiro teste. Da mesma forma, durante estes testes você estará sendo vigiado por uma equipe especializada e qualquer alteração importante, o seu teste será interrompido.

Na quarta visita: você fará um teste na bicicleta estacionária, com uma carga que você poderá suportar por um grande período de tempo. Esta carga será calculada baseando-se nos testes anteriores.

Todos os testes feitos na bicicleta serão acompanhados do uso de uma máscara ligada a um aparelho que vai medir o quanto você está usando de oxigênio e produzindo de gás carbônico (gás produzido quando realizamos exercício). Não se preocupe que você pode se comunicar por gestos e a equipe estará perguntando constantemente sobre seu bem-estar.

Será comum o senhor apresentar quase no final do teste muita falta de ar e também cansaço nos braços, mas estes sintomas diminuem quando o teste é finalizado e retorna ao normal pouco tempo depois do teste ter terminado. Pode ser que o senhor sinta tontura, dor no peito ou batadeira, mas não se preocupe que a qualquer sinal de mal-estar, a equipe interromperá o teste e tomará as medidas necessárias.

O importante é que através deste estudo, nós saberemos como o coração, pulmões e músculos dos braços respondem ao exercício em pessoas com a sua doença. E o mais importante será achar uma intensidade de exercício que pode ser tolerada por um grande período de tempo, sem causar muito desconforto respiratório e muscular, que é comum no seu dia-a-dia.

Em qualquer etapa do estudo você terá acesso aos profissionais envolvidos nesta pesquisa para esclarecimentos das suas dúvidas. A sua participação neste estudo é voluntária. É garantia de liberdade a sua retirada do estudo a qualquer momento, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento nesta instituição.

As informações do estudo serão analisadas em conjunto, não sendo divulgado a identificação de nenhum participante.

Não há despesas pessoais para os participantes, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação.

Em caso de dano pessoal diretamente causado pelos testes propostos neste estudo (nexo causal provado), o participante terá direito a tratamento médico na instituição, bem como às indenizações legalmente estabelecidas.

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) - Rua Botucatu, - 1^o andar (tel.: 5576 4564 / 5571-1062).

Eu, _____, acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo: “Determinantes da capacidade de endurance ao exercício de membros superiores (relação potência – duração) em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica”

Eu discuti com a Dr(a) _____ sobre minha decisão em participar deste estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os exames que serão realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos constantes. Ficou claro também que a minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia de acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente, em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante a realização do mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Data: __/__/__

Assinatura do paciente / representante legal

Assinatura da testemunha

Data: __/__/__

Declaro que obtive, de forma apropriada e voluntária, o Consentimento Livre e Esclarecido do paciente _____ ou do seu representante legal Sr(a) _____ para a participação dele(a) neste estudo.

Carla Malaguti – pesquisadora responsável –Tel: 8431-9182

Tel. Comercial: 5549 1830 - Laboratório de Exercício

3.2 – Questionário de dispnéia basal – MRC (Medical Research Council)

Medical Research Council – MRC/59			
1	Grau 1	-	Você já teve alguma vez falta de ar, exceto em exercício intenso?
2	Grau 2	Se sim	Você tem falta de ar ao andar apressado no plano ou andando numa subida leve?
3	Grau 3	Se sim	Você tem que andar mais devagar, no plano, do que a maioria das pessoas? Você tem que parar, depois de andar no plano e no seu próprio passo, 1,5 Km ou 15 minutos?
4	Grau 4	Se sim p/ qualquer das duas	Você tem que parar por falta de ar após uma caminhada, no plano, de 100 metros ou após poucos minutos?
5	Grau 5	Se sim	Você tem falta de ar que te impede de sair de casa ou falta de ar depois de trocar a roupa?

3.3 – Escala de atividade física basal de Baecke

QUESTIONÁRIO DE ATIVIDADE FÍSICA BASAL (Baecke, JAH – 1982)

NOME: _____ ID: _____

SEXO: _____ IDADE: _____

A) OCUPAÇÃO

P1) Qual sua principal ocupação (descrever):

1 Trabalho em escritório, motorista, vendas, lecionando, estudando, em casa, médico/paramédico, outra de nível universitário, segurança

3 Trabalho fabril, encanador, carpinteiro, serralheiro, mecânica

5 Construção civil, pedreiro, marceneiro, carregador

P2) No trabalho, o sr(a) senta-se

1 nunca

2 raramente

3 algumas vezes

4 freqüentemente

5 sempre

P3) No trabalho, o sr(a) fica de pé

1 nunca

2 raramente

3 algumas vezes

4 freqüentemente

5 sempre

P4) No trabalho, o sr(a) anda

- 1 nunca
- 2 raramente
- 3 algumas vezes
- 4 freqüentemente
- 5 sempre

P5) No trabalho, o sr(a) carrega objetos pesados:

- 1 nunca
- 2 raramente
- 3 algumas vezes
- 4 freqüentemente
- 5 muito freqüentemente

P6) Depois do trabalho, o sr(a) sente-se fisicamente cansado:

- 1 nunca
- 2 raramente
- 3 algumas vezes
- 4 freqüentemente
- 5 muito freqüentemente

P7) No trabalho, o sr(a) sua:

- 1 nunca
- 2 raramente
- 3 algumas vezes
- 4 freqüentemente
- 5 muito freqüentemente

P8) Em comparação com outras pessoas do seu convívio e com a mesma idade, o sr(a) acha que seu trabalho é fisicamente:

- 1 muito mais leve
- 2 mais leve
- 3 da mesma intensidade
- 4 mais intenso
- 5 muito mais intenso

ÍNDICE OCUPACIONAL = [P1 + (6-P2) + P3 + P4 + P5 + P6+ P7 + P8] ÷ 8 =

_____ = _____

B) ESPORTES

P9) O sr(a) pratica alguma esporte: SIM NÃO

P9a) Caso sim:

INTENSIDADE

Qual esporte você pratica mais freqüentemente:

- 0,76 bilhar, boliche, vela, outro esporte sem deslocamento corporal ativo
- 1,26 ciclismo, dança, natação, tênis, vôlei, caminhada
- 1,76 basquete, boxe, futebol, canoagem, ginástica, corrida, musculação

TEMPO

Quantas horas por semana:

0,5 < 1

1,5 1-2

2,5 2-3

3,5 3-4

4,5 > 4

PROPORÇÃO

Quantos meses por ano:

0,04 < 1

0,17 1-3

0,42 4-6

0,67 7-9

0,92 > 9

$P9a = INTENSIDADE \times TEMPO \times PROPORÇÃO =$ _____

P9b) O sr(a) pratica um segundo esporte: _____

0,76 bilhar, boliche, vela, outro esporte sem deslocamento corporal ativo

1,26 ciclismo, dança, natação, tênis, vôlei, caminhada

1,76 basquete, boxe, futebol, canoagem, ginástica, corrida, musculação

TEMPO

Quantas horas por semana:

0,5 < 1

1,5 1-2

2,5 2-3

3,5 3-4

4,5 > 4

PROPORÇÃO

Quantos meses por ano:

0,04 < 1

0,17 1-3

0,42 4-6

0,67 7-9

0,92 > 9

$P9b = INTENSIDADE \times TEMPO \times PROPORÇÃO =$ _____

$P9 = P9a + P9b =$ _____

1 0

2 0,01-<4

3 4-<8

4 8-<12

5 = ou > 12

P10) Em comparação com outras pessoas de seu convívio e de mesma idade, o

sr(a) acha que sua atividade durante seu lazer é:

1 muito menor

2 menor

3 da mesma intensidade

4 maior

5 muito maior

P11) Durante seu lazer, o sr(a) sua:

- 1 nunca
- 2 raramente
- 3 algumas vezes
- 4 freqüentemente
- 5 muito freqüentemente

P12) Durante o seu lazer, o sr(a) pratica esportes:

- 1 nunca
- 2 raramente
- 3 algumas vezes
- 4 freqüentemente
- 5 muito freqüentemente

$$\text{ÍNDICE DE ATIVIDADE ESPORTIVA} = [P9 + P10 + P11 + P12] \div 4 =$$

_____ = _____

C) LAZER

P13) Durante o seu lazer, o sr(a) assiste TV:

- 1 nunca
- 2 raramente
- 3 algumas vezes
- 4 freqüentemente
- 5 muito freqüentemente

P14) Durante o seu lazer, o sr(a) anda a pé:

- 1 nunca
- 2 raramente
- 3 algumas vezes
- 4 freqüentemente
- 5 muito freqüentemente

P15) Durante o seu lazer, o sr(a) anda de bicicleta:

- 1 nunca
- 2 raramente
- 3 algumas vezes
- 4 freqüentemente
- 5 muito freqüentemente

P16) Quantos minutos habitualmente o sr(a) anda a pé ou de bicicleta por dia, indo e voltando do trabalho, escola ou compras:

- 1 < 5
- 2 5-15
- 3 15-30
- 4 30-45
- 5 > 45

ÍNDICE DE ATIVIDADE NO LAZER = [(6-P13) + P14 + P15 + P16] ÷ 4 =

_____ = _____

SUMÁRIO

INDICE	VALOR
a) OCUPACIONAL	
b) ATIVIDADE ESPORTIVA	
c) ATIVIDADE NO LAZER	
TOTAL ABSOLUTO (a+b+c)	
TOTAL MÉDIO (a+b+c / 3)	

3.4 Comprovante de submissão do artigo

14/11/11

#RBFIS-1222 DETERMINAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA CRÍTICA ...



USUÁRIO

Logado como:
eduardocolucci

[Meus](#)



[PÁGINA INICIAL](#)

[CORRE](#)

[PÁGINA DO USUÁRIO](#)

[Busca](#)

[Página inicial](#) > [Usuário](#) > [Autor](#) > [Submissões](#) > [#74563](#) > [Resumo](#)

[Sair do sistema](#)

#RBFIS-1222 DETERMINAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA CRÍTICA DE Membros SUPERIORES NA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ENDURANCE EM IDOSOS SAUDÁVEIS: ESTUDO PILOTO

AUTOR

[Submissões](#)

[Ativo \(1\)](#)

[Arquivo \(0\)](#)

[Nova](#)

[submissão](#)

IDIOMA

Português (Brasil) ▾

NOTIFICAÇÕES

[Visualizar](#)

[Gerenciar](#)

[RESUMO](#) | [AVALIAÇÃO](#) | [EDIÇÃO](#)

Submissão

Autores Eduardo Colucci, Carla Malaguti, Talita Pieri Stuchi, Roberta Pulcheri Ramos, Luiz Eduardo Nery, Simone Dal Corso

Título DETERMINAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA CRÍTICA DE MEMBROS SUPERIORES NA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ENDURANCE EM IDOSOS SAUDÁVEIS: ESTUDO PILOTO

Documento original [RBFIS-1222-74563-378625-1-SM.DOC](#), 2011-11-14

Docs. sup. Nenhum(a) [INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR](#)

Submetido por Eduardo Colucci

Data de submissão novembro 14, 2011 - 04:54

Seção Artigo Original

Editor Nenhum(a) designado(a)

Situação

Situação Aguardando designação

Iniciado 2011-11-14

Última alteração 2011-11-14

Metadados da submissão

Autores

Nome Eduardo Colucci

Instituição/Afiliação —

País Brasil

Resumo da Biografia —

Contato principal para correspondência.

Nome Carla Malaguti




Instituição/Afiliação —

País —

Resumo da Biografia —

Nome Talita Pieri Stuchi

Instituição/Afiliação —

País	—
Resumo da Biografia	—
Nome	Roberta Pulcheri Ramos 
Instituição/Afiliação	—
País	—
Resumo da Biografia	—
Nome	Luiz Eduardo Nery 
Instituição/Afiliação	—
País	—
Resumo da Biografia	—
Nome	Simone Dal Corso 
Instituição/Afiliação	—
País	—
Resumo da Biografia	—

Título e Resumo

Título	DETERMINAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA CRÍTICA DE MEMBROS SUPERIORES NA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ENDURANCE EM IDOSOS SAUDÁVEIS: ESTUDO PILOTO
Resumo	<p>Objetivo: Determinar a frequência cardíaca crítica (FCcr) de membros superiores (MMSS) em idosos saudáveis. Métodos: Sete idosos sedentários (4 homens), com idade de 65 ± 6 anos, foram submetidos a quatro testes de carga constante (100%, 90% e 80% da carga máxima do teste incremental de MMSS e potência crítica + 10%) para determinação da potência crítica (PC) em cicloergômetro de MMSS. Foi realizada a análise metabólica e ventilatória durante todos os testes e a média dos últimos 5 segundos de frequência cardíaca (FC) foi registrada para determinação da FCCr e comparada à média real dos últimos 5 segundos da FC obtida no teste da PC. Resultados: Todos os indivíduos atingiram o tempo estipulado da PC de 20 minutos. A carga da PC foi $66,8 \pm 9,4\%$ da carga do teste incremental, atingindo um $VO_2 1,24 \pm 0,37$ L/min. A FC média real, medida no teste da PC, não diferiu da FCCr calculada pelo modelo da PC ($137,6 \pm 16,9$ vs $139,7 \pm 13,3$ bpm, respectivamente; $P=0,53$). O coeficiente de correlação intraclassa mostrou forte concordância entre a FC real e a estimada pelo modelo da FCCr [$0,93$ ($0,62 - 0,99$); $p = 0,002$]. Conclusão: O modelo da FCCr poderia ser utilizado para estimar a FCCr na carga da PC de MMSS em idosos saudáveis, podendo ser útil na avaliação e prescrição de treinamento de endurance desses músculos.</p> <p>Palavras-chave: Potência Crítica, Membros Superiores, Frequência Cardíaca</p>

Indexação

Área e sub-área do Conhecimento	Avaliação e Mensuração em Fisioterapia
Assunto	Reabilitação
Palavras-chave	Potência Crítica, Membros Superiores, Frequência Cardíaca
Idioma	pt

Apoio e financiamento

Agências	—
----------	---

3.5 Termo de aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa – UNINOVE



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CoEP

Certificamos que o Projeto de pesquisa intitulado DETERMINANTES DA CAPACIDADE DE ENDURANCE AO EXERCÍCIO DE MEMBROS SUPERIORES (RELAÇÃO POTÊNCIA- TEMPO) EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR sob número de protocolo 346549 e responsabilidade de CARLA MALAGUTI sendo **APROVADO** de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde M/S, de 10/10/96.

São Paulo, 02 de Agosto de 2010.

Profa. Dra. Claudia Santos Oliveira
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa