

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO**

**COMPARAÇÃO DA FADIGA MUSCULAR DESENVOLVIDA PELOS
MÚSCULOS QUADRÍCEPS FEMORAL E DELTÓIDE MÉDIO E SEU TEMPO
DE RECUPERAÇÃO EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR
OBSTRUTIVA CRÔNICA.**

EDUARDO FOSCHINI MIRANDA

**SÃO PAULO, SP
2010**

EDUARDO FOSCHINI MIRANDA

**COMPARAÇÃO DA FADIGA MUSCULAR DESENVOLVIDA PELOS
MÚSCULOS QUADRÍCEPS FEMORAL E DELTÓIDE MÉDIO E SEU TEMPO
DE RECUPERAÇÃO EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR
OBSTRUTIVA CRÔNICA.**

Dissertação de Mestrado apresentada
à Universidade Nove de Julho, para
obtenção do título de Mestre em
Ciências da Reabilitação.

Orientadora: Dra. Simone Dal Corso

Co-orientadora: Dra. Carla Malaguti

SÃO PAULO, SP

2010

FICHA CATALOGRAFICA

Miranda, Eduardo Foschini

Comparação da fadiga muscular desenvolvida pelos músculos quadríceps femoral e deltóide médio e seu tempo de recuperação em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. / Eduardo Foschini Miranda 2010.

53 f.

(Mestrado) Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2010.

Orientador (a): Dra Simone Dal Corso

1. Doença pulmonar obstrutiva crônica 2. Fadiga muscular 3. Eletromiografia 4. Membros superiores 5. Membros inferiores.

CDU 615.8

São Paulo, 08 de dezembro de 2010.

TERMO DE APROVAÇÃO

Aluno: EDUARDO FOSCHINI MIRANDA

Título da Dissertação: "COMPARAÇÃO DA FADIGA MUSCULAR DESENVOLVIDA PELOS MÚSCULOS QUADRÍCEPS FEMORAL E DELTÓIDE MÉDIO E SEU TEMPO DE RECUPERAÇÃO EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA".

Presidente PROFA. DRA. SIMONE DAL CORSO Simone Dal Corso

Membro: PROF. DR. CELSO RICARDO FERNANDES DE CARVALHO Celso Ricardo Fernandes de Carvalho

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

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por nunca ter perdido a fé e a esperança de realizar o meu sonho de me tornar um Professor e este é apenas um degrau que consegui subir e ficar mais próximo de alcançar o meu desejo.

Nunca vou conseguir agradecer ou expressar com palavras o quanto minha família (Mãe, Pai e Jú) me apoiou e me incentivou para que não desistisse nunca e sempre lutasse pelo meu objetivo. Sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis e de glória, o que já era de se esperar de vocês.

Muito obrigado e amo muito vocês!

À minha querida orientadora Profa. Dra. Simone Dal Corso, meu eterno agradecimento, graças a ela consegui realizar este sonho, pois sem seu convite nada disso seria realidade. Sempre conduziu este estudo de maneira correta, por sempre ter me orientado sobre o que fazer quando eu estava perdido, ficar ao meu lado nos momentos de alegria quando os resultados davam certos e nos meus momentos de angústia quando algo dava errado.

Meu muito obrigado e saiba que não pretendo te deixar em paz tão cedo, ainda falta o Doutorado rsrs.

Minha co-orientadora Profa. Dra. Carla Malaguti, sempre dando ideias novas para outros trabalhos e me encorajando a sempre seguir em frente. Meu muito obrigado.

Agradeço aos alunos de iniciação científica especialmente a Gleyci por sempre me ajudar nas coletas e pelas boas risadas.

Agradecimento especial ao Prof. João e à Profa. Nádia por me socorrerem sempre quando precisei resolver os problemas do MATLAB.

À nutricionista Débora Villaça por ter me ensinado as técnicas de nutrição usadas neste estudo.

À Rafaella R. Rondelli por ter me ensinado a utilizar o eletromiógrafo e todos os equipamentos do laboratório.

Um agradecimento especial a todos os pacientes que aceitaram participar deste estudo, sem vocês nada teria acontecido.

À FAPESP pela bolsa de estudos concedida no segundo ano do mestrado.

À Universidade Nove de Julho, instituição responsável pelo meu crescimento pessoal e profissional, pelo ambiente acadêmico favorável e estrutura que permitiram a realização deste.

Enfim, a todos que, diretamente ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A disfunção muscular periférica é um achado comum em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), as adaptações estruturais e o prejuízo funcional parecem não ser homogêneos entre os músculos de membros superiores e de membros inferiores. A proposta deste estudo foi comparar a fadiga desenvolvida pelo músculo quadríceps femoral (QF) e deltoíde médio (DM) em pacientes com DPOC e secundariamente, analisar o tempo de recuperação da fadiga entre estes músculos e correlacionar à fadiga muscular com a função pulmonar e muscular do QF e DM. Foi realizada avaliação eletromiográfica da fadiga do QF e DM pela mediana de frequência (MF) e raiz quadrada média (RQM) a 60% da contração voluntária máxima pré e pós o protocolo de fadiga em vinte um pacientes com DPOC, corrigimos a força muscular do QF e DM para a massa muscular de ambos os músculos. Os principais resultados foram: (i) encontramos reduzidos valores de força para o DM comparado ao QF, quando corrigido a força máxima para a massa muscular esta diferença desapareceu; (ii) ao corrigirmos os deltas de RQM e MF pelo tempo de *endurance*, observamos uma diferença estatisticamente significativa entre a queda do $\Delta MF/t$ para o QF e DM e entre o aumento no $\Delta RQM/t$ para ambos os músculos; (iii) não houve diferença significativa para a análise do tempo de recuperação da fadiga muscular entre os músculos QF e DM. Em conclusão, os pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica apresentam maior fadigabilidade do membro superior em relação ao membro inferior.

Palavras-chave: DPOC; Fadiga muscular; Eletromiografia; Membros superiores; Membros inferiores.

ABSTRACT

The peripheral muscle dysfunction is a common finding in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD), the structural adaptations and functional impairment do not appear to be homogeneous between the muscles of the upper and lower limbs. The purpose of this study was to compare the fatigue developed by the quadriceps femoris (QF) and middle deltoid (MD) in patients with COPD and secondly, to analyze the time of recovery from fatigue between these muscles and muscle fatigue correlate with lung function and muscle QF and MD. We performed electromyographic evaluation of fatigue by the QF and MD median frequency (MF) and root mean square (RMS) to 60% of maximal voluntary contraction before and after the fatigue protocol in twenty one patients with COPD, we correct the muscle strength QF and MD for the muscle mass of both muscles. The main results were: (i) found reduced values of strength for the MD compared to QF, when adjusted for the maximum force the muscle mass that difference disappeared, (ii) when we correct the delta by the RQM and MF endurance time, we observed a significant difference between the fall of $\Delta MF/t$ for the QF and MD and between the increase in $\Delta RQM/t$ for both muscles, (iii) there was no statistically significant difference for analysis of the recovery time of muscle fatigue among the QF muscles and MD. In conclusion, patients with chronic obstructive pulmonary disease have a higher fatigability of the upper limb in relation to the lower limb.

Keywords: COPD; Muscle fatigue; Electromyography; Upper limbs; Lower limbs.

SUMÁRIO

Banca Examinadora _____	iii
Agradecimentos _____	iv
Resumo _____	vi
Abstract _____	vii
Lista de Figuras _____	x
Lista de Tabelas _____	xi
Lista de Siglas e Abreviaturas _____	xii
1. CONTEXTUALIZAÇÃO _____	01
1.1. Disfunção muscular nos membros superiores em pacientes com DPOC_	02
1.2. Disfunção muscular nos membros inferiores em pacientes com DPOC__	06
1.3. Disfunção muscular entre MMSS e MMII em pacientes com DPOC _____	09
1.4. Considerações finais _____	10
1.5. Referências Bibliográficas _____	11
2. ARTIGO _____	17
2.1. Introdução _____	17
2.2. Objetivos _____	20
2.3. Materiais e Métodos _____	21
2.3.1. Amostra _____	21
2.3.2. Avaliações _____	21
2.3.2.1. Espirometria _____	21
2.3.3. Testes de Função Muscular _____	21
2.3.3.1. Contração Isométrica Voluntária Máxima do QF _____	21
2.3.3.2. Contração Isométrica Submáxima Sustentada do QF _____	22

2.3.3.3. Endurance Muscular do QF _____	22
2.3.3.4. Contração Isométrica Voluntária Máxima do DM _____	23
2.3.3.5. Contração Isométrica Submáxima Sustentada do DM _____	23
2.3.3.6. Endurance Muscular do DM _____	24
2.3.3.7. Eletromiografia _____	24
2.3.4. Avaliação antropométrica _____	25
2.3.4.1. Índice de massa corpórea _____	25
2.3.4.2. Estimativa da massa muscular do braço _____	26
2.3.4.3. Estimativa da massa muscular do QF _____	27
2.3.5. Comparação da função muscular do DM e QF _____	28
2.3.6. Protocolo _____	28
2.4. Análise Estatística _____	30
2.4.1. Aspectos Éticos _____	30
2.5. Resultados _____	31
2.6. Discussão _____	36
2.7. Implicações Clínicas _____	39
2.8. Limitações do Estudo _____	40
2.9. Perspectivas Futuras _____	41
3. Conclusão _____	42
3.1. Referências Bibliográficas _____	43
Anexos _____	49

Lista de Figuras

Figura 1 - Ilustração de um paciente sendo submetido à avaliação da atividade elétrica do músculo reto femoral.

Figura 2 - Ilustração de um paciente sendo submetido à avaliação da atividade elétrica do músculo deltóide médio.

Figura 3 - Representação esquemática do protocolo de pesquisa.

Figura 4 - Comparação da queda da MF entre o DM e QF.

Figura 5 - Disposição gráfica dos valores individuais e médias das variações do RQM e MF corrigida pelo tempo de endurance.

Figura 6 - Correlação entre a função pulmonar e desfechos eletromiográficos.

Listas de Tabelas

Tabela 1 - Dados demográficos, antropométricos e da função pulmonar da amostra estudada.

Tabela 2 - Dados de força e tempo obtidos pela eletromiografia.

Tabela 3 - Variáveis pré e pós a realização do teste de endurance muscular.

Tabela 4 - Análise do tempo de recuperação da fadiga entre o DM e QF.

Lista de Siglas e Abreviaturas

AVD	Atividade de vida diária
CIS	Contração Isométrica Submáxima Sustentada
CIVM	Contração Isométrica Voluntária Máxima
CVF	Capacidade Vital Forçada
DM	Deltóide Médio
DP	Desvio Padrão
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
EMG	Eletromiografia
FM	Força Muscular
GOLD	Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease
Hz	Hertz
IMC	Índice de Massa Corporal
Kgf	Quilograma força
Kg/m ²	Quilograma por metro quadrado
MF	Mediana de Frequência
MMII	Membros Inferiores
MMSS	Membros Superiores
QF	Quadríceps Femoral
RQM	Raiz Quadrada Média
Tlim	Limite de Tolerância
VE	Ventilação Pulmonar
VEF ₁	Volume Expiratório Forçado no primeiro minuto
VCO ₂	Produção de gás carbônico
VO ₂	Consumo de Oxigênio

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) caracteriza-se por evolução progressiva e irreversível¹. Devido ao seu sítio primário de acometimento, a redução da capacidade funcional foi atribuída por muitas décadas, às alterações da mecânica respiratória e aos distúrbios da troca gasosa pulmonar, determinando a dispnéia como principal sintoma limitante do exercício. Entretanto, em meados da década de 90, Hamilton *et al*² observaram que a fadiga de membros inferiores isoladamente superou a sensação de dispnéia em 43% dos pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica submetidos ao teste de exercício máximo.

Embora a musculatura de membros inferiores (MMII) seja a grande responsável pela limitação em atividades como andar, subir ladeira ou escadas, é reconhecido que as atividades de vida diária realizadas com membros superiores (MMSS), especialmente de maneira não sustentada, também são pouco toleradas pelos pacientes com DPOC³.

O prejuízo funcional entre os MMSS e MMII parece diferir e pode ser explicado pela teoria dos compartimentos. Em breves palavras, a funcionalidade dos músculos respiratórios e dos músculos de MMII está prejudicada por mudanças estruturais e funcionais. Tanto a estrutura quanto a função da musculatura de MMSS estão relativamente preservadas, devido à manutenção de atividades diárias que envolvem os braços ou mesmo o uso de alguns desses músculos durante o trabalho ventilatório. Na musculatura de MMII as mudanças estruturais resultam em uma diminuição na capacidade de exercício global do indivíduo, evoluindo para um descondicionamento devido a uma redução nas atividades físicas na vida diária para evitar a dispnéia. Embora o nível de atividade física na vida diária pareça ser um fator determinante nas mudanças musculares, estas seriam moduladas por outros fatores locais e sistêmicos como a inflamação, o estresse oxidativo, medicamentos e distúrbios nutricionais⁴.

Apesar de diversos pesquisadores terem estudado isoladamente os efeitos de exercícios de MMII⁵⁻⁹ e MMSS em diversos desfechos fisiológicos e clínicos¹⁰⁻¹⁴ poucos estudos contrastaram a função muscular de MMII e

MMSS¹⁵⁻¹⁶ e apenas um comparou as demandas metabólica, ventilatórias e de percepção do esforço em exercício de MMII e MMSS¹⁷.

1.1. Disfunção muscular nos membros superiores em pacientes com DPOC

Apesar da eficiência mecânica e a capacidade de exercício de MMSS estarem relativamente preservadas em pacientes com DPOC¹⁸, os pacientes queixam-se de dispnéia incapacitante ao executar tarefas aparentemente triviais sem apoio dos MMSS. Dois possíveis mecanismos são relacionados a esse achado: (1) disfunção neuro-mecânica (dissincronia tóraco-abdominal) dos músculos respiratórios (diafragma e acessórios)^{19,20} e (2) alteração dos volumes pulmonares durante as atividades realizadas com MMSS²¹⁻²⁶.

A disfunção neuro-mecânica foi primeiramente descrita por Tangri & Woolf (1973)¹⁹. Nesse estudo, o padrão respiratório foi avaliado por pletismografia de indutância em doze pacientes com DPOC. Nos movimentos de flexão de tronco, amarrar o sapato, escovar os dentes e pentear o cabelo foi constatado um padrão respiratório rápido e superficial. Durante as atividades de escovar o cabelo e os dentes na posição ortostática, o diafragma foi avaliado por fluoroscopia, sendo encontrado um padrão irregular de movimentação do diafragma seguido por um período de aumento da ventilação pulmonar (VE). A explicação dada para este fenômeno naquela ocasião foi que possivelmente, durante as atividades, ocorresse retenção de dióxido de carbono e uma queda na pressão arterial de oxigênio. A hiperventilação após a atividade seria necessária para que os gases sanguíneos retornassem para o nível basal. O aumento da frequência respiratória com o volume corrente superficial após a atividade resultou em dispnéia para pacientes com DPOC.

Da mesma maneira que Tangri & Woolf¹⁹, Epstein *et al*²⁶ encontraram um padrão respiratório rápido e superficial durante o movimento de flexão dos MMSS a 90°, em 34 pacientes (VEF₁ 0,95 ± 0,08 L) durante dois minutos de elevação dos MMSS. Este padrão rápido e superficial é atribuído à simultaneidade de estímulos aferentes e eferentes musculares causando uma dissincronia da ação dos músculos respiratórios durante o exercício de membros superiores não sustentados em pacientes com DPOC.

O estudo de Breslin *et al*²⁷ também demonstrou que a dissincronia tóraco-abdominal, desencadeada pelos exercícios não sustentados de MMSS, precipita a dispnéia em pacientes com DPOC. Em seu estudo, os pacientes com DPOC grave (VEF_1 $37 \pm 3\%$ previsto), relatam um aumento significativo na sensação de dispnéia com as tarefas rotineiras que requerem o uso dos MMSS, especialmente em atividades que se utilizam da elevação não sustentada de MMSS. Esses autores especularam que a dispnéia estaria associada a alterações na função dos músculos respiratórios, ou seja, a diminuição da força e *endurance* muscular respiratória e ao aumento no recrutamento dos músculos da caixa torácica e acessórios durante essas atividades. O exercício não sustentado de MMSS compromete ainda mais a capacidade dos músculos respiratórios para auxílio ventilatório, pois requer o recrutamento desses músculos concomitantemente à manutenção da estabilização da parede torácica.

Em outro estudo, Breslin *et al*²⁸ comparou indivíduos saudáveis ($n = 18$) e pacientes com DPOC ($n = 25$; VEF_1 : $38 \pm 5\%$ do previsto) realizando atividade não sustentada dos músculos flexores dos MMSS durante a fase expiratória. A atividade muscular foi avaliada por eletromiografia (EMG), o padrão de movimento tóraco-abdominal foi medido com pletismografia de indução e a sensação de dispnéia por escala visual analógica. Foi observado que a *endurance* muscular dos MMSS em exercícios não sustentados está reduzida tanto em indivíduos saudáveis como em pacientes com DPOC, estando associada ao aumento da dispnéia e a alterações do padrão de recrutamento dos músculos respiratórios. O exercício não sustentado resultou em aumentos significativos na média da amplitude do sinal eletromiográfico do diafragma durante a inspiração e expiração avaliada pela EMG, movimento toracoabdominal dissincronizado e aumento na intensidade da dispnéia. Essas mudanças no recrutamento diafragmático e o movimento toracoabdominal podem explicar, em parte, o aumento da intensidade da dispnéia com o exercício de MMSS não sustentado.

O efeito da flexão dos MMSS nas respostas metabólicas (VO_2 e VCO_2) e ventilatórias (ventilação minuto, volume corrente e frequência respiratória) em pacientes com DPOC também foi estudado por Martinez *et al*²². O comportamento dessas variáveis foi estudado em três diferentes posições dos

MMSS: posição neutra (MMSS ao longo do corpo), flexão horizontal mantida ao nível do ombro por dois minutos e novamente, durante o posicionamento inicial. O principal achado desse estudo é que a manutenção dos MMSS, de maneira não sustentada, resultou em aumento da ventilação minuto à custa do aumento da frequência respiratória, uma vez que foi observada atividade do músculo esternocleidomastóideo, que resultou em aumento mínimo do volume corrente.

Os achados de maior demanda metabólica e ventilatória também foram descritos por Baarens *et al*²³ ao comparar pacientes com DPOC (VEF₁ 38 ± 13% do previsto) e idosos saudáveis. Durante três básicas elevações dos MMSS (flexão de ombro a 90°, 180° e abdução de ombro a 90°) foi encontrado um aumento significativo nos valores basais dos pacientes com DPOC durante a elevação dos MMSS, justificando uma maior demanda metabólica e respiratória.

Segundo Criner *et al*²⁴ o exercício de MMSS não sustentado altera o recrutamento muscular ventilatório e precipita a dispnéia em pacientes com DPOC, foram avaliados 11 pacientes (VEF₁ 0,65 ± 0,21 L) no repouso e durante o sintoma limitante do exercício de MMSS não sustentado e comparados com exercício sustentado em cicloergômetro de braço. O tempo de exercício, a frequência cardíaca pico do exercício, consumo de oxigênio (VO₂max) e a VE foram inferiores durante o exercício de *endurance* com os MMSS não sustentados do que com os MMSS sustentados. Em oito dos pacientes foi percebido durante exercício não sustentado, um aumento na pressão gástrica no final da inspiração e a pressão pleural ficou menos negativa durante o exercício não sustentado. Essa mudança nas pressões é atribuída à sobrecarga ventilatória dos músculos inspiratórios da caixa torácica e do diafragma. A mudança no recrutamento muscular ventilatório pode explicar porque certos exercícios não sustentados de MMSS são pouco tolerados em pacientes com DPOC.

Em acordo com os achados prévios, Lebzelter *et al*²¹ também sugerem que a limitação do exercício de MMSS não sustentado em pacientes com DPOC é caracterizada pela dissincronia toracoabdominal dos músculos inspiratórios. Eles estudaram a relação da função pulmonar de repouso com o desempenho do exercício de MMSS não sustentado (flexão dos MMSS na altura dos ombros) em pacientes com DPOC (n =21; VEF₁: 42 ± 12% do

previsto). O tempo de exercício com MMSS se correlacionou significativamente com a capacidade inspiratória (CI), capacidade residual funcional (CRF), pressão inspiratória máxima e VEF₁. Adicionalmente a circunferência do braço e o consumo de oxigênio correlacionaram-se com o tempo de exercício. As variáveis CI, CRF, e VEF₁, conjuntamente, explicaram 77% da variação no tempo de exercício. Neste contexto, os autores sugerem que estratégias terapêuticas que visem aumentar a CI ou diminuir a CRF ou aumentar a força muscular inspiratória e dos MMSS possivelmente aliviarão os sintomas e melhorariam o desempenho de exercícios não sustentados de MMSS em pacientes com DPOC.

Segundo Gigliotti *et al*¹⁴ o exercício incremental em ergômetro estacionário de braço avaliado em pacientes com obstrução do fluxo aéreo de moderado a grave resultou em hiperinsuflação dinâmica e correlacionou-se diretamente com aumento do nível de dispnéia, esforço dos MMSS e com o VO₂ máximo. O aumento da ventilação durante os exercícios de MMSS em pacientes com DPOC está associado com a hiperinsuflação dinâmica e diminuição da CI em diferentes cargas de trabalho¹⁰.

Os estudos descritos anteriormente analisaram posturas estáticas de MMSS e exercícios realizados em cicloergômetro, os quais não são representativos de atividades de vida diária realizadas com MMSS. Neste contexto, Velloso *et al*²⁹ foram os primeiros a estudar desfechos metabólicos e ventilatórios durante a realização de atividades de vida diária como varrer o chão, apagar uma lousa, levantar potes com diversas cargas e colocar e tirar lâmpadas de um soquete em pacientes com DPOC (VEF₁ 32,5 ± 1,8% do previsto). Essas atividades determinaram um aumento significativo no VO₂ máximo e na VE em relação ao repouso. Além disso, quando comparado ao grupo controle, os pacientes com DPOC moderado a grave relataram maior índice de fadiga e percepção de dispnéia durante essas atividades utilizando elevação dos MMSS.

São poucos os estudos com análise do perfil estrutural e metabólico dos músculos de membros superiores ou da cintura escapular. No bíceps braquial, parece não haver mudança na porcentagem relativa de fibras, porém são evidentes fibras atroficas tanto do tipo I quanto do tipo II, especialmente nos pacientes com perda de peso e com mais grave obstrução ao fluxo aéreo³⁰.

A capacidade oxidativa parece estar preservada ou até mesmo aumentada, no deltóide de pacientes com DPOC³¹, o que é o oposto ao observado na musculatura de MMII. Um dos possíveis mecanismos que explicam essa diferença é que os pacientes preservam relativamente às atividades de vida diária realizada com membros superiores, porém reduzem as atividades com membros inferiores por adotarem um estilo de vida sedentário a fim de minimizar a dispnéia. Em estudo mais detalhado, biópsia obtida do deltóide médio do membro superior não dominante demonstrou três padrões diferentes de fibras nestes pacientes: fibras de diâmetro normal, fibras atroficas e fibras hipertróficas, configurando uma distribuição de fibras do tipo mosaico³² esse achado foi prevalente em pacientes com DPOC grave.

Diferentemente da musculatura de membros inferiores, que seja do nosso conhecimento não há estudos na literatura com mensuração objetiva da fadiga na musculatura de membros superiores. Porém, há inúmeros estudos com análise das respostas ventilatórias e metabólicas durante exercício de MMSS em pacientes com DPOC. O VO_2 , VCO_2 e a VE, mensuradas no pico da atividade são mais baixos no exercício realizado com MMSS do que o realizado com os MMII³³. Contudo, em cargas comparáveis de trabalho (similar consumo de oxigênio), o exercício com MMSS leva a maior produção de gás carbônico, mais alta ventilação e produção de lactato do que exercício com MMII³⁴, com limiar anaeróbio precoce. Isso provavelmente ocorre pela menor massa muscular, o que ocasiona maior trabalho muscular para manter o exercício. Desta forma, as atividades que envolvem os músculos da cintura escapular levam à significativa sensação de dispnéia e fadiga em membros superiores, sendo esta nunca quantificada de maneira objetiva.

1.2. Disfunção muscular nos membros inferiores em pacientes com DPOC

Em relação aos MMII, o músculo mais comumente estudado na síndrome de disfunção muscular esquelética na DPOC é o quadríceps femoral, vários estudos avaliaram este músculo por seu fácil acesso e por ser um músculo primário da locomoção³⁵.

Gosselink *et al*³⁶ foram os primeiros a documentar a redução de força muscular do quadríceps em 41 pacientes com DPOC (VEF_1 $43 \pm 19\%$ do

previsto), avaliada pelo pico de torque (PT) isométrico, sendo este um preditor do consumo máximo de oxigênio.

Pacientes com DPOC apresentam diminuição da *endurance* muscular comparada com indivíduos saudáveis. A *endurance* muscular está associada com o nível de atividade física diária e grau de obstrução ao fluxo aéreo. Uma explicação plausível para esta anormalidade é o metabolismo muscular, o nível de atividade enzimática no músculo quadríceps femoral destes pacientes comparados com indivíduos saudáveis mostrou menor atividade oxidativa³⁷. Estes resultados indicam fraqueza muscular, diminuição da capacidade aeróbia e dependência do metabolismo glicolítico, o acúmulo rápido de bioprodutos durante o exercício pode ser o responsável pelo declínio da força e pela fadiga muscular.

Mais recentemente começaram a ser realizados estudos utilizando eletromiografia de superfície (EMGs) e *Twitch* no músculo quadríceps femoral.

A comparação entre o músculo quadríceps femoral de pacientes com DPOC e idosos saudáveis, avaliados pela contração voluntária máxima (CVM) utilizando EMGs e *Twitch* mostrou que os pacientes com DPOC apresentavam em média 30% de redução de força no quadríceps femoral, isto ocorre devido à redução das fibras do tipo I e aumento das fibras do tipo II, redução do metabolismo oxidativo e descondicionamento do músculo quadríceps³⁵. Estas alterações reduzem drasticamente a capacidade de exercício nos pacientes com DPOC quando comparados a indivíduos saudáveis, mostradas no estudo de Mador *et al*³⁸, que avaliou a fadiga muscular do quadríceps femoral pela EMGs e *Twitch* com estimulação magnética do nervo femoral durante teste incremental em cicloergômetro em nove pacientes com DPOC (VEF₁ 36 ± 5% do previsto). A fadiga desenvolvida foi significativamente maior nos pacientes com DPOC em comparação aos indivíduos saudáveis. [OuvirLer foneticamente](#)

Dicionário - [Ver dicionário detalhado](#)

Corroborando com estes achados Coronell *et al*³⁹ encontraram redução da força e *endurance* muscular do quadríceps femoral em 36 pacientes com DPOC (VEF₁ 36 ± 14% do previsto) em relação a 39 idosos saudáveis. O prejuízo na resistência do músculo esquelético estava presente mesmo em pacientes com moderada obstrução ao fluxo aéreo. Este comprometimento

está associado com um início precoce da fadiga muscular e não poderia ser previsto a partir da gravidade da doença ou a redução do quadríceps força.

Foi encontrada atrofia muscular do músculo quadríceps femoral em pacientes com DPOC indicada pela tomografia computadorizada da coxa (66 cm² comparados com 107 cm² dos indivíduos saudáveis). A força muscular do quadríceps estava reduzida em média de 17 Kg nos pacientes com DPOC e o teste de *endurance* mostrou diminuição média de 38 segundos no tempo de fadiga comparado com indivíduos saudáveis⁴⁰.

Durante a avaliação da fadiga muscular do quadríceps femoral antes e após exercício submáximo em cicloergômetro por meio de EMGs e *Twitch* com estimulação magnética do nervo femoral em pacientes com DPOC. Saey *et al*⁴¹ perceberam que os pacientes evoluíram com queda da tensão do *Twitch* no quadríceps femoral, o que representa uma manifestação mecânica da fadiga muscular periférica ocorrendo fisiologicamente e patologicamente nos pacientes com DPOC.

Um estudo comparativo entre as mudanças no desempenho do Teste da Caminhada de Seis Minutos (TC6M) e Teste Shuttle (TS), pôde fornecer uma análise da resposta cardiorrespiratória e o nível de fadiga muscular do quadríceps femoral. Foi utilizado EMGs e *Twitch* com estimulação magnética do nervo femoral e definida como fadiga muscular contrátil uma redução de 15% na força pós-exercício em relação ao repouso. Curiosamente, a dispnéia ao final do exercício foi similar entre os dois testes, o teste não provocou uma queda significativa na contração muscular do quadríceps e a fadiga muscular ocorreu em menos de 15% dos pacientes após dois testes da caminhada⁴².

As alterações musculares esqueléticas em pacientes com DPOC são macroestruturais e microestruturais, podendo ser resumidas em: menor massa⁴³, força⁴⁴ e *endurance* musculares^{39,45}, redução de enzimas oxidativas e aumento das glicolíticas^{46,47}, diminuição da porcentagem de fibras do tipo I⁴⁸ e aumento das fibras do tipo II⁴⁹ e atrofia de fibras do tipo I e II⁵⁰. Essas mudanças aumentam a fadigabilidade do quadríceps, demonstrada tanto em exercício de carga constante em cicloergômetro^{38,51} como em exercício localizado.

1.3. Disfunção muscular entre MMSS e MMII em pacientes com DPOC

Interessante notar que apesar do comprometimento da musculatura de MMII e da cintura escapular descritas na DPOC e as adaptações morfo-estruturais dessas musculaturas parecem diferir entre si.

Em meados da década de 80, Celli *et al*²⁰ foram os primeiros a comparar atividades de MMII e MMSS em pacientes com DPOC. Perceberam que, apesar da menor quantidade de trabalho, menor foi o tempo de tolerância em manter os MMSS elevados de maneira não sustentada (sem apoio) durante a atividade de mudar argolas em uma prancha vertical do que os MMII em exercício no cicloergômetro. Atividade com MMSS não sustentados em pacientes com DPOC termina antes do que o exercício com os MMII, apesar da frequência cardíaca e o consumo de oxigênio obtido ser mais baixo durante o trabalho dos MMSS. O fator limitante para o exercício dos MMSS em alguns pacientes parece ser o início precoce da dispnéia intensa, que está associado com a dissincronia toracoabdominal.

Gosker *et al*¹⁶ avaliaram a fraqueza muscular periférica e *endurance* dos MMSS e MMII (quadríceps femoral e bíceps braquial) em pacientes com DPOC. O protocolo foi realizado com dinamômetro isocinético e utilizado como critério de fadiga queda no PT ao longo de 14 contrações isocinéticas, não houve registro eletromiográfico. Foi demonstrada maior fadiga do bíceps braquial (42%) em relação ao quadríceps femoral (28%) medido pelo declínio no PT durante as contrações isocinéticas sucessivas.

Estas anormalidades musculares estão envolvidas na disfunção muscular esquelética e intolerância ao exercício e ocorrem pela mudança do tipo de fibra muscular e perfil metabólico.

Gosselink *et al*²² determinaram o grau de fraqueza muscular respiratória e periférica em pacientes com DPOC moderada a grave doença. Foi avaliada a força muscular respiratória e periférica em 22 indivíduos idosos saudáveis e 40 pacientes com DPOC (VEF₁ 41 ± 19% previsto). A função pulmonar, força isométrica dos quatro grupos muscular (força de preensão manual, flexão de cotovelo, abdução do ombro e extensão do joelho), força de flexão do pescoço e máximo de pressão inspiratória e expiratória foram medidos. Os pacientes

apresentaram diminuição da força muscular respiratória e da força muscular periférica em comparação com indivíduos normais. A força de abdução do ombro e extensão do joelho não foi significativamente diferente. Fraqueza muscular em pacientes com DPOC estável não afeta todos os músculos de forma semelhante. Força muscular inspiratória é mais afetada do que a força muscular periférica, enquanto que a força muscular proximal do membro superior foi prejudicada mais do que a força muscular de membros superiores distais. OuvirLer foneticamente

Mais recentemente, para uma mesma carga relativa, mais altos escores de dispnéia e maior produção de lactato foram observados durante exercício de MMSS realizado em ergômetro de braço quando comparado a exercício de MMII realizados em cicloergômetro⁵³.

Um estudo comparando a hiperinsuflação pulmonar e os parâmetros ventilatórios em pacientes com DPOC após exercício com os MMSS e os comparando com os mesmos pacientes depois da caminhada na esteira usando a mesma carga metabólica. Mostrou queda da CI pós-exercício com os MMSS justificando a hiperinsuflação pulmonar e a diminuição da CI foi significativamente maior nos exercícios com os MMSS¹⁷.

A comparação entre a redução da força muscular de MMSS (flexores de cotovelo) e MMII (extensores de joelho) após um protocolo de fadiga em oito pacientes com DPOC moderada/grave mostrou aumento na escala de percepção de fadiga antes e após o protocolo (tanto para flexores de cotovelo como para extensores de joelho). Foi observado um predomínio na fadigabilidade dos flexores de cotovelo em relação aos extensores de joelho em pacientes com DPOC⁵⁴.

1.4. Considerações Finais

A disfunção muscular periférica é um achado comum em pacientes com DPOC, mas as adaptações estruturais e o prejuízo funcional parecem não ser homogêneos entre os músculos esqueléticos de membros superiores e inferiores. A presente revisão também mostra que vários tipos de protocolos têm sido utilizados para detectar fadiga em pacientes com DPOC. Desta forma, estratégias de reabilitação podem ser desenvolvidas a fim de melhorar a resistência à fadiga muscular nessa população.

1.5. Referências Bibliográficas

1. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global strategy of the diagnosis, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease updated. National Institutes of Health and National Heart, Lung and Blood Institute. *Eur Respir J* 2003; 22: 1-95.
2. Hamilton AL, Killian KJ, Summers E, Jones NL. Symptom intensity and subjective limitation to exercise in patients with copd. *Chest* 1996;110:1255-1263.
3. Dolmage TE, Maestro L, Avendano MA, Goldstein RS. The ventilatory response to arm elevation of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1993; 104: 1097-1100.
4. [Gea J](#), [Orozco-Levi M](#), [Barreiro E](#), [Ferrer A](#), [Broquetas J](#). Structural and functional changes in the skeletal muscles of COPD patients: the "compartments" theory. [Monaldi Arch Chest Dis](#). 2001 Jun;56(3):214-24.
5. Vieira L, Bottaro M, Celes R, Viegas CA, e Silva CA. Isokinetic muscle evaluation of quadriceps in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Rev Port Pneumol*. 2010;16(5):717-36.
6. Mercken EM, Gosker HR, Rutten EP, Wouters EF, Bast A, Hageman GJ, Schols AM. Systemic and pulmonary oxidative stress after single-leg exercise in COPD. *Chest* 2009;136(5):1291-300.
7. Gagnon P, Saey D, Vivodtzev I, Laviolette L, Mainguy V, Milot J, Provencher S, Maltais F. Impact of preinduced quadriceps fatigue on exercise response in chronic obstructive pulmonary disease and healthy subjects. *J Appl Physiol*. 2009;107(3):832-40.
8. Zakyntinos SG, Vogiatzis I. The major limitation to exercise performance in COPD is inadequate energy supply to the respiratory and locomotor muscles vs. lower limb muscle dysfunction vs. dynamic hyperinflation. Exercise intolerance in COPD: putting the pieces of the puzzle together. *J Appl Physiol*. 2008;105(2):760.

9. Gosker HR, Hesselink MK, Duimel H, Ward KA, Schols AM. Reduced mitochondrial density in the vastus lateralis muscle of patients with COPD. *Eur Respir J*. 2007;30(4):817.
10. Colucci M, Cortopassi F, Porto E, Castro A, Colucci E, Iamonti VC, Souza G, Nascimento O, Jardim JR. Upper limb exercises using varied workloads and their association with dynamic hyperinflation in patients with COPD. *Chest* 2010;138(1):39-46.
11. O'Shea SD, Taylor NF, Paratz JD. Measuring muscle strength for people with chronic obstructive pulmonary disease: retest reliability of hand-held dynamometry. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(1):32-6.
12. Vitacca M, Bianchi L, Sarv  M, Paneroni M, Balbi B. Physiological responses to arm exercise in difficult to wean patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Intensive Care Med*. 2006;32(8):1159-66.
13. Zhan S, Cerny FJ, Gibbons WJ, Mador MJ, Wu YW. Development of an unsupported arm exercise test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil*. 2006;26(3):180-7.
14. Gigliotti F, Coli C, Bianchi R, Grazzini M, Stendardi L, Castellani C, Scano G. Arm exercise and hyperinflation in patients with COPD: effect of arm training. *Chest*. 2005;128(3):12.
15. Yoshikawa M, Yoneda T, Takenaka H, Fukuoka A, Okamoto Y, Narita H, Nezu K. Distribution of muscle mass and maximal exercise performance in patients with copd. *Chest* 2001;119:93-98.
16. Gosker HR, Lencer NHMK, Franssen FME, van der Vusse GJ, Wouters EFM, Schols AMWJ. Striking similarities in systemic factors contributing to decreased exercise capacity in patients with severe chronic heart failure or copd. *Chest* 2003;123:1416-1424.
17. [Porto EF](#), [Castro AA](#), [Velloso M](#), [Nascimento O](#), [Dal Maso F](#), [Jardim JR](#). Exercises using the upper limbs hyperinflate COPD patients more than exercises using the lower limbs at the same metabolic demand. [Monaldi Arch Chest Dis](#) 2009;71(1):21-6.
18. Franssen FM, Wouters EF, Baarends EM, Akkermans MA, Schols AM. Arm mechanical efficiency and arm exercise capacity are relatively preserved in chronic obstructive pulmonary disease. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(10):1570-6.

19. Tangri S, Woolf CR. The breathing pattern in chronic obstructive lung disease during the performance of some common daily activities. *Chest*. 1973;63(1):126-7.
20. 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;314:1485-1490.
21. Lebzelter J, Klainman E, Yarmolovsky A, Sulkes J, Fink-Krelbaum T, Kramer MR, Fink G. Relationship between pulmonary function and unsupported arm exercise in patients with COPD. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2001 Aug;56(4):309-14.
22. Martinez FJ, Couser JI, Celli BR. Respiratory response to arm elevation in patients with chronic airflow obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1991;143(3):476-80.
23. Baarends EM, Schols AMWJ, Slebos D-J, Mostert R, Janssen PP, Wouters EFM. Metabolic and ventilatory response pattern to arm elevation in patients with COPD and healthy age-matched subjects. *Eur Respir J* 1995; 8:1345–1351.
24. Criner GJ, Celli BR. Effect of unsupported arm exercise on ventilatory muscle recruitment in patients with severe chronic airflow obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1988;138(4):856-61.
25. Gigliotti F, Coli C, Bianchi R, Grazzini M, Stendardi L, Castellani C, Scano G. Arm exercise and hyperinflation in patients with COPD. *Chest* 2005; 128:1225–1232.
26. Epstein SK, Celli BR, Williams J, Tarpy 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 Jul;152(1):211-6.
27. Breslin EH. Dyspnea-limited response in chronic obstructive pulmonary disease: reduced unsupported arm activities. *Rehabil Nurs*. 1992;17(1):12-20.
28. Breslin EH, Garoutte BC. Respiratory responses to unsupported arm lifts paced during expiration. *West J Nurs Res*. 1995 Feb;17(1):91-100.
29. Velloso M, Stella SG, Cendon S, Silva AC, Jardim JR. Metabolic and ventilatory parameters of four activities of daily living accomplished with arms in COPD patients. *Chest* 2003;123:1047-1053.

30. Sato Y, Asoh T, Honda Y, Fujimatso Y, Higuchi I, Oizumi K. Morphologic and histochemical evaluation of muscle in patients with chronic pulmonary emphysema manifesting generalized emaciation. *Eur Neurol* 1997; 37:116-121.
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(5):939-45.
32. Hernandez N, Orozco-Levi M, Belalcazar V, Pasto M, Minguella J, Broquetas JM, Gea J. Dual morphometrical changes of the deltoid muscle in patients with COPD. *Respir Physiol Neurobiol*. 2003;134(3):219-29.
33. Celli BR. The clinical use of upper extremity exercise. *Clin Chest Med* 1994; 15(2):339-349.
34. Davis JA, Vodak P, Wilmore JH. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J Appl Physiol* 1976; 41:544-550. Martin TW, Zeballos RJ, Weisman IM. Gas exchange during maxima upper extremity exercise. *Chest* 1991; 420-425.
35. Man WD, Soliman MG, Nikolettou D, Harris ML, Rafferty GF, Mustafa N, Polkey MI, Moxham J. Non-volitional assessment of skeletal muscle strength in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2003; 58:665-9.
36. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Peripheral muscle weakness contributes to exercise limitation in COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153:976-980.
37. Serres I, Gautier V, Préfaut C, Varray A. Impaired skeletal muscle endurance related to physical inactivity and altered lung function in COPD patients. *Chest* 1998;113:900-905.
38. Mador MJ, Bozkanat E, Kufel TJ. Quadriceps fatigue after cycle exercise in patients with COPD compared with healthy control subjects. *Chest* 2003;123:1104-1111.
39. Coronell C, Orozco-Levi M, Méndez R, Ramírez-Sarmiento A, Gáldiz JB, Gea J. Relevance of assessing quadriceps endurance in patients with COPD. *Eur Respir J* 2004; 24: 129-136.
40. Allaire J, Maltais F, Donyon J-F, Noel M, Leblanc P, Carrier G, Simard C, Jobin J. Peripheral muscle endurance and the oxidative profile of the quadriceps in patients with COPD. *Thorax* 2004;59:673-678.

41. Saey D, Côté CH, Mador J, Laviolette L, Leblanc P, Jobin J, Maltais F. Assessment of muscle fatigue during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *Muscle & Nerve* 2006;34:62-71.
42. Pepin V, Brodeur J, Lacasse Y, Milot J, LeBlanc P, Whittom F, Maltais F. Six-minute walking versus shuttle walking: responsiveness to bronchodilation in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2007;62:291–298.
43. Schols A, Wouters E, Soeters PB, Westertep KR. Body composition by bioelectrical impedance analysis compared to deuterium dilution and skinfold anthropometry in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr* 1991; 53:421-424.
44. Clark CJ, Cochrane LM, Mackay E, Paton B. Skeletal muscle strength and endurance in patients with mild COPD and the effects of weight training. *Eur Respir J* 2000;15:92–97.
45. Van't Hul A, Harlaar J, Gosselink R, Hollander P, Postmus P, Kwakkel G. Quadriceps muscle endurance in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Muscle & Nerve* 2004; 29(2):267-74.
46. Maltais F, Simard A, Simard C, Tobin J, Desgagnés, Lê Blanc 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; 153:288-293.
47. Jakobsson P, Jordfelt L, Henricksson J. Metabolic enzyme activity in the quadriceps femoris muscle in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151:374-377.
48. Hildebrand IL, Sylven C, Esbjornsson M, Hellstrom K, Jasson E. Does chronic hypoxaemia induce transformation of fibre types? *Acta Physiol Scand* 1991; 141:435-439.
49. Satta A, Migliori GB, Spanevello A, Neri M, Bottinelli R, Canepari M, Pellegrino MA, Reggiani C. Fibre types in skeletal muscles of chronic obstructive pulmonary disease patients related to respiratory function and exercise tolerance. *Eur Respir J* 1997;10(12):2853-60.
50. Whittom F, Jobin J, Simard PM, Leblanc P, Simard C, Bernard S, Belleau R, Maltais F. Histochemical and morphological characteristics of the vastus lateralis muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(10):1467-74.

51. Saey D, Debigarè R, LeBlanc P, Mador MJ, Coté CH, Jobin J, Maltais F. Contractile leg fatigue after cycle exercise. A factor limiting exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168:425–430.
52. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Distribution of muscle weakness in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil.*2000 Nov-Dec;20(6):353-60.
53. Castagna O, Boussuges A, Vallier JM, Prefaut C, Brisswalter J. Is impairment similar between arm and leg cranking exercise in COPD patients? *Respir Med* 2007; 101(3):547-553.
54. Possani HV, Carvalho MJ, Probst VS, Pitta F, Brunetto AF. Comparação da redução na força muscular de membros superiores e membros inferiores após um protocolo de fadiga em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC). *ASSOBRAFIR Ciência* 2009;33-3.

Ouvir
Ler foneticamente

Dicionário - [Ver dicionário detalhado](#)

2. ARTIGO

COMPARAÇÃO DA FADIGA MUSCULAR DESENVOLVIDA PELOS MÚSCULOS QUADRÍCEPS FEMORAL E DELTÓIDE MÉDIO E SEU TEMPO DE RECUPERAÇÃO EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA

2.1. INTRODUÇÃO

Pelo conceito e método diagnóstico, o sítio primário de acometimento da doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) ocorre nos pulmões¹. Porém, a inter-relação entre pulmões, coração e músculos periféricos confere a essa doença um caráter sistêmico, levando à redução da capacidade funcional².

Classicamente a intolerância ao exercício físico nesses pacientes é relacionada às alterações da mecânica respiratória, distúrbios de troca gasosa pulmonar e sensação de dispnéia³. Esses fatores conduzem ao sedentarismo progressivo no chamado modelo de “espiral em dispnéia”⁴. Entretanto, novas evidências sugerem que as alterações musculares esqueléticas são de particular relevância para reduzir a tolerância ao esforço físico em pacientes com DPOC. Assim diversos estudos evidenciaram profundas anormalidades na estrutura, função e bioenergética musculares, notadamente nos pacientes com DPOC grave⁵.

Embora a musculatura de membros inferiores (MMII) seja a grande responsável pela limitação em atividades como andar, subir ladeira ou escadas, é conhecido que as atividades de vida diária (AVD) realizadas com membros superiores (MMSS) também são pouco toleradas pelos pacientes com DPOC⁶.

Em meados da década de 80, Celli *et al*⁷ foram os primeiros a contrastar atividades de MMII e MMSS em pacientes com DPOC. Foi observado menor

tempo de tolerância para manter os MMSS elevados de maneira não sustentada (sem apoio) durante a atividade de mudar argolas em uma prancha vertical do que para realizar exercício no cicloergômetro de MMII. Um achado peculiar em cinco pacientes deste estudo foi a assincronia respiratória após dois minutos do início dos exercícios dos MMSS associada com intensa dispnéia em baixas cargas de trabalho.

Interessante notar que apesar do comprometimento da musculatura de MMII e da cintura escapular descritas na DPOC, as adaptações morfo-estruturais dessas musculaturas parecem diferir entre si. O músculo mais comumente estudado na síndrome de disfunção muscular esquelética na DPOC é o quadríceps femoral (QF). As alterações musculares esqueléticas em pacientes com DPOC são macroestruturais e microestruturais, podendo ser resumidas em redução de: massa⁸, força⁹ e *endurance*^{10,11} musculares, redução de enzimas oxidativas e aumento das glicolíticas^{12,13}, diminuição da porcentagem de fibras do tipo I¹⁴ e aumento das fibras do tipo II¹⁵ e atrofia de fibras do tipo I e II¹⁶. Essas mudanças aumentam a fadigabilidade do quadríceps, demonstrada tanto em exercício físico de carga constante em cicloergômetro^{17,18} como em exercício físico localizado¹⁹.

São poucos os estudos com análise do perfil estrutural e metabólico dos músculos de membros superiores ou da cintura escapular. No bíceps braquial, parece não haver mudança na porcentagem relativa de fibras, porém são evidentes as fibras atróficas tanto do tipo I quanto do tipo II, especialmente nos pacientes com perda de peso e com obstrução mais grave ao fluxo aéreo²⁰. A capacidade oxidativa parece estar preservada ou, até mesmo aumentada, no deltóide médio (DM) de pacientes com DPOC²¹, o que é o oposto ao observado na musculatura de MMII. Um dos possíveis mecanismos que explicam essa diferença é que os pacientes preservam relativamente às atividades de vida diária realizada com membros superiores, porém reduzem as atividades com membros inferiores por adotarem um estilo de vida sedentário, a fim de minimizar a dispnéia. Em um estudo mais detalhado, com biópsia obtida do músculo deltóide médio não dominante, demonstrou três padrões diferentes de fibras nestes pacientes: fibras de diâmetro normal, fibras atróficas e fibras hipertróficas, configurando uma distribuição de fibras do tipo mosaico²². Esse achado foi prevalente em pacientes com DPOC grave.

Diferentemente da musculatura de membros inferiores, não foi encontrado estudos na literatura com mensuração objetiva da fadiga na musculatura de membros superiores. Porém, há inúmeros estudos com análise das respostas ventilatórias e metabólicas durante exercício de MMSS em pacientes com DPOC. O consumo de oxigênio (VO_2), a produção de gás carbônico (VCO_2) e a ventilação (VE), mensuradas no pico da atividade, são mais baixos no exercício realizado com MMSS do que o realizado com os MMII²³. Contudo, em cargas comparáveis de trabalho (similar consumo de oxigênio), o exercício com MMSS leva a maior produção de gás carbônico (VCO_2), mais alta ventilação (VE) e produção de lactato do que exercício com MMII^{24,25}, com limiar anaeróbio precoce. Isso provavelmente ocorra pela menor massa muscular em MMSS, ocasionando maior trabalho dos músculos para manter o exercício em carga e/ou intensidade idênticos. Desta forma, as atividades que envolvem os músculos da cintura escapular levam à significativa sensação de dispnéia e fadiga em membros superiores.

A disfunção muscular periférica é um achado comum em pacientes com DPOC, mas as adaptações estruturais e o prejuízo funcional parecem não ser homogêneos entre os músculos esqueléticos de membros superiores e de membros inferiores.

Apesar de numerosos estudos sobre fadiga de quadríceps e sobre respostas ventilatórias e metabólicas durante exercícios de membros superiores, que seja do nosso conhecimento nunca se analisou, comparativamente, por atividade eletromiográfica, a fadiga de MMII e MMSS nesta população. A importância em comparar a fadiga muscular de diferentes segmentos corporais na DPOC não reside apenas em diferenciar as alterações macroestruturais dessas musculaturas, mas fornecer também subsídios fisiológicos para o entendimento dos possíveis mecanismos de melhora pré e pós-intervenção, uma vez que o treinamento de MMSS e MMII são componentes essenciais do programa de reabilitação pulmonar em pacientes com DPOC.

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. Objetivo primário

Comparar a fadiga desenvolvida pelo músculo quadríceps femoral e o músculo deltóide médio de pacientes com DPOC, em cargas submáximas equivalentes.

2.2.2. Objetivos secundários

2.2.2.1. Analisar o tempo de recuperação da fadiga entre estes músculos.

2.2.2.2. Correlacionar à fadiga muscular com a função pulmonar e muscular do QF e DM.

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1. Amostra

Foram estudados 21 pacientes (vide análise estatística) que apresentavam obstrução moderada à grave ($VEF_1 < 70\%$ do previsto), segundo os critérios de GOLD¹ e doença estável, sugerida por ausência de modificação na medicação nas últimas quatro semanas. Os critérios de exclusão foram: doença cardíaca isquêmica, cirurgias recentes, doenças crônicas consumptivas, doenças neuro-musculares ou miopatia induzida por esteróides (sugerida pelo uso crônico ou de curto prazo de corticoterapia por via oral).

2.3.2. Avaliações

2.3.2.1. Espirometria

Foi realizada com o objetivo de classificar a gravidade da obstrução pulmonar. Os testes foram realizados no espirômetro CPFS/D USB (*Medical Graphics Corporation*[®], St. Paul, Mo. USA) com um pneumotacógrafo calibrado. Os procedimentos técnicos, os critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade adotados foram àqueles recomendados pelo Consenso Brasileiro de Espirometria²⁶. Todos os pacientes realizaram as manobras após broncodilatador (salbutamol 400 µg via inalatória). As seguintes variáveis foram registradas: CVF, VEF_1 , VEF_1/CVF . Os valores obtidos foram expressos em valores absolutos e em porcentagem do previsto para a população brasileira²⁷.

2.3.3. Testes de função muscular

2.3.3.1. Contração isométrica voluntária máxima do QF

A contração isométrica voluntária máxima (CIVM) do músculo quadríceps femoral foi obtida com os indivíduos sentados numa cadeira

extensora (*Carci[®], São Paulo, Brasil*) com os joelhos posicionados em 60° de flexão. Um cabo inelástico, conectado a uma célula de carga e adaptada a uma tornozeleira (*EMG System modelo EMG800C, São José dos Campos, Brasil*), foi posicionado perpendicularmente ao membro inferior não dominante. Esta célula captou a tensão desenvolvida durante a CIVM da extensão do joelho. Foi solicitado ao indivíduo a máxima extensão do joelho contra o cabo imóvel durante cinco segundos. Foram realizadas três repetições com intervalo de um minuto de repouso entre elas. Quando as diferenças de força das três contrações excediam 5%, outra medida de CIVM era solicitada. O maior valor dessas três contrações foi considerado como a CIVM. A célula de carga interfaceada a um computador registrou a força (Kgf) desenvolvida durante as CIVM²⁸⁻³¹.

2.3.3.2. Contração isométrica submáxima sustentada do QF

Após um período de cinco minutos de repouso, foi solicitado que o paciente realizasse, na mesma posição articular descrita na manobra de CIVM, a contração isométrica submáxima sustentada (CIS), com uma carga correspondente a 60% da CIVM durante 15 segundos. Para este procedimento foi utilizado estímulo visual na tela do computador, que estabelece um *feedback* para que o paciente mantenha a força solicitada.

2.3.3.3. Endurance muscular do QF

Após um período de cinco minutos de repouso, era solicitado que o paciente sustentasse a CIS (60% da CIVM) até o limite de tolerância (Tlim). Os pacientes foram estimulados verbalmente para manter a contração durante o teste, sendo permitido repouso de 15 segundos intermitentemente³². Foi considerado término do teste quando o paciente, apesar de estímulo verbal, não conseguia completar e/ou compensar o movimento (extensão de joelho). Assim como na medida da CIS, foi utilizado um *feedback* visual na tela do computador, para que o paciente mantivesse a força constante durante o teste (Figura 1).

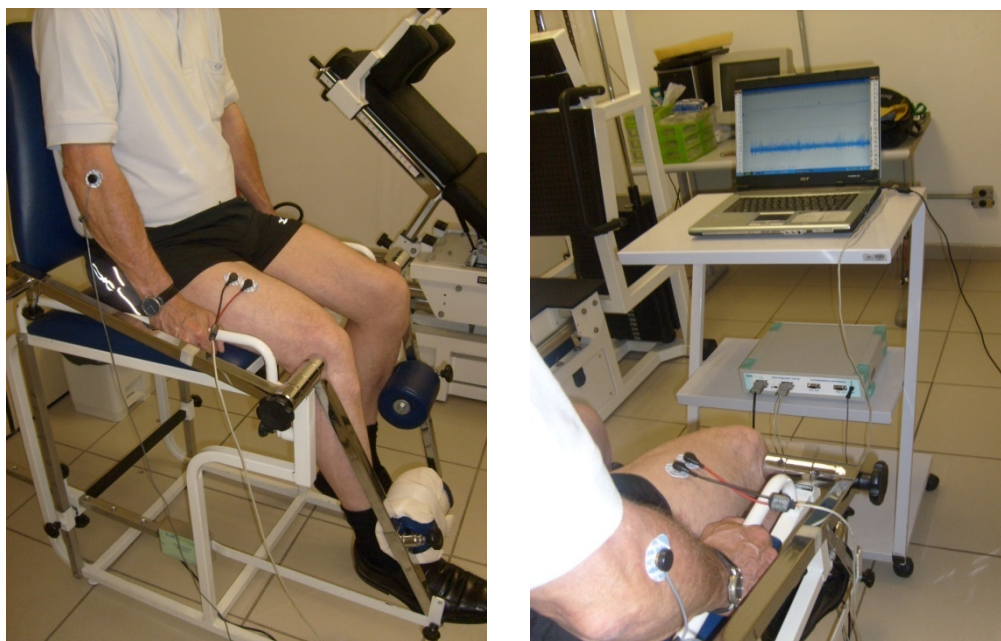


Figura 1 - Ilustração de um paciente sendo submetido à avaliação da atividade elétrica do músculo reto femoral.

2.3.3.4. Contração isométrica voluntária máxima do DM

A CIVM do músculo deltóide médio foi obtida com os indivíduos sentados numa cadeira como descrito anteriormente. Um cabo inelástico conectado a uma célula de carga (*EMG System TRF_200K, São José dos Campos, Brasil*) foi posicionada perpendicularmente ao membro superior não dominante. Esta célula captou a tensão desenvolvida durante a CIVM da abdução do ombro. Foi solicitado ao indivíduo realizar uma abdução de ombro a 90° contra o cabo imóvel durante cinco segundos³³. Foram realizadas três repetições com intervalo de um minuto de repouso entre elas. Caso a diferença de força das três contrações excedesse 5%, outra medida de CIVM era solicitada. O maior valor dessas três contrações foi considerado como a CIVM. A célula de carga interfaceada a um computador registrou a força (Kgf) desenvolvida durante as CIVM³¹.

2.3.3.5. Contração isométrica submáxima sustentada do DM

Após um período de cinco minutos de repouso, foi solicitado que o paciente realizasse a CIS de abdução de ombro a 90° em 60% da CIVM, durante 15 segundos³³. O *feedback* visual na tela do computador foi utilizado para que o paciente mantivesse a força pré determinada ao longo do teste.

2.3.3.6. *Endurance* muscular do DM

O teste de *endurance* do músculo deltóide médio foi realizado utilizando-se uma carga correspondente a 60% da CIVM. O teste foi realizado no mesmo equipamento descrito anteriormente, até o limite de tolerância (Tlim). Os pacientes foram encorajados durante o teste de *endurance* e foi permitido descansar durante 15 segundos e retomar o teste³³. Foi considerado o término para o teste quando o paciente, apesar de estímulo verbal, não conseguia sustentar e/ou compensar o movimento (abdução de ombro). Para que o paciente mantivesse a força correspondente a 60% da CIVM foi utilizado *feedback* visual na tela do computador (Figura 2).

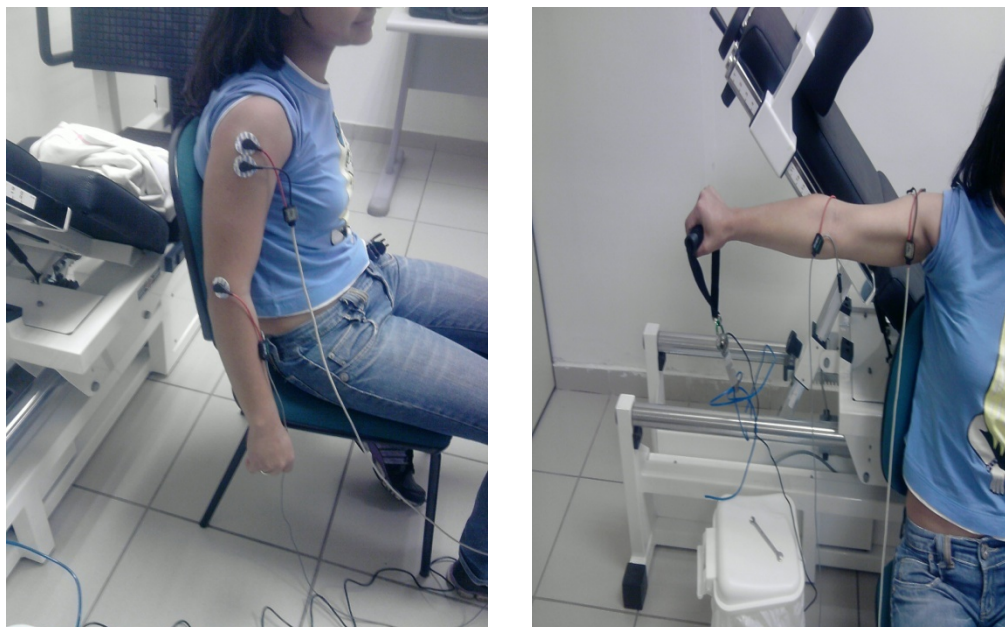


Figura 2 - Ilustração de um paciente sendo submetido à avaliação da atividade elétrica do músculo deltóide médio.

2.3.3.7. Eletromiografia (EMG)

A EMG (*EMG System, modelo EMG800C, São José dos Campos, Brasil*) foi registrada por dois eletrodos de superfície colocados sobre o ventre muscular do músculo reto femoral e do músculo deltóide médio dos membros inferior e superior não dominante, respectivamente. A frequência de amostragem foi de 1000 Hz³⁴, com um filtro de banda de 10 a 400 Hz, para aquisição dos dados. Para garantir a qualidade de aquisição do sinal

eletromiográfico por parte dos eletrodos, a influência da impedância da pele ao eletrodo foi minimizada pela limpeza da pele e remoção dos pelos.

Eletrodos ativos bipolares de superfície foram posicionados no ventre do músculo reto femoral, tomando como referência o ponto mediano da distância entre a espinha ilíaca ântero-superior e a borda superior da patela. Os eletrodos para a avaliação do DM foram colocados na maior saliência do ventre muscular do DM (direção da linha entre o acrômio e a mão) entre o acrômio e o epicôndilo lateral³⁵.

O registro eletromiográfico³⁶ para os músculos DM e QF aconteceu na CIVM, CIS e *endurance* muscular, durante o protocolo de fadiga, como descrito anteriormente.

No teste de CIS dos músculos QF e DM, após a captação e registro da EMG, foram descartados os primeiros e últimos cinco segundos, permanecendo cinco segundos para a análise efetiva da ativação muscular. Para o teste de *endurance* foram descartados os 15 segundos de repouso muscular³³ e analisados os dados da raiz quadrada média expressa em μV (RQM) e mediana de frequência expressa em Hz (MF) a cada janela de 500 milissegundos.

A obtenção do sinal foi amplificada e convertida para formato digital para registro e análise dos dados, sendo as variáveis desfechos desta medida a RQM e a MF. O aumento da RQM e a queda da MF após o protocolo de fadiga, em relação à medida basal, foram considerados como indicativo de fadiga muscular³⁷⁻³⁹.

O processamento e análise dos dados foram realizados por meio de rotinas especialmente desenvolvidas para os sinais eletromiográficos, as quais foram executadas no software MatLab[®] (versão 6.0).

Antes e ao final do teste foi avaliado a dispnéia e o cansaço dos MMII e MMSS pela escala de Borg modificado⁴⁰.

2.3.4. Avaliação antropométrica

2.3.4.1. Índice de massa corpórea

O índice de massa corpórea (IMC) foi obtido dividindo-se o peso, mensurado em balança calibrada (*Filizola[®], São Paulo, Brasil*), pelo quadrado

da altura (Kg/m^2), medida realizada com o paciente sem sapatos. Este índice foi empregado para o diagnóstico nutricional, e foram considerados com desnutrição quando os valores foram inferiores a $22 \text{ Kg}/\text{m}^2$; eutrofismo quando os valores estavam entre 22 e $29 \text{ Kg}/\text{m}^2$ e sobrepeso quando os valores de IMC foram superiores a 29 ⁴¹.

2.3.4.2. Estimativa da massa muscular do braço

A circunferência do braço (CB) foi medida no ponto médio do braço, avaliado totalmente relaxado e pendente, paralelo ao tronco⁴². O ponto médio do braço foi determinado na metade da distância entre o acrômio e o olécrano. A medida foi tomada com fita métrica, repetida por três vezes, não podendo haver variação maior que $0,5 \text{ cm}$. Foi considerada a medida intermediária e sua unidade foi expressa em centímetros.

A prega cutânea tricipital (PCT) foi medida segurando-se o tecido adiposo do ponto médio do braço entre os dedos polegar e indicador⁴² e medida com o auxílio de um plicômetro (*Lange*[®], *Maryland, EUA*). Essa operação foi repetida por, pelo menos três vezes, não sendo aceita uma variação maior que $0,4 \text{ mm}$. Foi considerada a medida intermediária e sua unidade foi expressa em milímetros.

A circunferência muscular do braço (CMB) foi calculada a partir da seguinte equação⁴³:

$$\text{CMB} = \text{CB} - (3,14 \times \text{prega cutânea tricipital} [\text{mm}]^2) / (4 \times 3,14)$$

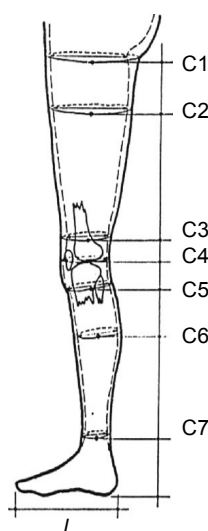
Os valores de CMB foram expressos em centímetros cúbicos (cm^3). A porcentagem da circunferência do braço em relação à prevista foi calculada pela relação: $\text{CMB obtida}/\text{CMB prevista}$, multiplicada por 100. Os valores de referência utilizados foram propostos por Frisancho e col.⁴⁴ Quando a porcentagem de adequação $\text{CMB obtida}/\text{CMB prevista}$ apresentou valores entre 80 e 90%, considerou-se depleção muscular leve; 60 a 79%, como depleção muscular moderada e abaixo de 60%, depleção muscular grave⁴².

2.3.4.3. Estimativa da massa muscular do quadríceps femoral

A avaliação da massa muscular do músculo quadríceps femoral foi realizada com o paciente em pé, paralelo a um estadiômetro⁴⁵. Com uma fita métrica foi medido a circunferência da coxa (c) e com auxílio do plicômetro (*Lange®*, *Maryland, EUA*) para obtenção das medidas da prega cutânea anterior da coxa, posterior e da panturrilha medial e lateral foi medida segurando-se o tecido adiposo do ponto médio da coxa e panturrilha entre os dedos polegar e indicador⁴². Essa operação foi repetida por, pelo menos três vezes, não sendo aceita uma variação maior que 0,4 mm. Foi considerada a medida intermediária e sua unidade foi expressa em milímetros.

Com o paciente na posição descrita anteriormente, foram medidas sete circunferências com a fita métrica: altura da prega glútea (C1), primeiro terço da medida entre a região inguinal e a base superior da patela (C2), menor circunferência acima da patela (C3), maior circunferência ao redor da patela (C4), menor circunferência abaixo da patela (C5), maior circunferência da panturrilha (C6) e menor circunferência do tornozelo (C7). A altura (h) de cada circunferência foi obtida usando o estadiômetro.

A seguir pode-se visualizar o esquema da avaliação da massa muscular do quadríceps femoral.



Para obtenção do volume do cone circular da perna (V_c), a equação a seguir foi utilizada:

$$V_c = 1 / 3\pi h (r^2 + Rr + R^2)$$

Onde h é a distância entre as circunferências, r é a raio do plano superior e R é o raio do plano inferior. O volume da área plantar (V_f) foi calculado com a seguinte fórmula:

$$V_f = 1/2 l \times b \times h$$

Onde l é o comprimento do pé e b é o diâmetro de C7.

2.3.5. Comparação da função muscular do DM e QF

Para a análise comparativa da força muscular entre o DM e QF, utilizamos a força muscular (kg) corrigida pela massa muscular. Como as unidades das medidas de massa muscular diferem entre o DM e QF, mm^2 e L, respectivamente, ambas as unidades foram convertidas para cm^3 . Além disso, as variações (Δ) dos desfechos eletromiográficos (MF e RQM) foram corrigidas pelo tempo, em segundos, obtido no teste de *endurance* muscular ($\Delta \text{MF}/t$ e $\Delta \text{RQM}/t$, respectivamente). As variações (Δ) para a MF e para a RQM foram calculadas da seguinte maneira:

- A MF pré *endurance* foi subtraída da MF pós *endurance*, dividido pela MF pré *endurance* e multiplicado por 100.
- A RQM pré *endurance* foi subtraída da RQM pós *endurance*, dividido pela RQM pré *endurance* e multiplicado por 100.

2.3.6. Protocolo

Este estudo constou de duas visitas, separadas por, no máximo, 24 horas:

Visita 1 - Primeiramente, os pacientes realizaram a espirometria pós-broncodilatador. Após, o paciente foi randomizado para determinação da ordem da realização do teste de CIVM do quadríceps ou do deltóide médio. Na seqüência, foi registrada a EMG durante a CIS deste músculo. A seguir, realizaram o teste de *endurance*, até o limite de tolerância, com uma carga correspondente a 60% da CIVM. Após 10 minutos, 30 minutos e 60 minutos do término do teste, novamente foi registrada a EMG durante a CIS.

Posteriormente foi iniciada a avaliação para o outro músculo, ou seja, foi registrada a EMG durante a CIVM e CIS. Finalmente, os pacientes realizaram o

teste de *endurance*, até o limite de tolerância, com uma carga correspondente a 60% da CIVM. Após 10 minutos, 30 minutos e 60 minutos do término do teste a EMG novamente foi registrada durante a CIS. Após o término dos testes foi feita a avaliação da composição corporal.

Visita 2 - Primeiramente foi repetido registro eletromiográfico durante a CIS dos músculos avaliados na Visita 1. Essa avaliação permitiu analisar o tempo de recuperação da fadiga muscular inter-dia.

O protocolo pode ser visualizado no Fluxograma.

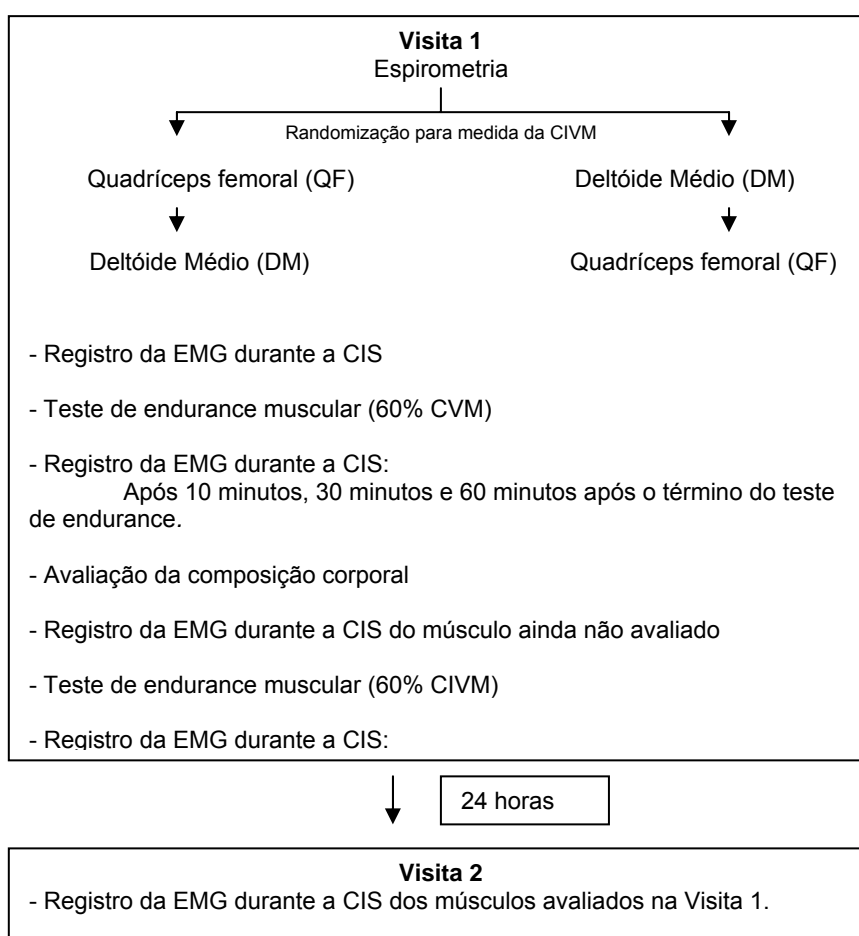


Figura 3 - Representação esquemática do protocolo de pesquisa.

2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados coletados foram analisados em um programa específico para análise estatística (*SPSS – Statistical Package for the Social Sciences™, versão 13.0*). Assumindo-se um erro α de 0,05 e um risco β de 0,2 com uma diferença esperada de 15% na variável desfecho (frequência mediana obtida na EMG antes e após o protocolo de fadiga), o cálculo do tamanho da amostra resultou em 18 pacientes com DPOC.

As variáveis: idade, IMC, área muscular do QF e do DM e função pulmonar foram expressas pela média e desvio padrão (DP) por apresentarem distribuição paramétrica. Dados não-paramétricos (Borg para dispnéia e cansaço em membros inferiores) foram expressos como mediana e suas variações mínimas e máximas.

Diferenças na RQM e na MF pré e pós o protocolo de fadiga (teste de *endurance*) dos músculos quadríceps e deltóide médio foram analisadas pelo teste *t* de Student pareado. A análise do tempo de recuperação da fadiga entre o DM e QF foi avaliada pelo teste ANOVA. As correlações entre a função pulmonar e as variáveis eletromiográficas foram analisadas utilizando-se o coeficiente de correlação de Pearson. Foi considerado indicativo de significância estatística $p \leq 0,05$.

2.4.1. Aspectos éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Centro Universitário Nove de Julho (Processo 07/132820). O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pode ser visualizado no Apêndice 1.

2.5. RESULTADOS

A Tabela 1 contém os dados demográficos, antropométricos e de função pulmonar da amostra estudada. Foram avaliados neste estudo 21 pacientes (2 mulheres). Levando-se em consideração o IMC, 15 pacientes foram classificados como eutróficos, três como desnutridos e três com sobrepeso. Considerando-se a área muscular do DM, nove pacientes não apresentaram depleção muscular, dois pacientes apresentaram depleção muscular moderada, dois pacientes apresentaram depleção muscular leve e oito pacientes apresentaram depleção muscular grave.

De acordo com a classificação da DPOC segundo os critérios do método GOLD¹ a maioria dos pacientes (n = 15) apresentou obstrução grave e apenas seis apresentaram obstrução moderada.

Tabela 1- Dados demográficos, antropométricos e da função pulmonar da amostra estudada.

Variáveis	Média ± DP
Idade, anos	70,25 ± 10,15
IMC, kg/m ²	25,46 ± 5,21
Área muscular DM, cm ³	267,90 ± 173,65
Área Muscular QF, cm ³	1004,27 ± 185,97
CVF, L (% prev)	2,24 ± 0,82 (68,20 ± 16,80)
VEF ₁ , L (% prev)	1,10 ± 0,33 (46,07 ± 10,34)
VEF ₁ /CVF	58,75 ± 12,90

IMC: índice de massa corpórea; CVF, L (% prev): capacidade vital forçada em litros e em porcentagem do previsto; VEF₁, L (% prev): volume expiratório forçado no primeiro segundo em litros e em porcentagem do previsto.

Pode-se observar na Tabela 2 que o DM apresentou reduzidos valores absolutos de força máxima, força submáxima e tempo de *endurance* muscular

comparativamente ao QF ($p \leq 0,05$). Entretanto, ao corrigirmos a força máxima para massa muscular, não houve diferença significativa para este índice entre os músculos DM e QF.

Tabela 2 - Dados de força e tempo de *endurance* obtidos pela eletromiografia.

Variáveis	DM (Média \pm DP)	QF (Média \pm DP)
CIVM, kg	6,73 \pm 2,51*	16,04 \pm 5,23
FM/massa muscular	0,34 \pm 0,2	0,43 \pm 0,4
60 % CIVM, kg	4,21 \pm 1,93*	9,98 \pm 3,58
Endurance muscular, kg	3,98 \pm 1,56*	9,89 \pm 3,13
Tempo de Endurance, s	49,60 \pm 39,15*	127,05 \pm 76,46

CIVM: contração voluntária máxima; Kg: quilogramas; s: segundos; FM/massa muscular: força muscular corrigida pela massa muscular; * $p \leq 0,05$ para diferenças entre os músculos.

Na análise intra-músculo, houve aumento nos valores de RQM e queda da MF para o DM e QF atingindo significância estatística para ambos os músculos.

Ao compararmos as variações (delta) inter-músculos, expressas em porcentagem, observamos que o aumento da RQM, assim como a queda da MF, não diferiu entre o DM e QF.

Quando comparada à escala de percepção de esforço para dispnéia e cansaço em membros superiores e inferiores pré e pós-protocolo de *endurance* muscular, houve diferença significativa tanto para o DM quanto para o QF. A comparação pós-protocolo de *endurance* não mostrou diferença significativa entre a escala de percepção de esforço para dispnéia e cansaço em membros superiores e inferiores (Tabela 3).

Tabela 3 - Variáveis eletromiográficas e de percepção do esforço pré e pós a realização do teste de *endurance* muscular.

	Deltóide Médio			Quadríceps Femoral		
	Pré	Pós	Δ	Pré	Pós	Δ
RQM, mV	83,93 \pm 16,71	92,71 \pm 19,63	10,69 \pm 7,49*	58,95 \pm 10,70	65,22 \pm 9,37	11,95 \pm 3,31*
MF, Hz	69,91 \pm 12,91	62,57 \pm 12,53	-10,42 \pm 8,83*	89,94 \pm 10,21	79,86 \pm 11,71	-11,32 \pm 6,62*
Borg D	1,5 (0 - 3)	3 (0 - 8)*		1 (0 - 3)	2 (0 - 4)*	
Borg F	2 (0 - 4)	3 (0 - 7)*		1 (0 - 3)	3 (0 - 5)*	

Os dados estão apresentados como média \pm DP e índice de BORG está expresso em mediana e suas variações mínimas e máximas. RQM, mV: raiz quadrada média em milivolts; MF, Hz: mediana de frequência em hertz; BORG D: BORG para dispnéia; BORG F: BORG para fadiga. * $p \leq 0,05$ para diferenças entre os músculos e BORG.

A taxa de queda da MF correspondente a porcentagem do tempo máximo durante o teste de *endurance* para DM e QF pode ser visualizada na Figura 4.

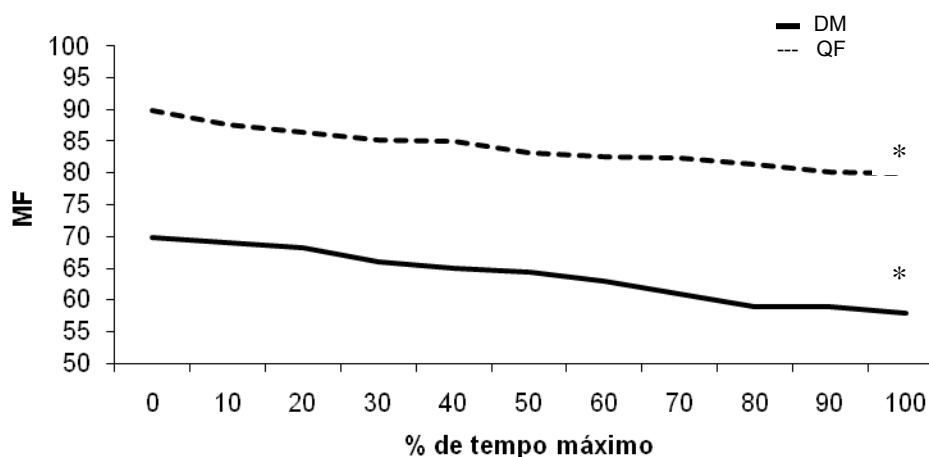


Figura 4 - Comparação da queda da MF entre o DM e QF. * $p \leq 0,05$.

Ao corrigirmos os deltas de RQM e MF pelo tempo de *endurance* (Δ RQM/t e Δ MF/t, respectivamente), observamos uma diferença significativa entre a queda do Δ MF/t para o DM (Figura 5A) e entre o aumento no Δ RQM/t para o DM em relação ao QF (Figura 5B).

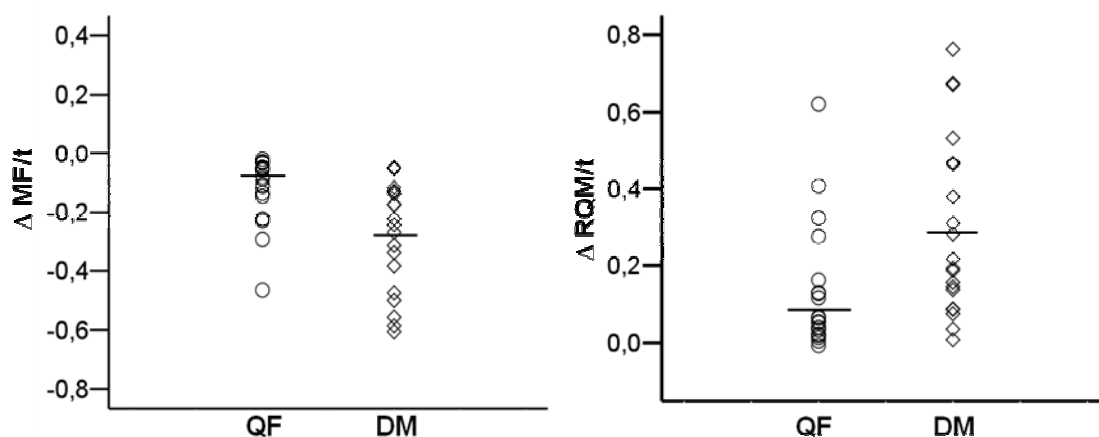


Figura 5 - Disposição gráfica dos valores individuais e médias das variações da MF (5A) e da RQM (5B) corrigidas pelo tempo de endurance. * $p \leq 0,05$ DM vs QF.

Não houve diferença significativa para a análise do tempo de recuperação da fadiga muscular entre os músculos QF e DM (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise do tempo de recuperação da fadiga entre o DM e QF.

	10 minutos	30 minutos	60 minutos	24 horas
Deltóide Médio				
RQM, mV	78,07 ± 13,42	73,59 ± 13,72	74,15 ± 12,19	75,44 ± 9,46
MF, Hz	74,46 ± 12,72	73,31 ± 13,63	73,04 ± 14,85	68,21 ± 15,49
Quadríceps Femoral				
RQM, mV	68,71 ± 24,80	70,60 ± 27,60	63,11 ± 25,17	70,61 ± 19,53
MF, Hz	88,79 ± 14,45	87,05 ± 13,27	88,25 ± 14,37	87,84 ± 15,08

Os dados estão apresentados como média ± DP. RQM, mV: raiz quadrada média em milivolts; MF, Hz: mediana de frequência em hertz;

Ao correlacionarmos os desfechos eletromiográficos com a função pulmonar, observamos que quanto menor o VEF_1 maior a queda do ΔMF para o QF, tanto em valores absolutos (Figura 6A) quanto em porcentagem do previsto ($r = 0,59$; $p < 0,05$). Adicionalmente, valores mais baixos de VEF_1 determinaram maiores valores de RQM para o DM tanto para valores absolutos (Figura 6B) quanto em porcentagem do previsto ($r = 0,57$; $p < 0,05$).

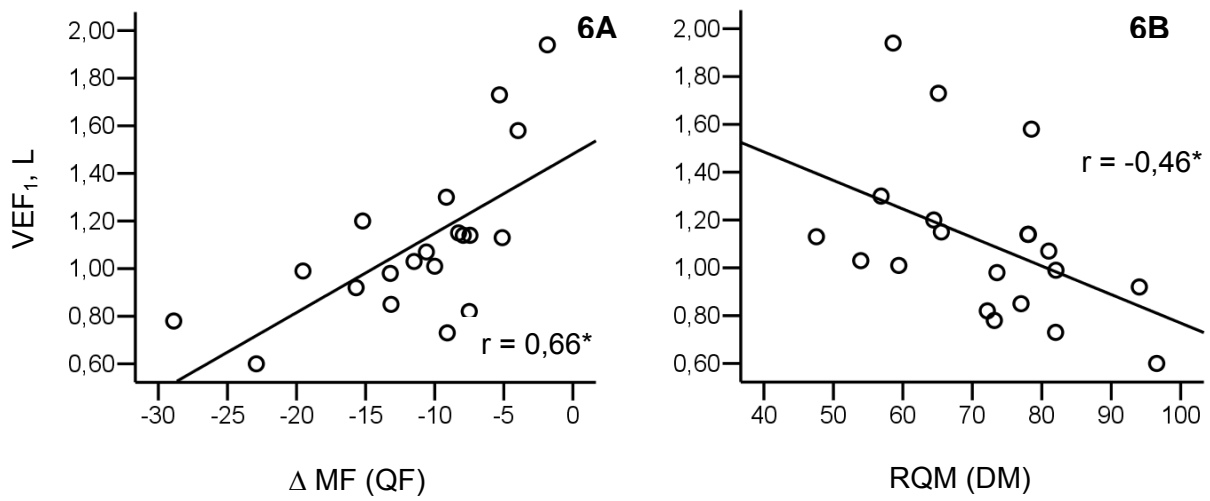


Figura 6 - Correlação entre a função pulmonar e desfechos eletromiográficos.

2.6. DISCUSSÃO

Este estudo comparou a fadiga dos músculos quadríceps femoral e deltóide médio, em cargas submáximas equivalentes e seu tempo de recuperação em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. O principal achado do nosso estudo é que apesar de similar relação força/massa muscular observada entre QF e DM, o ΔRQM e ΔMF , corrigidos pelo tempo de *endurance* realizado por cada músculo, foram significativamente diferentes.

Assim como observado em nosso estudo, Franssen *et al*⁴⁶ encontraram reduzidos valores de CIVM do bíceps braquial em relação ao quadríceps femoral em pacientes com DPOC (VEF_1 $34 \pm 3\%$ previsto). Entretanto, essa diferença desapareceu após a correção para a massa magra muscular, mesmo achado encontrado em nosso estudo. A relação força/massa muscular normal reflete adequada eficiência muscular⁴⁷ de ambos músculos avaliados, ou seja, o aparato contrátil muscular está preservado. Contudo, isso não implica apropriada capacidade de *endurance* muscular. Nesta linha de raciocínio, citamos o estudo de Steiner *et al*⁴⁸ o qual demonstrou que a performance no teste Shuttle incremental está relacionado ao componente de força muscular, mas nem a força e nem a massa muscular do QF foram determinantes na performance do teste Shuttle *endurance*.

Outro estudo contrastou a performance muscular de MMSS (bíceps braquial) e MMII (quadríceps femoral) em pacientes com DPOC (VEF_1 $32 \pm 11\%$ do previsto), porém usando avaliação isocinética⁴⁹. O protocolo consistiu de 14 contrações isocinéticas e a queda no pico de torque (PT) ao longo dessas contrações foi utilizado como critério de fadiga. Assim como constatado em nosso estudo, maior fadiga foi apresentada pelo bíceps braquial em relação ao quadríceps femoral, observada por um maior declínio no PT (42% vs 28%, respectivamente). Apesar desse estudo ter mensurado a massa livre de gordura, os valores de força gerada pelo bíceps braquial e quadríceps femoral não foram corrigidos para massa muscular.

Em nosso estudo, o fato de o tempo de *endurance* ter diferido entre os músculos, apesar de similar índice força/massa muscular do QF e DM sugere que nem a força e nem a massa muscular seriam determinantes da *endurance*

muscular. Gosker *et al*⁵⁰ sugerem que a diminuição da *endurance* muscular em pacientes com DPOC ocorre independentemente da perda da massa muscular, sugerindo que sua origem está relacionada a alterações musculares intrínsecas tais como redução de fibras do tipo I e diminuição da atividade das enzimas oxidativas. Interessante notar que essas alterações microestruturais foram constatadas no quadríceps femoral, durante a contração isotônica, por meio de ressonância magnética nuclear não-invasiva por fósforo³¹⁽⁵¹⁾. Foi observado prejuízo no metabolismo energético oxidativo por redução dos fosfatos de alta energia em repouso e por refosforilação mais lenta durante e após o exercício em pacientes com DPOC em comparação com controles saudáveis. Conseqüentemente, há predomínio do metabolismo anaeróbico, resultando na formação de lactato, o que gera fadiga muscular local. Em nosso estudo, os pacientes referiram maior fadiga muscular após a realização do teste de *endurance* do DM, possivelmente devido à maior produção de lactato por unidade de massa muscular.

Os pacientes com DPOC queixam-se de dispnéia importante ao executar tarefas aparentemente triviais sem apoio dos MMSS. Um possível mecanismo relacionado a este fato é a alteração dos volumes pulmonares durante as atividades realizadas com MMSS. Porto *et al*⁵² encontraram presença de hiperinsuflação dinâmica (HD) durante exercício de MMSS (segunda diagonal da técnica de facilitação neuromuscular proprioceptiva) em 60% de sua amostra de pacientes com DPOC (VEF₁ 41,4 ± 11,2 % do previsto) em relação a exercícios de caminhada na esteira usando a mesma carga metabólica. Especula-se que a redução do fluxo sanguíneo durante a elevação dos MMSS leva à maior produção de lactato, o que aumenta a demanda ventilatória e, conseqüentemente, a sensação de dispnéia^{53,54}. Em nosso estudo não avaliamos a HD, mas observamos que o teste de *endurance* do DM resultou em, além de maior fadiga como discutido previamente, maior índice de dispnéia.

Em relação ao tempo de recuperação da fadiga, nossos resultados diferem do estudo de Possani *et al*⁵⁵ possivelmente por diferenças no protocolo de indução da fadiga e desfechos avaliados. Eles estudaram o comportamento da contração voluntária máxima (CVM) dos extensores de joelho e flexores de cotovelo no 5^o, 10^o e 25^o minutos após protocolo de indução de fadiga em oito

pacientes com DPOC (VEF_1 $39 \pm 23\%$ do previsto). O protocolo de fadiga consistiu de três séries, de 10 repetições com 80% da CVM. Maior queda da CVM foi observada entre o 5^o, 10^o minutos, a qual praticamente foi normalizada no 25^o minuto.

Diversos protocolos são descritos na literatura para se estudar a fadiga induzida pelo exercício. O protocolo utilizado em nosso estudo já foi previamente descrito²⁸⁻³³ e determinou a fadiga muscular do QF e DM. Tal assertiva é baseada nos achados de Saey *et al*⁵⁶. Em seu estudo foi observado que uma queda de 4% na MF, avaliada pela eletromiografia, é um marcador indireto da fadiga contrátil, pois este ponto de corte foi o que apresentou maior sensibilidade e especificidade com a fadiga avaliada pela estimulação magnética, considerada o método padrão ouro para avaliação da fadiga muscular. Em nosso estudo, a queda na MF, tanto para o QF como para o DM, foi superior a 4%, indicando que o teste de *endurance* foi capaz de induzir a fadiga muscular.

2.7. IMPLICAÇÕES CLÍNICAS

Este é o primeiro estudo que avaliou a fadiga pela eletromiografia de superfície associado com teste de *endurance* muscular de membros superiores e membros inferiores em pacientes com DPOC. O fato de encontrarmos diferenças no tempo de *endurance* muscular entre DM e QF, sugere que protocolos específicos de treinamento de força e/ou *endurance* devam ser desenvolvidos para grupos musculares de MMSS e MMII.

Atualmente um dos componentes do programa de treinamento em reabilitação cardiopulmonar é o treinamento de força. Geralmente, esse é realizado levando-se em conta uma porcentagem da carga máxima. Com base em nossos achados, podemos sugerir que o treinamento de MMSS em pacientes com DPOC deve ser realizado com menor carga e maior número de repetições com o objetivo de otimizar a *endurance* desses músculos.

2.8. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este estudo apresentou algumas limitações, a seguir especificadas:

1. A fadiga muscular foi avaliada pela CVIM e tempo de *endurance*, os quais são medidas volitivas, ou seja, dependem unicamente da ação muscular voluntária do paciente. Entretanto, associamos desfechos eletromiográficos para confirmação da fadiga.

2. A massa muscular de membro inferior e de membro superior foi estimada por medidas antropométricas. Entretanto, essas medidas têm sido tradicionalmente utilizadas na literatura para estimar a composição corporal^{43,57}.

2.9. PERSPECTIVAS FUTURAS

Sugerimos que sejam realizados estudos com medida dos gases expirados simultaneamente ao protocolo de indução da fadiga para constatar se o aumento da demanda metabólica local repercute em maior consumo de oxigênio, produção de gás carbônico e ventilação. Adicionalmente, estudos avaliando os volumes pulmonares, especialmente a capacidade inspiratória, poderiam auxiliar a explicar a maior sensação de dispnéia durante exercício de MMSS. Outros tipos de exercícios, principalmente do tipo dinâmico, deveriam ser contrastados entre MMSS e MMII.

Por fim, este estudo sugere avaliar as respostas ao treinamento em protocolos especificamente delineados para treinar MMSS e MMII.

3. CONCLUSÃO

Os pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica apresentam maior fadigabilidade do membro superior em relação ao membro inferior. Não há diferença no tempo de recuperação da fadiga entre os músculos estudados. O grau de obstrução pulmonar relacionou-se com marcadores eletromiográficos de fadiga muscular.

3.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global strategy of the diagnosis, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease updated. National Institutes of Health and National Heart, Lung and Blood Institute. *Eur Respir J* 2003; 22: 1-95.
2. American Thoracic Society and European Respiratory Society. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;152:2-4.
3. Gallagher CG. Exercise limitation and clinical exercise testing in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med* 1994;15(2):305-26.
4. ZuWallack RL, Haggerty MC, Jones P. Clinically meaningful outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Med* 2004; 117 Supp 12A:49S-59S.
5. American Thoracic Society and European Respiratory Society. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;152:2-4.
6. Dolmage TE, Maestro L, Avendano MA, Goldstein RS. The ventilatory response to arm elevation of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1993; 104: 1097-1100.
7. 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; 314:1485-1490.
8. Schols A, Wouters E, Soeters PB, Westertep KR. Body composition by bioelectrical impedance analysis compared to deuterium dilution and skinfold anthropometry in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr* 1991; 53:421-424.
9. Clark CJ, Cochrane LM, Mackay E, Paton B. Skeletal muscle strength and endurance in patients with mild COPD and the effects of weight training. *Eur Respir J* 2000;15:92-97.
10. Van't Hul A, Harlaar J, Gosselink R, Hollander P, Postmus P, Kwakkel G. Quadriceps muscle endurance in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Muscle & Nerve* 2004; 29(2):267-74.

11. Coronell C, Orozco-Levi M, Mendez R, Ramirez-Sarmiento A, Galdiz JB, Gea J. Relevance of assessing quadriceps endurance in patients with COPD. *Eur Respir J* 2004;24(1):129-36.
12. Maltais F, Simard A, Simard C, Tobin J, Desgagnés, Lê Blanc 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; 153:288-293.
13. Jakobsson P, Jordfelt L, Henricksson J. Metabolic enzyme activity in the quadriceps femoris muscle in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151:374-377.
14. Hildebrand IL, Sylven C, Esbjornsson M, Hellstrom K, Jasson E. Does chronic hypoxaemia induce transformation of fibre types? *Acta Physiol Scand* 1991; 141:435-439.
15. Satta A, Migliori GB, Spanevello A, Neri M, Bottinelli R, Canepari M, Pellegrino MA, Reggiani C. Fibre types in skeletal muscles of chronic obstructive pulmonary disease patients related to respiratory function and exercise tolerance. *Eur Respir J* 1997;10(12):2853-60.
16. Whittom F, Jobin J, Simard PM, Leblanc P, Simard C, Bernard S, Belleau R, Maltais F. Histochemical and morphological characteristics of the vastus lateralis muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(10):1467-74.
17. Mador MJ, Bozkanat E, Kufel TJ. Quadriceps fatigue after cycle exercise in patients with COPD compared with healthy control subjects. *Chest* 2003; 123:1104-1111.
18. Saey D, Debigarè R, LeBlanc P, Mador MJ, Côté CH, Jobin J, Maltais F. Contractile leg fatigue after cycle exercise. A factor limiting exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168:425–430.
19. Mador MJ, Deniz O, Aggarwal A, Kufel TJ. Quadriceps fatigability after single muscle exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* Vol 2003;168: 102–108.
20. Sato Y, Asoh T, Honda Y, Fujimatsu Y, Higuchi I, Oizumi K. Morphologic and histochemical evaluation of muscle in patients with chronic pulmonary emphysema manifesting generalized emaciation. *Eur Neurol* 1997; 37:116-121.

21. 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(5):939-45.
22. Hernandez N, Orozco-Levi M, Belalcazar V, Pasto M, Minguella J, Broquetas JM, Gea J. Dual morphometrical changes of the deltoid muscle in patients with COPD. *Respir Physiol Neurobiol*. 2003 Mar 28;134(3):219-29.
23. Celli BR. The clinical use of upper extremity exercise. *Clin Chest Med* 1994; 15(2):339-349.
24. Davis JA, Vodak P, Wilmore JH. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J Appl Physiol* 1976; 41:544-550.
25. Martin TW, Zeballos RJ, Weisman IM. Gas exchange during maxima upper extremity exercise. *Chest* 1991; 420-425.
26. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Diretrizes para testes de função pulmonar. *J Pneumol* 2002; 28 (supl 3); S44-S58.
27. Pereira CAC, Barreto SP, Simões JG. Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira adulta. *J Pneumol* 1992;18:10-22.
28. Mathur S, Eng JJ, MacIntyre DL. Reliability of surface EMG during sustained contractions of the quadriceps. *J Electromyogr Kinesiol*.2005;15(1):102-10.
29. Rainoldi A, Bullock-Saxton JE, Cavarretta F, Hogan N. Repeatability of maximal voluntary force and of surface EMG variables during voluntary isometric contraction of quadriceps muscles in healthy subjects. *J Electromyogr Kinesiol*. 2001;11(6):425-38.
30. Princivero DM, Coelho AJ. Activation linearity and parallelism of the superficial quadriceps across the isometric intensity spectrum. *Muscle Nerve*. 2000;23(3):393-8.
31. Kollmitzer J, Ebenbichler GR, Kopf A. Reliability of surface electromyographic measurements. *Clin Neurophysiol*. 1999;110(4):725-34.
32. Gayda M, Merzouk A, Choquet D, Ahmaidi S. Assessment of skeletal muscle fatigue in men with coronary artery disease using surface electromyography during isometric contraction of quadriceps muscles. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(2):210-5.

33. Ludewig PM, Cook TM, Nawoczenski DA. Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. *JOSPT* 1996;24(2):57-65.
34. Alkner BA, Tesch PA, Berg HE. Quadriceps EMG/force relationship in knee extension and leg press. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 459–63.
35. Hermens HJ, Freriks B. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J eletromyogr Kinesiol* 2000; 10:361-374.
36. Allaire J, Maltais F, Doyon JF, Noël M, LeBlanc P, Garrier G, Simard C, Jobin J. Peripheral muscle endurance and the oxidative profile of the quadriceps in patients with COPD. *Thorax* 2004;59:673–678.
37. Madeleine P, Farina D, Merletti R, Arendt-Nielsen L. Upper trapezius muscle mechanomyographic and electromyographic activity in humans during low force fatiguing and non-fatiguing contractions. *Eur J Appl Physiol* 2002; 87:327–336.
38. Merletti R, Lo Conte L, Cisari C, Actis MV. Age related changes in surface myoelectric signals. *Scand J Rehabil Med* 1992;24:25–36.
39. Merletti R, Farina D, Gazzoni M, Schieronni MP. Effect of age on muscle functions investigated with surface electromyography. *Muscle Nerve* 2002;25:65–76.
40. Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand J Work Environ Health* 1990; 16 Suppl 1:55-58.
41. Harnos-Weis S. Nutritional strategies efficacious in the prevention/treatment of chronic obstructive pulmonary disease. In: *The role of nutrition in chronic disease care*. Washington, 1999.
42. Jelliffe DB, Jelliffe EFP. *Community nutritional assessment*. New York, Oxford University Press, 1989.
43. Soler – Cataluna JJ, Sánchez – Sánchez L, Martínez – Garcia MA, Román – Sanchez P, Salcedo E, Navarro M. Mid – arm muscle area is a better predictor of mortality than body mass index in COPD. *Chest* 2005; 128: 2108-2115.
44. Frisancho AR. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 2540-45.

45. Jones PR, Pearson J. Anthropometric determination of leg fat and muscle plus bone volumes in Young male and female adults. *J Physiol* 1969; 204, 63-66.
46. Franssen FME, Broekhuizen R, Janssen PP, Wouters EFM, Schols AMW. Limb muscle dysfunction in copd: effects of muscle wasting and exercise training. [Med Sci Sports Exerc.](#) 2005;37(1):2-9.
47. Bernard S, Leblanc P, Whittom F, Carrier G, Jobin J, Belleau R, Maltais M. Peripheral Muscle Weakness in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998; 158: 629–634.
48. Steiner MC, Singh SJ, Morgan MD. [The contribution of peripheral muscle function to shuttle walking performance in patients with chronic obstructive pulmonary disease.](#) *J Cardiopulm Rehabil.* 2005;25(1):43-9.
49. Gosker HR, Lencer NHMK, Franssen FME, van der Vusse GJ, Wouters EFM, Schols AMWJ. Striking similarities in systemic factors contributing to decreased exercise capacity in patients with severe chronic heart failure or copd. *Chest* 2003;123:1416-1424.
50. Gosker HR, Schols AMWJ. Fatigued muscles in COPD but no finishing line in sight. *Eur Respir J* 2008; 31: 693–694.
51. Maltais F, Simard AA, Simard C, Jobin J, Desgagnes 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; 153:288–293.
52. [Porto EF](#), [Castro AA](#), [Velloso M](#), [Nascimento O](#), [Dal Maso F](#), [Jardim JR](#). Exercises using the upper limbs hyperinflate COPD patients more than exercises using the lower limbs at the same metabolic demand. [Monaldi Arch Chest Dis](#) 2009;71(1):21-6.
53. Lind AR, Taylor SH, Humphreys BM, *et al.* The circulatory effects of sustained voluntary muscle contraction. *Clin Sci* 1964; 27: 229-244.
54. Bevegard S, Freyschuss U, Strandell T. Circulatory adaptation to arm and leg exercise in supine sitting position. *J Appl Physiol* 1968; 25: 528-532.
55. Possani HV, Carvalho MJ, Probst VS, Pitta F, Brunetto AF. Comparação da redução na força muscular de membros superiores e membros inferiores após um protocolo de fadiga em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC). *ASSOBRAFIR Ciência* 2009; 33-43.

56. Saey D, Côté CH, Mador MJ, Laviolette L, Lesblanc P, Jobin J, Maltais F. Assessment of muscle fatigue during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *Muscle & Nerve* 2006; 34(1):62-71.
57. Villaça DS, Lerario MC, Dal Corso S, Nápolis L, Albuquerque ALP, Lazaretti-Castro M, Sachs A, Nery E, Neder JA. Clinical value of anthropometric estimates of leg lean volume in nutritionally depleted and non-depleted patients with chronic obstructive pulmonary disease. *British Journal of Nutrition* 2008;100:380-386.

ANEXO

Termo de Consentimento para Participação em Pesquisa Clínica

Nome do Participante: _____

Endereço: _____

Telefone para contato: _____ Cidade: _____ CEP: _____

As informações contidas neste prontuário serão fornecidas pelo aluno Eduardo Foschini Miranda e Prof^a Simone Dal Corso objetivando firmar acordo escrito mediante o qual, o voluntário da pesquisa autoriza sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos e riscos a que se submeterá, com a capacidade de livre arbítrio e sem qualquer coação.

1. Título do Trabalho Experimental: Comparação da fadiga muscular desenvolvida pelo quadríceps femoral e deltóide médio e seu tempo de recuperação em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica.

2. Objetivo: Comparar o cansaço muscular desenvolvido pelos músculos da perna e do braço em pacientes com problemas pulmonares e analisar o tempo de recuperação deste cansaço.

3. Justificativa: A importância em comparar o cansaço muscular dos braços e das pernas ajudará a entender a falta de ar que você sente ao andar, subir escadas e realizar atividades com os braços. Além disso, com este poderemos entender os motivos que levam você a melhorar estas dificuldades após sua participação no programa de reabilitação.

4. Procedimentos da Fase Experimental: As avaliações necessárias necessitarão de 2 dias consecutivos. No primeiro dia, você vai fazer a prova do sopro (espirometria) que avalia a função do seu pulmão. Depois você vai fazer um teste de força máximo com o músculo da perna (quadríceps) e do braço (deltóide). No mesmo dia, você vai fazer uma contração muscular sustentada por 15 segundos e ao mesmo tempo será registrada a atividade do músculo por um equipamento chamado eletromiógrafo. Depois você vai ficar contraindo este músculo o máximo de tempo que agüentar (teste de endurance muscular) e será novamente registrada a atividade do músculo. No outro dia, você vai repetir os mesmos testes, só que com o outro músculo que ainda não foi avaliado. No último dia, você só vai fazer a contração muscular sustentada por 15 segundos, deste músculo.

5. Desconforto ou Riscos Esperados: Você poderá sentir intensa falta de ar e importante cansaço durante a avaliação da força e resistência do braço e perna. Mas você pode interromper o teste caso sinta desconforto intolerável. Pode ocorrer queda do oxigênio durante os testes, mas caso isso aconteça será administrado oxigênio.

6. Informações: Você receberá respostas a qualquer pergunta ou esclarecimento de qualquer dúvida quanto aos procedimentos, riscos benefícios e outros assuntos relacionados com pesquisa. Também os pesquisadores supracitados assumem o compromisso de proporcionar informação atualizada obtida durante o estudo, ainda que esta possa afetar a vontade do indivíduo em continuar participando.

7. Métodos Alternativos Existentes: nada a declarar.

8. Retirada do Consentimento: Você tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo.

9. Aspecto Legal: Os aspectos legais estão elaborados de acordo com as diretrizes e normas regulamentadas de pesquisa envolvendo seres humanos atendendo à Resolução n.º196, de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério de Saúde – Brasília – DF.

10. Garantia do Sigilo: Os pesquisadores asseguram a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa.

11. Formas de Ressarcimento das Despesas decorrentes da Participação na Pesquisa: Você será ressarcido de despesas com eventuais deslocamentos.

12. Local da Pesquisa: Laboratório de Fisiologia do Exercício

13. Telefones dos Pesquisadores para Contato: 3265-7679 ou 8948-8189

14. Consentimento Pós-Infirmação:

Eu, _____, após leitura e compreensão deste termo de informação e consentimento, entendo que minha participação é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confirmando que recebi cópia deste termo de consentimento,

e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo no meio científico.

* Não assine este termo se ainda tiver alguma dúvida a respeito.

São Paulo, _____ de _____ de 2010.

Nome (por extenso): _____

Assinatura: _____

1ª via: Instituição

2ª via: Voluntário

UNINOVE



Universidade Nove de Julho

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CoEP

Certificamos que o Projeto de pesquisa intitulado COMPARAÇÃO DA FADIGA MUSCULAR DESENVOLVIDA PELO QUADRÍCEPS FEMORAL E DELTOÍDE MÉDIO E SEU TEMPO DE RECUPERAÇÃO EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA sob número de protocolo 132830 responsabilidade de SIMONE DAL CORSO está de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde M/S, de 10/10/96, tendo sido APROVADO pelo Comitê de Ética em Pesquisa - UNINOVE.

São Paulo, 15 de Junho de 2007.

**Profa. Dra. Daniela Ap. Biasotto-Gonzalez
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa**