



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

**“ANÁLISE DO DESEMPENHO, RESPOSTAS VENTILATÓRIAS E METABÓLICAS, RECRUTAMENTO E OXIGENAÇÃO MUSCULAR EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA DURANTE O *SIX-MINUTE PEGBOARD AND RING TEST*”**

**Estudo I:** *Endurance* de preensão palmar e massa muscular dos membros superiores afetam o desempenho durante o *six-minute pegboard and ring test* em indivíduos com DPOC.

**Estudo II:** Respostas ventilatórias, metabólicas e cardiovasculares durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) em indivíduos com DPOC.

**Estudo III:** Efeitos agudos do *six-minute pegboard and ring test* na ativação e oxigenação musculares em indivíduos com DPOC.

**Ivanize Mariana Masselli dos Reis**

São Carlos-SP  
2019



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

**“ANÁLISE DO DESEMPENHO, RESPOSTAS VENTILATÓRIAS E METABÓLICAS, RECRUTAMENTO E OXIGENAÇÃO MUSCULAR EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA DURANTE O *SIX-MINUTE PEGBOARD AND RING TEST*”**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Fisioterapia. Área de concentração: Fisioterapia e Desempenho Funcional.

Orientanda: Ivanize Mariana Masselli dos Reis.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Jamami.

Coorientadora: Profa. Dra. Aparecida Maria Catai.

dos Reis, Ivanize Mariana Masselli

ANÁLISE DO DESEMPENHO, RESPOSTAS VENTILATÓRIAS E METABÓLICAS, RECRUTAMENTO E OXIGENAÇÃO MUSCULAR EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA DURANTE O SIX-MINUTE PEGBOARD AND RING TEST / Ivanize Mariana Masselli dos Reis. -- 2019.

131 f. : 30 cm.

Tese (doutorado)-Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Orientador: Mauricio Jamami

Banca examinadora: Vanessa Pereira de Lima, Renata Gonçalves Mendes, Vanessa Suziane Probst, Luciana Di Thommazo Luporini

Bibliografia

1. Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica. 2. Membros Superiores. 3. Respostas Fisiológicas. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Ronaldo Santos Prado – CRB/8 7325



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**


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

---

**Folha de Aprovação**


---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Ivanize Mariana Masselli dos Reis, realizada em 21/02/2019:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Mauricio Jamami  
UFSCar

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Vanessa Pereira de Lima  
UFVJM

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Renata Gonçalves Mendes  
UFSCar

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Vanessa Suziane Probst  
UEL

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Luciana Di Thommazo Luporini  
UFSCar

Estudo conduzido no Laboratório de Espirometria e Fisioterapia Respiratória (LEFiR) do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

# DEDICATÓRIA

---

---

Dedico este trabalho a pessoa mais importante da minha vida, minha amada mãe Maria de Lourdes Masselli.

## AGRADECIMENTOS

---

---

São tantos motivos para agradecer que peço desculpas e paciência ao leitor, pois foi bem difícil conseguir citar todas as pessoas que fizeram tudo isso se tornar realidade de forma resumida.

Primeiramente agradeço a **Deus** pela vida, pela proteção e por guiar meus caminhos para a realização desse sonho. Por me fortalecer nos momentos de dificuldade e por me iluminar com a presença de todas as pessoas que me ajudaram a chegar até aqui. Obrigada meu Deus por tudo!

Ao meu orientador Prof. Dr. **Mauricio Jamami**, por ter me acolhido em seu laboratório desde meu primeiro ano da graduação, por ter me aberto as portas para o retorno e por nunca ter me negado acolhimento. Obrigada por todas as oportunidades que me ofereceu, por permitir que eu trabalhasse com aquilo que escolhi, por confiar em mim para a realização deste trabalho, por me deixar compor sua equipe e me deixar muitas vezes livre para trabalhar e para seguir em frente. Agradeço por confiar mais em mim do que eu mesma. Você nunca negou que eu buscasse outros conhecimentos e auxílios fora da nossa área de conforto e sou muito grata por isso, pois isso me fez ampliar conhecimento e possibilidades. Também agradeço por ser uma pessoa de fácil convívio, calma e por ter sido fundamental para a minha formação na área de Fisioterapia Respiratória, juntamente com a professora Valéria. Vocês forneceram uma base sólida para que eu possa seguir em frente em busca de aperfeiçoamento e de novos conhecimentos na profissão.

À minha co-orientadora Profa. Dra. **Aparecida Maria Catai**, que é um grande exemplo de dedicação ao trabalho, que me ensina a não ter preguiça, pois quando fazemos aquilo que gostamos tudo se torna mais fácil. Obrigada por fornecer seu laboratório, seus equipamentos e também seus alunos para me ajudarem na realização desse trabalho. Você também compartilhou conhecimento, me incentivou a seguir em frente e nossos encontros muito me ensinaram. Obrigada por me acolher como se fizesse parte do seu laboratório e por nunca me excluir ou me fazer parecer ser menos importante. Tive ajuda de muitos de seus alunos, tanto em coletas (**Patrícia, Camila e Amanda**), como para os trabalhos gráficos do Sigma (**Juliana e Silvinha**) e também de amigas pessoais como a **Mari** que sempre esteve disponível para qualquer tipo de ajuda, a quem tenho grande apreço. Peço desculpas se me esqueci de citar alguém, mas o LFCV (**Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular**) sempre foi muito acolhedor e fez parte de muitos momentos felizes e de conhecimento ao longo do Doutorado.

## AGRADECIMENTOS

---

---

À minha querida amiga **Renata Basso**, que aprendi a ter imensa admiração pela exemplar profissional, fisioterapeuta, mãe e amiga. Você é um ser humano sem igual. Aquela que devo todo meu agradecimento por todos os ensinamentos, pelo acompanhamento de muito perto de muitas dúvidas, angústias, desafios e incertezas. Você esteve presente desde o início, sonhou comigo todos os frutos que o desenvolvimento desse projeto poderia nos trazer e também trabalhou muito comigo para que ele se tornasse realidade. Você sempre me ajudou sem exigir nada em troca, por isso faltam palavras para agradecer tudo que você é para mim. Que muito me incentiva tanto com palavras quanto por ser fonte de inspiração, que me dá valiosas oportunidades e que nunca desistiu de mim. Tenha certeza que eu não conseguiria chegar até aqui sem sua ajuda e não tenho palavras para agradecer tudo que já fez e faz por mim. Obrigada por tudo!

À Profa. Dra. **Ana Beatriz de Oliveira**, por nunca ter me negado ajuda, por sempre ter me incentivado a continuar firme e forte, por ter sido fundamental para a realização do terceiro artigo e por sempre aceitar fazer parte da minha formação. A sua colaboração foi fundamental! Agradeço por cada encontro, pela paciência em me ensinar conceitos complexos, por nunca ter deixado que a correria das funções de Diretora de Centro te impedisse de colaborar com minhas análises e também com a escrita do manuscrito. Você sempre deu um jeitinho de arrumar um horário para mim e sou muito grata por isso. Obrigada por emprestar o eletromiógrafo para realização desse trabalho e, principalmente por confiar em mim para o manuseio do mesmo, bem como por deixar as portas do seu laboratório sempre abertas para minhas análises ou para o que eu precisasse. Obrigada por tudo que me ensinou sobre análise do sinal eletomiográfico, por fazer esse assunto que tanto me interessa, se tornar um pouco mais leve, apesar de muito complexo e desafiador. Agradecimento também ao **Laboratório de Cinesiologia Clínica e Ocupacional (LACO)** e de todos seus alunos.

À minha querida amiga **Anna Cláudia**, que me dá o imenso prazer de trilhar a vida ao seu lado desde os anos de graduação. A quem eu confidencio muito mais do que as angústias profissionais, mas aquela que foi e é uma fonte de apoio em muitos momentos, a quem eu segurei a mão para conseguir superar muitos obstáculos e aquela que está sempre disposta a ajudar o



## AGRADECIMENTOS

---

---

próximo, independentemente de quem seja. Você é meu maior exemplo de que a injustiça deixa marcas em nossas vidas, por menor que ela seja, e acima de tudo te ensinou a ser uma das pessoas mais altruístas que conheço. É uma grande alegria ter você ao meu lado, agradeço a Deus por isso. Você foi motivo de estímulo para eu nunca desistir e alcançar conquistas que jamais imaginei. Nunca negou ajuda e torce por mim como torce por você mesma. Você é uma pessoa muito especial!

À minha amiga **Bruna Varanda Pessoa**, que sempre me acolheu com muito carinho, sempre me ofereceu ajuda, sempre me deu oportunidades e nunca duvidou da minha capacidade. Agradeço muito a vida acadêmica por me apresentar pessoas como você. A quem eu quero sempre ter por perto, pois é grande a saudade diária e também a admiração.

À minha amiga **Daniela Ohara**, a “Daninha”, que esteve presente no início do desenvolvimento desse projeto, mas que forças maiores da vida te levaram para longe e fez com que mudássemos os planos. Porém, a vida reservava coisas maravilhosas pra você, pois você lutou muito pra isso e foi merecedora. Torço muito pelo seu sucesso. No começo foi difícil saber que não teria mais você para seguir em frente, porém a vida foi gentil novamente e trouxe a **Maria Cecília**, minha amiga Cissa, que esteve comigo em todas as coletas e trabalhou bastante para ajudar na realização de tudo. Obrigada Cissa por todas as horas despendidas para a concretização desse projeto. Assim como a Dani, você se tornou minha amiga. Vocês me ensinaram a persistir, mesmo quando tudo parecia dar errado.

À Profa. Dra. **Valéria Amorim Pires Di Lorenzo**, que sempre me acolhe no seu ninho, como se eu fosse também sua aluna, por sempre me incentivar a alçar novos vãos e novas experiências. Obrigada por ter sido fundamental para meu interesse pela Fisioterapia Respiratória e por todos os ensinamentos, que foram muitos. Agradeço pela companhia nos congressos, pela torcida, pelo apoio e pela presença. Obrigada também pela colaboração no primeiro estudo dessa tese.

Ao **Thomas Beltrame**, que no começo me intimidava com tanta inteligência e competência, mas que se mostrou totalmente disposto a ajudar, a ensinar e a compartilhar conhecimento. Você esteve presente na reta final e foi fundamental para a concretização dos artigos, para as análises e

## AGRADECIMENTOS

---

---

também para me ensinar que a troca de conhecimento é muito mais preciosa do que qualquer título ou aparência. Obrigada por tornar os dias mais divertidos!

Ao meu afilhado **Nícolas** (Nick), meu “pipoquinha”, que me ensinou um novo tipo de amor, que é muito maior do que um dia eu poderia imaginar. Às vezes não acredito a sorte que tenho de poder fazer parte da sua vida. Nesse período do Doutorado você foi morar longe e a dinda morria de medo que você a esquecesse e que não pudesse participar e presenciar suas vitórias e descobertas, mas graças à tecnologia e aos seus pais, sinto que eu estive presente de alma e coração. Também tive a imensa alegria de poder te visitar e matar um pouquinho a saudade, o que me renovou as energias e me ajudou a continuar firme. Você é fonte de luz e cada sorriso que recebo é motivo para me ajudar a seguir em frente. Tenho muito orgulho de você! Que Nossa Senhora sempre te proteja e me ilumine para poder estar ao lado da sua mamãe te amando cada dia mais.

À minha grande amiga **Thais** (Broto), que faz parte da minha vida desde a infância e que não quero que saia jamais. Nem a distância foi capaz de nos afastar, pelo contrário, acredito que ela só nos aproximou. Obrigada por poder fazer parte da sua família e por termos uma a outra. A sua família é motivo de inspiração. O Nick já enchia minha vida de alegria e a Chloe chegou para fortalecer ainda mais e dar um toque especial de ternura e de “denguiho”.

Às minhas queridas amigas **Jerusa** (Jêzinha) e **Manoela** (Manuzinha), que formam comigo um trio que mostra para qualquer um que para a amizade a distância não faz diferença e pode ser real, pois mesmo cada uma em uma cidade diferente, nunca me sinto distante de vocês. Nossa cumplicidade vai muito além das quadras e dos jogos de vôlei (quanta saudade!), ela é repleta de carinho, de torcida, de energias positivas, de vibrações pela conquistas e de desabafos nas situações difíceis. Vocês moram no meu coração e sei que posso contar com vocês em qualquer momento e situação. A Manuzinha merece um agradecimento especial por me promover a felicidade de conviver com um serzinho cheio de luz, que é a **Laurinha**.

Às minhas amigas de infância **Larissa** e **Soraia**, que não participaram diretamente da realização desse trabalho, mas que cresceram comigo e me ajudaram a ser quem eu sou. Ter o apoio de

## AGRADECIMENTOS

---

---

vocês em todos os momentos me torna uma pessoa extremamente privilegiada. Quanto orgulho tenho da nossa amizade e da forma que a preservamos ao longo de todos esses anos. Vocês são peças fundamentais na minha vida.

À família do meu namorado (**Moretti & Rodrigues**), que além de ser grande em integrantes, é a família mais animada que eu conheço, e que consegue reunir grande número de pessoas do bem em um só lugar. Sempre me acolhem com muito carinho e sou muito grata por isso. Meu sogro **Pio** que enche a vida de disposição e que organiza as melhores festas que você pode imaginar e minha sogra **Nereide** que me usa como a “filha” que não teve e que forma um interessante contraste com meu sogro, mas que juntos me ensinam que os opostos se atraem e podem ser muito felizes.

A todos os **colegas de Departamento**, que fazem com que o ambiente de trabalho seja acolhedor, caloroso, muito enriquecedor e também muito divertido.

Aos meus amigos de São Carlos e aos que a vida me apresentou, aqui representados pela Ana Carolina (**Chu**), Eric (**Jovem**), Robson (**Prô**), Clara (**Gor**), **Gi**, **Laís**, **Thisuca**, **Ari** e **Millena**. Obrigada pelas palavras de motivação e incentivo por toda essa caminhada e por terem feito minha vida mais feliz em diversos momentos.

A todos meus amigos da **Fisio 08**, em especial as que estiveram comigo mais de perto nessa caminhada, **Ana Flávia**, **Letícia Sexta**, **Maíra**, **Letícia Buá**, **Pakita**, **Mônica** e **Day**. Obrigada por deixarem o caminho mais feliz!

Aos meus familiares, em especial aos meus tios **Adelmo**, **Edna** e **Joana** e aos meus **primos** (Carlinhos, Duda, Neno, Jéssica e Vitória), que sempre torcem por mim. Meu tio Adelmo que é como se fosse um pai para mim, que nunca desamparou minha família quando precisamos. Minha Tia Edna, que é um grande exemplo de que nunca é tarde para aproveitar a vida. Minha tia Joana, que é minha madrinha e que sempre se preocupa e demonstra carinho por mim.

## AGRADECIMENTOS

---

---

Ao meu querido **LEFiR**, que faz parte da minha vida desde 2008, primeiro ano de graduação, e que com certeza ficará no topo da lista da minha saudade diária daqui para frente. Aos meus amigos de laboratório, o meu muito obrigada por sempre estarem comigo e por tornarem os dias mais leves com tanto companheirismo! Esse laboratório e tudo que ele representa é motivo de imenso orgulho, por me permitir ir muito mais longe do que eu poderia imaginar. Quando muitas vezes achamos que a grama do vizinho era mais verde, vimos um LEFiR cheio de foco, empenho e dedicação para conquistar muito além do que achávamos ser possível. Obrigada por estarem e enfrentarem comigo tantos desafios ao longo desses anos, que antes achávamos impossíveis, mas que hoje sabemos que juntos somos capazes. Já peço desculpas se nesse momento me esquecer de citar o nome de alguém, mas saibam que cada um foi essencial para eu chegar até aqui. **Anna, Cissa, Daninha, Ivana, Júlia, Juliano, Marina, Luana, Carina, Fernanda, Carol, Dri, Renata, Bruna, Nat, Marcela, Rafa e Flávia** obrigada pela convivência e por dividirem comigo as dificuldades do dia-a-dia. Obrigada pelo conhecimento compartilhado.

Ao **Raphael**, aluno da professora Catai, que me auxiliou, juntamente com a Cissa, na realização de todas as coletas. E também por deixarem a rotina mais agradável e leve.

À **Marina Cid**, aluna da professora Ana Beatriz, que muito me ajudou com os desafios das coletas do sinal eletromiográfico, bem como com as intermináveis rotinas do Matlab. Obrigada por toda ajuda e por ser essa pessoa tão solícita e também muito especial.

À minha amiga **Ana Flávia**, que sempre acredita em mim, me incentiva, me anima, me acolhe e se preocupa. Foram muitas as vezes que vi você vibrar por minhas conquistas como se fossem suas. Você é fera! Obrigada por todo carinho! E não muito diferente disso tudo, à **Mari**, já citada anteriormente que considero ser uma amiga especial.

Às professoras da **banca examinadora**, professora Dra. **Vanessa** Suziane Probst, Dra. **Vanessa** Pereira de Lima, Dra. **Renata** Gonçalves Mendes, Dra. **Luciana** Di Thommazo Luporini, Dra. **Eloisa** Maria Gatti Regueiro, Dra. **Marina** Sallum Barusso-Grüninger e Dra. **Adriana** Sanches Garcia de Araújo por aceitarem o convite, pela disponibilidade em participarem, por todas as

## AGRADECIMENTOS

---

---

críticas e valiosas contribuições. Às que vieram de tão longe, obrigada pela disponibilidade em se deslocarem de suas cidades para fazerem parte desse momento.

À Profa. Dra. **Tania** Janaudis-Ferreira, que forneceu valiosas sugestões para melhoria do primeiro estudo dessa tese.

Ao **voleibol**, que me ensinou o gosto doce da vitória e o amargo da derrota, mas foi na derrota que mais aprendi. Nesse momento levanto a bandeira do esporte, que sem dúvida alguma faz diferença na vida de uma pessoa, pois na minha ele foi fundamental. O esporte muito contribuiu para eu me tornar o que hoje sou. Agradeço a todos que passaram na minha vida por meio do esporte. Em especial ao meu amado "**Voleitão**", time que fez parte dos melhores anos da minha vida e que custo acreditar que esse ciclo tem que se encerrar. Que novos ciclos se encerrem para que novos se abram. Aos que estiveram mais presentes no período do Doutorado como **Lígia, Carol, Ice, Ju, Tiemi, Mari, Sô, Maiary, Léo, Ger, Paty e Karine** e todas as outras que não citarei nomes por serem muitas, mas que estiveram comigo durante toda essa jornada.

Aos amigos das **academias O2 e FiT4life**, que deixam meus dias mais ativos e muito mais divertidos. Todo mundo sabe o quanto gosto de me exercitar e conviver com vocês deixa tudo mais prazeroso ainda.

A todos os **pacientes e voluntários** que participaram das coletas, que confiaram em mim e disponibilizaram horas de sua vida para a realização dos exames e testes. Por todo o carinho recebido e também por me permitirem ajudá-los de alguma forma e por tanto me ensinarem.

À querida **Iolanda**, que além de fornecer carinho diariamente na forma de cafézinho, enche nossos dias de alegria.

Aos **secretários** do programa de pós-graduação em Fisioterapia da UFSCar Emerson e Vagner por todo suporte burocrático para a realização de todas as exigências da defesa e de todo Doutorado.

## AGRADECIMENTOS

---

---

À **UFSCar**, que me proporcionou ensino de qualidade para chegar até aqui. Como sou privilegiada de poder contar com isso dentro da minha própria cidade.

A **CAPES** pelo apoio financeiro.

Aprendi o real significado de que não construímos nada sozinhos, e que a ajuda de cada um, por mínima que seja é imensamente essencial. Obrigada a cada um que dedicou um minuto ou muitas horas para de alguma forma me ajudar, contribuir ou apenas incentivar para a realização desse trabalho.

E por fim, mas principalmente...

Ao meu namorado **André**, mais conhecido por todos como “Mozão”, que sempre me apoia e incentiva, que não mede esforços para me ajudar e me ver feliz, que é muito querido por todos por ser uma pessoa do bem, que transmite calma, que tem o coração enorme e que deixa tudo mais simples. Obrigada por reunir tudo que eu sempre quis em uma pessoa e por ser meu melhor amigo e meu maior companheiro. Sem sua compreensão nos meus momentos de ausência tudo seria mais difícil. Se Deus nos reservou um para o outro isso somente ele sabe, mas se soubesse que você estaria no final eu faria tudo de novo. Obrigada também por ser o maior PS (“puxa-saco”) que minha mãe poderia ter e por sempre incluí-la em nossos planos. Você não imagina o quanto isso me faz feliz. Agradecimento também a minha cunhada **Luana**, que já faz parte da nossa família e muito ajuda para manter todos unidos.

À minha mãe **Maria de Lourdes**, minha “Lurdi”, que é a razão da minha vida, meu porto seguro, meu melhor aconchego, minha calma e meu maior amor. Passamos por momentos difíceis nesse período do Doutorado, que nos fizeram ver (eu sempre soube, só reforçou) o quanto precisamos uma da outra pela presença física e também emocional. Às vezes me preocupo com o tanto que eu te amo e com o medo de não tê-la ao meu lado para todo sempre. Por isso faço de tudo para que se orgulhe de mim e que tenha minha presença, pois sei o quanto é importante e essencial para você a presença dos filhos. Eu sempre estarei ao seu lado! E estarei com todo meu

## AGRADECIMENTOS

---

---

amor e sem nenhum arrependimento. Meu amor por você é a minha maior certeza! Que Deus nos encha de saúde para estarmos juntas pelo tempo que nos pertence, pois o resto é resto e só sua presença já me basta.

Ao meu irmão **Ivan**, meu “Rick”, que é meu maior orgulho. Sorte a minha ter um irmão como você, pois toda irmã mais nova tenta imitar o mais velho. Se sempre te imitei eu não sei, mas penso que se fosse pra imitar alguém nessa vida eu com certeza escolheria você. Sempre vou dizer que a mãe e você são minhas maiores riquezas e não tenho palavras pra descrever o quanto amo vocês.

Ao meu pai **José Ivan** (*in memoriam*). Todos que te conheceram me dizem sobre como era inteligente e tinha facilidade de aprender. Não sei dizer ao certo de onde sempre veio minha vontade de estudar, mas sinto que ela vem de algo além de mim, que com certeza vem de você. Infelizmente a vida te levou tão cedo e imagino como seria feliz chegar até aqui se você estivesse ao meu lado. Gostaria tanto de ter aprendido muitas coisas com você, mas Deus tem propósitos maiores para nossas vidas e já me alegra o coração só de pensar que de alguma forma tento ser como você.

Eu amo vocês!

## EPÍGRAFE

---

---

Ninguém vence nada sozinho, nem no campo, nem na vida!

(Papa Francisco)



## RESUMO

---

---

Esta tese resultou na elaboração de três estudos: **Estudo I** – que teve como objetivo verificar se a força e *endurance* de preensão palmar, a composição corporal e as variáveis antropométricas influenciam o desempenho do *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) em indivíduos com DPOC. Trinta e três indivíduos com DPOC e trinta e dois indivíduos controle saudáveis foram avaliados. Ambos os grupos foram submetidos à avaliação das variáveis antropométricas, composição corporal pela absorciometria de raios X de dupla energia, testes de força e de *endurance* de preensão palmar (TFPP e TEPP). O TEPP foi realizado com 50% do valor obtido no TFPP, com cadência de 20/min, e o tempo de *endurance* (TE) foi determinado. Os indivíduos com DPOC apresentaram pior desempenho no 6PBRT e menor TE no TEPP, sendo forte a correlação entre TE e desempenho no 6PBRT. Além disso, o TE e a massa magra dos membros superiores (MMSS) explicaram 54% da variância no 6PBRT. As correlações entre a maioria das variáveis de composição corporal com o desempenho no 6PBRT foram moderadas (de -0,36 a -0,43) para o GDPOC. Com os resultados obtidos concluímos que o desempenho no 6PBRT parece estar mais relacionado com a *endurance* muscular do que com a força muscular dos MMSS em indivíduos com DPOC. Além disso, o peso do membro superior parece prejudicar o desempenho do teste. **Estudo II** – com o objetivo de verificar as respostas fisiológicas durante a atividade de MMSS sem apoio, representada pelo 6PBRT, em indivíduos com DPOC. Adicionalmente, comparar essas respostas durante o 6PBRT com indivíduos saudáveis a fim de compreender a intolerância a esse tipo de exercício pelos indivíduos com DPOC. Vinte e oito indivíduos com DPOC e 27 controles saudáveis foram avaliados. O 6PBRT foi realizado com avaliação simultânea de análise de gases (variáveis ventilatórias e metabólicas), bem como obtenção de variáveis cardiovasculares, oximetria de pulso e sensação de dispneia e fadiga. Os indivíduos com DPOC apresentaram pior desempenho no 6PBRT, com maior demanda ventilatória e consumo de oxigênio por argola movida durante o teste, apresentaram maior valor de dispneia e menor valor de SpO<sub>2</sub> ao final do teste, além disso o comportamento de variáveis metabólicas e ventilatórias foi de início lento e de maior magnitude comparado aos indivíduos saudáveis. Concluímos que os indivíduos com DPOC apresentam maiores valores de demanda ventilatória e consumo de oxigênio por argola movida no 6PBRT. Além disso, as respostas metabólicas são maiores em magnitude, porém, aparentemente lentificadas no início do teste, quando comparadas com indivíduos saudáveis. Esses resultados podem justificar o menor desempenho apresentado pelos indivíduos com DPOC. **Estudo III** - com o objetivo de quantificar a atividade elétrica e a oxigenação dos músculos inspiratórios e MMSS; e investigar se as manifestações eletromiográficas de fadiga muscular estão relacionadas com a função dos MMSS, avaliada pelo 6PBRT em indivíduos com DPOC e indivíduos saudáveis. Trinta indivíduos com DPOC e 34 controles saudáveis foram avaliados. O 6PBRT foi realizado com avaliação simultânea de eletromiografia, espectroscopia no infravermelho próximo e análise de gases. Os indivíduos com DPOC apresentaram pior desempenho (número de argolas) no 6PBRT, com maior demanda ventilatória e maior amplitude RMS do músculo esternocleidomastóideo (ECM), além de menor valor de oxihemoglobina e hemoglobina total nos músculos intercostais (IC). Concluímos que os achados desse estudo indicam que o 6PBRT é realizado com maior atividade elétrica nos músculos acessórios da inspiração, como o ECM e menor perfil de oxigenação no IC por indivíduos com DPOC, quando comparados com controles saudáveis, porém sem sinais de fadiga muscular. Esses achados sugerem que a maior demanda ventilatória apresentada no GDPOC pode ter contribuído para o pior desempenho nesse grupo; parecendo não haver sinais de limitação muscular periférica.

**Palavras-chave:** doença pulmonar obstrutiva crônica, teste de capacidade funcional de membros superiores, membro superior, teste de exercício.

## ABSTRACT

---

---

This present thesis has a result three studies: **Study I** - the aim of this study was to verify whether hand grip strength and endurance, body composition and anthropometry variables influence the performance of the six-minute pegboard and ring test (6PBRT) in COPD subjects. Thirty-three subjects with COPD and thirty-two healthy controls subjects were evaluated. Both groups were submitted to the assessment of anthropometry variables, body composition by dual-energy X-ray absorptiometry, hand grip strength and endurance tests (HGST and HGET). The HGET was performed with 50% of HGST score, with cadence of 20/min, and the endurance time (TE) was determined. Subjects with COPD had lower performance in 6PBRT and lower ET in HGET, with a strong correlation between ET and performance in 6PBRT. In addition, ET and upper limbs (UL) lean mass explained 54% of the variance in the 6PBRT. The correlations between the majority of body composition variables with the performance in 6PBRT were moderate (from -0.36 to -0.43) for COPDG. With the results obtained we conclude that the performance in 6PBRT seems to be more related to UL muscle endurance than to UL muscle strength in subjects with COPD. In addition, the upper limb weight seems to impair the performance of the test. **Study II** - the aim of this study was to verify the physiological responses during unsupported UL activities, represented by the 6PBRT, in subjects with COPD. Additionally, we compared these responses during the 6PBRT with healthy subjects in order to understand the intolerance to this type of exercise by subjects with COPD. Twenty-eight subjects with COPD and 27 healthy controls were assessed. The 6PBRT was performed with simultaneous evaluation of gas analysis (ventilatory and metabolic variables), as well as obtaining cardiovascular variables, pulse oximetry and sensation of dyspnea and fatigue. The individuals with COPD presented lower performance in 6PBRT, with higher ventilatory demand and oxygen consumption per ring moved during the test, presented higher dyspnea value and lower SpO<sub>2</sub> value at the end of the test, besides the behavior of ventilatory and metabolic variables was of slow onset and of greater magnitude compared to healthy individuals. We conclude that subjects with COPD have higher values of ventilatory demand and oxygen consumption per ring moved in 6PBRT. In addition, the metabolic responses are larger in magnitude, however, apparently slowed at the beginning of the test, when compared with healthy subjects. These results may justify the lower performance presented by individuals with COPD. **Study III** - The aims of this study were to quantify the electrical activity and oxygenation of inspiratory and UL muscles; and to investigate whether electromyographic manifestations of muscle fatigue is related with UL function assessed by the six-minute pegboard and ring test (6PBRT) in COPD subjects and healthy subjects. Thirty subjects with COPD and 34 healthy controls were assessed. The 6PBRT was performed with simultaneous assessment of electromyography, near infrared spectroscopy and gas analysis. Individuals with COPD had a worse performance (number of rings) in the 6PBRT, with higher ventilatory demand and RMS amplitude of the sternocleidomastoid muscle (SCM), lower value for oxyhemoglobin and total hemoglobin in the intercostal (IC) muscles. We conclude that the findings of this study indicates that the 6PBRT is performed at higher electrical activity in the accessory inspiratory muscles, like SCM and lower oxygenation profile in IC by individuals with COPD when compared to healthy controls, however without muscle fatigue signs. These findings suggesting that the higher ventilatory demand presented in the COPD group could have contributed to the worst performance in this group; without signal of peripheral muscle limitation.

**Key words:** chronic obstructive pulmonary disease, upper limb functional capacity test, upper limb, exercise test.

## LISTA DE FIGURAS

---

---

### CONTEXTUALIZAÇÃO

<b>Figura 1.</b>	Quadro e argolas utilizados no <i>six-minute pegboard and ring test</i> .....	38
------------------	---	----

### ESTUDO I

<b>Figura 1:</b>	Exame de absorciometria de raios X de dupla energia (DXA).....	56
<b>Figura 2:</b>	Teste de <i>endurance</i> de preensão palmar (TEPP).....	57
<b>Figura 3:</b>	Quadro ( <i>Pegboard and ring test</i> ).....	58
<b>Figura 4:</b>	Fluxograma do estudo.....	60

### ESTUDO II

<b>Figura 1:</b>	Realização do 6PBRT com análise de gases.....	76
<b>Figura 2:</b>	Fluxograma do desenho amostral do estudo.....	79
<b>Figura 3:</b>	Resultados das variáveis cardiovasculares, metabólicas e ventilatórias coletados pelo cárdiofrequencímetro e pelo analisador de gases durante o <i>six-minute pegboard and ring test</i> (6PBRT) nos grupos controle (GC, círculos preenchidos) e DPOC (GDPOC, círculos sem preenchimento).....	86

### ESTUDO III

<b>Figura 1:</b>	Posicionamento dos eletrodos (EMG) e dos optodos (NIRS).....	100
<b>Figura 2:</b>	Fluxograma do estudo.....	103
<b>Figura 3:</b>	Dados de <i>root mean square</i> (RMS) dos músculos intercostais, esternocleidomastóideo, trapézio e deltóide anterior durante o <i>six-minute pegboard and ring test</i> (6PBRT) de ambos os grupos: controle (círculos pretos) e DPOC (círculos brancos).....	105
<b>Figura 4:</b>	Dados de <i>root mean square</i> normalizado (RMSn) dos músculos intercostais, esternocleidomastóideo, trapézio e deltóide anterior durante o <i>six-minute pegboard and ring test</i> (6PBRT) de ambos os grupos: controle (círculos pretos) e DPOC (círculos brancos).....	106
<b>Figura 5:</b>	Dados de frequência mediana dos músculos intercostais, esternocleidomastóideo, trapézio e deltóide anterior durante o <i>six-</i>	

## LISTA DE FIGURAS

---

---

- minute pegboard and ring test* (6PBRT) de ambos os grupos: controle (círculos pretos) e DPOC (círculos brancos)..... 107
- Figura 6A:** Dados da espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) dos músculos intercostais e deltóide anterior durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) de ambos os grupos: controle (círculos pretos) e DPOC (círculos brancos). Painel A: alterações na concentração sanguínea de oxihemoglobina ( $\Delta[\text{O}_2\text{Hb}]$ )..... 109
- Figura 6B:** Dados da espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) dos músculos intercostais e deltóide anterior durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) de ambos os grupos: controle (círculos pretos) e DPOC (círculos brancos). Painel B: alterações na concentração sanguínea de deoxihemoglobina ( $\Delta[\text{HHb}]$ )..... 109
- Figura 6C:** Dados da espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) dos músculos intercostais e deltóide anterior durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) de ambos os grupos: controle (círculos pretos) e DPOC (círculos brancos). Painel C: alterações na concentração sanguínea da hemoglobina total ( $\Delta[\text{tHb}]$ )..... 109

## LISTA DE TABELAS

---

---

### ESTUDO I

<b>Tabela 1:</b>	Características demográficas, antropométricas, espirométricas e nível de atividade física dos indivíduos avaliados.....	60
<b>Tabela 2:</b>	Características antropométricas e de composição corporal, variáveis de preensão palmar e desempenho no 6PBRT dos indivíduos avaliados.....	61
<b>Tabela 3:</b>	Correlações entre desempenho no 6PBRT e preensão palmar, composição corporal e variáveis antropométricas para o GDPOC e o GC.....	63
<b>Tabela 4:</b>	Relação do 6PBRT-Melhor com TE e massa magra dos MMSS em um modelo de regressão linear para o GDPOC.....	65

### ESTUDO II

<b>Tabela 1:</b>	Características demográficas, antropométricas, espirométricas e desempenho no teste dos indivíduos avaliados.....	80
<b>Tabela 2:</b>	Variáveis ventilatórias e metabólicas do GC e do GDPOC na condição basal e no último minuto do <i>six-minute pegboard and ring test</i> (6PBRT).....	81
<b>Tabela 3:</b>	Diferenças entre o GC e o GDPOC para as variáveis ventilatórias e metabólicas durante o <i>six-minute pegboard and ring test</i> (6PBRT).....	82
<b>Tabela 4:</b>	Variáveis obtidas no basal e no final do <i>six-minute pegboard and ring test</i> (6PBRT).....	83
<b>Tabela S-1</b>	Material Suplementar: variáveis VE/VVM e $\Delta VCO_2$ /Massa Magra MMSS sem transformação durante o <i>six-minute pegboard and ring test</i> (6PBRT) nos grupos controle (GC) e DPOC (GDPOC).....	92

### ESTUDO III

<b>Tabela 1:</b>	Características dos indivíduos avaliados e desempenho no 6PBRT.....	104
<b>TabelaS-1:</b>	Dados de espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) dos músculos intercostais e deltóide anterior durante o <i>six-minute</i>	

## LISTA DE TABELAS

---

---

	<i>pegboard and ring test</i> (6PBRT) de ambos os grupos: controle e DPOC.....	118
<b>TabelaS-2:</b>	Dados de <i>root mean square</i> (RMS), <i>root mean square</i> normalizado (RMSn), frequência mediana (FM) dos músculos intercostais, esternocleidomastóideo, trapézio e deltóide anterior durante o <i>six-minute pegboard and ring test</i> (6PBRT) de ambos os grupos: controle e DPOC.....	119

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

---

---

<b>ATS</b>	<i>American Thoracic Society</i>
<b>AD</b>	<i>Anterior deltoid muscle</i>
<b>ASHT</b>	<i>American Society of Hand Theraphists</i>
<b>ATS/ERS</b>	<i>American Thoracic Society/European Respiratory Society</i>
<b>AVD</b>	Atividade de Vida Diária
<b>bpm</b>	Batimentos por minuto
<b>cm</b>	Centímetros
<b>CAT</b>	<i>COPD Assessment Test</i> , Teste de avaliação da DPOC
<b>CG</b>	Control group
<b>COPD</b>	<i>Chronic Obstructive Pulmonary Disease</i>
<b>COPDG</b>	<i>Chronic Obstructive Pulmonary Disease group</i>
<b>CVF</b>	Capacidade vital forçada
<b>CVM</b>	Contração voluntária máxima
<b>CVS</b>	Contração voluntária submáxima
<b>DA</b>	Músculo deltóide anterior
$\Delta$	Delta
<b>DP</b>	Desvio padrão
<b>DPOC</b>	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
<b>DXA</b>	Absorciometria de Raios X de Dupla Energia; <i>dual-energy X-ray absorptiometry</i>
<b>ECM</b>	Esternocleidomastóideo
<b>EMG</b>	Eletromiografia; <i>Electromyography</i>
<b>EMGs</b>	Eletromiografia de superfície
<b>ET</b>	<i>Endurance time</i>
<b>FC</b>	Frequência Cardíaca
<b>FEV<sub>1</sub></b>	Forced expiratory volume in the first second
<b>FM</b>	Frequência mediana
<b>GDPOC</b>	Grupo de indivíduos com DPOC
<b>GC</b>	Grupo de indivíduos controles (saudáveis)
<b>GOLD</b>	<i>Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease</i>
°	Graus
<b>g</b>	Gramas

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

---

---

<b>HR</b>	<i>Heart rate</i>
<b>HGST</b>	<i>Hand grip strength test</i>
<b>HGET</b>	<i>Hand grip endurance test</i>
<b>HHb</b>	Deoxihemoglobina; <i>deoxyhemoglobin</i>
<b>tHb</b>	Hemoglobina total; <i>total hemoglobin</i>
<b>Hz</b>	<i>Hertz</i>
<b>IMC</b>	Índice de Massa Corpórea
<b>IC</b>	Músculos intercostais; <i>intercostals muscles</i>
<b>IPAQ</b>	Questionário internacional de atividade física
<b>Kg</b>	Quilograma
<b>Kgf</b>	Quilograma força
<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	Quilograma por metro ao quadrado
<b>L</b>	Litros
<b>L/min</b>	Litros por minuto
<b>±</b>	Mais ou menos
<b>M</b>	Metro
<b>MF</b>	Median frequency
<b>ml/min</b>	Mililitro por minuto
<b>mmHg</b>	Milímetro de mercúrio
<b>MMII</b>	Membros Inferiores
<b>MS</b>	Membro superior
<b>MSD</b>	Membro superior direito
<b>MSE</b>	Membro superior esquerdo
<b>MMSS</b>	Membros superiores
<b>MVV</b>	<i>Maximal voluntary ventilation</i>
<b>mV</b>	<i>milivolts</i>
<b>n</b>	Tamanho da amostra
<b>nRMS</b>	<i>Normalized root mean square</i>
<b>NA</b>	Número de argolas
<b>NIRS</b>	Espectroscopia com raios no infra-vermelho próximo; <i>near infrared spectroscopy</i>
<b>O<sub>2</sub>Hb</b>	Oxihemoglobina; <i>oxyhemoglobin</i>



## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

---

---

<b>PA</b>	Pressão Arterial
<b>PAD</b>	Pressão Arterial Diastólica
<b>PAS</b>	Pressão Arterial Sistólica
<b>PI<sub>máx</sub></b>	Pressão Inspiratória Máxima
<b>%</b>	Porcentagem
<b>%pred</b>	Porcentagem do predito
<b>RMS</b>	<i>Root mean square</i>
<b>RMS<sub>n</sub></b>	<i>Root mean square normalizado</i>
<b>RP</b>	Reabilitação Pulmonar
<b>sEMG</b>	<i>Surface Electromyography</i>
<b>SCM</b>	<i>Sternocleidomastoid</i>
<b>Seg</b>	Segundos
<b>6PBRT</b>	<i>Six-Minute Pegboard and Ring Test</i>
<b>SpO<sub>2</sub></b>	Saturação Periférica de Oxigênio; <i>oxygen saturation pulse oximetry</i>
<b>TFPP</b>	Teste de força de preensão palmar
<b>TEPP</b>	Teste de <i>endurance</i> de preensão palmar
<b>TPZ</b>	Músculo trapézio; <i>trapezius muscle</i>
<b>TE</b>	Tempo de <i>endurance</i>
<b>UFSCar</b>	Universidade Federal de São Carlos
<b>UULEX</b>	Teste de exercício de MMSS sem apoio
<b>UL</b>	<i>Upper Limbs</i>
<b><math>\dot{V}_E</math></b>	Ventilação minuto; <i>minute ventilation</i>
<b>VEF<sub>1</sub></b>	Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo
<b>VPEF</b>	Volume Pulmonar Expiratório Final
<b><math>\dot{V}O_2</math></b>	Consumo de oxigênio, <i>oxygen uptake</i>
<b><math>\dot{V}CO_2</math></b>	Produção de gás carbônico; <i>carbon dioxide production</i>
<b>VVM</b>	Ventilação Voluntária Máxima

## LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS

---

---

<b>APÊNDICE A:</b>	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	125
<b>ANEXO A:</b>	Comprovante de submissão do Estudo I ao periódico <i>Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention (JCRP)</i> .....	129
<b>ANEXO B:</b>	Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos.....	130
<b>ANEXO C:</b>	Comprovante de submissão do Estudo III ao periódico <i>Respiratory Care</i> .....	131

# SUMÁRIO

---

---

<b>PREFÁCIO</b> .....	29
<b>CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	31
1. Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC).....	31
1.1 Definição e Manifestações Pulmonares.....	31
1.2 Mecânica respiratória na DPOC.....	32
1.3 Inflamação Sistêmica.....	33
1.4 Disfunção muscular periférica.....	34
2. Limitação ao exercício de MMSS na DPOC.....	35
3. Avaliação de MMSS na DPOC.....	36
4. Eletromiografia aplicada na DPOC.....	39
5. Avaliação da oxigenação muscular na DPOC.....	41
6. Justificativa e objetivos.....	43
REFERÊNCIAS.....	45
<b>ESTUDO I</b> .....	51
RESUMO.....	51
ABSTRACT.....	52
INTRODUÇÃO.....	53
MÉTODOS.....	54
<i>Design</i> e Amostra.....	54
Procedimento Experimental.....	55
Análise Estatística.....	58
RESULTADOS.....	59
DISCUSSÃO.....	65
CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS.....	68
<b>ESTUDO II</b> .....	71
RESUMO.....	71
ABSTRACT.....	72
INTRODUÇÃO.....	73
MÉTODOS.....	74
<i>Design</i> e Amostra.....	74
Procedimento experimental.....	74
<i>Six-minute pegboard and ring test</i> .....	75
Variáveis Ventilatórias e Metabólicas.....	76
Variáveis Cardiovasculares, oximetria de pulso e escala de Borg.....	77
Análise estatística.....	77
RESULTADOS.....	78
DISCUSSÃO.....	87
CONCLUSÃO.....	90
REFERÊNCIAS.....	91
MATERIAL SUPLEMENTAR.....	92
<b>ESTUDO III</b> .....	93
RESUMO.....	93

## SUMÁRIO

---

---

ABSTRACT.....	94
INTRODUÇÃO.....	96
MÉTODOS.....	97
<i>Design</i> e Amostra.....	97
Procedimento experimental.....	98
Eletromiografia de superfície (EMGs).....	99
Espectroscopia com raios no infra-vermelho próximo (NIRS).....	100
Análise dos Dados.....	101
Processamento do sinal EMG.....	101
Processamento dos dados da NIRS.....	102
Análise estatística.....	102
RESULTADOS.....	102
DISCUSSÃO.....	110
CONCLUSÃO.....	114
REFERÊNCIAS.....	114
MATERIAL SUPLEMENTAR.....	118
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>122</b>
APÊNDICES.....	124
ANEXOS.....	128

## PREFÁCIO

---

---

Nesse projeto de pesquisa foram concluídos os três estudos que estão contidos na presente tese, da seguinte forma:

- Contextualização que abrange a fundamentação teórica e a justificativa para a realização dos estudos que compreendem a tese.
- Os Estudos I, II e III, como resultados do projeto inicial que compõe a tese.
- As considerações finais com as implicações clínicas de nossos achados e os desdobramentos futuros.

Alguns dados constituintes desse projeto já foram apresentados e publicados em forma de resumos em alguns dos mais importantes congressos mundiais:

Reis, IMM; Frade, MCM; Basso-Vanelli, RP; Pires Di Lorenzo, VA; Catai, AM; Jamami, M. *Dynapenia in COPD: impact on upper limbs functional capacity*. In: Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2018, Manaus. ASSOBRAFIR Ciência, 2018. v. 9. p. 164-165.

Reis, IMM; Basso-Vanelli, RP; Frade, MCM; Pires Di Lorenzo, VA; Catai, AM; Jamami, M. *Six-minute pegboard and ring test: ventilatory, metabolic and cardiovascular responses in subjects with COPD*. In: Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2018, Manaus. ASSOBRAFIR Ciência, 2018. v. 9. p.245.

Masselli dos Reis, IM; Basso-Vanelli, RP; Frade, MCM; Jamami, Mauricio. *Correlation between six-minute pegboard and ring test and handgrip endurance test in patients with chronic obstructive pulmonary disease*. In: ERS International Congress 2017 abstracts, 2017, Milan. DOI: 10.1183/1393003.congress-2017.PA4708.

Durante o Doutorado participei em parceria com a aluna Maria Cecília Moraes Frade, do desenvolvimento do projeto de Mestrado “Reprodutibilidade Intra e Inter Avaliador e Validade do Teste de Marcha Estacionária de Seis Minutos Associado à Realidade Virtual em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica”. Minha colaboração no desenvolvimento desse projeto resultou na coautoria do artigo científico “*Reproducibility and validity of the six-minute stationary walk test associated with virtual reality in COPD subjects*” que foi aceito para

## PREFÁCIO

---

---

publicação no periódico “*Respiratory Care*”. Parte dos dados desse mesmo projeto também foi apresentada na forma de resumo (Frade, MCM; Basso-Vanelli RP; Reis, IMM; Brandão, AF; Catai, AM; Jamami, M. Comparação das respostas cardiorrespiratórias entre o teste de marcha estacionária associado à realidade virtual de seis minutos e o teste de caminhada de seis minutos em indivíduos com DPOC. In: Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2018, Manaus. ASSOBRAFIR Ciência, 2018. v. 9. p. 31-32).

Além disso, participei em parceria com a aluna Luana Aparecida Vieira Gonzaga do desenvolvimento do projeto de Mestrado: “Treinamento de membros superiores em pacientes com DPOC por meio de cicloergômetro: revisão sistemática”. Minha colaboração no desenvolvimento desse projeto resultou na coautoria de um artigo científico que já foi submetido ao periódico “*COPD*”.

Também tive parceria com as alunas Daniela Gonçalves Ohara e Cristiane de Sousa Melo para publicação do artigo “*Functional capacity assessment of upper limbs in healthy young adult subjects*” na Revista Fisioterapia em Movimento (Ohara, DG; Melo, CS; Dos Reis, IMM; Jamami, M. Functional capacity assessment of upper limbs in healthy young adult subjects. *Fisioter Mov.* 2017;30).

## 1. Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC)

### *1.1 Definição e Manifestações Pulmonares*

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é uma das principais causas de morbimortalidade, sendo atualmente a quarta causa de morte no mundo (GOLD 2018). Há previsões que o total de mortes atribuíveis ao tabaco aumente de 6,4 milhões em 2015 para 8,3 milhões em 2030 (MATHERS; LONCAR, 2006).

De acordo com a Iniciativa Global para Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica – (GOLD 2018), a DPOC é uma doença comum, prevenível e tratável, caracterizada por sintomas respiratórios persistentes e obstrução ao fluxo aéreo, que não é totalmente reversível (DOURADO et al., 2006). Está associada a anormalidades das vias aéreas e/ou alveolares devido à inalação de gases e partículas nocivas. A DPOC representa um importante desafio de saúde pública uma vez que é tanto evitável quanto tratável (GOLD 2018).

A limitação ao fluxo aéreo está associada a uma resposta inflamatória anormal dos pulmões, que parece ser responsável por efeitos específicos na função mucociliar, algumas alterações estruturais das vias aéreas e parênquima pulmonar (AUGUSTÍ et al., 2005). A destruição do parênquima pulmonar também contribui para a limitação ao fluxo aéreo e leva à diminuição da troca gasosa (GOLD 2018).

As alterações das vias aéreas periféricas bloqueiam progressivamente o fluxo de ar durante a expiração, resultando em hiperinsuflação. A hiperinsuflação estática reduz a capacidade inspiratória e está associada com a ocorrência de hiperinsuflação dinâmica durante o exercício, desencadeando sintoma de dispneia e conseqüentemente prejudicando a capacidade de exercício dessa população (ELBEHAIRY et al., 2015; LANGER et al., 2014).

Devido às alterações pulmonares apresentadas por esses indivíduos com DPOC, é comum surgirem sintomas respiratórios crônicos como tosse, produção de escarro e dispneia (GOLD 2018; HOGG et al., 2004), com alteração na mecânica respiratória e prejuízo na troca gasosa (VELLOSO et al., 2013).

A dispneia é um dos mais importantes e debilitantes sintomas que acometem essa população e certamente o gatilho para o ciclo vicioso da inatividade física (POLKEY; MOXHAM, 2006).

---

---

### *1.2 Mecânica respiratória na DPOC*

O principal músculo envolvido na inspiração é o diafragma, porém os intercostais externos também participam desta função. Segundo diversos estudos, o esforço realizado pela musculatura inspiratória pode receber apoio dos músculos intercostais paraesternais, esternocleidomastoideo, escalenos, trapézio superior, grande dorsal e peitoral maior de acordo com a demanda imposta ao sistema respiratório (CELHAY et al., 2015; CHITI et al., 2008; DAIMON; YAMAGUCHI, 2014; JUNG; KIM, 2016; LEHRER et al., 1997; LISSENS, 2010; OROZCO-LEVI et al., 1995; RATNOVSKY; ELAD; HALPERN, 2008).

Sabe-se que os indivíduos com DPOC apresentam alta resistência nas vias aéreas e hiperinsuflação pulmonar. Esta, por sua vez, causa alterações na geometria da caixa torácica, aumento do diâmetro ântero-posterior e horizontalização das costelas, que afetam a relação força-comprimento dos músculos respiratórios, causando desvantagem mecânica do diafragma (EPSTEIN et al., 1995). Adicionalmente, respirar em altos volumes pulmonares aumenta o trabalho da respiração, fazendo com que os músculos inspiratórios operem em comprimentos inadequados, o que reduz suas forças contráteis (RATNOVSKY; ELAD; HALPERN, 2008). Tudo isso pode afetar o movimento das costelas, prejudicando a ventilação pulmonar e o padrão respiratório, podendo induzir a fadiga muscular (DA GAMA et al., 2013; MYRRHA et al., 2013; RATNOVSKY; ELAD; HALPERN, 2008; REILLY et al., 2011).

A hiperinsuflação pulmonar e a consequente desvantagem mecânica do diafragma podem ser agravadas durante o exercício, tanto de membros inferiores (MMII) quanto de membros superiores (MMSS) de forma dinâmica na população DPOC, sendo que o tempo para exalação do ar se torna inadequado permitindo que um volume pulmonar expiratório final (VPEF) se mantenha nos pulmões antes da próxima inspiração, evoluindo com redução da capacidade inspiratória (GIGLIOTTI et al., 2015; EPSTEIN et al., 1995). Essa hiperinsuflação dinâmica pode ser agravada em atividades de elevação dos MMSS, tendo relação com aumento do consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e do esforço muscular e com a ocorrência de dispneia (GIGLIOTTI et al., 2015).

Ao realizar tarefas com os MMSS elevados ocorre sobrecarga nos músculos da cintura escapular, que devem atuar tanto no movimento dos MMSS como também na estabilização da caixa torácica e ventilação (DOLMAGE et al., 2013). Assim, quando os MMSS são elevados,



---

---

esses músculos puxam a caixa torácica para fora, promovendo o fluxo inspiratório, em contrapartida, favorecendo o aumento do VPEF (DOLMAGE et al. 1993; MCKEOUGH et al., 2003). Meijer et al. (2014) observaram aumento do esforço do músculo trapézio na DPOC durante as atividades de vida diária (AVD) em comparação aos controles saudáveis, o que pode estar relacionado à dupla tarefa desse músculo que necessita oferecer suporte postural ao mesmo tempo em que atua como músculo acessório da inspiração.

De forma complementar, a musculatura respiratória quando é sobrecarregada com essa dupla tarefa ao realizar atividades de MMSS perde a coordenação em nível de sistema nervoso central, resultando em assincronia tóraco-abdominal (EPSTEIN et al., 1995). Dessa forma, os impactos causados pelas atividades de MMSS na mecânica e no padrão respiratório geram limitação ventilatória na população DPOC, que está relacionada aos graus de obstrução das vias aéreas e de hiperinsuflação (TANGRI; WOOLF, 1973; OROZCO-LEVI, 2003).

### *1.3 Inflamação Sistêmica*

A reação inflamatória anormal nos pulmões também pode ser detectada na circulação sistêmica, sendo contribuinte provável para a fisiopatologia de numerosos efeitos extrapulmonares da doença - os chamados efeitos sistêmicos da DPOC (AUGUSTÍ, 2007). A origem da inflamação sistêmica não é clara e provavelmente multifatorial (AUGUSTÍ, 2007).

Em uma meta-análise, Gan et al. (2004) confirmaram que indivíduos com DPOC estável apresentam um número aumentado de marcadores de inflamação sistêmica e isso tem associação com a reduzida função pulmonar. Por exemplo, leucócitos e proteínas de resposta de fase aguda (proteína C-reativa e fibrinogênio), citocinas (IL -6) e fator de necrose tumoral (TNF) (AUGUSTÍ, 2007).

A inflamação sistêmica tem sido considerada na patogênese da maioria dos efeitos sistêmicos da DPOC, incluindo a perda de peso, a disfunção do músculo esquelético, a doença cardiovascular, a depressão e a osteoporose (AUGUSTÍ, 2007). A perda de peso inexplicada ocorre com frequência em pacientes com DPOC de todas as gravidades, sendo mais evidente na DPOC grave e é fator de risco para mortalidade (LANDBO et al., 1999; GOLOGANU et al., 2014). São vários os possíveis mecanismos envolvidos na perda de peso nessa população, entre os quais podemos citar o perfil elevado de citocinas pró-inflamatórias, hipermetabolismo, a

---

---

diminuição da ingestão energética e resposta inadequada à ingestão alimentar, bem como as alterações nutricionais (DOURADO et al., 2006).

A disfunção muscular periférica, por sua vez, ocorre principalmente devido à perda de massa muscular esquelética e conseqüente atrofia muscular e, sempre que ocorre, pior é o prognóstico (AUGUSTÍ et al., 2003; SCHOLS et al., 1998; SCHOLS et al., 2005; LANDBO et al., 1999). Além disso, a massa muscular restante é frequentemente disfuncional (ATS 1999), com diminuição da força e *endurance* muscular (CELLI et al., 2004).

#### *1.4 Disfunção muscular periférica*

Entre as manifestações sistêmicas, a disfunção muscular periférica afeta diretamente a capacidade de exercício nessa população (DOURADO et al., 2006; GOLOGANU et al., 2014). A perda de massa corporal significativa nessa população leva à redução da força e *endurance* dos músculos respiratórios e de MMSS e MMII, sendo relacionadas com a intolerância ao exercício físico apresentada por esses indivíduos e ao alto risco de mortalidade (DOURADO et al., 2006).

Além do exercício físico, a disfunção muscular afeta diretamente a capacidade de realização das mais simples AVD, como tarefas domésticas e/ou atividades dos MMSS como alcance direcionado, preensão e manuseio de objetos (ATS, 1999; JANAUDIS-FERREIRA et al., 2011).

Embora a função muscular esquelética reduzida tenha sido relatada tanto em músculos dos MMII quanto dos MMSS, especula-se que as adaptações metabólicas e estruturais dos músculos diferem entre os membros. Sabe-se que há redistribuição de fibras musculares no músculo quadríceps desses indivíduos com DPOC, com diminuição de fibras do tipo I e aumento da proporção de fibras do tipo II, bem como evidências de que a área de secção transversal, tanto das fibras de contração lenta quanto das de contração rápida, sejam significativamente reduzidas (DOURADO et al., 2006; MIRANDA et al., 2014; GOSKER et al., 2002).

As alterações no tipo de fibra muscular e diminuição da capacidade oxidativa dos MMII podem ser considerados como facilitadores da fadiga precoce nessa população, porém o mesmo não parece acontecer nos MMSS (MIRANDA et al., 2014). Os MMSS desses indivíduos com DPOC são relativamente preservados quanto a estrutura e a função devido ao maior

---

envolvimento dos MMSS nas AVD e, portanto, apresentam uma perda significativamente maior da função muscular dos MMII em comparação aos MMSS (PANKA et al., 2010; MIRANDA; MALAGUTI; DAL CORSO, 2011). A força muscular também permanece preservada em músculos de MMSS, como em flexores de cotovelo e a força de preensão palmar (DONALDSON et al., 2012).

Entretanto, de acordo com a literatura disponível, indivíduos com DPOC relatam, com frequência, dificuldade em realizar atividades que utilizam MMSS (DOLMAGE et al., 2013, PANKA et al., 2010, VELLOSO; JARDIM, 2006), principalmente aquelas em que tenham que sustentá-los acima do nível dos ombros (MIRANDA; MALAGUTI; DAL CORSO, 2011; GOLD 2018), explicado neste caso, não apenas pela redução de força e *endurance* de músculos dos MMSS, mas também como citado anteriormente, pelas alterações na mecânica tóraco-abdominal, sobrecarregando os músculos considerados acessórios da respiração.

Em síntese, vimos que a DPOC afeta essencialmente os pulmões (manifestações locais), mas é também associada com diversas manifestações extra-pulmonares (manifestações sistêmicas) (DOURADO et al., 2006; TRAVASSOS et al., 2017, GOLD 2018). Sendo caracterizada por limitação ventilatória, metabólica e muscular periférica, além da reduzida capacidade de exercício (DOURADO et al., 2006), tanto em atividades de MMII quanto de MMSS, os quais são o foco do presente estudo.

## 2. Limitação ao exercício de MMSS na DPOC

Diversos fatores podem ser apontados como sendo contribuintes para a limitação da atividade de MMSS na DPOC, tais como a disfunção muscular periférica/esquelética; assincronia respiratória; respostas cardiorrespiratórias aumentadas; hiperinsuflação pulmonar dinâmica e altas demandas metabólica e ventilatória (LIMA et al., 2016; BAARENDS et al., 1995; FRAANSEN et al., 2002).

Tem sido sugerido que as altas demandas ventilatória e metabólica, observadas na realização das atividades de MMSS por esses indivíduos, são decorrentes da mecânica ventilatória e do padrão respiratório adotados durante sua execução (DOLMAGE et al., 2013). Velloso et al. (2003) observaram que sujeitos com DPOC moderada a grave durante diferentes AVD apresentam dispneia e demonstram altas taxas de  $\dot{V}O_2$  e ventilação minuto ( $\dot{V}E$ ).

---

A hiperinsuflação pulmonar e as alterações na sincronia e mobilidade tóraco-abdominal, decorrentes desse tipo de atividade, por sua vez, contribuem para a piora da dispneia, prejudicando a realização das atividades com MMSS (VELLOSO E JARDIM, 2006; VELLOSO et al., 2003; JENG et al., 2003; MYRRHA et al., 2013).

A dispneia que ocorre na elevação de MMSS sem apoio, provavelmente está relacionada também, à sobrecarga nos músculos acessórios da respiração, que estão envolvidos tanto na função de suporte postural como na ventilação, além da sobrecarga adicional imposta ao diafragma e aos músculos respiratórios devido à desvantagem mecânica ocasionada pela hiperinsuflação dinâmica (PANKA et al., 2010; DOLMAGE et al., 2013), como citado anteriormente. Isso tudo nos faz concluir que a limitação observada nas atividades de MMSS, pode ocorrer em virtude de diversos fatores isolados e/ou em associação.

Então, devido a essas alterações, os indivíduos com DPOC apresentam reduzida capacidade de exercício de MMSS quando comparados a indivíduos saudáveis, e acabam, por vezes, reduzindo a execução das atividades também de MMSS a fim de evitar sintomas de fadiga e dispneia (JANAUDIS-FERREIRA et al., 2012).

Biópsias dos músculos bíceps e deltóide não revelam diferenças entre indivíduos com DPOC e controles em relação ao perfil de tipo de fibra muscular, nem na área de secção transversa de cada fibra muscular (GEA et al. 2001; FRANSSSEN et al., 2002). Gea et al. (2001) avaliaram o metabolismo no músculo deltóide, e os achados foram sugestivos de uma capacidade oxidativa preservada. Em resumo, a distribuição da disfunção muscular periférica não é uniforme na DPOC e fornece evidências de que fatores locais, como desuso/imobilidade podem ser mais influentes do que qualquer processo sistêmico, como ocorre nos MMII (DONALDSON et al. 2012).

### **3. Avaliação de MMSS na DPOC**

A fim de identificar essas alterações e programar uma intervenção *a posteriori* são necessários métodos específicos para avaliar a capacidade funcional dessa população. Segundo Janaudis-Ferreira et al. (2012) poucos métodos de avaliação de MMSS já foram descritos na literatura científica, sendo que há basicamente 5 tipos de testes para avaliação da capacidade funcional de MMSS para indivíduos com DPOC: ergômetro de braço; levantamento de pinos;

---

---

diagonais de facilitação neuromuscular proprioceptiva, testes baseados em AVD e deslocamento de argolas.

Cada um desses testes tem características específicas. O ergômetro de braço avalia *endurance* e a capacidade de exercício pico de MMSS (com apoio), sendo considerada primeira escolha, quando disponível. Entretanto, este teste requer um equipamento caro, e é uma atividade com apoio dos MMSS à 90°, o que pode apresentar outras repercussões na mecânica e padrão respiratório. O teste de exercício de MMSS conhecido como UULEX também avalia a capacidade pico, porém sem apoio, e o deslocamento de argolas e o levantamento de pinos refletem mais o desempenho nas AVD (JANAUDIS-FERREIRA et al., 2012).

Diante disso, destaca-se o *Six-minute Pegboard and Ring Test* (6PBRT) que foi desenvolvido por Celli et al. (1986) e validado por Zhan et al. (2006); e tem por objetivo avaliar a função dos MMSS em pacientes com DPOC por meio de atividades de MMSS sem sustentação e ausência de carga; sendo um teste de fácil aplicação; capaz de prever o desempenho em AVD (TAKEDA et al., 2013) e a funcionalidade de pacientes com DPOC (JANAUDIS-FERREIRA et al., 2012).

A realização do teste ocorre por meio de um quadro (Figura 1), contendo quatro pinos, sendo dois deles posicionados na altura do ombro do indivíduo e os outros dois 20 cm acima desta altura do ombro. Nos pinos inferiores são colocadas vinte argolas (10 em cada pino inferior - cada uma com peso de 14,17 gramas aproximadamente). Os indivíduos são posicionados sentados em uma cadeira com apoio da coluna e pés apoiados no chão, em frente ao quadro e são orientados a mover uma argola de cada vez com a mão correspondente do pino inferior para o superior, sendo realizada com as duas mãos ao mesmo tempo. Quando as dez argolas são posicionadas do nível inferior para o superior, estas devem ser retornadas ao nível inferior, e assim sucessivamente durante seis minutos (ZHAN et al. 2006; JANAUDIS-FERREIRA et al., 2013).



**Figura 1.** Quadro e argolas utilizados no *six-minute pegboard and ring test*.

Fonte: propriedade dos autores.

O 6PBRT mostrou-se inversamente relacionado à idade (JANAUDIS-FERREIRA et al., 2012; LIMA et al., 2016), sendo que Zhan et al. (2006) demonstraram que 50% da variância de desempenho no 6PBRT é explicada pelo volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ) e pelo gênero. Além disso, Janaudis-Ferreira et al. (2013) mostraram que o desempenho neste teste está relacionado com a força de flexão do ombro, porém Nyberg et al. (2016) concluíram que está mais relacionado com a *endurance* e não com a força muscular, em pacientes com DPOC.

Esses estudos mensuraram a força muscular utilizando um dinamômetro portátil ou um dinamômetro estacionário (força muscular isocinética) (JANAUDIS-FERREIRA et al., 2013; NYBERG et al., 2016). No entanto, não existem estudos relacionados ao teste de preensão palmar, que pode ser um método fácil para aplicação na prática clínica, e que não reflete especificamente a força muscular dos MMSS, mas de todo o corpo (WIND et al., 2010), e que também pode ser usado para avaliar a *endurance* muscular.

O 6PBRT além de ser válido para avaliar *endurance* de MMSS (ZHAN et al. 2006), é responsivo à programas de treinamento resistido de MMSS (JANAUDIS-FERREIRA et al., 2013; COSTI et al., 2009). Entretanto, Velloso et al. (2013) realizaram treinamento de cintura escapular nessa população, e apesar de promover aumento de força muscular de MMSS esse

---

---

aumento não foi capaz de refletir melhoras nas AVD. Dessa forma, um treinamento muscular de MMSS que seja capaz de melhorar o desempenho do 6PBRT só será efetivamente satisfatório para a abordagem clínica, se efetivamente essa melhora de desempenho conseguir ser evidenciada nas AVD.

Entretanto, apesar da praticidade e aplicabilidade do 6PBRT, seu uso na prática clínica não ocorre com frequência e são escassos os relatos na literatura que explorem as respostas fisiológicas durante esse tipo de atividade nessa população, o que ressalta a necessidade de mais estudos que investiguem essa forma de avaliação, sobretudo em relação à sua interpretação (TAKEDA et al., 2013).

O desempenho no teste é determinado pelo número de argolas movidas durante o teste, ou seja, quanto maior o número, melhor o desempenho, porém, não há relatos na literatura, no nosso conhecimento, sobre a demanda ventilatória e metabólica imposta por esse teste, além da sobrecarga e repercussão na oxigenação e na atividade elétrica dos músculos respiratórios e da cintura escapular.

Essas informações são importantes a fim de verificar quais são as demandas cardiovascular, metabólica e ventilatória do teste, bem como a demanda muscular tanto em relação ao recrutamento muscular quanto a oxigenação, uma vez que a intolerância ao exercício de MMSS é ocasionada por diversos fatores associados, e ao estudá-los, permite-nos ajudar a entender os mecanismos dessa intolerância.

Além disso, todo esse entendimento pode esclarecer qual (is) limitação (ões) o 6PBRT é capaz de refletir no indivíduo com DPOC, de forma a facilitar a transferência dos achados para a prática clínica na Reabilitação Pulmonar (RP).

Diante do exposto, a verificação da atividade muscular pode ser realizada pela eletromiografia (EMG) e a oxigenação muscular pela espectroscopia com raios no infra-vermelho próximo (NIRS), que serão descritos com mais detalhes a seguir.

#### **4. Eletromiografia aplicada na DPOC**

A eletromiografia de superfície (EMGs) é um método que permite avaliar a função muscular, registrando sua atividade elétrica por meio da identificação dos potenciais de ação que

---

---

se propagam ao longo das fibras musculares (ALONSO et al., 2011; HUTTEN et al., 2010; DE LUCA, 1993). A EMGs é um método não invasivo e de fácil aplicação, sendo seguro, com boa reprodutibilidade e alta qualidade, se respeitado todos os requisitos técnicos de sua aplicação, além de proporcionar desconforto mínimo ao indivíduo a ele submetido (ATS/ERS, 2002).

A avaliação simultânea de vários músculos, incluindo os músculos primários e acessórios da respiração, facilita a compreensão dos padrões de ativação muscular e os detalhes de suas interações, promovendo uma melhor compreensão da mecânica respiratória (ALONSO et al., 2011; HUTTEN et al., 2010). A aplicabilidade clínica da EMG na avaliação respiratória é promissora, embora ainda existam alguns desafios metodológicos a serem superados (DOS REIS, et al., 2019).

O processamento do sinal eletromiográfico no domínio do tempo pode ser realizado pelo *root-mean-squared* (RMS), que fornece uma medida de amplitude do sinal, que representa o recrutamento de unidades motoras, ou seja, quanto maior o recrutamento, maior sua amplitude (DE LUCA 1993; ATS/ERS, 2002). O processamento no domínio da frequência, por sua vez, realizado pela análise espectral, fornece valores de frequência mediana e pode ser utilizada para análise de fadiga muscular (SODERBERG; KNUTSON, 2000; MERLETTI; RAINOLD; FARINA, 2004).

A fadiga é um conceito bastante complexo, descrita como sentimento/sensação de fraqueza ou dor muscular, ou ainda, queda de desempenho, não sendo facilmente quantificada ou medida. A análise do sinal EMG tanto no domínio do tempo quanto da frequência pode fornecer índices de fadiga (MERLETTI; RAINOLD; FARINA, 2004).

A fadiga muscular respiratória está relacionada à mudança no espectro de potência do sinal EMG (RATNOVSKY; ELAD; HALPERN, 2008). Quando um músculo esquelético está em um padrão fatigante de contração, a frequência média no espectro de energia da EMG é diminuída. Essa diminuição na frequência do sinal EMG é resultado da diminuição do recrutamento das fibras musculares de contração rápida. Além disso, fadiga muscular progressiva foi associada com o aumento dos valores de RMS dos dados de EMGs (KROGH-LUND; JORGENSEN, 1993).

As manifestações elétricas da fadiga muscular estão relacionadas à alterações das condições metabólicas, em particular à diminuição do pH das fibras musculares (MASUDA et al., 1999).



---

A velocidade de condução das fibras musculares é uma importante variável relacionada ao tamanho das fibras recrutadas (BLIJHAM et al., 2006). Durante contração isométrica submáxima, as variáveis da EMG mostram tendências típicas: decréscimo da velocidade de condução, diminuição da frequência espectral de potência média e aumento do valor médio retificado (BOCCIA et al., 2015). O deslocamento do espectro para a banda inferior é causada por uma diminuição na velocidade de condução da fibra muscular (MERLETTI et al., 1990).

Maiores manifestações mioelétricas de fadiga tem sido relacionadas ao maior recrutamento de fibras musculares do tipo II, medidas como maior taxa de alterações das variáveis eletromiográficas ao longo do tempo (BOCCIA et al., 2015). A diminuição da velocidade de condução da fibra muscular é relacionada a um acúmulo de subprodutos metabólicos, como o ácido lático, que reduz o pH intracelular e diminui a excitabilidade da membrana da fibra muscular (MERLETTI et al., 1990).

Como as manifestações mioelétricas de fadiga estão relacionadas à composição das fibras musculares e às condições metabólicas, elas podem fornecer informações indiretas, porém úteis, sobre anormalidades musculares periféricas de pacientes com DPOC.

Os relatos na literatura em relação a ativação muscular em atividades de MMSS na população DPOC são escassos. Meijer et al. (2014) avaliaram os músculos bíceps, deltóide e trapézio de indivíduos com DPOC comparados a controles durante AVD com uso dos MMSS e verificaram maior esforço muscular de trapézio, entretanto, sem diferenças em relação aos músculos bíceps e deltóide, em virtude de menor intensidade para realização da atividade.

Como a EMGs pode fornecer informações em relação ao recrutamento dos músculos respiratórios em comparação com outros músculos, torna-se possível identificar a ativação das musculaturas com fixação na caixa torácica e ação ventilatória que afetam a movimentação da mesma e alteram o volume pulmonar durante a realização das atividades de MMSS.

## **5. Avaliação da oxigenação muscular na DPOC**

A Espectroscopia com raios no infra-vermelho próximo (NIRS) tem o objetivo de avaliar o metabolismo oxidativo muscular local em repouso e no exercício (FERRARI; MUTHALIB; QUARESIMA, 2011; RONDELLI et al., 2009). Trata-se de uma avaliação relativamente simples, regional e não invasiva, possuindo a vantagem de medir o metabolismo oxidativo do músculo esquelético de forma portátil (HAMAOKA et al., 2011). Avalia a concentração de

---

oxihemoglobina (O<sub>2</sub>Hb), desoxihemoglobina (HHb) e hemoglobina total (tHb), sendo a tHb um índice de volume de sangue local, reflexo da soma de O<sub>2</sub>Hb e HHb. Adami et al. (2018) sugerem que o NIRS fornece uma alternativa não invasiva relevante em relação a avaliações de biópsia invasiva, uma vez que obteve resultados sugestivos de boa relação com enzimas oxidativas.

A disponibilidade e a utilização de oxigênio para os tecidos periféricos podem ser estimadas pelo NIRS. Esta técnica se baseia na permeabilidade da luz próxima ao infravermelho nos tecidos biológicos, é bem tolerada e reprodutível para avaliação da disfunção muscular na DPOC (FERRARI; MUTHALIB; QUARESIMA, 2011; ADAMI et al., 2018). O nível de oxigenação muscular é quantificado pelo uso da luz no infra-vermelho próximo (de diferentes comprimentos de onda) que penetram nos tecidos biológicos. Parte da luz reage com os cromóforos das moléculas de hemoglobina e outra parte é refletida até um receptor. A diferença entre a luz emitida com a absorvida e a refletida é calculada com base na “*Lei de Beer Lambert*” e indica o nível de oxigenação muscular (FERRARI; MUTHALIB; QUARESIMA, 2004; HAMAOKA et al., 2011).

O padrão do caminho da luz que penetra no tecido segue uma curva na qual a profundidade de penetração no tecido é aproximadamente igual à metade da distância entre a fonte de luz e o detector, por esse motivo, o tecido adiposo subcutâneo influencia na medição (MCCULLY; HAMAOKA, 2000).

A utilização da NIRS em estudos prévios avaliou mudanças no volume sangüíneo, no equilíbrio entre a oferta e o consumo de oxigênio nos músculos esqueléticos e na oxigenação tecidual durante o exercício (TABIRA et al., 2012). Todavia, os estudos que realizam avaliações com NIRS na população DPOC durante o exercício são recentes e escassos na literatura, sobretudo em relação aos exercícios de MMSS.

Segundo Tabira et al. (2012) o  $\dot{V}O_2$  é altamente influenciado pela utilização de oxigênio nos músculos em exercício, bem como pelos níveis de oxigenação do sangue e da função cardíaca em indivíduos com DPOC e essa relação da oxigenação muscular com  $\dot{V}O_2$  já foi comprovada em indivíduos saudáveis (KAWAGUCHI et al., 2001). Além disso, a literatura apresenta evidências de que indivíduos com DPOC apresentam lentificação da cinética do  $\dot{V}O_2$  durante o exercício, possivelmente levando a uma maior dependência das vias metabólicas

---

---

independentes de oxigênio e ao acúmulo de subprodutos que podem estar relacionados com o aumento da fadigabilidade muscular (CHIAPPA et al., 2008).

Estudos verificaram que indivíduos com DPOC apresentam uma dinâmica mais rápida de desoxigenação muscular do que seus controles pareados por idade e essa avaliação tem sido feita pela NIRS (KUTSUZAVA et al., 2009; CHIAPPA et al., 2008). Além disso, a literatura também demonstra interesse na avaliação da musculatura periférica em comparação com a musculatura respiratória na DPOC com a finalidade de investigar o impacto que a sobrecarga da musculatura respiratória tem no desempenho da musculatura periférica (BORGHI-SILVA et al., 2008).

O NIRS tem sido utilizado em diversas populações, tanto saudável como doentes, com diversos objetivos. No campo das doenças respiratórias, o NIRS pode ser utilizado para examinar o efeito da administração de medicamentos na melhora da oferta de oxigênio ao músculo em indivíduos com DPOC (BERTON et al., 2010; CHIAPPA et al., 2009).

## **6. Justificativa e objetivos**

Como descrito anteriormente, a limitação apresentada pelos indivíduos com DPOC na execução das atividades de MMSS ocorre devido à complexa interação entre diversos mecanismos, sendo influenciada pela alteração da mecânica tóraco-abdominal, aumento da demanda ventilatória, e por vezes pela própria disfunção muscular periférica.

Entretanto, essa temática ainda é pouco explorada na literatura, principalmente no que tange os conhecimentos sobre a ventilação, a demanda metabólica, e a ativação e a oxigenação musculares de atividades que envolvam os MMSS realizadas em cadeia cinética aberta, como nas AVD.

Um exemplo dessa atividade é o 6PBRT, que é um teste prático e simples e fornece informações sobre a funcionalidade nas AVD, por meio do desempenho alcançado no teste. Entretanto, os mecanismos responsáveis pelo pior desempenho no teste para a população DPOC ainda não estão claros na literatura científica, sendo importante defini-los para fornecer informações adicionais para o aprimoramento da interpretação desse teste e consequentemente direcionar programas de reabilitação pulmonar.

---

---

Neste sentido, para melhor entender as propriedades musculares necessárias para o desempenho desse teste e a relação com medidas de composição corporal na população DPOC, propusemos o **Estudo I**, que teve como objetivo verificar a relação das variáveis força e *endurance* de prensão palmar, composição corporal e antropometria com o desempenho no 6PBRT em indivíduos com DPOC.

Adicionalmente, como há limitada evidência na literatura em relação às respostas fisiológicas das atividades de MMSS sem apoio e das formas de avaliação disponíveis para a população DPOC, como o 6PBRT, que não fornece informações bem definidas quanto a essa intolerância, foi proposto o **Estudo II**, cujo objetivo foi verificar as respostas fisiológicas durante a atividade de MMSS sem apoio, representada pelo 6PBRT, em indivíduos com DPOC. Adicionalmente, comparar essas respostas durante o 6PBRT com indivíduos saudáveis a fim de compreender a intolerância a esse tipo de exercício pelos indivíduos com DPOC.

Ainda, com a finalidade de entender os mecanismos pelos quais os indivíduos com DPOC apresentam pior desempenho na realização do 6PBRT comparado a indivíduos saudáveis foi proposto o **Estudo III**, cujo objetivo foi quantificar a atividade elétrica e a oxigenação dos músculos inspiratórios e de MMSS; e investigar se manifestações eletromiográficas de fadiga muscular são relacionadas com a função dos MMSS, avaliada pelo 6PBRT em indivíduos com DPOC e indivíduos saudáveis.

---

---

**REFERÊNCIAS**

ADAMI, A.; et al. Reproducibility of NIRS assessment of muscle oxidative capacity in smokers with and without COPD. **Respir Physiol Neurobiol**, v.235, p.18–26, 2018.

ALONSO, J.F.; et al. Coordination of respiratory muscles assessed by means of nonlinear forecasting of demodulated myographic signals. **J Electromyogr Kines**, v.21, n.6, p. 1064-73, 2011.

AMERICAN THORACIC SOCIETY. Dyspnea. Mechanisms, assessment, and management: a consensus statement. **Am J Respir Crit Care Med**, v.159, n.1, p.321-340, 1999.

ATS/ERS. American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on respiratory muscle testing. **Am J Respir Crit Care Med**, v.166, n4, p.518–624, 2002.

AUGUSTÍ, A. Systemic Effects of chronic obstructive pulmonary disease: what we know and what we don't know (but should). **Proc Am Thorac Soc**, v.4, p. 522–525, 2007.

AUGUSTÍ, A.G.N. COPD, a multicomponent disease: implications for management. **Resp Medic**, v. 99, p. 670-682, 2005.

AUGUSTÍ, A.G.N. et al. Systemic effects of chronic obstructive pulmonary disease. **Eur Resp J**, v. 21, p. 347-360, 2003.

BAARENDS, E.M.; et al. Metabolic and ventilatory response pattern to arm elevation in patients with COPD and healthy age-matched subjects. **Eur Resp J**, n.8, p.1345-51, 1995.

BERTON, D.C.; et al. Bronchodilators accelerate the dynamics of muscle O<sub>2</sub> delivery and utilisation during exercise in COPD. **Thorax**, v.65, p.588–593, 2010.

BLIJHAM, P.J.; et al. Relation between muscle fiber conduction velocity and fiber size in neuromuscular disorders. **J Appl Physiol**, v.100, n.6, p.1837-1841, 2006.

BOCCIA, G.; et al. Electromyographic manifestations of fatigue correlate with pulmonary function, 6-minute walk test, and time to exhaustion in COPD. **Respir Care**, v.60, n.9, p.1295-1302, 2015.

BORGHI-SILVA A.; et al. Respiratory muscle unloading improves leg muscle oxygenation during exercise in patients with COPD. **Thorax**, v.63, n.10, p.910-915, 2008.

CELHAY, I.; et al. Effect of upper costal and costo-diaphragmatic breathing types on electromyographic activity of respiratory muscles. **Cranio**, v.33, n.2, p. 100-106, 2015.

CELLI, B.R.; et al. The body-mass index, airflow obstruction, dyspnea, and exercise capacity index in chronic obstructive pulmonary disease. **N Engl J Med**, v.350, n.10, p.1005-12, 2004.

---

CELLI, B.R.; RASSULO, J.; MAKE, B.J. Dyssynchronous breathing during arm but not leg exercise in patients with chronic airflow obstruction. **N Engl J Med**, v.314, n.23, p.1485-90, 1986.

CHIAPPA, G.R.; et al. Heliox improves oxygen delivery and utilization during dynamic exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Am J Respir Crit Care Med**, v.179, n.11, p.1004-1010, 2009.

CHIAPPA, G.R.; et al. Kinetics of muscle deoxygenation are accelerated at the onset of heavy-intensity exercise in patients with COPD: relationship to central cardiovascular dynamics. **J Appl Physiol**, 2008 v. 104, n.5 p.1341-50, 2008.

CHITI, L.; et al. Scalene muscle activity during progressive inspiratory loading under pressure support ventilation in normal humans. **Respir Physiol Neurobiol**, v.164, n.3, p.441-8, 2008.

COSTI, S.; et al. Effect of unsupported upper extremity exercise training in patients with COPD. **Chest**, v.136, n.2, p.387-395, 2009.

DA GAMA, A.E.; et al. Acute effects of incremental inspiratory loads on compartmental chest wall volume and predominant activity frequency of inspiratory muscle. **J Electromyogr Kines**, v.23, n.6, p. 1269-77, 2013.

DAIMON, S.; YAMAGUCHI, K. Changes in respiratory activity induced by mastication during oral breathing in humans. **J Appl Physiol**, v.116, p. 1356- 1370, 2014.

DE LUCA, C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. **Delsys**. 1993.

DOLMAGE, T.E.; et al. Arm elevation and coordinated breathing strategies in patients with COPD. **Chest**, v.144, n.1, p. 128-35, 2013.

DOLMAGE, T.E.; et al. The ventilatory response to arm elevation of patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Chest**, v.104, n.4, p. 1097-1100, 1993.

DONALDSON, A.V.; et al. Muscle function in COPD: a complex interplay. **Inter J of COPD**, v.7, p. 523-535, 2012.

DOS REIS, I.M.M.; et al. Surface electromyography in inspiratory muscles in adults and elderly individuals: a systematic review. **J Electromyogr Kines**, v.44, p.139-55, 2019.

DOURADO, V.Z. et al. Manifestações sistêmicas na doença pulmonar obstrutiva crônica. **J Bras Pneumol**, v. 32, n. 2, p. 161-171, 2006.

ELBEHAIRY, A.F.; et al. Pulmonary gas exchange abnormalities in mild chronic obstructive pulmonary disease. **Am J Respir Crit Care Med**, v.191, n.12, p. 1384-1394, 2015.

---

EPSTEIN, S.K.; et al. Ventilatory response to arm elevation. Its determinants and use in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 152, n.1, p. 211-6, 1995.

FERRARI, M.; MUTHALIB, M.; QUARESIMA, V. Principles, techniques, and limitations of near infrared spectroscopy. **Can J Appl Physiol**, v.21, n.4, p.463-487 2004.

FERRARI, M.; MUTHALIB, M.; QUARESIMA, V. The use of near-infrared spectroscopy in understanding skeletal muscle physiology: recent developments. **Phil Trans R Soc A**, v.369, p.4577-4590, 2011.

FRANSSEN, F.M.; et al. Arm mechanical efficiency and arm exercise capacity are relatively preserved in chronic obstructive pulmonary disease. **Med Sci Sports Exerc**, v.34, n.10, p.1570-1576, 2002.

GAN, W.Q.; et al. Association between chronic obstructive pulmonary disease and systemic inflammation: a systematic review and a meta-analysis. **Thorax**, v. 59, p. 574-580, 2004.

GEA, J.G.; et al. Metabolic characteristics of the deltoid muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Eur Respir J**, v.17, p. 939-945, 2001.

GIGLIOTTI, F.; et al. Arm exercise and hyperinflation in patients with COPD: effect of arm training. **Chest**, v.128, n.3, p. 1225-1232, 2015.

GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE (GOLD) Global Strategy for Diagnosis, management, and prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. 2018, disponível em: <<http://www.goldcopd.org//.html>>. Acesso em: 20/01/2019.

GOLOGANU, D.; et al. Body composition in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **J Clin Medic**, v.9, n.1, 2014.

GOSKER, H.R.; et al. Skeletal muscle fibre-type shifting and metabolic profile in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Eur Respir J**, v.19, p.617-625, 2002.

HAMAOKA, T.; et al. Near-infrared spectroscopy/imaging for monitoring muscle oxygenation and oxidative metabolism in healthy and diseased humans. **J Biomed Opt**, v.12, n.6, 2011.

HOGG, J.C.; et al. The nature of small-airway obstruction in chronic obstructive pulmonary disease. **N Engl J Med**, v.350, n.26, 2004.

HUTTEN, G.J.; et al. A literature review of the methodology of EMG recordings of the diaphragm. **J Electromyogr Kines**, v.20, n.2, p.185-90, 2010.

JANAUDIS-FERREIRA, T.; et al. How should we measure arm exercise capacity in patients with COPD? A systematic review. **Chest**, v.141, n.1, p.111-19, 2012.

---

JANAUDIS-FERREIRA, T.; et al. Relationship and responsiveness of three upper-limb tests in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Phys Cand**, v.65, n.1, p. 40–43, 2013.

JANAUDIS-FERREIRA, T.; et al. Resistance arm training in patients with COPD: a randomized controlled trial. **Chest**, v.139, n.1, p.151-58, 2011.

JENG, C; et al. Comparison of oxygen consumption in performing daily activities between patients with chronic obstructive pulmonary disease and a healthy population. **Heart Lung**, v.32, n.2, p.121-30, 2003.

JUNG, C.J.; KIM, N. Relative activity of respiratory muscles during prescribed inspiratory muscle training in healthy people. **J Phys Ther**, v.28, p. 1046-1049, 2016.

KAWAGUCHI, K.; et al. Do the kinetics of peripheral muscle oxygenation reflect systemic oxygen intake? **Eur J Appl Physiol**, v.84, n.1-2, p.158-161, 2001.

KROGH-LUND, C.; JORGENSEN, K. Myo-electric fatigue manifestations revisited: power spectrum, conduction velocity, and amplitude of human elbow flexor muscles during isolated and repetitive endurance contractions at 30°70 contraction. **Eur J Appl Physiol**, v.66, p.161-173, 1993.

KUTSUZAWA, T.; et al. Deoxygenated hemoglobin/myoglobin kinetics of forearm muscles from rest to exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Exp Med**, v.217, n.1, p.:9-15, 2009.

LANDBO, C.; et al. Prognostic value of nutritional status in chronic obstructive pulmonary disease. **Am J Respir Crit Care Med**, v.160, p. 1856–1861, 1999.

LANGER, D.; et al. Lung hyperinflation in chronic obstructive pulmonary disease: mechanical, clinical implications and treatment, **Expert Rev Respir Med**, p.1-19, 2014.

LEHRER, P.; et al. Respiratory sinus arrhythmia versus neck/trapezius EMG and incentive spirometry biofeedback for asthma: a pilot study. **Appl Psychophysiol Biofeedback**, v.22, n.2, p. 95-109, 1997.

LIMA, V.P.; et al. physiological responses to arm activity in individuals with chronic obstructive pulmonary disease compared with healthy controls: a systematic review. **J Cardiopulm Rehabil**, v.36, n.6, p.402-12, 2016.

LISSENS, M.A. Electrodiagnostic evaluation of the respiratory muscles. **Phys Rehab Med**, v.22, n.(1-4), p.91-102, 2010.

MASUDA, K.; et al. Changes in surface EMG parameters during static and dynamic fatiguing contractions. **J Electromyogr Kines**, v.9, p.39–46, 1999.

MATHERS, C.D.; LONCAR, D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. **Plos Medic**, v.3, n.11, e442, p. 2011-2030, 2006.



---

---

MCCULLY, K.K; HAMAOKA, T. Near-infrared spectroscopy: what can it tell us about oxygen saturation in skeletal muscle? **Exerc Sport Sci. Rev.** 28, 123–127, 2000.

MCKEOUGH, Z.J.. et al. Arm position alters lung volumes in subjects with COPD and healthy subjects. **Aust J Physiother**, v.49, n.2, p.133–137, 2003.

MEIJER, K.; et al. Characteristics of daily arm activities in patients with COPD. **Eur Respir J**, v.43, n.6, p. 1631-41, 2014.

MERLETTI, R.; RAINOLD, A.; FARINA, D.. Myoelectric manifestations of muscle fatigue. In: MERLETTI, R.; PARKER P.A. **Electromyography: physiology, engineering, and noninvasive applications**, New Jersey: Wiley Inter-Science, p.233-258, 2004.

MERLETTI, R; KNAFLITZ, M.; DE LUCA, C.J. Myoelectric manifestations of fatigue in voluntary and electrically elicited contractions. **Amer Physiol Society** , 1990.

MIRANDA, E.F.; et al. Upper and Lower Limb Muscles in Patients With COPD: Similarities in Muscle Efficiency But Differences in Fatigue Resistance. **Respir Care**, v.59, n.1, p. 62-69, 2014.

MIRANDA, E.F.; MALAGUTI, C.; DAL CORSO, S. Peripheral muscle dysfunction in COPD: lower limbs versus upper limbs. **J Bras Pneumol**, v.37, n.3, p. 380-388, 2011.

MYRRHA, M.A.C.; et al. Chest wall volumes during inspiratory loaded breathing in COPD patients. **Resp Physiol Neurobi**, v.188, n.1, p.15-20, 2013.

NYBERG, A.; TORNBERG, A.; WADELL, K. Correlation between limb muscle endurance, strength, and functional capacity in people with chronic obstructive pulmonary disease. **Physio Canada**, v.68, n.1, p.46-53, 2016.

OROZCO-LEVI, M. Structure and function of the respiratory muscles in patients with COPD: impairment or adaptation? **Eur Respir J**, v.22 (supl. 46), p.41–51S, 2003.

OROZCO-LEVI, M.; et al. Activity of latissimus dorsi muscle during inspiratory threshold loads. **Eur Respir J**, v.8, n.3, p. 441-5, 1995.

PANKA, G.F.L.; et al. Ventilatory and muscular assessment in healthy subjects during na activity of daily living with unsupported arm elevation. **Rev Bras Fisioter**, v.14, n.4, p. 337-43, 2010.

POLKEY, M.I.; MOXHAM, J. Attacking the disease spiral in chronic obstructive pulmonary disease. **Clin Med**, v.6, n.2, p. 190-196, 2006.

RATNOVSKY, A.; ELAD, D.; HALPERN, P. Mechanics of respiratory muscles. **Respir Physiol Neurobiol**, v.163, p.82-9, 2008.

REILLY, C.C.; et al. Neural respiratory drive, pulmonary mechanics and breathlessness in patients with cystic fibrosis. **Thorax**, v.66, n.3, p. 240-6, 2011.

---

---

RONDELLI, R.R.; et al. Methods for the assessment of peripheral muscle fatigue and its energy and metabolic determinants in COPD. **J. Bras. Pneumol**, v.35, p.1125–1135, 2009.

SCHOLS, A.M.; et al. Body composition and mortality in chronic obstructive pulmonary disease. **Am J Clin Nutr**, v.82, p.53–59, 2005.

SCHOLS, A.M.; et al. Weight loss is a reversible factor in the prognosis of chronic obstructive pulmonary disease. **Am J Respir Crit Care Med**, v.157, p.1791–1797, 1998.

SODERBERG, G.L.; KNUTSON, L.M. A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. **Physical Therapy**, v.80, n.5, p.485-498, 2000.

TABIRA, K.; et al. The relationship between skeletal muscle oxygenation and systemic oxygen uptake during exercise in subjects with COPD: a preliminary study. **Respir Care**, v.57, n.10, p.1602–1610, 2012.

TAKEDA, K.; et al. The 6-minute peagboard and ring test is correlated with upper extremity activity of daily living in chronic obstructive pulmonary disease. **Inter J COPD**, v.8, p.347-51, 2013.

TANGRI S; WOOLF, C.R. The breathing pattern in chronic obstructive pulmonary disease during the performance of some common daily activities. **Chest**, v.63, n.1, p. 126-127, 1973.

TRAVASSOS, A. et al. Fat-free mass depletion in patients with COPD in Brazil: development of a new cutoff point and its relation with mortality and extrapulmonary manifestations. **Eur J Clin Nutr**, p. 1–6, 2017.

VELLOSO, M.; et al. Evaluation of effects of shoulder girdle training on strength and performance of activities of daily living in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Inter J of COPD**, v.8, p.187-192, 2013.

VELLOSO, M.; et al. Metabolic and ventilatory parameters of four activities of daily living accomplished with arms in COPD patients. **Chest**, v.123, p.1047-53, 2003.

VELLOSO, M.; JARDIM, J.R. Funcionalidade do paciente com doença pulmonar obstrutiva crônica e técnicas de conservação de energia. **J Pneumol**, v.32, n.6, p.580-586, 2006.

WIND, A.E.; et al. Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents and young adults? **Eur J Pediatr**, v.169, p.281-7, 2010.

ZHAN, S.; et al. Development of an unsupported arm exercise test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **J Cardiopulm Rehabil**, v.26, n.3, p.180-7, 2006.

---

---

**Artigo Original**

***Endurance de preensão palmar e massa muscular dos membros superiores afetam o desempenho durante o six-minute pegboard and ring test em indivíduos com DPOC***

Tradução de: Hand Grip Endurance and Upper Limb Muscle Mass Affect Performance During the Six-minute Pegboard and Ring Test in Subjects with COPD

O presente estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Artigo submetido ao *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention* - JCRP) (Anexo A)

**RESUMO**

**Propósito:** A função do braço pode ser avaliada pelo *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT), e a força e a *endurance* de preensão palmar, composição corporal e variáveis antropométricas podem oferecer informações adicionais para melhorar sua interpretação. Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar se a força e *endurance* de preensão palmar, a composição corporal e as variáveis antropométricas influenciam o desempenho do 6PBRT em indivíduos com DPOC. **Métodos:** Trinta e três indivíduos com DPOC (VEF<sub>1</sub>: 44±26,5 % do previsto; 67,3±7,7 anos) compuseram o grupo DPOC (GDPOC) e trinta e dois indivíduos controle saudáveis (67,9±7,7 anos) compuseram o grupo controle (GC). Ambos os grupos foram submetidos à avaliação das variáveis antropométricas, composição corporal pela absorciometria de raios X de dupla energia, testes de força e de *endurance* de preensão palmar (TFPP e TEPP). O TEPP foi realizado com 50% do valor obtido no TFPP, com cadência de 20 contrações/min, e o tempo de *endurance* (TE) foi determinado. O 6PBRT foi realizado duas vezes. **Resultados:** Foram observadas diferenças estatísticas entre os grupos para TE e desempenho no 6PBRT, com valores do GDPOC inferiores ao GC. As correlações entre a maioria das variáveis de composição corporal com o desempenho no 6PBRT foram moderadas (de -0,36 a -0,43; p <0,05) para a GDPOC, e forte

---

correlação (0,67;  $p < 0,05$ ) foi observada entre TE com o desempenho no 6PBRT no GDPOC. O TE e a massa magra dos membros superiores (MMSS) explicaram 54% da variância no 6PBRT. **Conclusão:** O desempenho no 6PBRT parece estar mais relacionado com a *endurance* muscular do que com a força muscular dos MMSS em indivíduos com DPOC. Além disso, o peso do membro superior parece prejudicar o desempenho do teste.

**Palavras-chave:** doença pulmonar obstrutiva crônica, extremidade superior, dinamometria de força muscular, composição corporal, teste de exercício.

### ABSTRACT

**Purposed:** Arm function can be assessed by the six-minute pegboard and ring test (6PBRT), and hand grip strength and endurance, body composition and anthropometry variables may offer additional information to improve its interpretation. Therefore, the aim of this study is to verify if hand grip strength and endurance, body composition and anthropometry variables influence the performance in 6PBRT in COPD subjects.

**Methods:** Thirty-three subjects with COPD ( $FEV_1$ :  $44 \pm 26.5$  % predicted;  $67.3 \pm 7.7$  years) composed COPD group (COPDG) and thirty-two healthy controls ( $67.9 \pm 7.7$  years) composed control group (CG). Both groups were submitted to assessment of anthropometry variables, body composition by the dual-energy X-ray absorptiometry, hand grip strength and endurance tests (HGST and HGET). The HGET was performed with 50% of HGST score, with cadence of 20 contractions/min, and the endurance time (ET) was determined. The 6PBRT was also performed twice.

**Results:** Statistical differences were observed between groups for ET and the performance in the 6PBRT, with COPDG values lower than CG. The correlations between the majority of body composition variables with the performance in 6PBRT were moderate (from -0.36 to -0.43;  $p < 0.05$ ) for COPDG, and strong correlation (0.67;  $p < 0.05$ ) were observed between ET with the performance in 6PBRT in COPDG. The ET and upper limbs (UL) lean mass explained 54% of the variance in the 6PBRT. **Conclusion:** The performance in the 6PBRT seems to be more related to UL muscle endurance than to UL muscle strength in people with COPD. Additionally, the upper limb weight seems to impair the performance of the test.

---

---

**Keywords:** chronic obstructive pulmonary disease, upper extremity, muscle strength dynamometry, body composition, exercise test.

## INTRODUÇÃO

Sabe-se que os indivíduos com DPOC geralmente apresentam uma perda significativamente maior da função muscular dos membros inferiores quando comparados aos membros superiores (MMSS) (1), ou seja, apresentam menor dificuldade para as atividades de MMSS, pois tanto a estrutura quanto a função são relativamente preservadas devido ao seu uso em atividades da vida diária (AVD) (2, 3). Entretanto, indivíduos com DPOC relatam frequentemente dificuldade em realizar atividades de MMSS (4), especialmente atividades de braço sem apoio (3) (5). Sabe-se também que eles reduzem o uso de atividades de MMSS para evitar sintomas de dispneia e fadiga (4, 6)(7).

Por essa razão, há uma recomendação para a inserção do treinamento de MMSS em programas de reabilitação pulmonar (8, 9). No entanto, um programa de treinamento adequado e individualizado somente pode ser prescrito se forem utilizados métodos específicos para avaliar a capacidade funcional dessa população.

Assim, o *Six-Minute Pegboard and Ring Test* (6PBRT), desenvolvido por Celli et al. (10) e validado por Zhan et al. (11), tem como objetivo avaliar a função do braço em indivíduos com DPOC por meio de atividades sem apoio e ausência de carga. Sua validade já foi relatada (11), demonstrando capacidade de resposta (responsividade) aos programas de treinamento de resistido de MMSS (12), (13).

O 6PBRT mostrou-se ser inversamente relacionado à idade (14) e Zhan et al. (11) demonstraram que 50% da variância de desempenho no 6PBRT é explicada pelo volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF<sub>1</sub>) e pelo gênero. Além disso, há um estudo (12) que mostra que o desempenho neste teste está relacionado à força de flexão do ombro, mas outro estudo (15) mostrou que está relacionado à *endurance*, mas não à força, em indivíduos com DPOC.

Esses estudos mensuraram a força muscular utilizando um dinamômetro manual ou um dinamômetro estacionário (força muscular isocinética) (12), (15). No entanto, não existem estudos relacionados à preensão palmar, que pode ser um método fácil para aplicação na prática clínica, e que não reflete especificamente a força

---

---

muscular dos MMSS, mas de todo o corpo (16), e que também pode ser usada para avaliar a *endurance* muscular.

Dessa forma, é importante saber se o desempenho no 6PBRT é influenciado por outras variáveis, como força e *endurance* de preensão palmar, composição corporal e antropometria na população com DPOC, para oferecer informações adicionais para melhorar sua interpretação e, conseqüentemente, transferir os achados para prática clínica em reabilitação pulmonar.

Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar a relação das variáveis força e *endurance* de preensão palmar, composição corporal e antropometria com o desempenho no 6PBRT em indivíduos com DPOC. Hipotetizamos que haverá correlação positiva entre a força e *endurance* de preensão palmar, composição corporal e variáveis antropométricas com o desempenho no 6PBRT.

## MÉTODOS

### *Design e Amostra*

Este é um estudo transversal realizado no Laboratório de Espirometria e Fisioterapia Respiratória da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - São Paulo. A amostra foi de conveniência, composta por indivíduos de ambos os gêneros, com mais de 40 anos, com diagnóstico de DPOC de acordo com o GOLD (17), determinados pela espirometria pré e pós o uso de broncodilatador, foram avaliados neste estudo e compuseram o grupo DPOC (GDPOC). Os indivíduos do GDPOC foram recrutados pelo contato direto do pesquisador principal a partir de uma lista de pacientes disponível no Laboratório ou por encaminhamento de Pneumologistas locais. Para compor o grupo controle (GC), indivíduos saudáveis sem o diagnóstico de DPOC ou outra doença respiratória, com valores espirométricos basais normais, pareados por gênero e idade foram selecionados. Todos os indivíduos forneceram consentimento por escrito (Apêndice A). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Instituição (55591216.9.0000.5504) (Anexo B).

Os indivíduos com DPOC deveriam estar clinicamente estáveis, sem história de infecção ou exacerbação dos sintomas respiratórios por pelo menos dois meses antes do início da coleta de dados. Aqueles com outras doenças respiratórias,

---

cardiovasculares e musculoesqueléticas ou com sequelas neurológicas ou ortopédicas que impossibilitassem a realização dos testes ou incapazes de responder ao questionário foram excluídos. Aqueles com dificuldade de compreensão (pontuação <25 no questionário Mini-Exame do Estado Mental) e/ou aderência aos procedimentos do estudo, que faziam uso de oxigenoterapia domiciliar, hipertensão arterial sistêmica descontrolada ou usavam betabloqueadores também foram excluídos.

### **Protocolo Experimental**

As avaliações dos indivíduos foram realizadas em dois dias não consecutivos, no mesmo período do dia. No primeiro dia, foram realizadas as avaliações clínica, física e de composição corporal e os indivíduos foram submetidos ao teste de função pulmonar, teste de força de preensão palmar (TFPP) e teste de *endurance* de preensão palmar (TEPP). Ao final do primeiro dia, foi realizada a familiarização com o 6PBRT, padronizado a execução do teste por um minuto. No segundo dia, os indivíduos realizaram o 6PBRT.

Os indivíduos foram submetidos a um exame físico e anamnese, com coleta de antecedentes familiares, fatores de risco, hábitos de vida, histórico de intervenções cirúrgicas, avaliação da cognição pelo questionário Mini-exame do Estado Mental e avaliação física para identificar possíveis distúrbios musculoesqueléticos. Todos foram entrevistados pelo mesmo pesquisador, por meio do Teste de Avaliação da DPOC (CAT) (18, 19), para quantificar o impacto dos sintomas da DPOC, e do questionário internacional de atividade física (IPAQ) (20), para caracterizar a amostra. Eles foram classificados como sedentários, irregularmente ativos, ativos e muito ativos (20).

A massa corporal foi obtida em quilogramas (kg) e a estatura em metros (m), com uma balança antropométrica calibrada (Welmy<sup>®</sup>, modelo 110FF, São Paulo, SP, Brasil), e o índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo-se a massa corporal pela estatura ao quadrado ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

O comprimento do MS foi mensurado por uma fita métrica, com o sujeito posicionado em pé com as palmas voltadas para o lado da coxa e consistiu na medida resultante da distância entre a porção distal do acrômio à falange distal do terceiro dedo (21).

Técnicas de imagem da Absorciometria de Raios X de Dupla Energia (DXA), pelo equipamento foram realizadas (Série Discovery QDR®, S/N 88385, Hologic, Bedford, MA, EUA), para avaliação da massa corporal, massa gorda, massa magra e porcentagem de massa gorda para todo o corpo e para cada membro superior (MS) (22) (Figura 1). Um cálculo foi realizado dividindo a massa total do MS pela medida do comprimento do mesmo membro para obter uma nova variável que foi utilizada na análise (massa/comprimento braço esquerdo (MSE corrigido) e massa/comprimento braço direito (MSD corrigido)). Foi padronizado que todos os indivíduos ficassem em jejum por pelo menos 4 horas para realização das imagens.

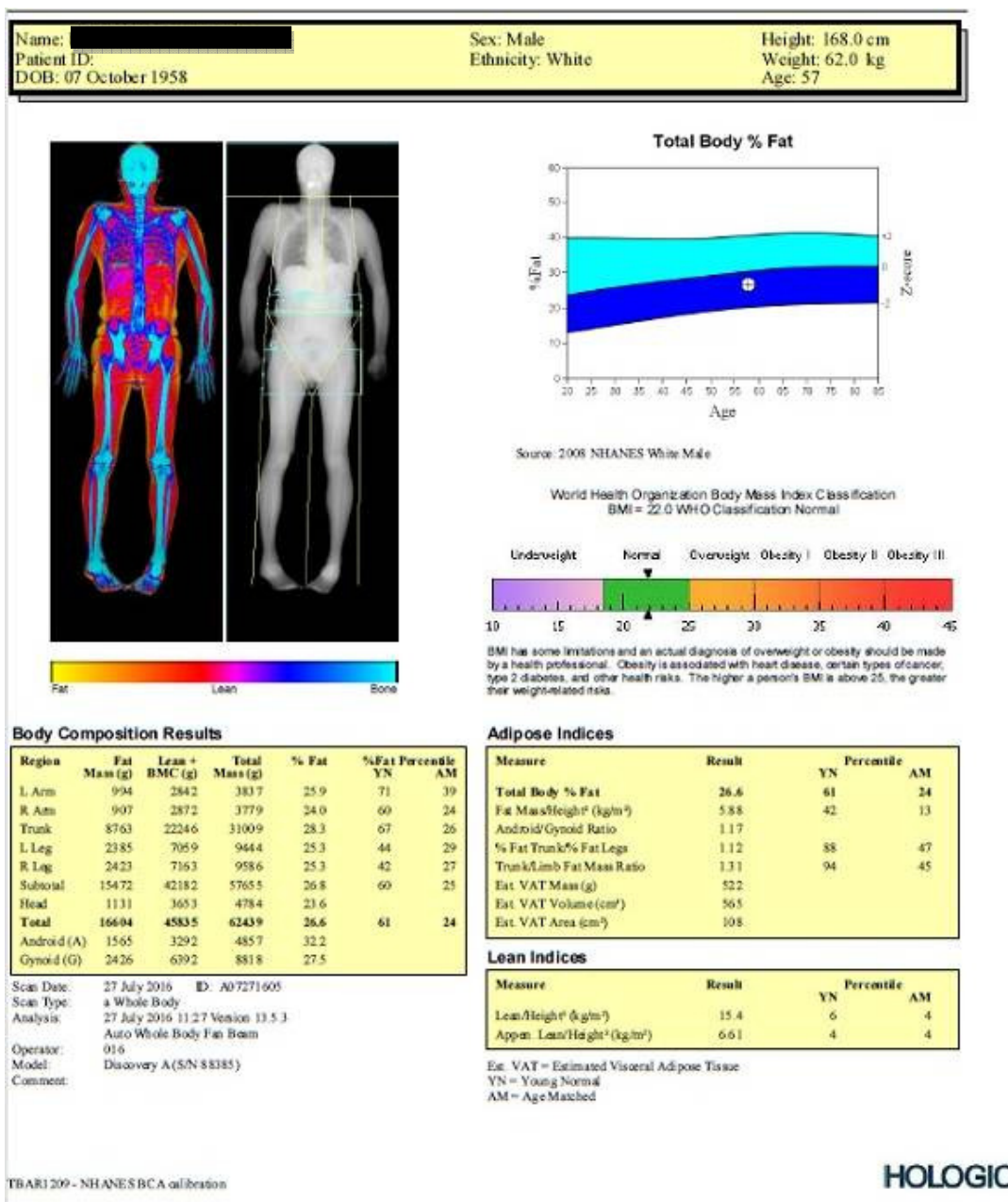


Figura 1. Exame de absorciometria de raios X de dupla energia (DXA).



A espirometria foi realizada no GC para confirmar a ausência de distúrbios respiratórios por meio de um espirômetro portátil (Easy One<sup>®</sup>, nnd Medical, Zurique, Suíça), de acordo com os padrões da *American Thoracic Society/European Respiratory Society* (ATS/ERS) (23). Os valores obtidos foram comparados com os previstos de acordo com Pereira et al. (24). Os indivíduos do GDPOC já haviam realizado espirometria prévia por um pneumologista.

O TFPP foi avaliado por um dinamômetro hidráulico manual, tipo JAMAR (modelo SAEHAN<sup>®</sup> Hydraulic Hand Dynamometer, Masan 630-728 KOREA). Foi realizado de acordo com as recomendações da *American Society of Hand Therapists* (ASHT) (25). Os indivíduos permaneceram sentados, sem apoio de braço, pés apoiados no chão, ombro aduzido, cotovelo fletido a 90° e antebraço em posição neutra. Após o comando verbal, realizaram contração isométrica voluntária máxima do membro dominante. Três medidas foram obtidas, com um intervalo de um minuto entre elas. O valor médio entre as três medidas foi considerado para análise.

O TEPP foi avaliado com os indivíduos na mesma posição descrita para o TFPP. No entanto, foi realizado em frente a um espelho, a fim de fornecer *feedback* para os indivíduos (Figura 2). Eles realizaram vinte movimentos de preensão palmar por minuto, com uma cadência determinada por um metrônomo, atingindo 50% da força voluntária máxima obtida no TFPP e o tempo máximo, em segundos, que os indivíduos toleraram a execução das contrações foi cronometrado (tempo de *endurance* - TE) (26).



**Figura 2.** Teste de *endurance* de preensão palmar (TEPP).  
Fonte: propriedade dos autores.

---

O 6PBRT foi realizado com um quadro contendo quatro pinos, dois deles posicionados ao nível dos ombros dos indivíduos e os outros dois 20 cm acima. Dez argolas foram colocadas em cada pino inferior (Figura 3). Os indivíduos foram posicionados sentados em uma cadeira com apoio para coluna e pés apoiados no chão em frente ao quadro e foram instruídos a mover uma argola de cada vez com as duas mãos (uma de cada lado) do pino inferior para o pino superior. Quando as vinte argolas foram movidas dos pinos inferiores aos pinos superiores, eles deveriam retornar aos pinos inferiores e o mesmo foi feito sucessivamente por seis minutos (12).



**Figura 3.** Quadro (*Pegboard and ring test*).  
Fonte: propriedade dos autores.

O número de argolas movidas durante seis minutos foi considerado o desempenho do teste. Dois testes foram realizados com um intervalo de repouso de 30 minutos entre eles, e os dois testes foram considerados para análise. O deslocamento das argolas foi realizado com cadência livre pelos próprios indivíduos, sendo permitidas pausas durante o teste, porém, mantendo o cronômetro ativado. Incentivo verbal foi fornecido aos indivíduos durante cada minuto do teste seguindo a padronização da ATS. Todos os testes foram realizados com o mesmo avaliador no comando.

### **Análise Estatística**

Para análise estatística, o programa utilizado foi o *Statistical Package for Social Science Software* (SPSS 17.0). A distribuição dos dados foi verificada pelo teste de *Shapiro-Wilk* e o teste de *Levenne* foi realizado para verificar a homogeneidade da

---

amostra. Os valores foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão ou mediana (intervalo interquartilico), respeitando a normalidade dos dados.

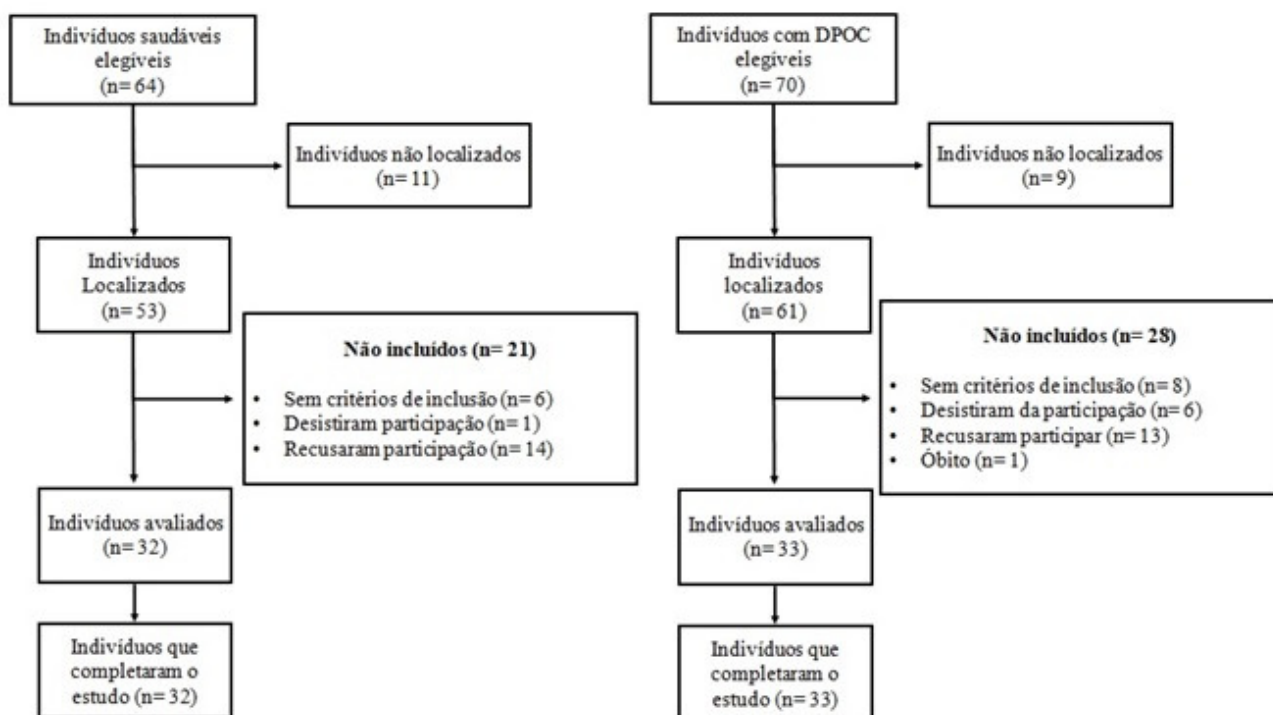
Para comparação entre os grupos, utilizou-se o teste t independente para variáveis paramétricas ou o teste U de *Mann-Whitney* para variáveis não paramétricas. Para analisar a diferença entre o primeiro e o segundo 6PBRT, o teste t pareado foi utilizado para analisar a variância intragrupo para as variáveis com distribuição paramétrica e para as distribuições não paramétricas foi utilizado o teste de *Wilcoxon*. Para analisar as diferenças entre os grupos quanto ao nível de atividade física, foi realizado o teste qui-quadrado.

Os coeficientes de correlação de *Pearson* ou *Spearman* foram utilizados para avaliar as correlações para variáveis paramétricas e não paramétricas, respectivamente. A força das correlações foi classificada da seguinte forma: coeficientes entre 0 e 0,20 foram considerados sem importância, entre 0,21 e 0,35 fracos; entre 0,36 e 0,50 moderado e maior que 0,50 forte (27). O nível de significância adotado foi de 5%.

Em seguida, foi realizada uma análise de regressão linear múltipla *stepwise* das variáveis correlacionadas, a fim de encontrar a variável independente que determina o desempenho do 6PBRT e o melhor teste (Melhor-6PBRT) foi considerado variável dependente.

## RESULTADOS

Trinta e três indivíduos com DPOC e trinta e dois indivíduos saudáveis completaram dois dias de avaliação e foram incluídos na análise (Figura 4). As características dos indivíduos estão resumidas na Tabela 1. Não foram observadas diferenças entre os grupos em nenhuma dessas variáveis, exceto nas variáveis espirométricas.



**Figura 4.** Fluxograma do estudo.

**Tabela 1.** Características demográficas, antropométricas, espirométricas e nível de atividade física dos indivíduos avaliados.

Variáveis	GC (n = 32)	GDPOC (n=33)	Valor de p
Idade (anos)	67,9 ± 7,7	67,3±7,7	0,87
Gênero (Masculino/Feminino)	20/12	21/12	
Estatura (m)	1,64 (0,09)	1,68 (0,1)	0,91
Massa corporal (kg)	74,3 ± 14,7	72,8 ± 17,6	0,72
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27,4 ± 3,8	26,9 ± 5,1	0,88
Comprimento do MSE (cm)	73,3 ± 4,8	74,1 ± 6,5	0,98
Comprimento do MSD (cm)	73,5 ± 4,6	74,03 ± 6,6	0,76
MSE corrigido (gramas/cm)	57,6 ± 10,2	54,4 ± 11,2	0,45
MSD corrigido (gramas/cm)	59,3 ± 10,5	57,9 ± 11,9	0,86
VEF <sub>1</sub> (L)	2,43 ± 0,61	1,19 ± 0,49	<0,001*
CVF (L)	3,12 ± 0,7	2,12 ± 0,74	<0,001*
VEF <sub>1</sub> /CVF	0,77 ± 0,05	0,56 ± 0,11	<0,001*
VEF <sub>1</sub> (% pred)	83,5 (18,5)	44 (26,5)	<0,001†
CVF (% pred)	88,0 ± 13,0	59,4 ± 15,0	<0,001*
<b>IPAQ (Número de indivíduos)</b>			0,25

Muito ativo	0	1
Ativo	19	15
Irregularmente ativo A	7	5
Irregularmente ativo B	6	9
Sedentário	0	3
<b>CAT (pontos)</b>	-	14

Os dados estão apresentados como média  $\pm$  desvio padrão e mediana (intervalo interquartilico).

IMC: índice de massa corporal; MSE: membro superior esquerdo; MSD: membro superior direito; MSE corrigido: massa do MSE dividida pelo comprimento do MSE; MSD corrigido: massa do MSD dividida pelo comprimento do MSD; VEF<sub>1</sub>/CVF: relação entre VEF<sub>1</sub> e CVF; IPAQ: questionário internacional de atividade física; CAT: teste de avaliação da DPOC.

\*Test t independente,  $p < 0,05$ . † Teste U de *Mann-Whitney*,  $p < 0,05$ .

A Tabela 2 apresenta as características de composição corporal, variáveis de preensão palmar e desempenho no 6PBRT para ambos os grupos. Diferenças estatísticas foram observadas entre os grupos para TE e desempenho (número de argolas) no 6PBRT (primeiro teste: 1, segundo teste: 2 e melhor teste), com os valores do GDPOC menores que o GC. Melhor desempenho também foi observado no segundo teste (6PBRT-2) quando comparado ao primeiro teste (6PBRT-1) para ambos os grupos (Tabela 2). No entanto, para variáveis de preensão palmar e todas as variáveis de composição corporal, não foram encontradas diferenças estatísticas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Características antropométricas e de composição corporal, variáveis de preensão palmar e desempenho no 6PBRT dos indivíduos avaliados.

Variáveis	GC (n = 32)	GDPOC (n=33)	Valor de p
<b>Variáveis antropométricas</b>			
Massa/comprimento MSE (g/cm)	57,6 $\pm$ 10,2	54,4 $\pm$ 11,2	0,45
Massa/comprimento MSD (g/cm)	59,3 $\pm$ 10,5	57,9 $\pm$ 11,9	0,86
<b>Composição corporal</b>			
Massa total (Kg)	74,6 $\pm$ 14,7	72,8 $\pm$ 17,5	0,66
Massa gorda total (Kg)	25,8 $\pm$ 8,6	24,7 $\pm$ 7,5	0,91
Massa magra total (Kg)	46,6 $\pm$ 9,2	46,0 $\pm$ 12,0	0,59
Massa total MSE (Kg)	4,2 $\pm$ 1,0	4,0 $\pm$ 1,0	0,54

Massa gorda MSE (Kg)	1,5 ± 0,5	1,4 ± 0,4	0,82
Massa magra MSE (Kg)	2,5 ± 0,7	2,4 ± 0,7	0,47
Massa total MSD (Kg)	4,4 ± 1,0	4,3 ± 1,0	0,71
Massa gorda MSD (Kg)	1,4 ± 0,4	1,4 ± 0,4	0,90
Massa magra MSD (Kg)	2,7 ± 0,7	2,6 ± 0,8	0,53
Massa total MMSS (Kg)	8,6 ± 2,0	8,3 ± 2,0	0,62
Massa gorda MMSS (Kg)	3,0 ± 1,0	2,8 ± 0,8	0,96
Massa Magra MMSS (Kg)	5,3 ± 1,4	5,1 ± 1,5	0,50
<b>Preensão Palmar</b>			
TFPP (Kgf)	27,8 ± 8,4	29,6 ± 8,1	0,70
TEPP (Kgf)	13,9 ± 4,2	14,8 ± 4,07	0,71
TE (seg)	9,2 (8,6)	7,35 (8,9)	0,02†
<b>6PBRT</b>			
1 (número de argolas)	320 (61)	272 (80)	<0,001†
2 (número de argolas)	342 (82)‡	309 (111)‡	<0,001†
Melhor (número de argolas)	351,1 ± 58,4	294,0 ± 60,4	<0,001*

Os dados estão apresentados como média ± desvio padrão e mediana (intervalo interquartilico). MSE: membro superior esquerdo; MSD: membro superior direito; MMSS: membros superiores; TFPP: teste de força de preensão palmar; TEPP: teste de *endurance* de preensão palmar; TE: tempo de *endurance*; 6PBRT1/2/Melhor: *six-minute pegboard and ring test* - teste 1/2/Melhor.

\*Test t independente,  $p < 0,05$ . † Teste U de *Mann-Whitney*,  $p < 0,05$ . ‡ Teste de *Wilcoxon*,  $p < 0,05$  (entre teste 1 e 2).

As correlações entre a maioria das variáveis de composição corporal e o desempenho no 6PBRT foram moderadas (de -0,36 a -0,43) ( $p < 0,05$ ) para o GDPOC, exceto para as variáveis de massa total do MS direito, massa magra total e massa total que foram fracas (-0,35) ( $p < 0,05$ ). Para o GC, a única variável de composição corporal que apresentou correlação fraca foi a massa magra total (-0,35) (Tabela 3).

Fortes correlações foram observadas entre o TE com o desempenho no 6PBRT-1, 2 e Melhor no GDPOC, com valores de 0,67, 0,60 e 0,63, respectivamente ( $p < 0,05$ ). O GC não apresentou correlação entre essas variáveis ( $p > 0,05$ ) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Correlações entre desempenho no 6PBRT e preensão palmar, composição corporal e variáveis antropométricas para o GDPOC e o GC.

	Número de argolas – desempenho					
	6PBRT-1 (r / p)		6PBRT-2 (r / p)		6PBRT-Melhor (r / p)	
	GDPOC	GC	GDPOC	GC	GDPOC	GC
	Variáveis antropométricas					
Massa/comprimento MSE	-0,397 / 0,027†	-0,048 / 0,803	-0,427 / 0,019†	-0,154 / 0,418	-0,436 / 0,014*	-0,120 / 0,527
Massa/comprimento MSD	-0,366 / 0,043†	-0,107 / 0,582	-0,371 / 0,044†	-0,217 / 0,250	-0,365 / 0,043*	-0,193 / 0,306
	Variáveis de composição corporal					
Massa magra MSE	-0,383 / 0,030†	-0,177 / 0,342	-0,420 / 0,019†	-0,299 / 0,096	-0,403 / 0,022*	-0,243 / 0,180
Massa total MSE	-0,412 / 0,019†	-0,043 / 0,817	-0,427 / 0,017†	-0,181 / 0,321	-0,436 / 0,013*	-0,149 / 0,415
Massa magra MSD	-0,363 / 0,041†	-0,203 / 0,273	-0,361 / 0,046†	-0,333 / 0,063	-0,337 / 0,060	-0,279 / 0,122
Massa total MSD	-0,343 / 0,055	-0,065 / 0,728	-0,311 / 0,089-	-0,209 / 0,252	-0,353 / 0,048*	-0,180 / 0,324
Massa magra MMSS	-0,373 / 0,035†	-0,191 / 0,303	-0,385 / 0,032†	-0,318 / 0,076	-0,374 / 0,035*	-0,263 / 0,146
Massa total MMSS	-0,392 / 0,027†	-0,055 / 0,771	-0,384 / 0,033†	-0,196 / 0,282	-0,401 / 0,023*	-0,166 / 0,365
Massa magra total	-0,309 / 0,085	-0,184 / 0,321	-0,331 / 0,069	-0,354 / 0,047*	-0,353 / 0,048*	-0,292 / 0,105
Massa total	-0,301 / 0,095	-0,068 / 0,718	-0,304 / 0,097	-0,209 / 0,251	-0,355 / 0,046*	-0,185 / 0,312
	Variáveis de preensão palmar					
TFPP	-0,008 / 0,964	-0,323 / 0,082	-0,006 / 0,976	-0,335 / 0,066	-0,017 / 0,928	-0,335 / 0,065
TE	0,673 / 0,000†	-0,338 / 0,067	0,606 / 0,000†	-0,253 / 0,171	0,634 / 0,00†	-0,250 / 0,175

---

---

MSE: membro superior esquerdo; MSD: membro superior direito; MMSS: membros superiores; 6PBRT1/2/Melhor: *six-minute pegboard and ring test - test 1/2/Melhor*. TFPP: teste de força de preensão palmar; TE: tempo de *endurance*.

\*Correlação de *Pearson*, † Correlação de *Spearman*, (r),  $p < 0,05$ .



O modelo de regressão linear *stepwise* gerado mostrou que o TE e a massa magra dos MMSS são as melhores variáveis, entre todas aquelas que tiveram correlação, que explicam o desempenho no 6PBRT. Se houver um aumento do TE em uma unidade, o número de argolas aumentará em 8,4 e, se houver um aumento de 1 unidade na massa magra dos MMSS, o número de argolas diminuirá em 0,014 (Tabela 4). O TE e a massa magra dos MMSS explicaram 54% da variância no 6PBRT (Tabela 4).

**Tabela 4.** Relação do 6PBRT-Melhor com TE e massa magra dos MMSS em um modelo de regressão linear para o GDPOC.

	Beta	SE	IC 95%	Valor de p
Constante	300,580	28,94	241,373 to 359,788	<0,001
TE	8,335	1,653	4,955 to 11,715	<0,001
Massa magra dos MMSS	-0,14	0,005	-0,024 to -0,004	0,007
$R^2 = 0,542$ (p<0,005)				

IC 95%: Intervalo de confiança de 95%. TE: tempo de *endurance*; MMSS: membros superiores.

## DISCUSSÃO

Os principais resultados obtidos no presente estudo foram forte correlação positiva obtida entre o TE com o desempenho no 6PBRT e correlações negativas moderadas entre as variáveis de composição corporal com o desempenho no 6PBRT no GDPOC. Esses achados foram hipotetizados neste estudo, exceto as correlações negativas obtidas. Além disso, o TE e a massa magra dos MMSS explicaram 54% da variância no 6PBRT.

O 6PBRT é uma das várias ferramentas disponíveis para medir a capacidade de exercício dos MMSS(6), principalmente na população com DPOC. Observamos que indivíduos com DPOC tiveram pior desempenho no 6PBRT quando comparados ao GC, conforme descrito por Zhan et al. (11). Em comparação com estudos anteriores, os indivíduos com DPOC do presente estudo obtiveram números semelhantes de argolas movidas no 6PBRT (9, 13, 15).

---

---

A disfunção muscular periférica contribui para a intolerância ao exercício na DPOC e sabe-se que a disfunção muscular periférica não é uniforme nessa população (28), pois pode ter força muscular de MMSS relativamente preservada ou mantida, como observado no TFPP (28). Nossos resultados estão de acordo com esses achados e demonstram que os valores de TFPP não foram menores em nossa amostra de indivíduos com DPOC do que em indivíduos saudáveis.

Entretanto, em nosso estudo, ambos os grupos apresentaram valores de TFPP menores do que os apresentados em dois estudos (29, 30), provavelmente devido à maior idade da nossa amostra, bem como à inclusão de mulheres.

Além disso, não houve correlação entre o TFPP e o desempenho no 6PBRT. Esse resultado pode ser explicado pela mecânica de realização do teste, que requer a manutenção dos MMSS acima do nível da cintura escapular, exigindo *endurance* muscular para manter o movimento, ao invés de força muscular propriamente dita. Esse achado corrobora aos que Ohara et al. (31) descobriram para indivíduos adultos jovens saudáveis. No entanto, não corrobora com Felisberto et al. (32) que verificaram em estudo recente uma forte correlação entre o TFPP e o desempenho no 6PBRT, porém a amostra foi composta por indivíduos com DPOC em fase de exacerbação aguda e os indivíduos do presente estudo encontravam-se em uma fase estável da doença.

Nyberg et al. (15) também não encontraram correlações positivas significativas entre a força muscular e o 6PBRT. E como no presente estudo, eles encontraram uma correlação significativa entre a *endurance* muscular e o 6PBRT. Além disso, verificou-se que os indivíduos com DPOC apresentaram menores valores de TE quando comparados com o GC, assim como em estudo anterior (29) que realizou um teste de *endurance* com força-alvo determinada ( $50\% \pm 5\%$ ) de força máxima para cada sujeito. O TE foi a principal variável que explicou diretamente o desempenho no teste.

O TEPP realizado neste estudo foi uma adaptação do teste descrito por Jardim et al. (26). A presença de metrônomo e a realização em frente ao espelho foram os fatores adicionados. A realização de contrações sucessivas justifica a escolha deste teste, pois requer a manutenção de 20 contrações por minuto. O 6PBRT é realizado por cadência auto-passada e o teste descrito por Jardim e colaboradores é mais semelhante com o 6PBRT do que outros testes de resistência de

---

---

preensão palmar já descritos na literatura (29, 33). A semelhança é justificada pelos sucessivos movimentos de flexão de ombro e de cotovelo requeridos no 6PBRT (12).

A massa muscular é importante para a força muscular, mas na população idosa as alterações na massa muscular associadas à idade explicam menos de 5% da variância na alteração da força muscular (34). Estes resultados mostram que a função dos MMSS está mais relacionada com a *endurance* muscular do que a força muscular dos MMSS. Sendo assim, é necessário melhorar a *endurance* dos músculos dos MMSS e essa informação pode ser importante para o tratamento desses indivíduos.

A correlação negativa entre a massa magra e o 6PBRT para o GDPOC pode ser justificada, pois ter braços grandes e pesados pode ser uma desvantagem para a realização do 6PBRT, que requer uma posição estática sem apoio de flexão do ombro. Nyberg et al. (15) acreditam que essa é a justificativa mais apropriada e investigamos que as medidas de composição dos MMSS ajudam a destacar os resultados obtidos.

A posição dos MMSS para realizar o 6PBRT provavelmente promove sobrecarga nos músculos acessórios da respiração, que estão envolvidos tanto na função de suporte postural quanto na ventilação, assim como a sobrecarga adicional imposta ao diafragma e músculos respiratórios devido à desvantagem mecânica causada pela hiperinflação dinâmica (2).

As implicações clínicas de nossos achados estão relacionadas com a importância de avaliar a *endurance* muscular dos MMSS pelo 6PBRT porque este teste explica melhor a função do braço de indivíduos com DPOC e pode ser importante para a terapêutica quando os objetivos são melhorar a capacidade física de AVD destes indivíduos.

Existem algumas limitações neste estudo. Em primeiro lugar, nossa amostra foi composta por indivíduos com DPOC de todas as classificações de limitação ao fluxo aéreo (leve-muito grave), mas a maioria com DPOC moderada a grave e a minoria com indivíduos leves e muito-graves, o que pode ter influenciado nos valores obtidos. Além disso, nossa amostra foi de conveniência, o que não garante a validade externa de nossos achados. Para aumentar a aplicabilidade do 6PBRT, seria necessário investigar nas diferentes classificações da doença. Finalmente, nossos indivíduos realizaram o 6PBRT duas vezes, mas, de acordo com Lima et al. (35), mais de dois testes são necessários para obter o melhor desempenho dos participantes.

---

---

## CONCLUSÃO

O desempenho no 6PBRT parece estar mais relacionado com a *endurance* muscular do que com a força muscular dos MMSS em indivíduos com DPOC. Além disso, o peso do membro superior parece prejudicar o desempenho no teste.

## REFERÊNCIAS

1. Castagna O, Boussuges A, Vallier JM, Prefaut C, Brisswalter J. Is impairment similar between arm and leg cranking exercise in COPD patients? *Respiratory medicine*. 2007 Mar;101(3):547-53. PubMed PMID: 16890417.
2. Panka GF, Oliveira MM, Franca DC, Parreira VF, Britto RR, Velloso M. Ventilatory and muscular assessment in healthy subjects during an activity of daily living with unsupported arm elevation. *Revista brasileira de fisioterapia*. 2010 Jul-Aug;14(4):337-44. PubMed PMID: 20949234.
3. Miranda EF, Malaguti C, Dal Corso S. Peripheral muscle dysfunction in COPD: lower limbs versus upper limbs. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2011;37:380-8.
4. Dolmage TE, Janaudis-Ferreira T, Hill K, Price S, Brooks D, Goldstein RS. Arm elevation and coordinated breathing strategies in patients with COPD. *Chest*. 2013 Jul;144(1):128-35. PubMed PMID: 23370697.
5. Velloso M, Jardim JR. Functionality of patients with chronic obstructive pulmonary disease: energy conservation techniques. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2006 Nov-Dec;32(6):580-6. PubMed PMID: 17435910.
6. Janaudis-Ferreira T, Beauchamp MK, Goldstein RS, Brooks D. How should we measure arm exercise capacity in patients with COPD? A systematic review. *Chest*. 2012 Jan;141(1):111-20. PubMed PMID: 21659430.
7. Tangri S, Woolf CR. The breathing pattern in chronic obstructive lung disease during the performance of some common daily activities. *Chest*. 1973 Jan;63(1):126-7. PubMed PMID: 4684100.
8. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, ZuWallack R, Nici L, Rochester C, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2013 Oct 15;188(8):e13-64. PubMed PMID: 24127811.
9. Takeda K, Kawasaki Y, Yoshida K, Nishida Y, Harada T, Yamaguchi K, et al. The 6-minute pegboard and ring test is correlated with upper extremity activity of daily living in chronic obstructive pulmonary disease. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2013;8:347-51. PubMed PMID: 23901268. Pubmed Central PMCID: 3726300.
10. Celli BR, Rassulo J, Make BJ. Dyssynchronous breathing during arm but not leg exercise in patients with chronic airflow obstruction. *The New England journal of medicine*. 1986 Jun 5;314(23):1485-90. PubMed PMID: 3702963.

- 
11. Zhan S, Cerny FJ, Gibbons WJ, Mador MJ, Wu YW. Development of an unsupported arm exercise test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation*. 2006 May-Jun;26(3):180-7; discussion 8-90. PubMed PMID: 16738459.
  12. Janaudis-Ferreira T, Hill K, Goldstein RS, Wadell K, Brooks D. Relationship and responsiveness of three upper-limb tests in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Physiotherapy Canada Physiotherapie Canada*. 2013 Winter;65(1):40-3. PubMed PMID: 24381380. Pubmed Central PMCID: 3563375.
  13. Janaudis-Ferreira T, Hill K, Goldstein RS, Robles-Ribeiro P, Beauchamp MK, Dolmage TE, et al. Resistance arm training in patients with COPD: A Randomized Controlled Trial. *Chest*. 2011 Jan;139(1):151-8. PubMed PMID: 20724740.
  14. Lima VP, Almeida FD, Janaudis-Ferreira T, Carmona B, Ribeiro-Samora GA, Velloso M. Reference values for the six-minute pegboard and ring test in healthy adults in Brazil. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2018 May-Jun;44(3):190-4. PubMed PMID: 30043884. Pubmed Central PMCID: 6188694.
  15. Nyberg A, Tornberg A, Wadell K. Correlation between Limb Muscle Endurance, Strength, and Functional Capacity in People with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Physiotherapy Canada Physiotherapie Canada*. 2016;68(1):46-53. PubMed PMID: 27504047. Pubmed Central PMCID: 4961317.
  16. Wind AE, Takken T, Helders PJ, Engelbert RH. Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults? *European journal of pediatrics*. 2010 Mar;169(3):281-7. PubMed PMID: 19526369.
  17. Vogelmeier CF, Criner GJ, Martinez FJ, Anzueto A, Barnes PJ, Bourbeau J, et al. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Lung Disease 2017 Report: GOLD Executive Summary. *The European respiratory journal*. 2017 Mar;49(3). PubMed PMID: 28182564.
  18. Jones PW, Harding G, Berry P, Wiklund I, Chen WH, Kline Leidy N. Development and first validation of the COPD Assessment Test. *The European respiratory journal*. 2009 Sep;34(3):648-54. PubMed PMID: 19720809.
  19. da Silva GPF, Morano MTAP, Viana CMA, Magalhães CBA, Pereira EDB. Validação do Teste de Avaliação da DPOC em português para uso no Brasil. *J Bras Pneumol* 2013;39:402-8.
  20. Matsudo S, Araujo T, Matsudo V, Andrade D, Andrade E, Oliveira LC. Questionário internacional de atividade física (IPAC): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. *Rev Bras Ativi Fis Saúde*. 2001;6:5-18.
  21. Uzun O, Yeginoğlu G, Kalkışım ŞN, Öksüz CE, Zihni NB. Evaluation of upper extremity anthropometric measurements in terms of sex estimation. *Int J Res Med Sci* 2018;6(1):42-50.
  22. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and ageing*. 2010 Jul;39(4):412-23. PubMed PMID: 20392703. Pubmed Central PMCID: 2886201.
  23. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *The European respiratory journal*. 2005 Aug;26(2):319-38. PubMed PMID: 16055882.

- 
24. Pereira CA, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2007 Jul-Aug;33(4):397-406. PubMed PMID: 17982531.
  25. American Society of Hand Therapists. *Clinical assessment recommendations*. Chicago, 1992.
  26. Jardim JR, Camelier A, Dal Corso S, Rodrigues JE. Strength and endurance of the respiratory and handgrip muscles after the use of flunisolide in normal subjects. *Respiratory medicine*. 2007 Jul;101(7):1594-9. PubMed PMID: 17509852.
  27. Lacasse Y, Wong E, Guyatt G. A systematic overview of the measurement properties of the Chronic Respiratory Questionnaire. *Can Respir J*. 1997;43:131-9.
  28. Donaldson AV, Maddocks M, Martolini D, Polkey MI, Man WD. Muscle function in COPD: a complex interplay. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2012;7:523-35. PubMed PMID: 22973093. Pubmed Central PMCID: 3430120.
  29. Kovarik M, Joskova V, Patkova A, Koblizek V, Zadak Z, Hronek M. Hand grip endurance test relates to clinical state and prognosis in COPD patients better than 6-minute walk test distance. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2017;12:3429-35. PubMed PMID: 29238187. Pubmed Central PMCID: 5716330.
  30. Vilaro J, Rabinovich R, Gonzalez-deSusso JM, Troosters T, Rodriguez D, Barbera JA, et al. Clinical assessment of peripheral muscle function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2009 Jan;88(1):39-46. PubMed PMID: 18971770.
  31. Ohara DG, Melo CS, Dos Reis IMM, Jamami M. Functional capacity assessment of upper limbs in healthy young adult subjects. *Fisioter Mov*. 2017;30.
  32. Felisberto RM, de Barros CF, Nucci KCA, de Albuquerque ALP, Paulin E, de Brito CMM, et al. Is the 6-minute pegboard and ring test valid to evaluate upper limb function in hospitalized patients with acute exacerbation of COPD? *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2018;13:1663-73. PubMed PMID: 29861629. Pubmed Central PMCID: 5968800.
  33. Shah S, Nahar P, Vaidya S, Salvi S. Upper limb muscle strength & endurance in chronic obstructive pulmonary disease. *The Indian journal of medical research*. 2013 Oct;138(4):492-6. PubMed PMID: 24434255. Pubmed Central PMCID: 3868061.
  34. Clark BC, Manini TM. Sarcopenia  $\neq$  dynapenia. *The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences*. 2008 Aug;63(8):829-34. PubMed PMID: 18772470.
  35. Lima VP, Velloso M, Almeida FD, Carmona B, Ribeiro-Samora GA, Janaudis-Ferreira T. Test-retest reliability of the unsupported upper-limb exercise test (UULEX) and 6-min peg board ring test (6PBRT) in healthy adult individuals. *Physiotherapy theory and practice*. 2018 Jan 19:1-7. PubMed PMID: 29351493.

---

---

**Artigo Original****Respostas ventilatórias, metabólicas e cardiovasculares durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) em indivíduos com DPOC**

O presente estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

**RESUMO**

**Introdução:** Há pouca evidência na literatura em relação às respostas fisiológicas de atividades de MMSS sem apoio na população DPOC. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi verificar as respostas fisiológicas (ventilatórias, metabólicas e cardiovasculares) durante a atividade de MMSS sem apoio, representada pelo *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT), em indivíduos com DPOC. Adicionalmente, comparar essas respostas durante o 6PBRT com indivíduos saudáveis a fim de compreender a intolerância a esse tipo de exercício pelos indivíduos com DPOC.

**Métodos:** Vinte e oito indivíduos com DPOC ( $VEF_1$ :  $41,4 \pm 16,8\%$  do previsto;  $67,9 \pm 7,8$  anos; grupo DPOC - GDPOC) e 27 controles saudáveis ( $VEF_1$ :  $88,2 \pm 16,2\%$  do previsto;  $68,1 \pm 8,0$  anos; grupo controle - GC) foram avaliados. Ambos os grupos foram submetidos à avaliação da composição corporal pela absorciometria de dupla energia de raios X, prova de função pulmonar e o 6PBRT foi realizado com avaliação simultânea de análise de gases (variáveis ventilatórias e metabólicas), bem como obtenção de variáveis cardiovasculares, oximetria de pulso e sensação de dispneia e fadiga. **Resultados:** O GDPOC comparativamente ao GC: a) moveu um menor número de argolas durante o teste (GC:  $558,1 \pm 63,1$ ; GDPOC:  $293,6 \pm 59,5$  argolas), com maiores valores de demanda ventilatória ( $\dot{V}_E/VVM$  - %) (GC: 10 (8-12); GDPOC: 28 (13-21) %) e consumo de oxigênio por argola movida durante o teste (ml/min/kg) (GC: 0,39 (0,26-0,44); GDPOC: 0,46 (0,32-0,54) ml/argola) ( $p < 0,05$ ); b) apresentou maior valor de dispneia (GC: 0,5 (0,0-1,0); GDPOC: 0,25 (0,0-2,0)) e menor valor de  $SpO_2$  (GC: 97 (96-98); GDPOC: 92 (90,2-95,7) %) ao final do teste ( $p < 0,05$ ); apresentou o comportamento das variáveis ( $\dot{V}_E$ ,  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}O_2$ /Massa magra MMSS,  $\dot{V}CO_2$ /Massa magra MMSS e  $\dot{V}O_2$ /FC) de início lento e de maior magnitude. **Conclusão:** Os indivíduos com

---

---

DPOC apresentam maiores valores de demanda ventilatória e consumo de oxigênio por argola movida no 6PBRT. Além disso, as respostas metabólicas são maiores em magnitude, porém, aparentemente lentificadas no início do teste, quando comparadas com indivíduos saudáveis. Esses resultados podem justificar o menor desempenho apresentado pelos indivíduos com DPOC.

**Palavras-chave:** extremidade superior, teste de exercício, ventilação, consumo de oxigênio, dispneia.

### ABSTRACT

**Introduction:** The literature presents limited evidences regarding the physiological responses of unsupported upper limbs (UL) activities in COPD population. Thus, the aim of this study was to verify the physiological responses (ventilatory, metabolic and cardiovascular) during unsupported UL activities, represented by the six-minute pegboard and ring test (6PBRT), in subjects with COPD. Additionally, we compared these responses during 6PBRT with healthy subjects in order to understand the intolerance to this type of exercise by subjects with COPD. **Methods:** Twenty eight subjects with COPD (FEV<sub>1</sub>: 41.4 ± 16.8% predicted, 67.9 ± 7.8 years, COPD group - COPDG) and 27 healthy controls (FEV<sub>1</sub>: 88.2 ± 16.2% predicted; 68.1 ± 8.0 years; control group - CG) were assessed. Both groups were submitted to the assessed of body composition by dual energy X-ray absorptiometry, pulmonary function test and the 6PBRT was performed with simultaneous assess of gas analysis (ventilatory and metabolic variables), as well as obtaining cardiovascular variables, pulse oximetry and sensation of dyspnea and fatigue. **Results:** The COPDG in relation to CG: a) moved a lower number of rings during the test (CG: 558.1 ± 63.1; COPDG: 293.6 ± 59.5 rings), with higher values of ventilatory demand ( $\dot{V}E/MVV$  - %) (CG: 10 (8-12); COPDG: 28 (13-21) %) and oxygen uptake per ring moved during the test (ml/min/kg) (CG: 0.39 (0.26-0.44); COPDG: 0.46 (0.32-0.54) ml/argola) (p<0.05); b) presented higher dyspnea value (CG: 0.5 (0.0-1.0); COPDG: 0.25 (0.0-2.0)) and lower SpO<sub>2</sub> value (CG: 97 (96-98); COPDG: 92 (90.2-95.7) %) at the end of the test (p<0.05); presented a slow beginning and greater magnitude of behavior of the variables ( $\dot{V}E$ ,  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}O_2/UL$  lean mass,  $\dot{V}CO_2/UL$  lean mass and  $\dot{V}O_2/HR$ ). **Conclusion:** Subjects with COPD have higher values of ventilatory demand and oxygen uptake per ring moved in the 6PBRT. In



---

---

addition, the metabolic responses are larger in magnitude, however, apparently slowed at the beginning of the test, when compared with healthy subjects. These results may justify the lower performance presented by subjects with COPD.

**Key words:** upper extremity, exercise test, ventilation, oxygen uptake, dyspnea.

## INTRODUÇÃO

A intolerância ao exercício é o principal fator que causa incapacidade nos indivíduos com DPOC, sendo evidenciada inicialmente em atividades envolvendo os membros inferiores (MMII), visto que as atividades de vida diária (AVD) exigem mais dos membros superiores (MMSS) preservando sua estrutura e função, entretanto com a evolução da doença a função muscular dos MMSS também fica prejudicada (1, 2). Essa intolerância aparece durante AVD que envolvem MMSS, particularmente quando os braços permanecem sem apoio (suporte) e acima do nível dos ombros (3), uma vez que esse tipo de atividade provoca dispneia e fadiga em indivíduos com DPOC (4).

Os relatos da literatura inferem que a ocorrência dos sintomas de dispneia e fadiga nesse tipo de atividade tem relação com alterações na sincronia respiratória, com a ocorrência de hiperinsuflação pulmonar dinâmica, altas respostas cardiorrespiratórias, alta demanda metabólica e a própria disfunção muscular periférica (4-7).

O *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) é um teste validado para avaliar a função dos MMSS e reflete o desempenho nas AVD (3) em indivíduos com DPOC, inclusive evidenciando diferença na capacidade funcional com relação a indivíduos saudáveis (8). Entretanto, não é de nosso conhecimento, estudos que avaliem as respostas ventilatórias e metabólicas desse teste, a fim de explorar os mecanismos pelos quais os indivíduos com DPOC apresentam limitações e intolerância nessas atividades de MMSS sem apoio. Lima et al. (4) em uma revisão sistemática encontrou que há evidências limitadas em relação as respostas fisiológicas das atividades de MMSS nessa população.

Dessa forma, o objetivo desse estudo foi verificar as respostas fisiológicas (ventilatórias, metabólicas e cardiovasculares) durante a atividade de MMSS sem apoio, representada pelo 6PBRT, em indivíduos com DPOC. Adicionalmente, comparar essas respostas durante o 6PBRT com indivíduos saudáveis a fim de compreender a intolerância a esse tipo de exercício pelos indivíduos com DPOC.

---

---

## MÉTODOS

### *Design e Amostra*

Este estudo transversal foi realizado no Laboratório de Espirometria e Fisioterapia Respiratória da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - São Paulo. Indivíduos de ambos os gêneros, com mais de 40 anos, com diagnóstico de DPOC de acordo com o GOLD (9), determinados pela espirometria pré e pós o uso do broncodilatador, foram avaliados e compuseram o grupo DPOC (GDPOC). Indivíduos considerados saudáveis, sem o diagnóstico de DPOC ou outra doença respiratória, com valores espirométricos basais dentro da normalidade, pareados por gênero e idade foram selecionados para compor o grupo controle (GC). Todos os indivíduos forneceram consentimento por escrito (Apêndice A) e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Instituição (55591216.9.0000.5504) (Anexo B).

Os indivíduos com DPOC deveriam estar clinicamente estáveis, sem história de infecção ou exacerbação dos sintomas respiratórios por pelo menos dois meses antes do início das coletas de dados. Aqueles com outras doenças respiratórias, cardiovasculares e musculoesqueléticas ou com sequelas neurológicas ou ortopédicas que impossibilitassem a realização dos testes foram excluídos. Para o GC também foi adotada a exclusão daqueles com condições que impossibilitassem a realização dos testes.

### **Procedimento Experimental**

As avaliações foram realizadas em dois dias não consecutivos. No primeiro dia, os indivíduos foram submetidos a uma anamnese com coleta das informações de antecedentes familiares, fatores de risco, hábitos de vida, histórico de intervenções cirúrgicas e avaliação da cognição pelo questionário Mini-Exame do Estado Mental. No exame físico foram obtidas a massa corporal em quilogramas (kg) e a estatura em metros (m), com balança antropométrica calibrada (Welmy<sup>®</sup>, modelo 110FF, São Paulo, SP, Brasil), e o índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo-se a massa corporal pela estatura ao quadrado ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ). Além disso, imagens foram obtidas com o equipamento de Absorciometria de Raios-X de Dupla Energia (DXA) (Discovery QDR<sup>®</sup> Series, S/N 88385, Hologic, Bedford, MA, USA) devidamente calibrado, para obtenção da massa total, massa gorda e massa magra do corpo todo e de cada membro

---

superior (MS) dos indivíduos avaliados (10). Foi padronizado período de jejum de pelo menos 4 horas para todos os indivíduos antes da realização das medidas.

Também no primeiro dia os indivíduos foram submetidos à prova de função pulmonar (espirometria), que foi realizada no GC para confirmar a ausência de distúrbios respiratórios por meio do uso de um espirômetro portátil (Easy One<sup>®</sup>, ndd Medical, Zurique, Suíça), de acordo com os padrões da *American Thoracic Society/European Respiratory Society* (11). Três curvas tecnicamente aceitáveis foram obtidas para medidas de capacidade vital lenta (CVL), capacidade vital forçada (CVF) e ventilação voluntária máxima (VVM). Os valores obtidos foram comparados com os esperados de acordo com Pereira et al. (12). No GDPOC apenas realizamos medidas de VVM, pois os indivíduos já haviam realizado espirometria prévia por um pneumologista.

Ao final do primeiro dia, foi realizada a familiarização com o 6PBRT, padronizado a execução do teste por um minuto, visto que para a execução desse teste são necessários alguns movimentos coordenados.

No segundo dia, os indivíduos realizaram o 6PBRT. Durante o teste foi realizada a coleta dos gases expirados (variáveis ventilatórias e metabólicas) e obtidas variáveis cardiovasculares, oximetria de pulso e sensação de dispneia e fadiga. Nos dois dias de avaliação, os indivíduos foram solicitados a usar a medicação regular, sem interrupção.

#### *Six-minute pegboard and ring test (6PBRT)*

O 6PBRT foi realizado de acordo com Zhan et al. (8) e o número de argolas movidas durante os seis minutos foi obtido (Figura 1). Dois testes foram realizados com um intervalo de descanso de 30 minutos entre eles, mas o melhor dos dois (maior número de argolas) foi considerado para análise. Os indivíduos receberam frases de incentivo padronizadas a cada minuto do teste.



**Figura 1.** Realização do 6PBRT com análise de gases.  
Fonte: propriedade dos autores.

### *Variáveis Ventilatórias e Metabólicas*

As variáveis ventilatórias e metabólicas foram obtidas com um analisador de gases (VO2000 da MedGraphics<sup>®</sup>, St Paul, MN, USA), composto por um pneumotacógrafo bidirecional de baixo fluxo acoplado a uma máscara facial. O sistema mede micro-amostras de gases expirados pelo método de coleta de média a cada três respirações. Antes de cada teste, o equipamento foi automaticamente calibrado de acordo com as especificações do fabricante. Os dados produzidos foram digitalizados no computador e plotados em gráficos. Antes do início do teste, os indivíduos permaneceram na posição sentada no local do teste por um minuto, a fim de coletar as variáveis basais dos gases respiratórios. A coleta foi realizada durante um minuto em repouso na posição sentada e durante os seis minutos do PBRT. As seguintes variáveis foram registradas: ventilação minuto ( $\dot{V}E$ ), consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e produção de dióxido de carbono ( $\dot{V}CO_2$ ), que foram interpoladas linearmente segundo-a-segundo.

Os valores absolutos de  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}CO_2$  (L/min) fornecidos pelo analisador de gases foram transformados para ml/min. Em seguida, os valores de  $\dot{V}E$  (L/min),  $\dot{V}O_2$  (ml/min) e  $\dot{V}CO_2$  (ml/min) foram divididos pela massa magra dos MMSS (kg) avaliada pelo DXA e então calculadas novas variáveis  $\dot{V}O_2$ /Massa Magra MMSS e  $\dot{V}CO_2$ /Massa Magra MMSS (ml.kg.min). Um novo cálculo foi realizado multiplicando o delta da variável no sexto minuto do 6PBRT em relação ao minuto basal prévio ao teste (tanto para  $\dot{V}E$ ,  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}CO_2$ ), e a partir da obtenção desse valor de delta representativo do sexto minuto de teste, foi feita a multiplicação por 6 para ter o cálculo do teste como um

---

todo (seis minutos completos). Essa nova variável foi chamada de “CUSTO” da variável, ou seja, o que denominamos “CUSTO” de  $\dot{V}E$  (L), “CUSTO” de oxigênio consumido e “CUSTO” de gás carbônico produzido (ml/min) por massa magra dos MMSS (kg) para todo o teste.

Uma terceira variável foi calculada levando em consideração o “CUSTO” da variável ( $\dot{V}E$ ,  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}CO_2$ ) para cada argola movida durante o teste, dividindo pelo número de argolas movidas durante o 6PBRT.

Para as variáveis  $\dot{V}E$ ,  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}CO_2$ , FC,  $\dot{V}O_2/FC$  foram calculados deltas, entre o repouso e cada minuto do teste. A demanda ventilatória também foi calculada dividindo o valor de  $\dot{V}E$  pela VVM x 100 para expressar os dados em % ( $\dot{V}E/VVM - \%$ ).

#### *Variáveis Cardiovasculares, oximetria de pulso e escala de Borg*

O registro da frequência cardíaca (FC) foi realizado continuamente durante todo o teste por meio de um cardiofrequencímetro (Polar<sup>®</sup>, modelo RS800CX, Kempele, Oulu, Finland) e a pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), pelo método auscultatório, foram obtidas por meio de um esfigmomanômetro (BIC<sup>®</sup>, Itupeva, Brasil) e um estetoscópio (Littmann<sup>®</sup>, Elmhurst, IL, USA) antes e após a realização do teste. Os valores de saturação periférica de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) por meio de um oxímetro de pulso portátil (Nonin Medical<sup>®</sup>, Minneapolis, Mn, USA) e a sensação subjetiva de dispneia e fadiga de MMSS pela escala CR10 de Borg (13) também foram coletados antes e após o teste.

Posteriormente, os valores médios obtidos de  $\dot{V}O_2$  (ml/min) a cada minuto do teste foram divididos pelos valores médios de FC (bpm) para cálculo da variável pulso de oxigênio ( $\dot{V}O_2/FC$ ).

#### **Análise Estatística**

Para análise estatística, o programa utilizado foi o *Statistical Package for Social Science Software* (SPSS 17.0). O teste de *Kolmogorov-Smirnov* foi utilizado para verificar a distribuição dos dados e o teste de *Levenne* foi realizado para verificar a homogeneidade da amostra. Os valores foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão ou mediana (intervalo interquartil), de acordo com a normalidade dos dados.

---

O teste t de *Student* independente para variáveis paramétricas ou o teste U de *Mann-Whitney* para variáveis não paramétricas foram usados para comparar os grupos. Para analisar a diferença entre os minutos do 6PBRT (basal com sexto minuto, por exemplo), foi utilizado o teste t de *Student* pareado para variáveis com distribuição paramétrica e para distribuições não paramétricas foi utilizado o teste de *Wilcoxon*.

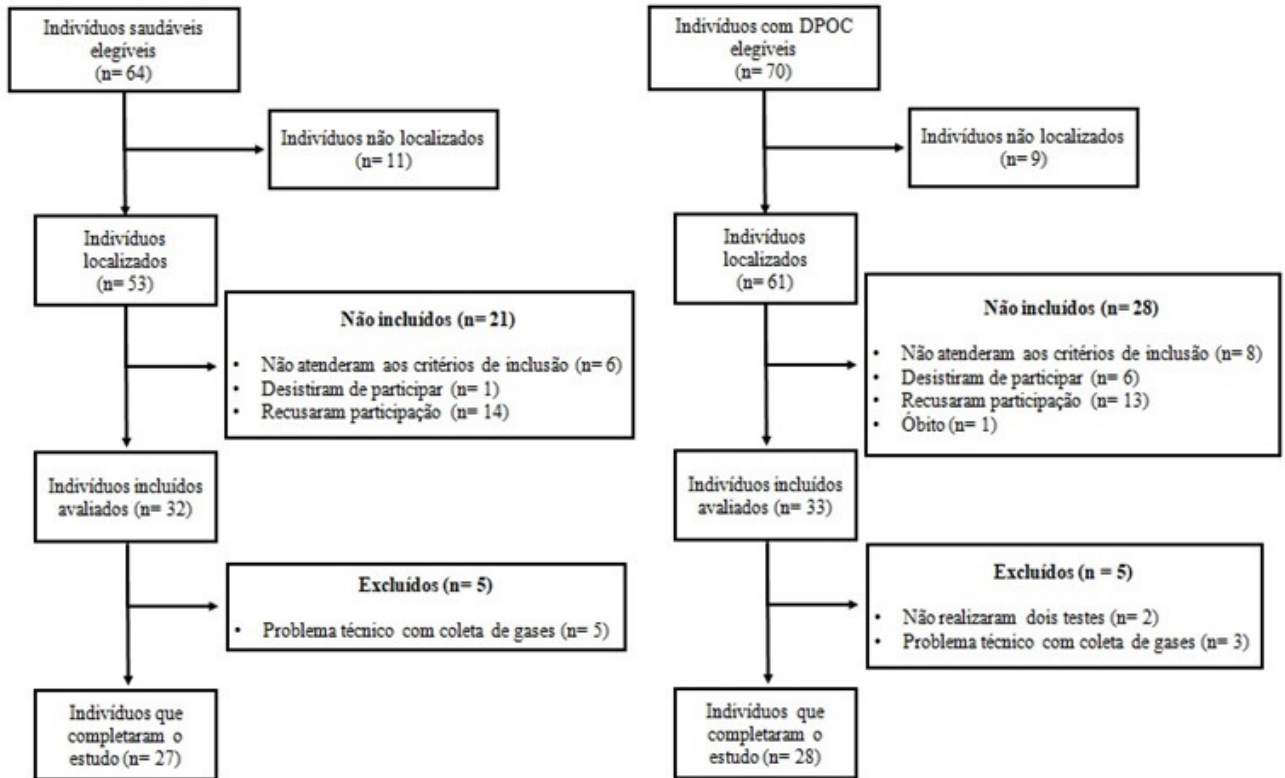
Duas variáveis ( $\dot{V}E/VVM$  e  $\Delta\dot{V}CO_2/\text{Massa Magra MMSS}$ ) mostraram distribuição não normal, indicado pelo teste de normalidade, foram transformadas em log. A distribuição das variáveis transformadas em log foi novamente verificada. Essa transformação foi utilizada nas análises posteriores e os valores reais estão disponíveis em material suplementar (Tabela S-1).

Subsequentemente, uma análise de variância (ANOVA) de duas vias com medidas repetidas foi aplicada para avaliar o efeito de dois fatores, que foram grupo (GDPOC e GC) e tempo (primeiro, segundo, terceiro, quarto, quinto e sexto minuto de teste – 6PBRT), assim como a interação entre grupo e tempo.

O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Para este estudo, 33 indivíduos diagnosticados com DPOC e 32 indivíduos saudáveis foram avaliados. No entanto, apenas 27 indivíduos com DPOC e 28 indivíduos saudáveis completaram dois dias de avaliação e foram incluídos na análise (Figura 2). As características demográficas, antropométricas e espirométricas dos indivíduos avaliados estão resumidas na Tabela 1. Não foram observadas diferenças entre os grupos em nenhuma dessas variáveis, exceto nas variáveis espirométricas (Tabela 1). De acordo com os critérios da GOLD, a distribuição foi: 1 indivíduo com obstrução leve; 05 obstrução moderada, 10 obstrução grave e 10 obstrução muito grave.



**Figura 2.** Fluxograma do desenho amostral do estudo.

Quanto ao desempenho no teste, para a maioria dos indivíduos avaliados o melhor teste (maior número de argolas) foi o segundo teste, sendo que apenas para dois indivíduos de cada grupo o primeiro teste foi o melhor. Além disso, observou-se que o desempenho no 6PBRT foi significativamente menor no GDPOC em relação ao GC (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características demográficas, antropométricas, espirométricas e desempenho no teste dos indivíduos avaliados.

Variáveis	GC (n = 27)	GDPOC (n=28)	Valor de p
Idade (anos)	68,1 ± 8,0	67,9 ± 7,8	0,93
Gênero (Masculino/Feminino)	9/18	10/18	
Estatura (m)	1,65 ± 0,1	1,62 ± 0,1	0,36
Massa (kg)	75,2 ± 14,6	71,9 ± 17,7	0,44
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27,5 ± 3,8	27,1 ± 5,2	0,73
VEF <sub>1</sub> (L)	2,44 ± 0,61	1,12 ± 0,49	<0,001*
VEF <sub>1</sub> (% prev)	88,2 ± 16,2	41,4 ± 16,8	<0,001*
CVF (L)	3,14 ± 0,7	2,02 ± 0,72	<0,001*
CVF (% prev)	88,3 ± 13,2	57,6 ± 15,4	<0,001*
VEF <sub>1</sub> /CVF	0,77 ± 0,05	0,55 ± 0,11	<0,001*
VVM (L/min)	104,6 (75,4 – 122,7)	37,8 (28,0 – 60,2)	<0,001†
VVM (% prev)	87,0 ± 20,4	40,4 ± 22,2	<0,001*
NA (6PBRT)	358,1 ± 63,1	293,6 ± 59,5	<0,001*

Os dados estão apresentados como média ± desvio padrão e mediana (intervalo interquartilico). IMC: índice de massa corporal; VEF<sub>1</sub>: volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF: capacidade vital forçada; VEF<sub>1</sub>/CVF: relação entre VEF<sub>1</sub> e CVF; VVM: ventilação voluntária máxima; NA: número de argolas no 6PBRT: *six-minute pegboard and ring test* (melhor valor).

\* Teste t independente, p <0,05; † teste U de *Mann-Whitney*, p <0,05.

A Tabela 2 descreve as variáveis metabólicas e ventilatórias no basal e no sexto minuto do 6PBRT para ambos os grupos. Diferenças entre os grupos foram observadas ao comparar todas as variáveis no basal com o sexto minuto, com menores valores no basal para o GC. Diferenças estatísticas foram observadas entre os grupos para  $\dot{V}E/VVM$  no basal e também no sexto minuto do 6PBRT, com maiores valores para o GDPOC (Tabela 2).



**Tabela 2.** Variáveis ventilatórias e metabólicas do GC e do GDPOC na condição basal e no último minuto do *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT).

Variáveis	GC (n = 27)		GDPOC (n=28)	
	Basal	Sexto Minuto	Basal	Sexto Minuto
FC (bpm)	67,9 ± 6,8	83,5 ± 9,1*	72,7 ± 1,0	84,6 ± 1,4*
$\dot{V}E$ (L/min)	6,0 (4,7 – 7,2)	9,3 (8,2 – 10,5)†	6,3 (5,3 – 8,1)	10,6 (7,8 – 12,8)†
$\dot{V}O_2$ (ml/min)	240 (170 – 280)	350 (310 – 430)†	220 (150 – 280)	430 (270 – 480)†
$\dot{V}O_2$ /Massa Magra MMSS (ml/min/kg)	45,2 (35,1 – 51,6)	66,3 (55,4 – 80,3)†	41,2 (32,0 – 50,1)	73,5 (56,0 – 107,9)†
$\dot{V}CO_2$ (ml/min)	160 (130 – 190)	270 (230 – 300)†	160 (110 – 210)	300 (190 – 360)†
$\dot{V}CO_2$ /Massa Magra MMSS (ml/min/kg)	30,9 (25,4 – 38,3)	54,2 (41,3 – 66,7)†	30,2 (22,7 – 44,2)	55,3 (40,8 – 74,5)†
$\dot{V}O_2$ /FC (ml/min)	3,47 ± 1,15	4,42 ± 0,95*	2,79 ± 2,04	4,12 ± 2,32*
$\dot{V}E$ /VVM (%)	6 (4 – 7)	10 (8 – 12)†	16 (13 – 21)‡	28 (17 – 36)†§

FC: frequência cardíaca;  $\dot{V}E$ : ventilação minuto;  $\dot{V}O_2$ : consumo de oxigênio; MMSS: membros superiores;  $\dot{V}CO_2$ : produção de dióxido de carbono; VVM: ventilação voluntária máxima;  $\dot{V}E$ /VVM: demanda ventilatória;  $\dot{V}O_2$ /FC: pulso de oxigênio.

\* Teste t Student pareado (entre o basal e o sexto minuto), p <0,05; † Teste de Wilcoxon (entre o basal e o sexto minuto), p <0,05; ‡ Teste U de Mann-Whitney (basal), p <0,05; § Teste U de Mann-Whitney (sexto minuto), p <0,05.

A Tabela 3 descreve as variáveis metabólicas e ventilatórias durante o 6PBRT para ambos os grupos. Houve diferença significativa entre o custo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ /Massa Magra MMSS (ml/kg/min), para cada argola movida durante o teste entre os grupos, sendo maior no GDPOC (Tabela 3).

**Tabela 3.** Diferenças entre o GC e o GDPOC para as variáveis ventilatórias e metabólicas durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT).

Variáveis	GC (n = 27)	GDPOC (n=28)	Valor de p
CUSTO $\dot{V}E$ (L)	21,9 ± 15,3	21,3 ± 10,5	0,858
CUSTO $\dot{V}E$ /NA (L/argola)	0,06 ± 0,04	0,08 ± 0,04	0,186
CUSTO $\dot{V}O_2$ (ml)	139,9 (112,2 – 207,3)	196,1 (100,7 – 246,6)	0,266
CUSTO $\dot{V}CO_2$ (ml)	133,0 ± 73,6	136,4 ± 97,1	0,884
CUSTO $\dot{V}O_2$ /NA (ml/argola)	0,43 (0,35 – 0,53)	0,65 (0,45 – 0,84)	0,004†
CUSTO $\dot{V}CO_2$ /NA (ml/argola)	0,39 (0,26 - 0,44)	0,46 (0,32 – 0,54)	0,062

CUSTO: variável calculada (ver metodologia);  $\dot{V}E$ : ventilação minuto; NA: número de argolas movidas durante o 6PBRT;  $\dot{V}O_2$ : consumo de oxigênio;  $\dot{V}CO_2$ : produção de dióxido de carbono.

\* Teste t de *Student* independente (entre grupo), p < 0,05; † Teste U de *Mann-Whitney* (entre os grupos), p < 0,05.

Quando comparados os valores basais com os valores do final do teste, nos dois grupos foram observados maiores valores de sensação de dispneia, fadiga e pressão arterial sistólica (PAS) ao final do teste (Tabela 4). Na análise entre os grupos observou-se maiores valores da sensação dispneia no GDPOC e menor valor de saturação de oxigênio ( $SpO_2$ ) nas condições basal e no final do teste e maior fadiga no GDPOC somente no basal (Tabela 4).

**Tabela 4.** Variáveis obtidas no basal e no final do *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT).

Variáveis	GC (n = 27)		GDPOC (n=28)	
	Basal	Final	Basal	Final
Dispneia	0,0 (0,0 – 0,0)	0,5 (0,0 – 1,0)§	0,25 (0,0 – 2,0)*	2,0 (0,12 – 3,0)†§
Fadiga	0,0 (0,0 – 0,0)	2,0 (0,5 – 4,0)§	0,5 (0,0 – 2,0)*	3,0 (1,0 – 4,7) §
SpO <sub>2</sub> (%)	96 (96 – 97)	97 (96 – 98)	92,5 (91 – 94,7)*	92 (90,2 – 95,7)†
PAS (mmHg)	115,5 ± 15,4	131,3 ± 16,6‡	120,8 ± 17,1	136,1 ± 19,7‡
PAD (mmHg)	70 (60 – 80)	70 (65 – 80)	70 (65 – 80)	72,5 (70 – 83,7)

SpO<sub>2</sub>: saturação periférica de oxigênio; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica.

\* Teste t *Student* independente (basal), p < 0,05; † Teste U de *Mann-Whitney* (final do teste), p < 0,05; ‡ Teste t *Student* pareado (entre o basal e o final do teste), p < 0,05; § Teste de *Wilcoxon* (entre o basal e o final do teste), p < 0,05.

Quanto às variáveis cardiovasculares, no GC e no GDPOC, o  $\Delta FC$  foi maior em todos os minutos em relação ao primeiro minuto do 6PBRT (efeito principal do tempo, p < 0,001 para ambos os grupos, aumento de 43,3 e 59,7%, respectivamente, quando comparado primeiro com sexto minuto). Durante o primeiro e segundo minutos do 6PBRT os valores de  $\Delta FC$  foram menores no GDPOC comparado ao GC (efeito principal do grupo, p = 0,012 e p = 0,010, diferença de 32,6 e 29,8%, respectivamente) (Figura 3- A).

Sobre as variáveis ventilatórias, no GC e no GDPOC, o  $\Delta \dot{V}E$  foi maior em todos os minutos em relação ao primeiro minuto do 6PBRT (efeito principal do tempo, p < 0,001 para ambos os grupos, aumento de 63,9 e 88,6%, respectivamente, quando comparado primeiro com sexto minuto). Durante o primeiro minuto do 6PBRT os valores de  $\Delta \dot{V}E$  foram menores no grupo GDPOC em relação ao GC (efeito principal do grupo, p = 0,028, diferença de 69,2%). Com relação ao  $\Delta \dot{V}E$ , os grupos comportaram-se diferentemente ao longo do tempo, com diferenças obtidas no início do teste, uma vez que os valores de delta no primeiro minuto foram 1,3L para o GC e 0,4L para o GDPOC (interação do grupo vs. tempo, p = 0,039) (Figura 3- C).

Em relação à demanda ventilatória, no GC e no GDPOC a  $\dot{V}E/VVM$  foi maior em todos os minutos em relação ao primeiro minuto do 6PBRT (efeito principal do tempo, p < 0,001 para ambos os grupos, aumento de 30 e 28,6%, respectivamente, quando comparado primeiro com sexto minuto). Durante todos os minutos do 6PBRT os valores de  $\dot{V}E/VVM$  foram maiores no GDPOC quando comparado ao GC (efeito principal do grupo, p = 0,000 para todos os minutos, diferença de 65,0; 62,5; 66,7; 66,7; 64,3 e 64,3%). Os grupos comportaram-se diferentemente ao

longo do tempo, com as diferenças obtidas ao longo de todos os minutos de teste (interação do grupo vs. tempo,  $p=0,010$ ) (Figura 3- D).

As variáveis metabólicas, no GC e no GDPOC,  $\Delta\dot{V}O_2$ ,  $\Delta\dot{V}O_2$ /Massa Magra MMSS foram maiores em todos os minutos em relação ao primeiro minuto do 6PBRT (efeito principal do tempo,  $p=0,000$  para ambos os grupos para  $\Delta\dot{V}O_2$ , aumento de 53,8 e 93,3%, respectivamente, e  $p=0,000$  para ambos os grupos para  $\Delta\dot{V}O_2$ /Massa Magra MMSS, 56,0 e 92,7%, respectivamente, quando comparado sexto e primeiro minuto). Durante o primeiro minuto do 6PBRT os valores de  $\Delta\dot{V}O_2$  e  $\Delta\dot{V}O_2$ /Massa Magra MMSS foram menores no GDPOC quando comparado ao GC (efeito principal do grupo,  $p=0,008$  para  $\Delta\dot{V}O_2$  e 0,010 para  $\Delta\dot{V}O_2$ /Massa Magra MMSS, diferença de 83,3 e 79%, respectivamente) (Figura 3- E e F).

Quanto ao  $\Delta\dot{V}O_2$ , os grupos se comportaram diferentemente ao longo do tempo, com diferenças obtidas no início do teste, pois os valores de delta no primeiro minuto foram de 0,06 ml para o GC e 0,01 ml para o GDPOC para  $\Delta\dot{V}O_2$ , e 11,1ml para GC e 2,3ml para o GDPOC para  $\Delta\dot{V}O_2$ /Massa Magra MMSS, respectivamente (interação do grupo vs. tempo,  $p=0,003$  para  $\Delta\dot{V}O_2$  e  $p=0,000$  para  $\Delta\dot{V}O_2$ /Massa Magra MMSS) (Figura 3- E e F).

Em relação ao  $\Delta\dot{V}O_2$ /FC (pulso de oxigênio), para o GC e para o GDPOC, os valores foram significativamente maiores em todos os minutos comparados ao primeiro minuto, exceto o sexto minuto no GC (efeito principal do tempo,  $p<0,001$  para ambos os grupos, aumento de 64,9 e 115,7%, respectivamente). Os grupos comportaram-se diferentemente ao longo do tempo (interação do grupo vs. tempo,  $p=0,004$ ) (Figura 3- B).

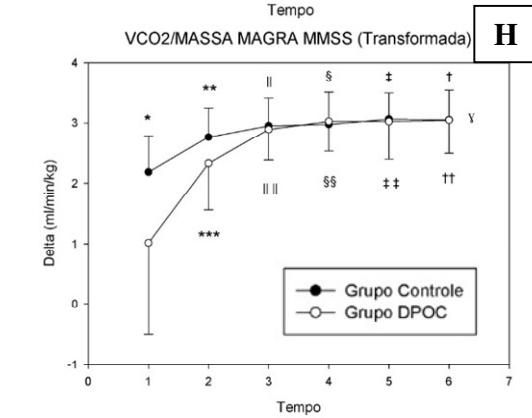
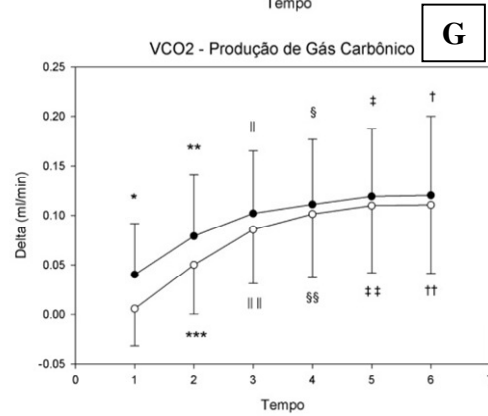
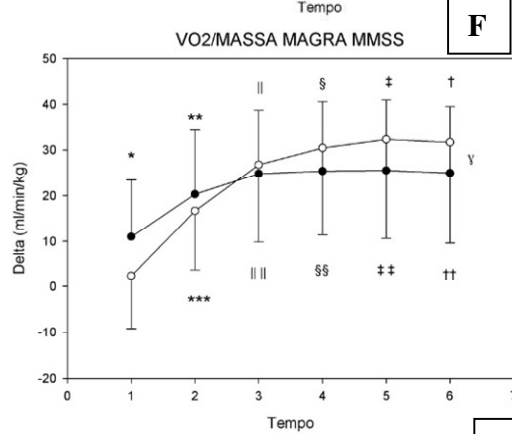
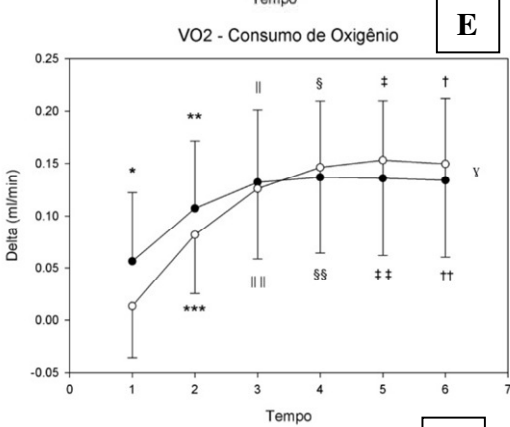
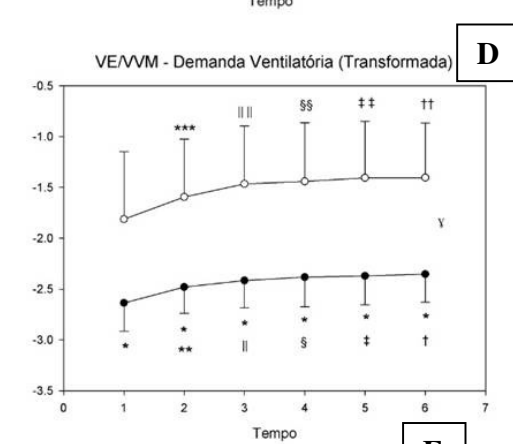
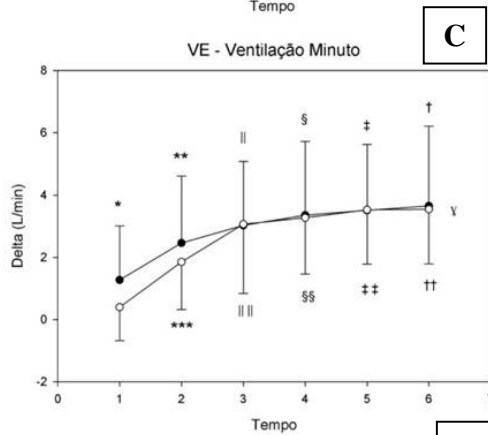
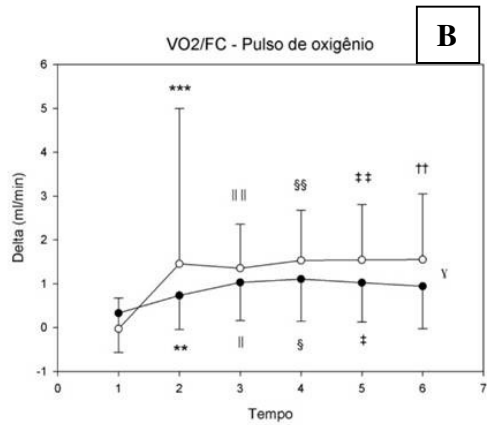
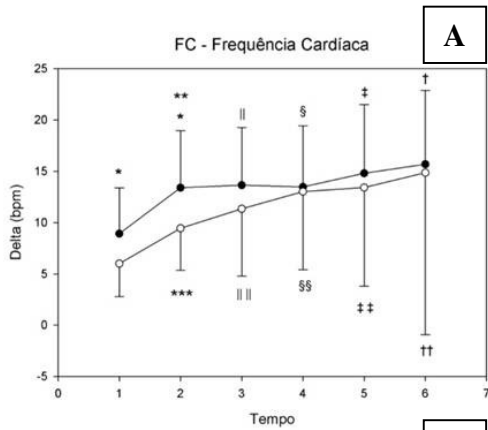
Para o  $\Delta\dot{V}CO_2$ , o valor foi maior em todos os minutos comparados ao primeiro minuto do 6PBRT para ambos os grupos (efeito principal do tempo,  $p=0,00$  para ambos os grupos, aumento de 66,6% para o GC e 90,9% para o GDPOC, quando comparado o primeiro e sexto minuto). Durante o primeiro minuto do 6PBRT os valores de  $\Delta\dot{V}CO_2$  foram menores no grupo GDPOC quando comparado ao GC (efeito principal do grupo,  $p=0,007$ , diferença de 75,0%) (Figura 3- G).

O  $\Delta\dot{V}CO_2$ /Massa Magra MMSS foi maior em todos os minutos em comparação ao primeiro minuto do 6PBRT para o GC e para o COPDG (efeito principal do tempo,  $p<0,001$  para ambos os grupos, aumento de 28,5 e 66,4%, respectivamente, quando comparado o primeiro e

---

---

sexto minuto). Durante o primeiro minuto do 6PBRT, os valores de  $\Delta\dot{V}CO_2$ /Massa Magra MMSS foram menores no grupo GDPOC quando comparado ao GC (efeito principal do grupo,  $p=0,002$ , diferença de 53,2%). Os grupos comportaram-se diferentemente ao longo do tempo, com diferenças obtidas no início do teste, uma vez que os valores no primeiro minuto foram de 2,18 para o GC e de 1,02 para o DPOC (interação do grupo vs. tempo,  $p=0,000$ ) (Figura 3- H).



**Figura 3.** Resultados das variáveis cardiovasculares, metabólicas e ventilatórias coletados pelo cárdiofrequencímetro e pelo analisador de gases durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) nos grupos controle (GC, círculos preenchidos) e DPOC (GDPOC, círculos sem preenchimento). \* diferença significativa (efeito principal do grupo); † diferença significativa (efeito principal do tempo) entre o minuto 1 e 6 para o GC; ‡ diferença significativa (efeito principal do tempo) entre os minutos 1 e 5 para o GC; § diferença significativa (efeito principal do tempo) entre os minutos 1 e 4 para o GC; || diferença significativa (efeito principal do tempo) entre os minutos 1 e 3 para o GC; \*\* diferença significativa (efeito principal do tempo) entre os minutos 1 e 2 para o GC; †† diferença significativa (efeito principal do tempo) entre os minutos 1 e 6 para o GDPOC; ‡‡ diferença significativa (efeito principal do tempo) entre os minutos 1 e 5 para o GDPOC; §§ diferença significativa (efeito principal do tempo) entre os minutos 1 e 4 para o GDPOC; ||| diferença significativa (efeito principal do tempo) entre os minutos 1 e 3 para o GDPOC; \*\*\* diferença significativa (efeito principal do tempo) entre os minutos 1 e 2 para o GDPOC; † diferença significativa (interação grupo versus tempo);  $p < 0,05$ .

## DISCUSSÃO

Este estudo, de acordo com o nosso conhecimento, trata-se do primeiro estudo a determinar a magnitude das respostas ventilatórias e metabólicas durante o 6PBRT em indivíduos com DPOC e saudáveis. Observou-se, como esperado, que o GDPOC moveu menor número de argolas durante o teste, com maiores valores de demanda ventilatória e consumo de oxigênio por argola movida. Maior valor de dispneia e menor valor de  $SpO_2$  também foram observadas para o GDPOC ao final do teste quando comparado ao GC. Além disso, o comportamento das variáveis ( $\dot{V}E$ ,  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}O_2$ /Massa magra MMSS,  $\dot{V}CO_2$ /Massa magra MMSS e  $\dot{V}O_2$ /FC) ao longo do tempo apresentou diferenças entre os grupos, sendo de início lento e de maior magnitude no GDPOC.

O pior desempenho era esperado, resultados concordantes com os de Zhan et al.(8) que observaram que indivíduos com DPOC movem menor número de argolas nesse teste. Além disso, já foi evidenciado maior demanda ventilatória no DPOC em atividades que envolvem os MMSS (5, 14).

Há relatos na literatura que uma simples elevação dos braços já proporciona aumentos de  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}CO_2$ , FC e de  $\dot{V}E$  (15). Velloso et al. (5) avaliaram indivíduos com DPOC durante a realização de AVD com o uso de MMSS e observaram demanda ventilatória muito alta para realização dessas atividades nos indivíduos com DPOC, alcançando 62% da VVM. Esse estudo foi metodologicamente planejado para exigir progressivas demandas de consumo muscular nas AVD realizadas, exigindo maior envolvimento de musculatura de caixa torácica alta e de cintura escapular. De forma similar, McKeough et al. (14) também observaram altos valores de demanda

---

ventilatória (77%) para indivíduos com DPOC, todavia os resultados foram obtidos em um teste incremental de MMSS sem apoio.

O 6PBRT, especificamente, é realizado na posição sentada, com elevação dos MMSS 20 cm acima do nível do ombro, com contrações musculares que não são puramente isométricas, ou seja, há dinamismo dos MMSS na realização do 6PBRT, assim como no teste realizado no estudo de McKeough et al. (14). Todavia, o teste de McKeough et al. foi incremental e o 6PBRT é de livre-cadência. Sendo assim, as características dos testes podem justificar a diferença de demanda ventilatória observada entre os estudos, uma vez que a demanda ventilatória no 6PBRT não foi tão alta (a média atingida foi em torno de 16%).

Além disso, 6PBRT é realizado com movimento dinâmico dos MMSS, apesar da sustentação estática dos próprios MMSS acima da altura do ombro devido ao não apoio dos mesmos. Esses movimentos “alternados” possivelmente facilitam a eliminação de lactato muscular, além da contração muscular não comprimir vasos sanguíneos e consequentemente, não comprometer o fluxo sanguíneo muscular. Essa pode ser a justificativa pela qual algumas AVD ou outros tipos de teste de avaliação de MMSS apresentados em estudos prévios terem promovido respostas de maior intensidade na população DPOC.

Entretanto, independentemente do valor atingido, observou-se diferença com o GC, evidenciando o comprometimento ventilatório apresentado na DPOC, que sugere a maior sintomatologia (dispneia) apresentada por esse grupo. Além disso, o GDPOC apresentou maior consumo de oxigênio por argola movida, evidenciando a maior demanda metabólica nessa população. Esses achados corroboram Velloso et al. (5) que verificaram em quatro tipos diferentes de AVD avaliadas, todas com envolvimento dos MMSS na execução, aumento significativo do  $\dot{V}O_2$  e da  $\dot{V}E$ .

Adicionalmente, para o pulso de oxigênio ( $\dot{V}O_2/FC$ ), que reflete a quantidade de oxigênio utilizada pelos tecidos em cada batimento cardíaco, não observamos diferenças significativas entre os grupos para o 6PBRT em minutos pontuais, entretanto, observamos comportamentos diferentes ao longo do tempo.

Além disso, Velloso et al. (5) também observaram que apenas algumas AVD específicas (varrer, elevar potes e trocar lâmpadas) proporcionaram aumento significativo do  $\dot{V}CO_2$ . Neste



---

---

estudo, houve aumento dessa variável para ambos os grupos, porém mais evidente no GDPOC visto que apresentou maiores valores de produção de gás carbônico por massa magra de MMSS em comparação ao GC.

Baarends et al. (16) verificaram que em três diferentes posicionamentos de elevação de MMSS sem apoio (estáticos por período de 2 minutos) a demanda metabólica e ventilatória tendem a ser maiores na DPOC. Porém, posicionamentos estáticos não refletem a real demanda exigida na realização de AVD. Apesar da tendência a apresentar maiores valores na DPOC, o que realmente chamou atenção no estudo de Baarends et al. (16) foi o comportamento das variáveis durante o período de registro das três diferentes atividades, que mostraram aumento lento durante a atividade e queda no período de repouso. Já os indivíduos controle apresentaram aumento repentino em forma de pico a partir do início do exercício.

No presente estudo também houve aumento mais lento para as variáveis metabólicas, ventilatórias e cardiovasculares no GDPOC, assim como no estudo de Baarends et al. (16), com diferença entre os grupos apontada nos primeiros minutos do teste (primeiro e segundo minutos basicamente). Entretanto, vale ressaltar que o foco das análises não foi a dinâmica do comportamento dessas variáveis, porém sabe-se em estudos prévios que indivíduos com DPOC apresentam retardo na cinética de captação do oxigênio pulmonar durante o exercício, que pode levar a uma entrega inadequada de oxigênio ao músculo periférico (17).

De maneira similar, a intolerância ao exercício na população DPOC também pode ser marcada pela lentificação da cinética da FC (18). Essa lentificação foi observada no presente estudo durante o 6PBRT, fato que pode ser responsável pelo pior desempenho na população DPOC. Ressaltando-se a necessidade de estudos futuros para analisar essa hipótese na realização de AVD, uma vez que a dinâmica das variáveis depende da postura adotada para realização do exercício (19, 20).

Portanto, ao longo do tempo os comportamentos das variáveis são diferentes, basicamente devido à lentificação das respostas no GDPOC no início do teste e a partir do 3º minuto (para algumas variáveis) e nos minutos finais se igualam ou se elevam discretamente em relação ao GC.

---

---

Quanto à dispneia e fadiga, estudos mostram maiores valores dessas variáveis para os indivíduos com DPOC (8). E apesar de menores valores de SpO<sub>2</sub> para o GDPOC quando comparado ao GC, tanto na condição basal quanto ao final do teste, observamos que o 6PBRT não foi capaz de promover dessaturação.

Acredita-se que a magnitude das respostas metabólica e ventilatória das atividades de elevação de MMSS dependem do nível de recrutamento muscular envolvido para realização da mesma. O presente estudo mostrou as características das respostas cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas ao 6PBRT na população DPOC, a fim de fornecer valores para comparações futuras, principalmente com AVD. E quiçá definir qual tipo de AVD o 6PBRT reflete.

Como limitação do estudo destaca-se a amostra do GDPOC composta por indivíduos de todas as classificações de limitação do fluxo aéreo. Como sabemos que o VEF<sub>1</sub> tem relação com o desempenho no 6PBRT (8) possivelmente haveria influência do nível de obstrução também nas respostas fisiológicas do teste, não somente o número de argolas. Entretanto, esse estudo fornece informações valiosas sobre o comportamento dessas variáveis em indivíduos com DPOC em comparação a controles saudáveis.

## **CONCLUSÃO**

Os indivíduos com DPOC apresentam maiores valores de demanda ventilatória e consumo de oxigênio por argola movida no 6PBRT. Além disso, as respostas metabólicas são maiores em magnitude, porém, aparentemente lentificadas no início do teste, quando comparadas com indivíduos saudáveis. Esses resultados podem justificar o menor desempenho apresentado pelo GDPOC.

---

---

**REFERÊNCIAS**

1. Miranda EF, Malaguti C, Dal Corso S. Peripheral muscle dysfunction in COPD: lower limbs versus upper limbs. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2011;37:380-8.
2. Donaldson AV, Maddocks M, Martolini D, Polkey MI, Man WD. Muscle function in COPD: a complex interplay. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2012;7:523-35. PubMed PMID: 22973093. Pubmed Central PMCID: 3430120.
3. Janaudis-Ferreira T, Beauchamp MK, Goldstein RS, Brooks D. How should we measure arm exercise capacity in patients with COPD? A systematic review. *Chest*. 2012 Jan;141(1):111-20. PubMed PMID: 21659430.
4. Lima VP, Iamonti VC, Velloso M, Janaudis-Ferreira T. Physiological Responses to Arm Activity in Individuals With Chronic Obstructive Pulmonary Disease Compared With Healthy Controls: A SYSTEMATIC REVIEW. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*. 2016 Nov/Dec;36(6):402-12. PubMed PMID: 27780184.
5. 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 Apr;123(4):1047-53. PubMed PMID: 12684292.
6. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Distribution of muscle weakness in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation*. 2000 Nov-Dec;20(6):353-60. PubMed PMID: 11144041.
7. Gigliotti F, Coli C, Bianchi R, Grazzini M, Stendardi L, Castellani C, et al. Arm exercise and hyperinflation in patients with COPD: effect of arm training. *Chest*. 2005 Sep;128(3):1225-32. PubMed PMID: 16162710.
8. Zhan S, Cerny FJ, Gibbons WJ, Mador MJ, Wu YW. Development of an unsupported arm exercise test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation*. 2006 May-Jun;26(3):180-7; discussion 8-90. PubMed PMID: 16738459.
9. Vogelmeier CF, Criner GJ, Martinez FJ, Anzueto A, Barnes PJ, Bourbeau J, et al. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Lung Disease 2017 Report: GOLD Executive Summary. *The European respiratory journal*. 2017 Mar;49(3). PubMed PMID: 28182564.
10. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and ageing*. 2010 Jul;39(4):412-23. PubMed PMID: 20392703. Pubmed Central PMCID: 2886201.
11. SOCIETY AT. Dyspnea. Mechanisms, assessment, and management: a consensus statement. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 1999 Jan;159(1):321-40. PubMed PMID: 9872857.
12. Pereira CA, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2007 Jul-Aug;33(4):397-406. PubMed PMID: 17982531.
13. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*. 1982;14(5):377-81. PubMed PMID: 7154893.
14. McKeough ZJ, Alison JA, Bye PT. Arm exercise capacity and dyspnea ratings in subjects with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation*. 2003 May-Jun;23(3):218-25. PubMed PMID: 12782907.

15. Couser JI, Jr., Martinez FJ, Celli BR. Respiratory response and ventilatory muscle recruitment during arm elevation in normal subjects. *Chest*. 1992 Feb;101(2):336-40. PubMed PMID: 1735251.
16. Baarends EM, Schols AM, Slebos DJ, Mostert R, Janssen PP, Wouters EF. Metabolic and ventilatory response pattern to arm elevation in patients with COPD and healthy age-matched subjects. *The European respiratory journal*. 1995 Aug;8(8):1345-51. PubMed PMID: 7489802.
17. Chiappa GR, Borghi-Silva A, Ferreira LF, Carrascosa C, Oliveira CC, Maia J, et al. Kinetics of muscle deoxygenation are accelerated at the onset of heavy-intensity exercise in patients with COPD: relationship to central cardiovascular dynamics. *J Appl Physiol* (1985). 2008 May;104(5):1341-50. PubMed PMID: 18356477.
18. Puente-Maestu L, Sanz ML, Sanz P, Ruiz de Ona JM, Rodriguez-Hermosa JL, Whipp BJ. Effects of two types of training on pulmonary and cardiac responses to moderate exercise in patients with COPD. *The European respiratory journal*. 2000 Jun;15(6):1026-32. PubMed PMID: 10885420.
19. Hughson RL, Cochrane JE, Butler GC. Faster O<sub>2</sub> uptake kinetics at onset of supine exercise with than without lower body negative pressure. *J Appl Physiol* (1985). 1993 Nov;75(5):1962-7. PubMed PMID: 8307846.
20. Schneider DA, Wing AN, Morris NR. Oxygen uptake and heart rate kinetics during heavy exercise: a comparison between arm cranking and leg cycling. *European journal of applied physiology*. 2002 Nov;88(1-2):100-6. PubMed PMID: WOS:000179688100013. English.

## MATERIAL SUPLEMENTAR

**Tabela S-1.** Variáveis  $\dot{V}E/VVM$  e  $\Delta\dot{V}CO_2$ /Massa Magra MMSS sem transformação durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) nos grupos controle (GC) e DPOC (GDPOC).

Variáveis	GC (n = 27)	GDPOC (n=28)
$\dot{V}E/VVM$ 1	0,08 (0,07 – 0,08)	0,16 (0,12 – 0,24)
$\dot{V}E/VVM$ 2	0,09 (0,07 – 0,10)	0,21 (0,14 – 0,30)
$\dot{V}E/VVM$ 3	0,09 (0,08 – 0,11)	0,24 (0,15 – 0,36)
$\dot{V}E/VVM$ 4	0,09 (0,07 – 0,12)	0,23 (0,16 – 0,37)
$\dot{V}E/VVM$ 5	0,09 (0,09 – 0,12)	0,25 (0,17 – 0,38)
$\dot{V}E/VVM$ 6	0,10 (0,08 – 0,12)	0,25 (0,17 – 0,36)
$\Delta\dot{V}CO_2$ /Massa Magra MMSS 1	8,02 (3,65 – 11,51)	0,29 (-2,54 – 5,26)
$\Delta\dot{V}CO_2$ /Massa Magra MMSS 2	15,84 (10,67 – 20,47)	11,06 (6,39 – 15,06)
$\Delta\dot{V}CO_2$ /Massa Magra MMSS 3	18,06 (13,81 – 23,30)	17,60 (12,90 – 24,05)
$\Delta\dot{V}CO_2$ /Massa Magra MMSS 4	21,58 (15,67 – 25,38)	20,15 (12,17 – 26,12)
$\Delta\dot{V}CO_2$ /Massa Magra MMSS 5	21,42 (14,82 – 29,07)	21,79 (14,39 – 28,27)
$\Delta\dot{V}CO_2$ /Massa Magra MMSS 6	22,10 (14,16 – 29,24)	21,25 (12,49 – 26,81)

$\dot{V}E/VVM$ : demanda ventilatória;  $\dot{V}CO_2$ : produção de dióxido de carbono; MMSS: membros superiores; 1: primeiro minuto; 2: segundo minuto; 3: terceiro minuto; 4: quarto minuto; 5: quinto minuto; 6: sexto minuto.

---

---

**Artigo Original****Efeitos agudos do *six-minute pegboard and ring test* na ativação e oxigenação musculares em indivíduos com DPOC**

Tradução de: Acute effects of the six-minute pegboard and ring test (6PBRT) on muscular activation and oxygenation in subjects with COPD

O presente estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Artigo submetido ao periódico “*Respiratory Care*” (Anexo C).

**RESUMO**

**INTRODUÇÃO:** Existem poucos relatos na literatura que fornecem subsídios para a compreensão dos mecanismos fisiológicos de intolerância em indivíduos com DPOC para realizar atividades de membros superiores (MMSS) sem apoio. Os objetivos deste estudo foram quantificar a atividade elétrica e a oxigenação dos músculos inspiratórios e de MMSS; e investigar se as manifestações eletromiográficas de fadiga muscular estão relacionadas com a função dos MMSS, avaliada pelo *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) em indivíduos com DPOC e indivíduos saudáveis. **MÉTODOS:** Trinta indivíduos com DPOC (VEF<sub>1</sub>: 42,1±16,4% do previsto; 68,0±7,6 anos) compuseram o grupo DPOC (GDPOC) e 34 controles saudáveis (66,8±8,0 anos) compuseram o grupo controle (GC). Ambos os grupos foram submetidos à avaliação da composição corporal pela absorciometria de dupla energia de raios X e espirometria. O 6PBRT foi realizado com avaliação simultânea de eletromiografia, espectroscopia no infravermelho próximo e análise de gases (ventilação minuto -  $\dot{V}_E$ ). **RESULTADOS:** Diferenças foram observadas entre os grupos para o desempenho (número de argolas) no 6PBRT, com o GDPOC apresentando valores menores que o GC (GC: 354 ± 60; GDPOC: 291 ± 60 argolas) (p<0,05). A demanda ventilatória ( $\dot{V}_E$ /ventilação voluntária máxima -VVM) (GC: 11 (8-13); GDPOC: 29 (16-37) %) e a amplitude RMS do músculo esternocleidomastóideo (ECM) foram maiores no GDPOC do

---

---

que no GC ( $p < 0,05$ ). Menores valores de oxihemoglobina [ $O_2Hb$ ] e hemoglobina total [tHb] foram encontrados nos músculos intercostais (IC) do GDPOC comparado ao GC. A amplitude RMS do IC foi menor no GDPOC, enquanto foi similar entre os grupos para os músculos deltóide anterior (DA) e trapézio (TPZ). A frequência mediana do DA apresentou diminuição nos dois grupos. **CONCLUSÃO:** Este estudo indica que o 6PBRT é realizado com maior atividade elétrica nos músculos acessórios da inspiração, como o ECM e menor perfil de oxigenação no IC por indivíduos com DPOC, quando comparados com controles saudáveis, porém sem sinais de fadiga muscular. Esses achados sugerem que a maior demanda ventilatória apresentada no GDPOC pode ter contribuído para o pior desempenho nesse grupo; parecendo não haver sinais de limitação muscular periférica.

**Palavras-chave:** membro superior; ventilação minuto; eletromiografia de superfície; músculos respiratórios; NIRS.

#### ABSTRACT

**BACKGROUND:** There are few reports in the literature supporting the understanding of the physiological mechanisms of intolerance in COPD subjects to perform unsupported upper limbs (UL) activities. The aims of this study were to quantify the electrical activity and oxygenation of inspiratory and UL muscles; and to investigate whether electromyographic manifestations of muscle fatigue is related with UL function assessed by the six-minute pegboard and ring test (6PBRT) in COPD subjects and healthy subjects. **METHODS:** Thirty subjects with COPD ( $FEV_1$ :  $42.1 \pm 16.4\%$  predicted;  $68.0 \pm 7.6$  years) composed the COPD group (COPDG) and thirty-four healthy controls ( $66.8 \pm 8.0$  years) composed the control group (CG). Both groups were submitted to assessment of body composition by the dual-energy X-ray absorptiometry and spirometry. The 6PBRT was performed with simultaneous assessment of electromyography, the near infrared spectroscopy and gas analyses (minute ventilation –  $\dot{V}_E$ ). **RESULTS:** Differences were observed between groups for performance (number of rings) in the 6PBRT, with COPDG presenting lower values than CG (CG:  $354 \pm 60$ ; COPDG:  $291 \pm 60$  rings) ( $p < 0.05$ ). The ventilatory demand ( $\dot{V}_E$ /maximal voluntary ventilation -MVV) (CG: 11 (8-13); COPDG: 29 (16-37) %) and RMS amplitude of the sternocleidomastoid muscle (SCM) were higher in

---

---

COPDG than CG ( $p < 0.05$ ). Lower values for oxyhemoglobin [ $O_2Hb$ ] and total hemoglobin [tHb] were found in intercostals muscle (IC) of COPDG compared to CG. The RMS amplitude of the IC was lower in COPDG, while it was similar between groups for anterior deltoid (AD) and trapezius (TPZ) muscles. Median frequency of AD presented a decreased in both groups. **CONCLUSION:** This study indicates that the 6PBRT is performed at higher electrical activity in the accessory inspiratory muscles, like SCM and lower oxygenation profile in IC by subjects with COPD when compared with healthy controls, however without muscle fatigue signs. This findings suggesting that the higher ventilatory demand presented in COPDG could have contributed to the worst performance in this group; without signal of peripheral muscle limitation.

**Keywords:** upper extremity; minute ventilation; surface electromyography; respiratory muscles; NIRS.

---

---

**INTRODUÇÃO**

Indivíduos com DPOC geralmente apresentam redução da tolerância ao exercício que está associada à disfunção muscular periférica. No entanto, a literatura sugere que a função dos membros superiores (MMSS) é relativamente preservada em indivíduos com DPOC devido ao uso constante dos MMSS em atividades da vida diária (AVD) (1-3). Apesar disso, indivíduos com DPOC frequentemente relatam dificuldades em realizar as atividades com uso dos MMSS, especialmente durante atividades sem apoio dos braços, devido à maior demanda metabólica e ventilatória durante a realização dessas atividades, desencadeando sintomas de fadiga e dispneia (3-5).

Donaldson et al. (6) demonstraram que indivíduos com DPOC apresentam disfunção muscular periférica também em MMSS, apesar de ser mais pronunciada nos membros inferiores. Velloso et al. (7) mostraram que indivíduos com DPOC apresentam alto consumo de oxigênio em comparação a indivíduos saudáveis quando realizam quatro AVD (que exigem o uso dos MMSS), o que pode estar relacionado ao início precoce da fadiga muscular durante as AVD na DPOC. Além disso, a maior demanda ventilatória na DPOC poderia estar relacionada também a maior dispneia durante as AVD (7). Meijer et al. (8) observaram aumento do esforço do músculo trapézio na DPOC durante AVD em comparação com controles saudáveis, o que pode estar relacionado à dupla tarefa desse músculo que precisa oferecer suporte postural ao mesmo tempo em que atua como músculo acessório inspiratório.

Além dos comprometimentos musculares, a literatura atual sugere que indivíduos com DPOC apresentam respostas cardiorrespiratórias diminuídas quando comparados aos controles durante o pico de exercício dos MMSS, associado ao aumento dos sintomas de dispneia, hiperinsuflação e maior esforço muscular de MMSS (1, 9-12).

Portanto, a intolerância à DPOC em realizar AVD que envolvam atividades sem apoio dos MMSS pode ser causada por vários fatores associados, incluindo redução das respostas cardiorrespiratórias e comprometimento muscular (12). No entanto, de acordo com o nosso conhecimento, poucos estudos investigaram as respostas fisiológicas (ventilatórias, metabólicas e cardiovasculares) da DPOC durante atividades sem apoio de MMSS, a fim de



---

---

determinar os mecanismos relacionados à intolerância a AVD nesta população, principalmente durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT).

O 6PBRT é um teste de exercício de MMSS, desenvolvido por Celli, Rassulo e Make (13), e validado por Zhan et al. (14), que avalia a capacidade funcional dos MMSS por meio de atividades do braço sem apoio. É fácil de aplicar e confiável para avaliar indivíduos com DPOC, permitindo prever o desempenho em AVD e a função dos MMSS nessa população (15, 16). Além disso, o 6PBRT possui propriedade discriminatória, pois é capaz de diferenciar o desempenho entre indivíduos DPOC e saudáveis pareados por idade (17).

A fim de explicar o pior desempenho esperado de indivíduos com DPOC durante o 6PBRT em comparação com indivíduos saudáveis, nosso estudo investigou a atividade elétrica e a oxigenação muscular de músculos dos MMSS e inspiratórios por meio da eletromiografia (EMG) e da espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) e, portanto, forneceu importantes informações fisiológicas relacionadas à ocorrência de dispneia e fadiga precoce durante atividades de MMSS sem apoio nesses indivíduos.

A hipótese principal deste estudo foi que os indivíduos com DPOC apresentariam pior desempenho no 6PBRT em comparação aos indivíduos saudáveis, causado por maior ativação muscular e menor oxigenação muscular durante o 6PBRT. Para testar essas hipóteses, o objetivo primário deste estudo foi quantificar a atividade elétrica e a oxigenação dos músculos inspiratórios e de MMSS durante o 6PBRT em indivíduos com DPOC e controles saudáveis. O objetivo secundário foi investigar se as manifestações eletromiográficas de fadiga muscular estão relacionadas com a função dos MMSS avaliada pelo 6PBRT para melhor entender os mecanismos fisiológicos subjacentes às limitações da função de MMSS observadas em indivíduos com DPOC.

## **MÉTODOS**

### ***Design e Amostra***

Trata-se de um estudo transversal, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos local (55591216.9.0000.5504), e todos os indivíduos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. A amostra incluiu indivíduos de ambos os gêneros, com

---

---

mais de 40 anos de idade. Os indivíduos com diagnóstico de DPOC de acordo com GOLD (18) compuseram o grupo DPOC (GDPOC) e indivíduos saudáveis (pareados por gênero e idade) compuseram o grupo controle (GC).

Os indivíduos com DPOC estavam clinicamente estáveis por pelo menos 2 meses. Os indivíduos foram excluídos se apresentassem alguma doença respiratória (além da DPOC no GDPOC), cardiovascular e musculoesquelética ou com seqüela neurológica ou ortopédica que impedisse a realização dos protocolos experimentais. Os indivíduos também foram excluídos se não completassem os dois dias não consecutivos de avaliações ou se os dados das coletas EMG fossem perdidos devido à ausência de contato dos eletrodos e/ou artefatos de movimentos.

### **Procedimento Experimental**

Os procedimentos experimentais foram realizados em dois dias não consecutivos. No primeiro dia, os indivíduos realizaram as avaliações clínica e física e foram submetidos ao teste de função pulmonar para confirmar a normalidade dos valores espirométricos para o GC e obter a variável de ventilação voluntária máxima (VVM) para ambos os grupos (19). Os indivíduos com DPOC diagnosticada já haviam realizado espirometria prévia com um pneumologista. O teste de função pulmonar foi realizado utilizando-se um espirômetro portátil (Easy One<sup>®</sup>, ndd Medical, Zurique, Suíça), de acordo com os padrões da *American Thoracic Society / European Respiratory Society* (20).

A estatura (m) foi obtida com uma balança antropométrica calibrada (Welmy<sup>®</sup>, modelo 110FF, São Paulo, SP, Brasil). Além disso, um dispositivo de absorciometria de raios X de dupla energia (DXA) (série Discovery QDR<sup>®</sup>, S/N 88385, Hologic, Bedford, MA, EUA) foi utilizado para obter as variáveis de massa total, massa gorda e massa magra para todo o corpo e para cada membro superior (MS) dos indivíduos avaliados (21). O índice de massa corporal (IMC, em kg/m<sup>2</sup>) também foi calculado.

Um protocolo de familiarização composto por um minuto de movimentos do 6PBRT também foi realizado no primeiro dia. No segundo dia, os indivíduos realizaram o 6PBRT com avaliações simultâneas da atividade elétrica e da oxigenação musculares (conforme descrito a seguir).

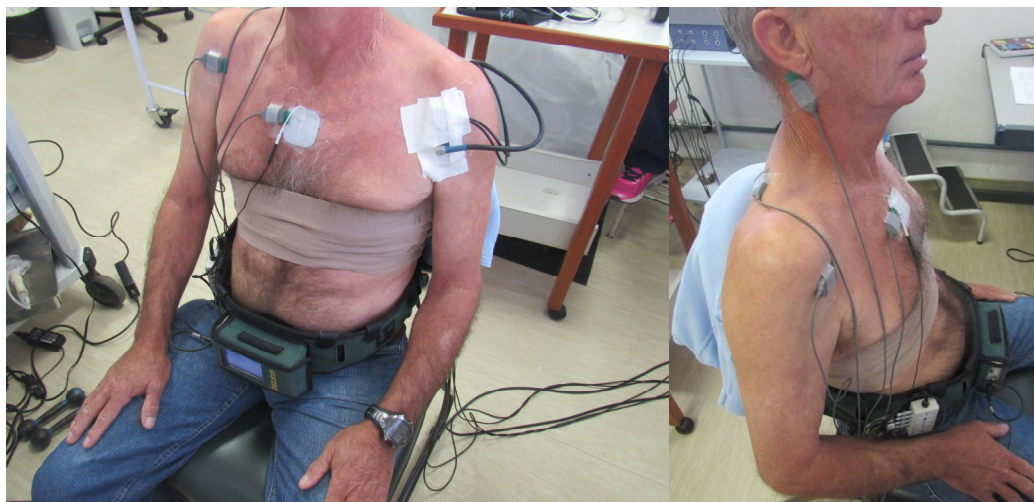
---

O 6PBRT foi realizado de acordo com Zhan et al. (14) e o número de argolas movidas durante o teste foi considerado como a pontuação final (ou seja, o desempenho). Dois 6PBRT foram realizados com intervalo de 30 minutos entre os testes. O maior escore entre os dois 6PBRT (aqui interpretado como o melhor desempenho) foi considerado para análise posterior (incluindo os sinais relacionados à atividade elétrica e a oxigenação musculares). Durante o 6PBRT, a ventilação minuto ( $\dot{V}_E$ ) foi obtida por um carro metabólico (MedGraphics® VO2000, St Paul, MN, EUA) composto por um pneumotacógrafo bidirecional de baixo fluxo acoplado a uma máscara facial. Incentivo padronizado foi dado a cada minuto durante o teste.

#### *Eletromiografia de superfície (EMGs)*

Os sinais eletromiográficos de superfície (EMGs) foram registrados a 2000 Hz, utilizando um sistema portátil (Myomonitor IV, DelSys, Boston, EUA). Eletrodos ativos diferenciais (Modelo DE -2.3, DelSys, Boston, EUA) foram fixados à pele com adesivo dupla face (DelSys). Os eletrodos possuem geometria de detecção de duas barras paralelas (1mm x 1cm), separadas por 1cm. Características: IRMC > 92 dB; impedância de entrada > 1015  $\Omega$  em paralelo, com 0.2 pF; ganho de 10; relação de ruído de 1,2  $\mu$ V (RMS). Antes da colocação do eletrodo, a pele foi levemente esfregada com álcool etílico a 70% e raspada para reduzir a impedância e eliminar possíveis interferências. Os sinais foram condicionados pelo amplificador principal (16 bits de resolução e ruído de 1,2  $\mu$ V RMS), proporcionando um ganho de 1000.

Quatro músculos foram avaliados pela EMGs: músculos respiratórios (músculo esternocleidomastóideo - ECM e intercostais - IC) e MMSS (deltóide anterior - DA e trapézio superior - TPZ). O eletrodo do ECM foi posicionado no ventre muscular a 5cm do processo mastóideo (22, 23). O eletrodo do IC foi posicionado no segundo espaço intercostal, 3cm paraesternalmente (24, 25). O eletrodo do DA foi posicionado a 2 dedos de distância abaixo do acrômio (26) e para o músculo TPZ, 2cm lateral ao ponto médio entre C7 e o acrômio (26). O eletrodo de referência (adesivo, quadrado, 5 x 5 cm) foi colocado no manúbrio do esterno (Figura 1).



**Figura 1.** Posicionamento dos eletrodos (EMG) e dos optodos (NIRS).

Fonte: propriedade dos autores.

Para a normalização dos sinais do ECM e do IC, três contrações voluntárias máximas (CVM) foram realizadas pela manobra de pressão inspiratória máxima (PI<sub>máx</sub>) com o uso de um manovacuômetro digital (MVD300-Globalmed, Porto Alegre, RS, Brasil) (27). Os sinais do DA e do TPZ foram normalizados por meio de contrações voluntárias submáximas (CVS). Três repetições com duração de 5 segundos cada e intervalo de 1 minuto entre elas foram realizadas para cada músculo, com os indivíduos em posição sentada, com resistência de 1 kg (halter). Para o DA, os indivíduos elevaram o braço a 90° de flexão anterior, com o polegar voltado para cima (28). Para o TPZ, os indivíduos elevaram o braço a 90° de abdução no plano frontal, com a mão voltada para baixo e o pescoço em posição neutra (29).

O sinal EMGs foi obtido durante seis minutos, enquanto o indivíduo estava realizando o 6PBRT.

#### *Espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS)*

A oxigenação muscular não invasiva foi investigada por um dispositivo de espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) (OXYMON MK III, Artinis Medical Systems, Holanda). Cada músculo, IC e DA, recebeu um optodo composto por duas fibras ópticas emissoras de luz (ambas emitindo luz a 844 e 762 nm de comprimento de onda) e um receptor. A distância média entre as fontes de luz e o receptor foi de 35 mm. O optodo

---

---

do músculo IC foi posicionado no sexto espaço intercostal, na linha axilar anterior (30, 31) e o optodo do DA foi posicionado 2cm abaixo da articulação acrômio-clavicular (32) (Figura 1). Os eletrodos da EMGs e os optodos da NIRS foram posicionados em lados contralaterais, de modo que todos os eletrodos foram colocados em um lado e todos os optodos nos músculos do lado oposto. Os lados foram randomizados.

A calibração e os procedimentos do dispositivo NIRS foram conduzidos seguindo as recomendações do fabricante. Concentração sanguínea capilar de oxihemoglobina [ $O_2Hb$ ] e deoxihemoglobina [ $HHb$ ] foram medidas a 250 Hz durante todo o experimento para cada fonte de luz em cada músculo (IC e DA). O volume sanguíneo local foi estimado pela hemoglobina total [ $tHb$ ], calculada como a soma de [ $O_2Hb$ ] e [ $HHb$ ].

### **Análise de dados**

#### *Processamento da EMGs*

Os sinais da EMGs foram processados usando o programa Matlab (versão R2014a, The Mathworks Inc., Natick, MA, EUA). Todos os sinais foram corrigidos utilizando remoção de offset e filtrados usando um filtro *Butterworth* de 8ª ordem com atraso zero na banda de 30-450 Hz. Uma análise preliminar foi realizada e indicou a aplicação de um filtro *notch* em 60Hz e nas duas primeiras harmônicas (120 e 180Hz) - foi utilizado filtro *Butterworth* de 8ª ordem zero-lag com janela de 5 Hz.

Os sinais foram então convertidos em RMS utilizando janelas móveis de 1 segundo sem sobreposição. A maior amplitude do pico da EMGs das CVM e a amplitude média das CVS foram consideradas para normalização. Os sinais de normalização foram convertidos em RMS utilizando janelas móveis de 100 milissegundos sem sobreposição.

O *root mean square* (RMS) e o RMS normalizado (RMSn) foram calculados a cada 1 min do 6PBRT, e foram calculadas médias. A frequência mediana (FM) do sinal foi derivada de uma análise de transformada rápida de *Fourier* e foi realizada para verificar evidências de fadiga. Coeficientes angulares (*slope*) e o intercepto de equações de regressão linear foram obtidos a partir dos valores de FM e RMS ao longo do tempo.

---

---

*Processamento dos dados NIRS*

Os dados do software NIRS (Oxysoft, Artinis Medical Systems, BV, Países Baixos) foram reduzidos e exportados em 1 Hz para um computador para posterior análise. As [O<sub>2</sub>Hb], [HHb] e [tHb] para cada fonte de luz foram calculadas como média e, em seguida, normalizadas pela média dos sinais durante o minuto anterior ao início do 6PBRT (repouso). Finalmente, a partir do RMS, os sinais [O<sub>2</sub>Hb], [HHb] e [tHb] foram calculados a cada 1 min durante o 6PBRT.

**Análise estatística**

O software SigmaPlot 11.0 (Systat Software, San Jose, CA, EUA) foi utilizado para a análise estatística. A distribuição dos dados foi verificada pelo teste de *Kolmogorov-Smirnov*. As variáveis demográficas, antropométricas, de função pulmonar e desempenho no teste (número de argolas - NA) foram distribuídas normalmente, sendo os dados expressos como média  $\pm$  desvio padrão (DP). O teste t de *Student* independente foi utilizado para a comparação entre os grupos (GC vs. GDPOC). As variáveis da NIRS e da EMGs apresentaram distribuição não normal e testes não paramétricos foram realizados; no entanto, para melhor visualização dos dados, os gráficos foram construídos com valores médios  $\pm$  DP. Variáveis da NIRS e da EMGs foram apresentadas como mediana e intervalos interquartil em material suplementar (Tabelas S-1 e S-2). O teste U de *Mann-Whitney* foi utilizado para comparar os grupos (GC vs. GDPOC) em cada minuto do teste. O teste de *Friedman* foi utilizado para comparar as variáveis dentro de cada grupo entre os minutos do 6PBRT (minutos 1, 2, 3, 4, 5 e 6). Se diferenças significativas fossem detectadas, comparações pareadas eram realizadas pelo teste de *post-hoc* de *Dunnnett*. O nível de significância foi estabelecido em  $p < 0,05$ .

**RESULTADOS**

Trinta indivíduos com DPOC e trinta e quatro indivíduos saudáveis foram incluídos na análise - a Figura 2 apresenta o fluxograma do estudo. As características da amostra estão resumidas na Tabela 1. Não foram observadas diferenças entre os grupos nas variáveis

demográficas, antropométricas e de composição corporal, exceto nos valores de função pulmonar. Segundo os critérios da GOLD (18), a distribuição não foi uniforme: 10 indivíduos apresentaram obstrução moderada, 11 obstrução grave e 9 indivíduos obstrução muito grave. Diferenças estatísticas foram observadas entre os grupos quanto ao desempenho (número de argolas) no 6PBRT, com o GDPOC apresentando valor inferior ao GC (Tabela 1).

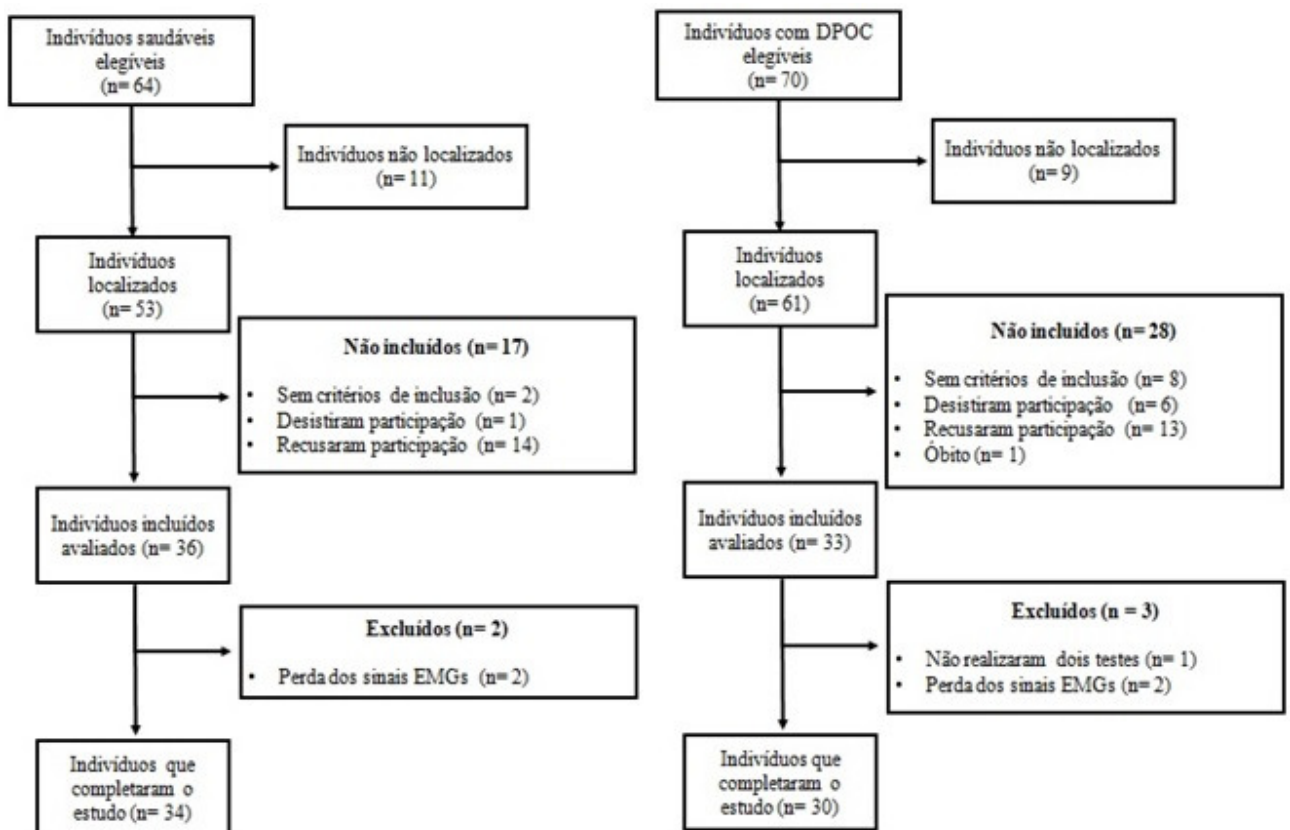


Figura 2. Fluxograma do estudo.

A massa muscular dos MMSS foi semelhante entre os grupos, então, após a correção do desempenho do 6PBRT pela massa muscular, a eficiência muscular foi menor no GDPOC. A demanda ventilatória ( $\dot{V}_E/VVM$  -%) calculada no sexto minuto do teste foi maior para o GDPOC ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características dos indivíduos avaliados e desempenho no 6PBRT.

Variáveis	GC (n = 34)	GDPOC (n=30)	Valor de p
Idade (anos)	66,8 ± 8,0	68,0 ± 7,6	0,55
Gênero (Masculino/Feminino)	23/11	20/10	
Estatura (m)	1,65 ± 0,1	1,63 ± 0,1	0,34
Massa corporal (kg)	73,4 ± 13,6	72,9 ± 17,6	0,89
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	26,7 ± 3,5	27,2 ± 5,1	0,62
VEF <sub>1</sub> (L)	2,4 ± 0,6	1,1 ± 0,5	<0,001*
VEF <sub>1</sub> (% prev)	84,2 ± 20,4	42,1 ± 16,4	<0,001*
CVF (L)	3,2 ± 0,7	2,1 ± 0,7	<0,001*
CVF (% prev)	87,4 ± 12,6	58,7 ± 15,3	<0,001*
VEF <sub>1</sub> /CVF	0,76 ± 0,05	0,55 ± 0,11	<0,001*
Massa magra dos MMSS (kg)	5,42 ± 1,43	5,09 ± 1,60	0,38
Massa gorda dos MMSS (kg)	2,89 ± 0,95	2,89 ± 0,86	1,00
Desempenho no 6PBRT (NA)	354 ± 60	291 ± 60	<0,001*
$\dot{V}E$ (L/min)	9,4 (8,0 – 10,3)	10,8 (7,5 – 12,7)	>0,05
$\dot{V}E/VVM$ (%)	11 (8 – 13)	29 (16 – 37)	<0,05†

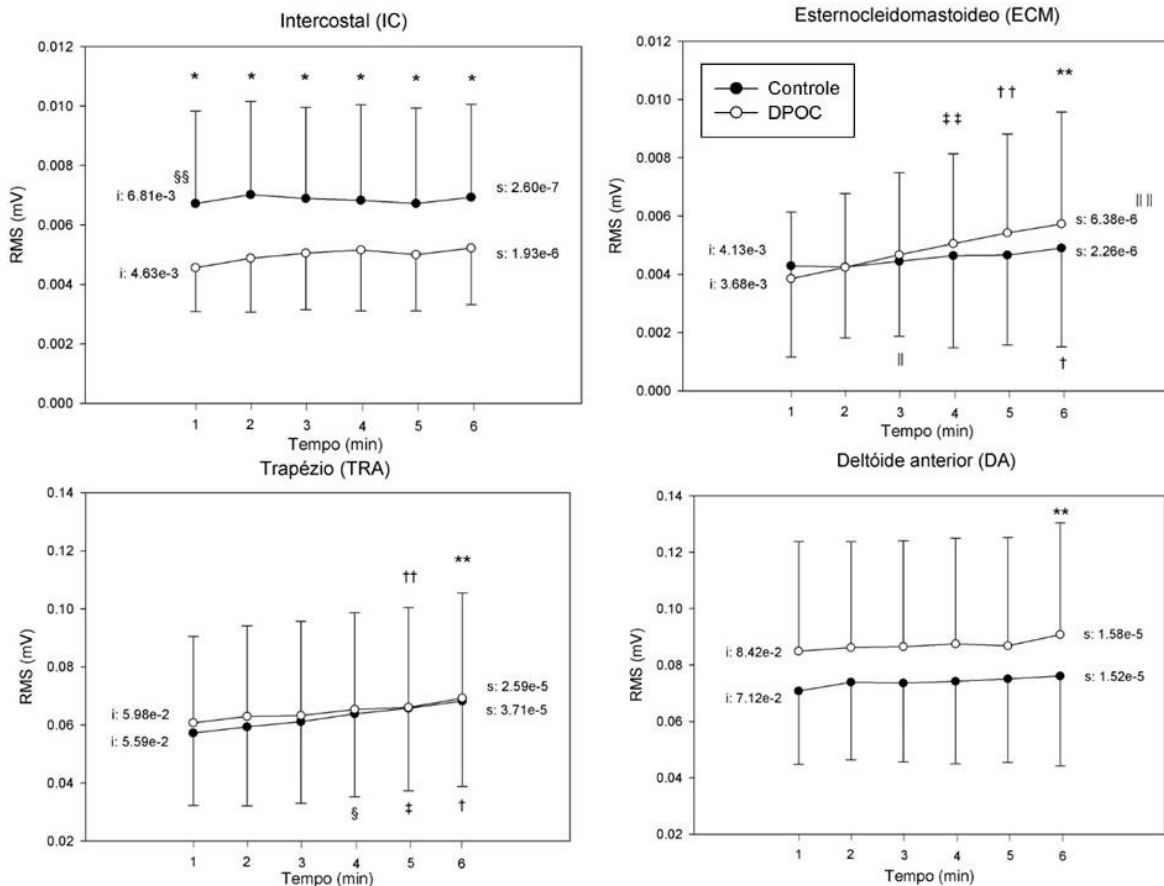
Os dados estão apresentados como média ± desvio padrão. GC: grupo controle; GDPOC: grupo DPOC; IMC: índice de massa corporal, VEF<sub>1</sub>: volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF: capacidade vital forçada; VEF<sub>1</sub>/CVF: relação entre VEF<sub>1</sub> e CVF; MMSS: membros superiores; 6PBRT: six-minute pegboard and ring test; NA: número de argolas;  $\dot{V}E$ : ventilação minuto;  $\dot{V}E/VVM$ : demanda ventilatória. \* Teste t de Student Independente; † Teste U de Mann-Whitney, p <0,05.

As Figuras 3, 4 e 5 demonstram as alterações no RMS, no RMSn e na FM da EMGs, respectivamente, do minuto 1 ao 6 do 6PBRT, para os quatro músculos estudados das funções inspiratória e de MMSS. A amplitude RMS dos músculos IC foi significativamente menor nos indivíduos com DPOC em comparação aos controles (diferença entre os grupos para intercepto do *slope* do RMS); a amplitude RMS do músculo DA foi maior no GDPOC em comparação com o GC, mas não houve diferença estatística. Para os músculos ECM e TPZ, a amplitude RMS apresentou comportamento semelhante nos dois grupos (Figura 3).

Em ambos os grupos, houve um aumento na amplitude RMS durante o 6PBRT para os músculos ECM e TPZ, mas apenas para ECM o aumento foi significativo. A atividade



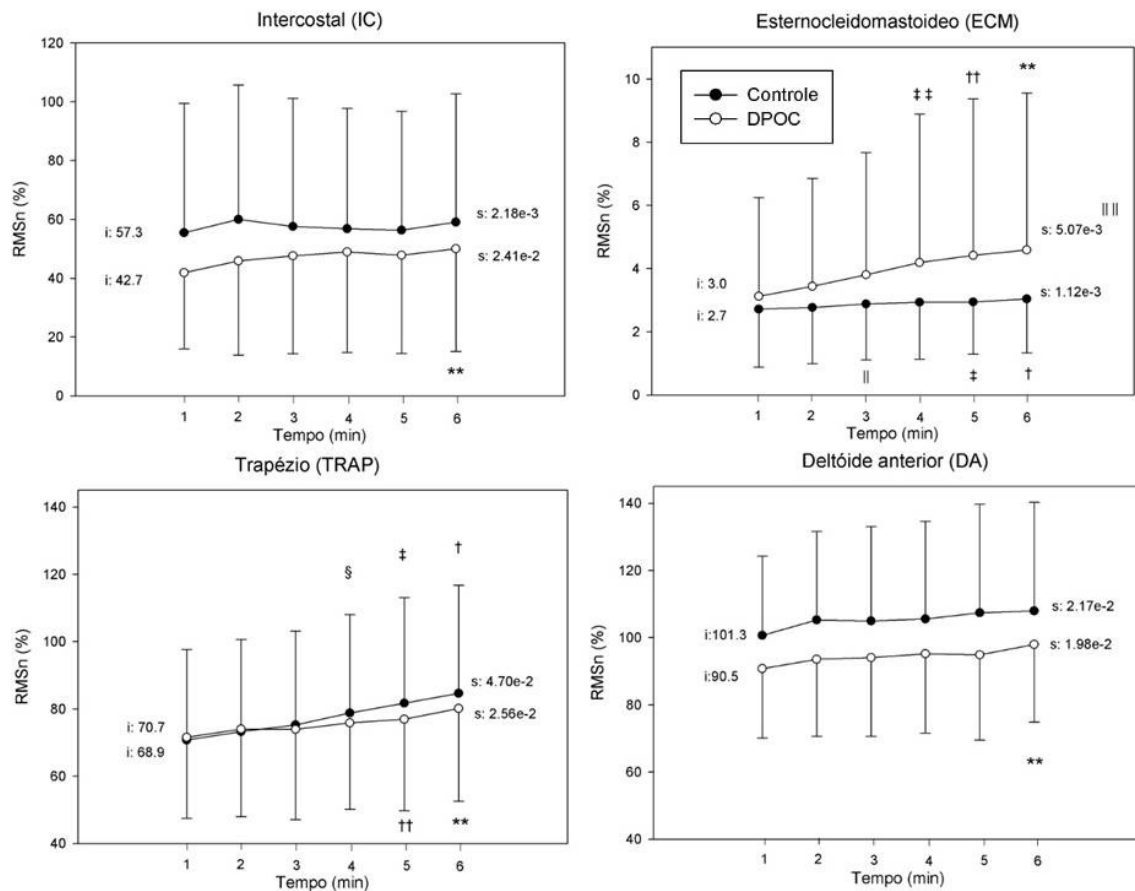
elétrica do músculo TPZ foi semelhante entre os grupos no sexto minuto do teste. Por outro lado, a atividade elétrica do ECM, um músculo envolvido na função acessória inspiratória, aumentou em ambos os grupos, mas o *slope* do RMS foi maior no GDPOC do que no GC, e essa diferença alcançou significância estatística (Figura 3).



**Figura 3.** Dados de *root mean square* (RMS) dos músculos intercostais, esternocleidomastóideo, trapézio e deltóide anterior durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) de ambos os grupos: controle (círculos pretos) e DPOC (círculos brancos). i: intercepto; s: *slope*.

\* diferença significativa entre o grupo; † diferença significativa entre os minutos 1 e 6 para o GC; †† diferença significativa entre os minutos 1 e 5 para o GC; § diferença significativa entre os minutos 1 e 4 para o GC; ††† diferença significativa entre os minutos 1 e 3 para o GC; \*\* diferença significativa entre os minutos 1 e 6 para a DPOC; †††† diferença significativa entre o minuto 1 e 5 para a GDPOC; ‡‡ diferença significativa entre os minutos 1 e 4 para a GDPOC; ††††† diferença significativa entre os grupos para *slope* RMS; §§ diferença significativa entre grupos para intercepto do *slope* RMS;  $p < 0,05$ .

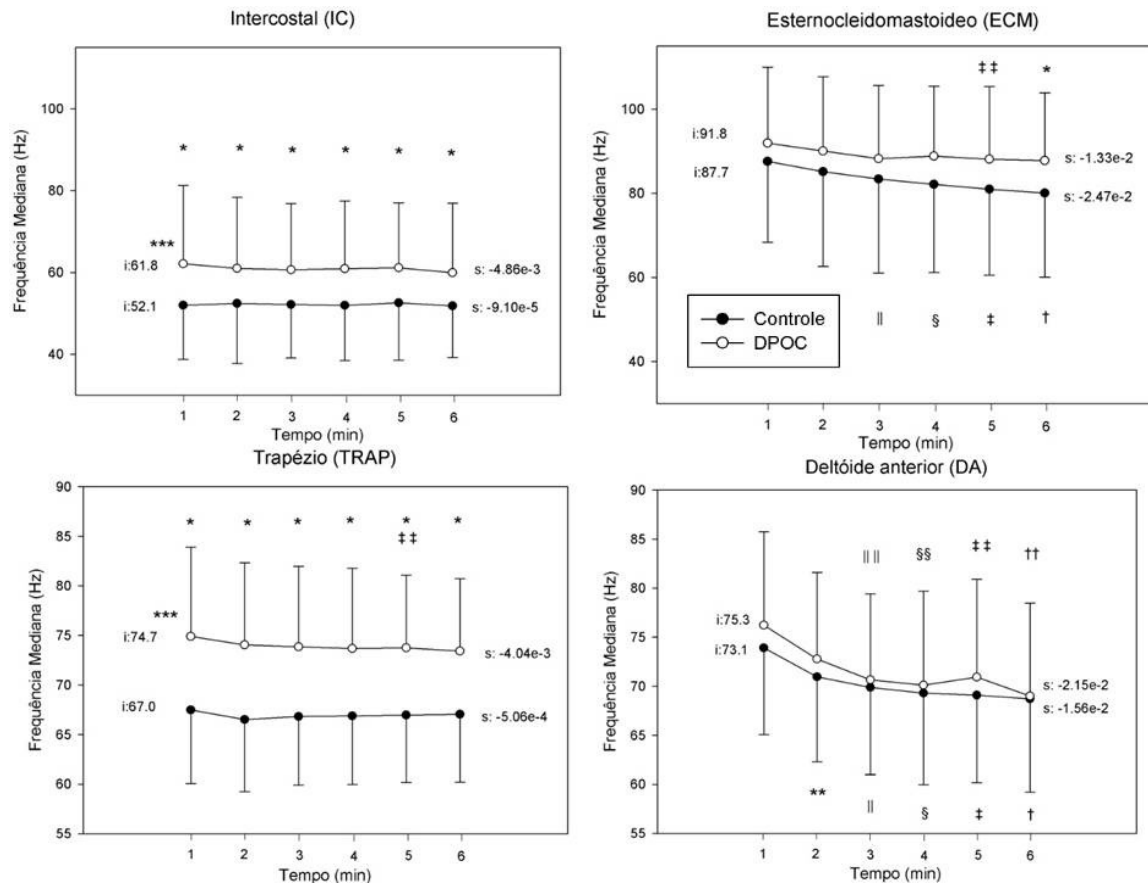
A amplitude do RMSn apresentada na Figura 4 mostra basicamente o mesmo comportamento da amplitude RMS sem normalização apresentada na Figura 3.



**Figura 4.** Dados de *root mean square* normalizado (RMSn) dos músculos intercostais, esternocleidomastóideo, trapézio e deltóide anterior durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) de ambos os grupos: controle (círculos pretos) e DPOC (círculos brancos). i: intercepto; s: *slope*. † diferença significativa entre os minutos 1 e 6 para o GC; ‡ diferença significativa entre os minutos 1 e 5 para o GC; § diferença significativa entre os minutos 1 e 4 para o GC; †† diferença significativa entre os minutos 1 e 5 para o GDPOC; ‡‡ diferença significativa entre os minutos 1 e 4 para a GDPOC; ††† diferença significativa entre os minutos 1 e 6 para o GDPOC; \*\* diferença significativa entre os grupos para *slope* do RMS; p < 0,05.

No geral, o comportamento das mudanças na FM diferiu entre o GDPOC e o GC para os músculos IC e TPZ. A FM dos músculos IC e TPZ diferiu do primeiro ao sexto minuto do teste, inclusive para os valores de intercepto do *slope*, sendo maior no GDPOC. No entanto, não diferiram significativamente para os músculos ECM e DA. A diminuição na FM foi estatisticamente significativa para o músculo DA no GC e no GDPOC ao longo do tempo a partir do segundo e terceiro minutos do teste, respectivamente. Por outro lado, a diminuição na FM do músculo ECM para o GC e para o GDPOC durante o 6PBRT foi

estatisticamente significativa ao longo do tempo a partir do quinto e terceiro minutos, respectivamente (Figura 5).



**Figura 5.** Dados de frequência mediana dos músculos intercostais, esternocleidomastóideo, trapézio e deltóide anterior durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) de ambos os grupos: controle (círculos pretos) e DPOC (círculos brancos). i: intercepto; s: *slope*.

\* diferença significativa entre o grupo; † diferença significativa entre o minuto 1 e 6 para o GC; ‡ diferença significativa entre os minutos 1 e 5 para o GC; § diferença significativa entre os minutos 1 e 4 para o GC; †† diferença significativa entre os minutos 1 e 3 para o GC; \*\* diferença significativa entre os minutos 1 e 2 para o GC; ††† diferença significativa entre os minutos 1 e 6 para o GDPOC; ‡‡ diferença significativa entre os minutos 1 e 5 para o GDPOC; §§ diferença significativa entre os minutos 1 e 4 para o GDPOC; ††† diferença significativa entre os minutos 1 e 3 para o GDPOC; \*\*\* diferença significativa entre os grupos para intercepto do *slope* RMS;  $p < 0,05$ .

A Figura 6 demonstra as alterações em  $\Delta[O_2Hb]$ ,  $\Delta[HbH]$  e  $\Delta[tHb]$  do minuto 1 ao 6 do 6PBRT, para os dois músculos estudados (respiratório - IC e MS - DA). Em relação ao músculo IC,  $\Delta[O_2Hb]$  foi significativamente menor no GDPOC que no GC do segundo ao sexto minutos do 6PBRT (Figura 6-A). Além disso, do terceiro ao sexto minuto do 6PBRT, o  $\Delta[tHb]$  foi significativamente menor no GDPOC do que no GC (Figura 6-C). Para  $\Delta[HbH]$

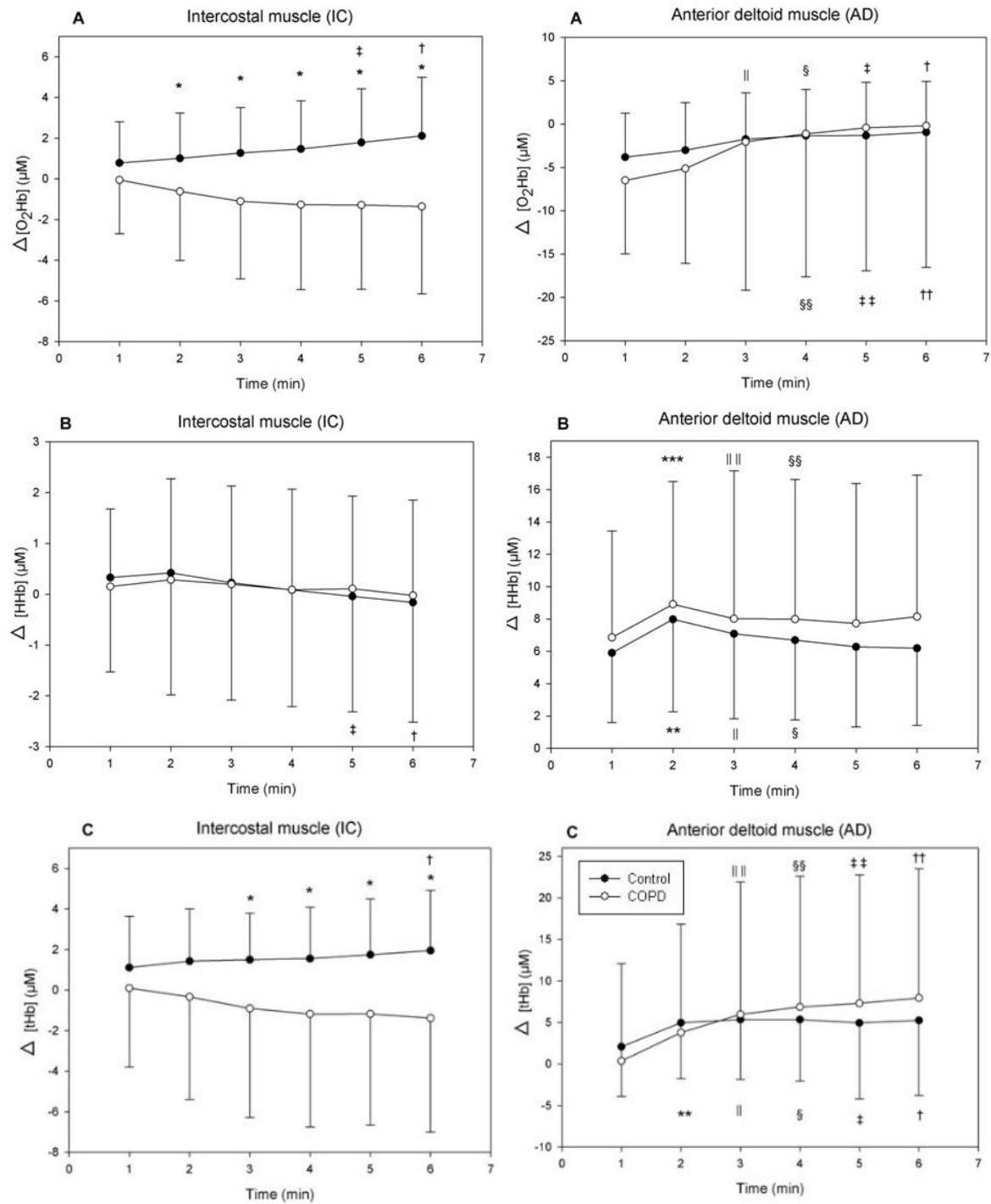
---

---

para os músculos IC não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos ( $p>0,05$ ) (Figura 6-B). As concentrações de hemoglobina nos músculos IC não mostraram diferenças significativas ao longo do tempo para o GDPOC e para o GC somente a partir do quinto e sexto minutos, para  $\Delta[\text{O}_2\text{Hb}]$  e  $\Delta[\text{tHb}]$ , respectivamente (Figura 6).

Para o músculo DA, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para  $\Delta[\text{O}_2\text{Hb}]$ ,  $\Delta[\text{HHb}]$  e  $\Delta[\text{tHb}]$  ( $p>0,05$ ) (Figuras 6-A, B e C). O comportamento das concentrações de hemoglobina no músculo DA ao longo do tempo apresentou alterações semelhantes em ambos os grupos e esses momentos podem ser observados nas Figuras 6-A, B e C.

De maneira geral, para o GC, durante o 6PBRT, observou-se aumento significativo do  $\text{O}_2\text{Hb}$  nos músculos IC e DA, coincidindo com o aumento do tHb (Figura 6). Em contraste, houve estabilidade no  $\text{O}_2\text{Hb}$  para os músculos IC para o GDPOC e um aumento para o músculo DA, que coincidiu com a estabilidade do tHb para o músculo IC e aumento de tHb para o músculo DA, respectivamente (Figura 6). Houve um aumento no tHb para o músculo DA nos dois grupos no início do teste (segundo minuto) e após, houve estabilidade.



**Figura 6.** Dados da espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) dos músculos intercostais e deltóide anterior durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) de ambos os grupos: controle (círculos pretos) e DPOC (círculos brancos). Paineis A, B e C: alterações na concentração sanguínea de oxihemoglobina ( $\Delta [O_2Hb]$ ), deoxihemoglobina ( $\Delta [HHb]$ ) e da hemoglobina total ( $\Delta [tHb]$ ), respectivamente. Os valores estão expressos como alterações relativas à linha de base (repouso).

---

\* diferença significativa entre o grupo; † diferença significativa entre o minuto 1 e 6 para o GC; ‡ diferença significativa entre os minutos 1 e 5 para o GC; § diferença significativa entre os minutos 1 e 4 para o GC; || diferença significativa entre os minutos 1 e 3 para o GC; \*\* diferença significativa entre os minutos 1 e 2 para o GC; †† diferença significativa entre os minutos 1 e 6 para o GDPOC; ‡‡ diferença significativa entre os minutos 1 e 5 para o GDPOC; §§ diferença significativa entre os minutos 1 e 4 para o GDPOC; |||| diferença significativa entre os minutos 1 e 3 para o GDPOC; \*\*\* diferença significativa entre os minutos 1 e 2 para o GDPOC; p <0,05.

## **DISCUSSÃO**

O presente estudo fornece importante avaliação fisiológica durante as atividades de MMSS sem apoio em indivíduos com DPOC em comparação a controles saudáveis. Relatamos uma descrição detalhada das atividades elétricas e de oxigenação dos músculos inspiratórios e de MMSS durante o 6PBRT. Como esperado, o GDPOC teve pior desempenho no 6PBRT, com maior demanda ventilatória, uma vez que uma maior atividade elétrica do músculo ECM e menor perfil de oxigenação nos músculos IC foram observados em indivíduos com DPOC em comparação a indivíduos saudáveis. Além disso, nenhum sinal de fadiga muscular foi observado nos músculos inspiratórios no GDPOC.

O 6PBRT é realizado com o indivíduo na posição sentada, sendo necessário manter os MMSS simultaneamente elevados, acima do nível do ombro, sem apoio, com movimentos constantes que requerem um envolvimento significativo dos músculos fixados na caixa torácica e no pescoço. Além disso, o 6PBRT é realizado em cadeia cinética aberta, exigindo um alto nível de coordenação motora, uma vez que também envolve movimentos finos das mãos. Portanto, os principais músculos envolvidos nessa tarefa são das cinturas escapulares e os músculos do pescoço - uma vez que são responsáveis por dar suporte aos MMSS e produzir os movimentos grosseiros.

Neste estudo, decidimos verificar a ativação e a oxigenação musculares de alguns desses músculos, como TPZ, DA, ECM, que consideramos serem importantes músculos nessas ações e que o acesso é permitido por meio de técnicas de superfície. Além disso, o músculo IC também foi avaliado, como músculo ventilatório, a fim de verificar sua participação nessa atividade, e inferir sobre a demanda ventilatória imposta. O músculo diafragma também poderia ser uma opção, mas a captura de sinal não seria tão fácil e confiável quanto os músculos IC.

---

---

Observamos que o desempenho no 6PBRT foi menor no GDPOC, mas o padrão de ativação muscular foi relativamente similar entre os indivíduos com DPOC e os saudáveis, apesar das diferenças em magnitude. A amplitude RMS do músculo IC foi menor no GDPOC, enquanto foi similar entre os grupos para os músculos DA e TPZ. No entanto, houve um aumento na ativação do músculo TPZ nos últimos minutos do teste em ambos os grupos.

Por outro lado, observou-se que o músculo ECM parece ter tido maior ativação em indivíduos do GDPOC. Isso corrobora a ideia de sobrecarga dessa musculatura ao realizar a dupla tarefa de suporte postural/movimentos dos MMSS e função inspiratória acessória (2, 33-35).

A literatura discute sobre a sobrecarga imposta aos músculos ligados à caixa torácica ao realizar tarefas com os MMSS elevados, pois atuam no movimento dos MMSS, sendo também estabilizadores da caixa torácica, com ação ventilatória (5). Assim, quando os braços estão elevados, esses músculos puxam a caixa torácica para fora, favorecendo a hiperinsuflação pulmonar (5).

Sabe-se que indivíduos com DPOC apresentam hiperinsuflação pulmonar dinâmica, com alterações da caixa torácica, aumento do diâmetro ântero-posterior e horizontalização das costelas, o que confere desvantagem mecânica ao diafragma, principal músculo inspiratório (35). A posição desfavorável da sua curva de comprimento-tensão reduz a capacidade de geração de força, sendo necessária a ativação das musculaturas da cintura escapular e do tronco superior simultaneamente nas funções ventilatória e não ventilatória, mesmo estas não estando em posição ideal (34-36).

Isso pode ter contribuído para a menor ativação do IC, por condições mecânicas de desvantagem, sobrecarregando os músculos acessórios, como o ECM (2). Devido à menor ativação, o fluxo sanguíneo para promover a oxigenação foi menor, sendo direcionado para os músculos mais ativos. Além disso, há um comprometimento ventilatório, limitando o desempenho ao exercício no GDPOC. No entanto, não temos dados do músculo diafragma para entender melhor esse mecanismo.

Por outro lado, nenhum sinal de fadiga muscular foi observado no GDPOC, possivelmente devido à cadência livre do teste, onde os sujeitos provavelmente impuseram

---

---

uma velocidade estável para mover as argolas durante o teste, com um ajuste natural intuitivo, a fim de evitar possíveis interrupções pelos sintomas de fadiga e dispneia, reconhecendo seus próprios limites.

A principal diferença entre os grupos que é digna de nota em relação ao músculo TPZ está relacionada à FM – que foi menor no GC. Provavelmente, os indivíduos saudáveis ativaram mais componentes de baixa frequência e, por essa razão, podemos inferir que eles recrutaram mais fibras do tipo I, por esse motivo, a FM foi menor. Nossos achados não corroboram os encontrados por Meijer et al. (8), que observaram maior esforço muscular do músculo TPZ em diferentes AVD com duração de 30s cada uma, em indivíduos com DPOC quando comparados a controles saudáveis. Talvez o 6PBRT que é realizado na posição sentada e com elevação do braço a apenas 20 cm acima do nível do ombro não tenha sido capaz de promover maior ativação do TPZ no início do teste, enquanto as AVD do estudo de Meijer et al. (8) proporcionaram maior esforço muscular.

Estudos prévios verificaram que indivíduos com DPOC apresentaram preservação da *endurance* e da capacidade oxidativa em seu músculo deltóide (11, 37) por ser um músculo diretamente envolvido em AVD que requer utilização dos MMSS. Meijer et al. (8) não observaram diferenças no esforço muscular para o músculo deltóide entre indivíduos com DPOC e controles para realização de AVD, pois indivíduos com DPOC realizam atividades de MMSS com menor intensidade. No geral, a amplitude RMS do músculo DA para realizar o 6PBRT foi semelhante entre os grupos e, em relação a essa variável, ambos os estudos anteriores corroboram nossos achados.

No entanto, observou-se diminuição da FM, maior que 4%, do músculo DA durante o 6PBRT em ambos os grupos, o que, segundo Saey et al. (38) sugere um perfil de contração muscular fatigante com recrutamento progressivo de fibras do tipo I (38). E isso pode ter sido devido à demanda característica do teste.

O GC apresentou melhor eficiência mecânica dos músculos dos MMSS do que o GDPOC, uma vez que com semelhantes massa muscular, atividade elétrica e suprimento de oxigênio aos MMSS, alcançaram melhor desempenho.

Os músculos IC apresentaram menor ativação no GDPOC do que no GC, além de pior oxigenação e suprimento sanguíneo, pois apresentaram menores valores de  $O_2Hb$ , com extração semelhante aos controles, confirmados pelo mesmo comportamento do tHb em



---

---

ambos os grupos. Entretanto, com pior desempenho e maior demanda ventilatória no GDPOC, o que provavelmente foi um fator limitante para o desempenho no 6PBRT.

Outros dados interessantes dos músculos IC foram os menores valores de FM obtidos no GC em relação ao GDPOC, apesar da maior ativação elétrica, provavelmente indicando o uso de fibras do tipo I para realizar o teste, que necessita de oxigênio e são fibras mais resistentes à fadiga. Mesmo sabendo que estudos prévios já sugerem transformação rápida-lenta em músculos paraesternais de indivíduos com DPOC, ou seja, uma maior proporção de fibras do tipo I (39, 40); o comportamento de FM elevado e baixa quantidade de O<sub>2</sub>Hb presente nos músculos IC observado em nosso GDPOC nos leva a sugerir que, devido à falta de oxigênio, provavelmente, as fibras do tipo II são mais recrutadas e o metabolismo anaeróbico prevalece.

Nossa amostra foi composta por sujeitos com DPOC de classificação de limitação do fluxo aéreo moderada, grave e muito grave e seria interessante aumentar a amostra para cada classificação para investigar se o comportamento seria o mesmo nos pacientes com obstrução leve. Além disso, os argumentos apresentados neste estudo são generalizáveis para indivíduos com DPOC que apresentam hiperinsuflação durante o teste, apesar desse aspecto não ter sido avaliado neste estudo. Apesar de saber que classificações mais graves de limitação do fluxo aéreo apresentam maior limitação ventilatória e maior chance de hiperinsuflação pulmonar (41), é necessário obter medidas objetivas de hiperinsuflação pulmonar nessa população para confirmar se o pior desempenho no 6PBRT tem associação com essa condição.

Finalmente, algumas limitações metodológicas devem ser abordadas. A variabilidade regional das características de cada músculo em relação à atividade elétrica e à oxigenação não foi garantida porque nossas medidas foram coletadas de um único local sobre os músculos. Além disso, observamos uma grande variabilidade dos dados, talvez devido à heterogeneidade espacial do músculo nas contrações dinâmicas. Embora amplamente utilizado para normalização do sinal da EMGs, as contrações voluntárias máximas têm a desvantagem de serem dependentes de motivação e é difícil determinar se o esforço foi realmente máximo.

Com base nisso, segundo Reilly et al. (42, 43) a P<sub>Imáx</sub> é um método confiável para normalizar os sinais de EMGs de músculos paraesternais e a mesma manobra foi utilizada

---

---

por Cardoso et al. (44) para normalizar o músculo ECM (45). Escolhemos as CVS para normalizar os sinais dos músculos TPZ e DA, porque segundo Burden et al. (46) as CVS podem ser tão confiáveis quanto as CVM (47). Além disso, durante as manobras de CVM ou CVS a contração realizada foi isométrica e durante o teste houve contração dinâmica. Assim, apresentamos os dados com e sem normalização. No entanto, esses métodos são comumente relatados na literatura. Utilizamos a análise de *Fourier* para derivar o conteúdo de frequência dos dados da EMGs, apesar de sabermos que ela deve ser aplicada a sinais estacionários e que durante contrações dinâmicas (não-estacionárias) outras análises devem ser realizadas. No entanto, a análise de *Fourier* é uma técnica mais simples e rápida e fornece informações iniciais, mas os dados precisam ser interpretados com cautela.

### **CONCLUSÃO**

Em síntese, o presente estudo indica que o 6PBRT é realizado com maior atividade elétrica nos músculos acessórios da inspiração, como no ECM e menor perfil de oxigenação no IC por indivíduos com DPOC clinicamente estável quando comparados com controles saudáveis pareados por idade e gênero, porém sem sinais de fadiga muscular. Esses achados sugerem que a maior demanda ventilatória apresentada pelo GDPOC poderia ter contribuído para o pior desempenho nesse grupo; parecendo não haver sinais de limitação muscular periférica.

### **REFERÊNCIAS**

1. Castagna O, Boussuges A, Vallier JM, Prefaut C, Brisswalter J. Is impairment similar between arm and leg cranking exercise in COPD patients? *Respiratory medicine*. 2007 Mar;101(3):547-53. PubMed PMID: 16890417.
2. Panka GF, Oliveira MM, Franca DC, Parreira VF, Britto RR, Velloso M. Ventilatory and muscular assessment in healthy subjects during an activity of daily living with unsupported arm elevation. *Revista brasileira de fisioterapia*. 2010 Jul-Aug;14(4):337-44. PubMed PMID: 20949234.
3. Miranda EF, Malaguti C, Dal Corso S. Peripheral muscle dysfunction in COPD: lower limbs versus upper limbs. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2011;37:380-8.
4. Velloso M, Jardim JR. Functionality of patients with chronic obstructive pulmonary disease: energy conservation techniques. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2006 Nov-Dec;32(6):580-6. PubMed PMID: 17435910.

- 
5. Dolmage TE, Janaudis-Ferreira T, Hill K, Price S, Brooks D, Goldstein RS. Arm elevation and coordinated breathing strategies in patients with COPD. *Chest*. 2013 Jul;144(1):128-35. PubMed PMID: 23370697.
  6. Donaldson AV, Maddocks M, Martolini D, Polkey MI, Man WD. Muscle function in COPD: a complex interplay. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2012;7:523-35. PubMed PMID: 22973093. Pubmed Central PMCID: 3430120.
  7. 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 Apr;123(4):1047-53. PubMed PMID: 12684292.
  8. Meijer K, Annegarn J, Lima Passos V, Savelberg HH, Schols AM, Wouters EF, et al. Characteristics of daily arm activities in patients with COPD. *The European respiratory journal*. 2014 Jun;43(6):1631-41. PubMed PMID: 24558175.
  9. Baarends EM, Schols AM, Slebos DJ, Mostert R, Janssen PP, Wouters EF. Metabolic and ventilatory response pattern to arm elevation in patients with COPD and healthy age-matched subjects. *The European respiratory journal*. 1995 Aug;8(8):1345-51. PubMed PMID: 7489802.
  10. McKeough ZJ, Alison JA, Bye PT. Arm exercise capacity and dyspnea ratings in subjects with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation*. 2003 May-Jun;23(3):218-25. PubMed PMID: 12782907.
  11. 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. *Medicine and science in sports and exercise*. 2002 Oct;34(10):1570-6. PubMed PMID: 12370557.
  12. Lima VP, Iamonti VC, Velloso M, Janaudis-Ferreira T. Physiological Responses to Arm Activity in Individuals With Chronic Obstructive Pulmonary Disease Compared With Healthy Controls: A SYSTEMATIC REVIEW. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*. 2016 Nov/Dec;36(6):402-12. PubMed PMID: 27780184.
  13. Celli BR, Rassulo J, Make BJ. Dyssynchronous breathing during arm but not leg exercise in patients with chronic airflow obstruction. *The New England journal of medicine*. 1986 Jun 5;314(23):1485-90. PubMed PMID: 3702963.
  14. Zhan S, Cerny FJ, Gibbons WJ, Mador MJ, Wu YW. Development of an unsupported arm exercise test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation*. 2006 May-Jun;26(3):180-7; discussion 8-90. PubMed PMID: 16738459.
  15. Takeda K, Kawasaki Y, Yoshida K, Nishida Y, Harada T, Yamaguchi K, et al. The 6-minute pegboard and ring test is correlated with upper extremity activity of daily living in chronic obstructive pulmonary disease. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2013;8:347-51. PubMed PMID: 23901268. Pubmed Central PMCID: 3726300.
  16. Janaudis-Ferreira T, Beauchamp MK, Goldstein RS, Brooks D. How should we measure arm exercise capacity in patients with COPD? A systematic review. *Chest*. 2012 Jan;141(1):111-20. PubMed PMID: 21659430.
  17. Felisberto RM, de Barros CF, Nucci KCA, de Albuquerque ALP, Paulin E, de Brito CMM, et al. Is the 6-minute pegboard and ring test valid to evaluate upper limb function in hospitalized patients with acute exacerbation of COPD? *International journal of chronic*

---

obstructive pulmonary disease. 2018;13:1663-73. PubMed PMID: 29861629. Pubmed Central PMCID: 5968800.

18. Vogelmeier CF, Criner GJ, Martinez FJ, Anzueto A, Barnes PJ, Bourbeau J, et al. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Lung Disease 2017 Report: GOLD Executive Summary. *The European respiratory journal*. 2017 Mar;49(3). PubMed PMID: 28182564.

19. Pereira CA, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2007 Jul-Aug;33(4):397-406. PubMed PMID: 17982531.

20. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *The European respiratory journal*. 2005 Aug;26(2):319-38. PubMed PMID: 16055882.

21. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and ageing*. 2010 Jul;39(4):412-23. PubMed PMID: 20392703. Pubmed Central PMCID: 2886201.

22. Kallenberg LA, Preece S, Nester C, Hermens HJ. Reproducibility of MUAP properties in array surface EMG recordings of the upper trapezius and sternocleidomastoid muscle. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2009 Dec;19(6):e536-42. PubMed PMID: 19138534.

23. de Andrade AD, Silva TNS, Vasconcelos H, Marcelino M, Rodrigues-Machado MG, Galindo VC, et al. Inspiratory muscular activation during threshold (R) therapy in elderly healthy and patients with COPD. *J Electromyogr Kines*. 2005 Dec;15(6):631-9. PubMed PMID: WOS:000233149500012. English.

24. Maarsingh EJ, van Eykern LA, Sprickelman AB, Hoekstra MO, van Aalderen WM. Respiratory muscle activity measured with a noninvasive EMG technique: technical aspects and reproducibility. *J Appl Physiol (1985)*. 2000 Jun;88(6):1955-61. PubMed PMID: 10846005.

25. Duiverman ML, de Boer EW, van Eykern LA, de Greef MH, Jansen DF, Wempe JB, et al. Respiratory muscle activity and dyspnea during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *Respiratory physiology & neurobiology*. 2009 Jun 30;167(2):195-200. PubMed PMID: 19406254.

26. Phadke V, Ludewig PM. Study of the scapular muscle latency and deactivation time in people with and without shoulder impingement. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2013 Apr;23(2):469-75. PubMed PMID: 23137918.

27. Reilly CC, Jolley CJ, Ward K, MacBean V, Moxham J, Rafferty GF. Neural respiratory drive measured during inspiratory threshold loading and acute hypercapnia in healthy individuals. *Exp Physiol*. 2013 Jul;98(7):1190-8. PubMed PMID: WOS:000320722300006. English.

28. Fischer SL, Belbeck AL, Dickerson CR. The influence of providing feedback on force production and within-participant reproducibility during maximal voluntary exertions for the anterior deltoid, middle deltoid, and infraspinatus. *Journal of electromyography and*

---

kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology. 2010 Feb;20(1):68-75. PubMed PMID: 19231238.

29. Mathiassen SE, Winkel J, Hagg GM. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies - A review. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 1995 Dec;5(4):197-226. PubMed PMID: 20719652.

30. Katayama K, Suzuki Y, Hoshikawa M, Ohya T, Oriishi M, Itoh Y, et al. Hypoxia exaggerates inspiratory accessory muscle deoxygenation during hyperpnoea. *Respiratory physiology & neurobiology*. 2015 Jun;211:1-8. PubMed PMID: 25747385.

31. de Bisschop C, Beloka S, Groepenhoff H, van der Plas MN, Overbeek MJ, Naeije R, et al. Is there a competition for oxygen availability between respiratory and limb muscles? *Respiratory physiology & neurobiology*. 2014 Jun 1;196:8-16. PubMed PMID: 24582718.

32. Rodriguez A, Claverias L, Marin J, Magret M, Rosich S, Bodi M, et al. Regional oxygen saturation index (rSO(2)) in brachioradialis and deltoid muscle. Correlation and prognosis in patients with respiratory sepsis. *Med Intensiva*. 2015 Mar;39(2):68-75. PubMed PMID: WOS:000350615800002. English.

33. Ratnovsky A, Elad D, Halpern P. Mechanics of respiratory muscles. *Respiratory physiology & neurobiology*. 2008 Nov 30;163(1-3):82-9. PubMed PMID: 18583200.

34. 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 Oct;138(4):856-61. PubMed PMID: 3202459.

35. Epstein SK, Celli BR, Williams J, Tarry S, Roa J, Shannon T. Ventilatory response to arm elevation. Its determinants and use in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 1995 Jul;152(1):211-6. PubMed PMID: 7599826.

36. Gigliotti F, Coli C, Bianchi R, Grazzini M, Stendardi L, Castellani C, et al. Arm exercise and hyperinflation in patients with COPD: effect of arm training. *Chest*. 2005 Sep;128(3):1225-32. PubMed PMID: 16162710.

37. 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. *European Respiratory Journal*. 2001 May;17(5):939-45. PubMed PMID: WOS:000170209000018. English.

38. Saey D, Cote CH, Mador MJ, Laviolette L, Leblanc P, Jobin J, et al. Assessment of muscle fatigue during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *Muscle Nerve*. 2006 Jul;34(1):62-71. PubMed PMID: WOS:000238688000007. English.

39. Levine S, Nguyen T, Friscia M, Zhu J, Szeto W, Kucharczuk JC, et al. Parasternal intercostal muscle remodeling in severe chronic obstructive pulmonary disease. *J Appl Physiol (1985)*. 2006 Nov;101(5):1297-302. PubMed PMID: 16777998.

40. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Distribution of muscle weakness in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation*. 2000 Nov-Dec;20(6):353-60. PubMed PMID: 11144041.

41. Langer D, Ciavaglia CE, Neder JA, Webb KA, O'Donnell DE. Lung hyperinflation in chronic obstructive pulmonary disease: mechanisms, clinical implications and treatment. *Expert review of respiratory medicine*. 2014 Dec;8(6):731-49. PubMed PMID: 25159007.

42. Reilly CC, Ward K, Jolley CJ, Lunt AC, Steier J, Elston C, et al. Neural respiratory drive, pulmonary mechanics and breathlessness in patients with cystic fibrosis. *Thorax*. 2011 Mar;66(3):240-6. PubMed PMID: 21285244.
43. Reilly CC, Jolley CJ, Elston C, Moxham J, Rafferty GF. Measurement of parasternal intercostal electromyogram during an infective exacerbation in patients with cystic fibrosis. *The European respiratory journal*. 2012 Oct;40(4):977-81. PubMed PMID: 22267769.
44. Cardoso DM, Paiva DN, Albuquerque IM, Jost RT, Paixao AV. Effects of expiratory positive airway pressure on the electromyographic activity of accessory inspiratory muscles in COPD patients. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2011 Jan-Feb;37(1):46-53. PubMed PMID: 21390431.
45. Dos Reis IMM, Ohara DG, Januario LB, Basso-Vanelli RP, Oliveira AB, Jamami M. Surface electromyography in inspiratory muscles in adults and elderly individuals: A systematic review. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2019 Feb;44:139-55. PubMed PMID: 30658230.
46. Burden A. How should we normalize electromyograms obtained from healthy participants? What we have learned from over 25 years of research. *J Electromyogr Kines*. 2010 Dec;20(6):1023-35. PubMed PMID: WOS:000282209100001. English.
47. Cid MM, Januario LB, Zanca GG, Mattiello SM, Oliveira AB. Normalization of the trapezius sEMG signal - a reliability study on women with and without neck-shoulder pain. *Brazilian journal of physical therapy*. 2018 Mar - Apr;22(2):110-9. PubMed PMID: 29033217. Pubmed Central PMCID: 5883997.

## MATERIAL SUPLEMENTAR

**Tabela S-1.** Dados de espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) dos músculos intercostais e deltóide anterior durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) de ambos os grupos: controle e DPOC.

Variáveis	GC (n = 34)	GDPOC (n=30)
Δ [O <sub>2</sub> Hb] 1 IC	0,761 (-0,306 – 1,509)	0,357 (-0,503 – 1,107)
Δ [O <sub>2</sub> Hb] 1 DA	-3,844 (-5,529 – -1,18)	-6,306 (-12,264 – -1,755)
Δ [O <sub>2</sub> Hb] 2 IC	1,2 (-0,565 – 2,124)	-0,266 (-1,09 – 1,243)
Δ [O <sub>2</sub> Hb] 2 DA	-3,12 (-4,632 – -0,792)	-4,3 (-12,261 – -0,0454)
Δ [O <sub>2</sub> Hb] 3 IC	1,283 (-0,128 – 2,272)	-0,134 (-2,484 – 1,319)
Δ [O <sub>2</sub> Hb] 3 DA	-1,9 (-3,473 – 0,0367)	-3,509 (-10,451 – -0,0252)
Δ [O <sub>2</sub> Hb] 4 IC	1,299 (0,0363 – 2,597)	-0,012 (-2,782 – 1,249)
Δ [O <sub>2</sub> Hb] 4 DA	-1,36 (-3,315 – 0,0658)	-2,843 (-9,932 – 1,427)
Δ [O <sub>2</sub> Hb] 5 IC	1,441 (0,111 – 2,885)	0,0426 (-2,651 – 1,359)
Δ [O <sub>2</sub> Hb] 5 DA	-1,215 (-3,577 – 1,007)	-2,58 (-9,027 – 1,566)
Δ [O <sub>2</sub> Hb] 6 IC	1,644 (0,506 – 3,187)	-0,211 (-3,197 – 1,783)
Δ [O <sub>2</sub> Hb] 6 DA	-1,024 (-3,227 – 1,075)	-2,695 (-8,585 – 2,386)
Δ [HHb] 1 IC	0,00797 (-0,398 – 0,543)	0,00489 (-0,422 – 0,913)
Δ [HHb] 1 DA	6,059 (2,386 – 7,89)	6,757 (0,722 – 10,641)
Δ [HHb] 2 IC	0,0508 (-0,529 – 0,919)	0,169 (-0,652 – 1,143)
Δ [HHb] 1 DA	8,612 (3,419 – 10,828)	8,993 (3,667 – 12,648)
Δ [HHb] 3 IC	-0,0597 (-0,865 – 0,727)	0,0106 (-0,568 – 0,918)

$\Delta$ [HHb] 3 DA	7,447 (2,899 – 9,66)	9,203 (2,181 – 13,013)
$\Delta$ [HHb] 4 IC	-0,212 (-0,963 – 0,665)	0,0918 (-0,679 – 0,509)
$\Delta$ [HHb] 4 DA	6,445 (2,9 – 9,521)	9,635 (2,348 – 13,281)
$\Delta$ [HHb] 5 IC	-0,272 (-1,341 – 0,603)	-0,0829 (-0,877 – 0,747)
$\Delta$ [HHb] 5 DA	6,132 (2,86 – 9,217)	9,409 (2,742 – 11,831)
$\Delta$ [HHb] 6 IC	-0,362 (-1,541 – 0,492)	-0,189 (-1,174 – 0,535)
$\Delta$ [HHb] 6 DA	6,266 (2,846 – 9,231)	9,73 (2,831 – 14,017)
$\Delta$ [tHb] 1 IC	0,851 (-0,329 – 2,089)	0,262 (-0,787 – 1,832)
$\Delta$ [tHb] 1 DA	1,027 (-1,884 – 5,766)	0,938 (-4,728 – 4,835)
$\Delta$ [tHb] 2 IC	1,399 (-0,341 – 2,646)	0,169 (-1,477 – 1,498)
$\Delta$ [tHb] 2 DA	4,344 (-0,0297 – 9,117)	4,841 (-3,915 – 9,551)
$\Delta$ [tHb] 3 IC	1,238 (-0,175 – 2,726)	0,0914 (-2,42 – 1,271)
$\Delta$ [tHb] 3 DA	5,941 (0,431 – 9,024)	5,596 (-3,029 – 11,079)
$\Delta$ [tHb] 4 IC	1,482 (-0,222 – 3,147)	-0,218 (-2,757 – 1,228)
$\Delta$ [tHb] 4 DA	4,631 (0,14 – 8,956)	6,598 (-2,323 – 12,435)
$\Delta$ [tHb] 5 IC	1,582 (-0,314 – 3,473)	0,0196 (-2,528 – 1,721)
$\Delta$ [tHb] 5 DA	5,128 (0,326 – 9,258)	6,851 (-1,264 – 12,713)
$\Delta$ [tHb] 6 IC	2,002 (-0,305 – 3,705)	-0,494 (-3,888 – 1,942)
$\Delta$ [tHb] 6 DA	4,977 (0,221 – 8,968)	7,051 (-0,0286 – 13,548)

IC: músculos intercostais; DA: músculo deltóide anterior; 1: minuto 1; 2: minuto 2; 3: minuto 3; 4: minuto 4; 5: minuto 5; 6: minuto 6; alterações na concentração sanguínea de oxihemoglobina ( $\Delta$ [O<sub>2</sub>Hb]); alterações na concentração sanguínea de desoxiemoglobina ( $\Delta$ [HHb]); alterações na concentração sanguínea de hemoglobina total ( $\Delta$ [tHb]). Os valores estão expressos como alterações relativas ao repouso (basal).

**Tabela S-2.** Dados de *root mean square* (RMS), *root mean square* normalizado (RMSn), frequência mediana (FM) dos músculos intercostais, esternocleidomastóideo, trapézio e deltóide anterior durante o *six-minute pegboard and ring test* (6PBRT) de ambos os grupos: controle e DPOC.

Variáveis	GC (n = 34)	GDPOC (n=30)
RMS IC 1	0,0063 (0,00417 – 0,00847)	0,0046 (0,0033 – 0,00543)
RMS IC 2	0,0063 (0,00498 – 0,0091)	0,0048 (0,0036 – 0,0057)
RMS IC 3	0,0061 (0,00465 – 0,00865)	0,0048 (0,00367 – 0,00637)
RMS IC 4	0,0064 (0,0042 – 0,00888)	0,005 (0,00375 – 0,00622)
RMS IC 5	0,0064 (0,00408 – 0,00807)	0,0049 (0,00347 – 0,0059)
RMS IC 6	0,0064 (0,00447 – 0,00895)	0,0051 (0,00388 – 0,0063)
RMS ECM 1	0,0032 (0,0026 – 0,0045)	0,0029 (0,0021 – 0,00557)
RMS ECM 2	0,0036 (0,0026 – 0,0049)	0,0031 (0,00237 – 0,00595)
RMS ECM 3	0,0035 (0,0027 – 0,00485)	0,0034 (0,0024 – 0,00613)
RMS ECM 4	0,0033 (0,0027 – 0,00512)	0,0037 (0,00247 – 0,00652)
RMS ECM 5	0,0034 (0,00277 – 0,00557)	0,0044 (0,00255 – 0,0077)
RMS ECM 6	0,0035 (0,00267 – 0,00572)	0,0042 (0,00273 – 0,00765)
RMS TPZ 1	0,048 (0,0407 – 0,0701)	0,0551 (0,0421 – 0,0692)
RMS TPZ 2	0,0516 (0,0406 – 0,0696)	0,0559 (0,042 – 0,0765)
RMS TPZ 3	0,052 (0,0414 – 0,0725)	0,0543 (0,0405 – 0,0784)

---



---

RMS TPZ 4	0,0551 (0,0437 – 0,0773)	0,0566 (0,0415 – 0,0794)
RMS TPZ 5	0,0546 (0,045 – 0,078)	0,0587 (0,0398 – 0,0813)
RMS TPZ 6	0,0572 (0,0478 – 0,0855)	0,0586 (0,0405 – 0,0829)
RMS DA 1	0,0704 (0,0526 – 0,0837)	0,073 (0,0543 – 0,102)
RMS DA 2	0,0657 (0,0512 – 0,0874)	0,0844 (0,058 – 0,092)
RMS DA 3	0,0661 (0,0524 – 0,0872)	0,0823 (0,0593 – 0,0956)
RMS DA 4	0,0684 (0,0516 – 0,0911)	0,0828 (0,058 – 0,0999)
RMS DA 5	0,069 (0,0521 – 0,0925)	0,0828 (0,0594 – 0,0983)
RMS DA 6	0,0669 (0,0518 – 0,0924)	0,0832 (0,0629 – 0,107)
RMSn IC 1	47,48 (19,96 – 76,674)	42,649 (23,671 – 56,273)
RMSn IC 2	58,376 (22,199 – 83,538)	42,836 (22,037 – 57,273)
RMSn IC 3	45,381 (22,541 – 81,684)	47,001 (25,259 – 62,7)
RMSn IC 4	48,728 (21,589 – 84,92)	46,398 (23,134 – 62,219)
RMSn IC 5	49,769 (21,524 – 80,24)	47,691 (22,665 – 65,463)
RMSn IC 6	55,771 (21,794 – 87,067)	47,515 (23,731 – 65,305)
RMSn ECM 1	2,423 (1,51 – 3,353)	2,252 (1,364 – 3,868)
RMSn ECM 2	2,571 (1,904 – 3,367)	2,495 (1,704 – 3,617)
RMSn ECM 3	2,688 (2,028 – 3,487)	2,783 (1,82 – 4,131)
RMSn ECM 4	2,532 (1,946 – 3,389)	2,91 (1,835 – 4,588)
RMSn ECM 5	2,499 (1,834 – 3,526)	3,201 (1,866 – 4,461)
RMSn ECM 6	2,643 (1,927 – 3,467)	3,661 (2,014 – 4,829)
RMSn TPZ 1	65,282 (54,436 – 83,779)	70,295 (57,135 – 85,03)
RMSn TPZ 2	69,801 (54,323 – 83,943)	77,181 (53,626 – 86,384)
RMSn TPZ 3	72,512 (57,726 – 88,108)	69,599 (56,249 – 87,308)
RMSn TPZ 4	74,729 (59,742 – 93,404)	75,505 (57,89 – 89,902)
RMSn TPZ 5	73,847 (60,41 – 95,044)	75,063 (59,727 – 89,466)
RMSn TPZ 6	77,625 (62,427 – 100,432)	79,795 (60,825 – 95,873)
RMSn DA 1	94,695 (83,563 – 112,235)	95,418 (74,555 – 105,756)
RMSn DA 2	100,534 (88,724 – 119,623)	99,939 (76,596 – 109,867)
RMSn DA 3	98,491 (89,272 – 123,647)	102,465 (71,558 – 110,362)
RMSn DA 4	101,717 (88,943 – 123,361)	99,653 (75,102 – 112,139)
RMSn DA 5	100,397 (89,835 – 127,999)	97,615 (73,973 – 112,756)
RMSn DA 6	103,148 (86,989 – 134,051)	97,799 (79,772 – 115,855)
FM IC 1	47,23 (44,677 – 52,837)	56 (53,047 – 63,652)
FM IC 2	47,07 (44,815 – 53,815)	55,03 (51,94 – 63,165)
FM IC 3	47,22 (44,94 – 53,3)	56,23 (51,227 – 62,755)
FM IC 4	46,72 (44,267 – 52,837)	57,27 (50,58 – 62,902)
FM IC 5	47,15 (44,828 – 54,305)	56,95 (51,122 – 61,985)
FM IC 6	47,39 (44,44 – 53,258)	54,85 (51,017 – 61,32)
FM ECM 1	86,92 (72,407 – 101,335)	86,18 (81,653 – 97,437)
FM ECM 2	85,43 (66,242 – 97,933)	88,08 (81,54 – 94,485)
FM ECM 3	82,83 (64,57 – 96,667)	86,8 (77,442 – 96,22)
FM ECM 4	82,57 (65,572 – 95,872)	85,03 (78,763 – 94,252)
FM ECM 5	83,18 (65,787 – 92,255)	84,48 (75,892 – 94,178)
FM ECM 6	81,08 (63,905 – 92,86)	86,54 (77,287 – 94,862)
FM TPZ 1	67,23 (61,502 – 71,43)	75,67 (70,028 – 80,373)



---



---

FM TPZ 2	66,82 (59,343 – 71,703)	74,93 (68,775 – 78,485)
FM TPZ 3	66,75 (61,517 – 71,655)	74,47 (68,64 – 78,037)
FM TPZ 4	67 (61,172 – 71,67)	73,82 (68,71 – 79,02)
FM TPZ 5	66,28 (61,133 – 71,697)	73,27 (68,773 – 78,782)
FM TPZ 6	66,42 (61,993 – 72,38)	73,17 (69,125 – 76,625)
FM DA 1	71,65 (68,927 – 77,7)	73,03 (70,39 – 79,82)
FM DA 2	69,43 (66,455 – 75,245)	69,85 (66,815 – 78,21)
FM DA 3	68,08 (64,233 – 74,32)	69,63 (65,097 – 75,57)
FM DA 4	68,55 (63,193 – 73,552)	70,2 (63,825 – 75,053)
FM DA 5	67,17 (62,493 – 73,532)	72,17 (65,097 – 76,102)
FM DA 6	66,73 (62,875 – 73,932)	67,68 (62,883 – 74,41)

---

IC: músculos intercostais; DA: músculo deltóide anterior; ECM: músculo esternocleidomastóideo; TPZ: músculo trapézio; 1: minuto 1; 2: minuto 2; 3: minuto 3; 4: minuto 4; 5: minuto 5; 6: minuto 6; *root mean square* (RMS); *root mean square* normalizado (RMSn); frequência mediana (FM).

Sabemos que indivíduos com DPOC apresentam intolerância na realização de atividades de MMSS, com conseqüente dispneia e fadiga. No entanto, permanece o grande desafio de tentar elucidar quais são as causas que levam a esses sintomas. Nossos estudos forneceram achados de uma avaliação fisiológica abrangente, ainda não estudada anteriormente no 6PBRT, um teste que reflete o desempenho em atividades de MMSS em cadeia cinética aberta.

A presente tese apresenta relevância clínica e científica, tanto pela aplicabilidade do 6PBRT na prática clínica, quanto pelos achados até então não divulgados na literatura sobre o tema.

Resumindo os achados dos três estudos apresentados nesta tese, observou-se, de acordo com o **Estudo I** que o desempenho no 6PBRT parece estar mais relacionado com a *endurance* do que com a força muscular dos MMSS em indivíduos com DPOC. E, além disso, o peso do membro parece prejudicar o desempenho do teste, pois ter braços grandes e pesados pode ser uma desvantagem para a realização do teste, que requer uma posição estática de flexão do ombro sem apoio.

Além disso, segundo o **Estudo II**, indivíduos com DPOC apresentam maiores valores de demanda ventilatória e consumo de oxigênio por argola movida no 6PBRT. E as respostas metabólicas são maiores em magnitude, porém, aparentemente lentificadas no início do teste, quando comparadas com indivíduos saudáveis. Sendo que esses resultados podem justificar o pior desempenho apresentado pelos indivíduos com DPOC.

E finalmente, em relação às respostas de ativação e oxigenação musculares, o **Estudo III** indica que o 6PBRT é realizado com maior atividade elétrica nos músculos acessórios da inspiração, como no ECM e menor perfil de oxigenação no IC por indivíduos com DPOC clinicamente estável quando comparados com controles saudáveis pareados por idade e gênero, porém sem sinais de fadiga muscular respiratória. Esses achados sugerem que a maior demanda ventilatória apresentada pelo GDPOC poderia ter contribuído para o pior desempenho nesse grupo; parecendo não haver sinais de limitação muscular periférica.

Diante do exposto, esses estudos possibilitaram evidenciar que o desempenho no 6PBRT pode ser influenciado tanto por fatores locais da musculatura envolvida na atividade (músculos de MMSS e de função respiratória acessória) como composição de fibras e quantidade de massa

---

---

muscular, capacidade de *endurance*, de recrutamento e de oxigenação, de metabolismo intramuscular, mas também de metabolismo sistêmico e de capacidade ventilatória. Vimos que ele reflete mais a *endurance* do que força muscular, que o ganho de massa magra pode não refletir em melhora de desempenho, e que, possivelmente, os indivíduos hiperinsuflados podem apresentar pior desempenho, porém sendo necessária maior investigação para comprovação dessa hipótese, que não foi efetivamente avaliada nos nossos estudos.

A maior compreensão das características dos indivíduos que são avaliados pelo 6PBRT nos faz refletir sobre as implicações clínicas de nossos achados. Com o melhor entendimento dos motivos pelos quais os indivíduos com DPOC apresentam limitação a esse tipo de atividade, conseguimos interpretar o que esse teste realmente pode refletir. Nossos achados nos fazem ampliar a compreensão de quais indivíduos vão ser mais limitados nesse teste e conseqüentemente nas AVD que utilizam os MMSS, possibilitando um melhor direcionamento do treinamento a ser adotado durante a reabilitação pulmonar.



**APÊNDICES**

---

---

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O (a) senhor (a) está sendo convidado (a) a participar do estudo “**Análise das respostas ventilatórias e metabólicas, recrutamento e oxigenação muscular em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica durante o six-minute pegboard and ring test (6PBRT)**”. O (a) senhor (a) foi selecionado (a) por ter diagnóstico de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) ou por ser aparentemente saudável na faixa etária acima de 18 anos.

**OBJETIVO DO ESTUDO:** Analisar as respostas ventilatórias e metabólicas, do recrutamento e do metabolismo oxidativo muscular periférico, durante o teste 6PBRT, de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e compará-los com indivíduos saudáveis.

### **EXPLICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS:**

O senhor (a) será submetido à uma avaliação composta por duas visitas onde serão verificados os itens abaixo.

#### **Primeiro dia:**

- **Avaliação clínica:** preenchimento de uma ficha de avaliação contendo informações sobre a doença, história familiar, fatores de risco, hábitos de vida.

- **Avaliação física:** avaliação antropométrica (medidas da massa corporal e estatura por uma balança) e comprimento dos membros superiores (fita métrica);

- **Avaliação da composição corporal:** por meio de um equipamento em que o (a) senhor (a) estará deitado utilizando um avental apropriado e será realizada uma varredura do corpo todo, que demorará aproximadamente 5 minutos. Para isso será necessário jejum de pelo menos 4 horas.

- **Avaliação do nível de atividade física, dos sintomas da doença pulmonar obstrutiva crônica e seu impacto, da qualidade de vida e da qualidade do sono:** por meio da aplicação de questionários e escalas (aplicados na forma de entrevista);

- **Prova de função pulmonar:** para medir os volumes pulmonares, sendo necessário puxar e soltar o ar no bocal de um aparelho;

- **Avaliação da força muscular respiratória:** será solicitado ao (a) senhor (a) que puxe e solte o ar profundamente em um aparelho específico;

- **Testes de força e *endurance* de preensão palmar:** o (a) senhor (a) deverá permanecer sentado (a), sem apoio dos braços, pés apoiados no chão e deverá segurar um equipamento com o membro superior dominante, sendo que deverá realizar contrações e os valores obtidos serão anotados.

#### **Segundo dia:**

- **Avaliação da capacidade funcional de membros superiores:** O (a) senhor (a) deverá permanecer sentado e mover argolas que estarão posicionadas em um quadro à sua frente durante seis minutos, sendo realizado no seu ritmo e será permitido descansar durante o teste caso sinta necessidade.

Antes, durante e após esse teste serão realizadas avaliações e monitorizações simultâneas a seguir:

**Oximetria de pulso:** verifica a concentração de oxigênio periférica;

**Frequência cardíaca:** por meio de uma cinta que será posicionada na região do tórax;

**Pressão arterial:** verificada pelo estetoscópio e esfigmomanômetro;

**Ausculta pulmonar:** por meio de um estetoscópio para ouvir o som dos pulmões;

**Avaliação da sensação de falta de ar e cansaço nos braços:** por meio de uma escala;

**Gases exalados:** o (a) senhor (a) utilizará uma máscara facial durante o teste e caso sinta desconforto poderá interromper a qualquer momento;

---

**Sinal elétrico muscular e oxigenação muscular:** por meio de eletrodos fixados à pele e para isso será necessária a realização de raspagem dos pelos nos locais de fixação (áreas do membro superior, pescoço e tronco);

**Análise do sangue:** serão coletadas amostras de sangue obtidas com os procedimentos de higiene e com materiais descartáveis apropriados por meio de punções no lóbulo da orelha. Será o único procedimento invasivo das coletas.

#### **POSSÍVEIS BENEFÍCIOS**

O (A) senhor (a) será acompanhado de maneira intensiva pelo pesquisador, que realizará exames específicos e detalhados da função pulmonar, dos músculos respiratórios, da composição corporal e uma avaliação completa diferenciada. Portanto, os benefícios que o (a) senhor (a) obterá com o estudo será a verificação das variáveis cardiorrespiratórias e informações sobre a tolerância ao exercício de membros superiores e esse conhecimento pode ajudar o (a) senhor (a) a compreender melhor as suas condições de saúde e caso seja observada alguma anormalidade receberá orientação adequada.

#### **POSSÍVEIS RISCOS**

Os procedimentos executados durante o estudo podem apresentar alguns riscos, tais como, tonturas, vertigens, sudorese, sensação de falta de ar e cansaço, dores de cabeça, aumento da frequência cardíaca, aumento da frequência respiratória, queda da oxigenação do sangue, picos de hipertensão ou hipotensão arterial. Porém, todos os testes serão monitorizados e devidamente acompanhados antes, durante e após, por fisioterapeutas especializados. Os testes e os procedimentos serão imediatamente interrompidos na presença de qualquer sinal ou sintoma que por ventura possa representar possíveis riscos, impedindo com segurança, o surgimento de intercorrências prejudiciais à sua saúde. Caso os sinais e sintomas persistirem, o Serviço de Atendimento Médico de Urgência (SAMU) será acionado e os voluntários serão encaminhados ao Serviço Médico de Urgência (SMU) do Hospital Universitário da UFSCar. Todos os procedimentos serão executados por profissionais devidamente capacitados e treinados, os quais estão orientados sobre os procedimentos a serem tomados em qualquer tipo de intercorrência.

O preenchimento dos questionários e das escalas não oferece risco imediato ao (a) senhor (a), porém considera-se a possibilidade de um risco subjetivo, pois algumas perguntas podem remeter à algum desconforto, evocar sentimentos ou lembranças desagradáveis ou levar à um leve cansaço após responder os questionários. Caso algumas dessas possibilidades ocorram, o senhor (a) poderá optar pela suspensão imediata da entrevista.

Em relação à coleta de sangue, o (a) senhor (a) terá o desconforto das punções no lóbulo da orelha e haverá a possibilidade da ocorrência de hematomas no local, os quais desaparecerão em alguns dias.

O equipamento que faz a análise da composição corporal irá expor o (a) senhor (a) à radiação. Porém, a radiação necessária para a realização do exame é mínima e, quando comparada àquela utilizada para um exame de raio X de tórax, chega a ser 10 vezes menor. Quando nos distanciamos 1 metro da fonte que gera os raios X, ela pode ser considerada praticamente desprezível, oferecendo riscos mínimos ao paciente. Como a dose de radiação do raio X está dentro do valor permitido de exposição para a população, o exame da composição corporal por ter radiação 10 vezes menor, está inferior ao limite permitido.

O (a) senhor (a) poderá obter todas as informações que quiser e poderá não participar da pesquisa ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem qualquer prejuízo ou qualquer tipo de ônus a sua pessoa. Dúvidas futuras poderão ser prontamente esclarecidas. Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro, mas terá a garantia de que todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não serão de sua responsabilidade. O

(a) senhor (a) apenas deverá garantir sua locomoção até o local de coleta dos dados e não receberá ressarcimento desse valor. Os gastos referentes às avaliações serão de nossa responsabilidade, exceto os gastos com seu transporte e locomoção. As informações obtidas poderão ser utilizadas para fins de pesquisa científica, desde que sua privacidade seja sempre resguardada. Estou ciente ainda, que durante os testes poderá ser fotografado ou filmado, sendo que as imagens poderão ser utilizadas apenas para fins científicos.

Participando deste estudo, estará contribuindo para novas descobertas sobre o tema, pois os avanços na área da saúde ocorrem por meio de estudos como este.

O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da UFSCar, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km 235 – Caixa Postal 676 – CEP 13.565-905 – São Carlos – SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@power.ufscar.br

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO

*Eu, \_\_\_\_\_, portador (a) do RG n° \_\_\_\_\_, residente à \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_ bairro: \_\_\_\_\_ na cidade de \_\_\_\_\_, telefone: \_\_\_\_\_, li e/ou ouvi o esclarecimento acima e compreendi para que serve o estudo e quais procedimentos serei submetido. A explicação que recebi esclarece os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não afetará meu tratamento. Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro por participar do estudo. Eu concordo em participar do estudo.*

*São Carlos, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_*

\_\_\_\_\_  
Assinatura do voluntário

Pesquisadores responsáveis:

\_\_\_\_\_  
Orientador: Mauricio Jamami  
E-mail: jamami@power.ufscar.br  
Telefone: (16) 33066697 / (16) 33518343

\_\_\_\_\_  
Pesquisadora: Ivanize Mariana Masselli dos Reis  
E-mail: nizemmr@hotmail.com  
Telefone: (16) 981352088



**ANEXOS**



Comprovante Submissão (Estudo I – JCRP)

**Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**  
**Hand Grip Endurance and Upper Limb Muscle Mass Affect Performance During the**  
**Six-minute Pegboard and Ring Test in Subjects with COPD**  
 –Manuscript Draft–

<b>Manuscript Number:</b>	JCRP-D-18-00218
<b>Full Title:</b>	Hand Grip Endurance and Upper Limb Muscle Mass Affect Performance During the Six-minute Pegboard and Ring Test in Subjects with COPD
<b>Short Title:</b>	Hand Grip Endurance, Muscle Mass and Performance in the 6PBRT
<b>Article Type:</b>	Original Investigation/Manuscript
<b>Keywords:</b>	chronic obstructive pulmonary disease; upper extremity; muscle strength dynamometry; body composition; exercise test.
<b>Corresponding Author:</b>	Ivanize Mariana Masselli dos Reis, M.D. Universidade Federal de Sao Carlos Centro de Ciencias Biologicas e da Saude São Carlos, São Paulo BRAZIL
<b>Corresponding Author Secondary Information:</b>	
<b>Corresponding Author's Institution:</b>	Universidade Federal de Sao Carlos Centro de Ciencias Biologicas e da Saude
<b>Corresponding Author's Secondary Institution:</b>	
<b>First Author:</b>	Ivanize Mariana Masselli dos Reis, M.D.
<b>First Author Secondary Information:</b>	
<b>Order of Authors:</b>	Ivanize Mariana Masselli dos Reis, M.D. Maria Cecilia Moraes Frade, M.D. Renata Pedrolongo Basso-Vanelli, PhD Aparecida Maria Catai, PhD Valéria Amorim Pires Di Lorenzo, PhD Mauricio Jamami, PhD
<b>Order of Authors Secondary Information:</b>	
<b>Manuscript Region of Origin:</b>	BRAZIL
<b>Abstract:</b>	<p><b>Purposed:</b> Arm function can be assessed by the six-minute pegboard and ring test (6PBRT), and hand grip strength and endurance, body composition and anthropometry variables may offer additional information to improve its interpretation. Therefore, the aim of this study is to verify if hand grip strength and endurance, body composition and anthropometry variables influence the performance in 6PBRT in COPD subjects.</p> <p><b>Methods:</b> Thirty-three subjects with COPD (FEV1: 44(26.5) % predicted; 67.3±7.7 years) composed COPD group (COPDG) and thirty-two healthy controls (67.9±7.7years) composed control group (CG). Both groups were submitted to assessment of anthropometry variables, body composition by the dual-energy X-ray absorptiometry, hand grip strength and endurance tests (HGST and HGET). The HGET was performed with 50% of HGST score, with cadence of 20/min, and the endurance time (ET) was determined. The 6PBRT was also performed twice.</p> <p><b>Results:</b> Statistical differences were observed between groups for ET and the performance in the 6PBRT, with COPDG values lower than CG. The correlations between the majority of body composition variables with the performance in 6PBRT were moderate (from -0.36 to -0.43) (<math>p &lt; 0.05</math>) for COPDG, and strong correlation (0.67) (<math>p &lt; 0.05</math>) were observed between ET with the performance in 6PBRT in COPDG. The ET and upper limbs (UL) lean mass explained 52% of the variance in the 6PBRT.</p> <p><b>Conclusion:</b> The performance in the 6PBRT seems to be more related to UL muscle endurance than to UL muscle strength in people with COPD. Additionally, the limb weight seems to impair the performance of the test.</p>

## Aprovação Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO CARLOS/UFSCAR

## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** ANÁLISE DAS RESPOSTAS VENTILATÓRIAS E METABÓLICAS, RECRUTAMENTO E OXIGENAÇÃO MUSCULAR EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA DURANTE O SIX-MINUTE PEGBOARD AND RING TEST

**Pesquisador:** Ivanize Mariana Masselli dos Reis

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 55591218.9.0000.5504

**Instituição Proponente:** Departamento de Fisioterapia

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.561.597

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de um estudo transversal controlado que será realizado no laboratório de espirometria e fisioterapia respiratória da UFSCar cujo o qual terá como desfecho primário identificar a Capacidade funcional de membros superiores com objetivos de analisar as respostas ventilatórias e metabólicas, do recrutamento e do metabolismo oxidativo muscular periférico, durante o six-minute pegboard and ring test, de pacientes com DPOC e compará-los com indivíduos saudáveis. Serão avaliados indivíduos de ambos os sexos com idade acima de 40 anos, com diagnóstico clínico de DPOC para compor o Grupo DPOC (GDPOC) e para compor o Grupo Controle (GCON).

**Objetivo da Pesquisa:**

A pesquisa terá como objetivo primário: "Analisar as respostas ventilatórias e metabólicas, do recrutamento e do metabolismo oxidativo muscular periférico, durante o 6PBRT, de pacientes com DPOC e compará-los com indivíduos saudáveis. E como objetivo secundário avaliar a capacidade funcional (desempenho) de MMSS por meio do 6PBRT em pacientes com DPOC e comparar com indivíduos saudáveis. Verificar se há relação entre o desempenho no 6PBRT com as pontuações dos questionários de AVD e observar se há um questionário que melhor correlaciona. Analisar se o desempenho no teste relaciona-se com

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235  
**Bairro:** JARDIM GUANABARA  
**UF:** SP  
**Telefone:** (16)3351-9683  
**Município:** SAO CARLOS  
**CEP:** 13.565-905  
**E-mail:** cephumanos@ufscar.br

## Comprovante Submissão (Estudo III – Respiratory Care)

06/02/2019

Gmail - Respiratory Care - Manuscript ID RC-06948



Ivanize Masselli &lt;nizemmr@gmail.com&gt;

**Respiratory Care - Manuscript ID RC-06948**

1 mensagem

Respiratory Care &lt;onbehalfof@manuscriptcentral.com&gt;

6 de fevereiro de 2019 17:31

Responder a: sara.moore@aacr.org

Para: nizemmr@gmail.com

06-Feb-2019

Dear author:

This is to confirm your paper "ACUTE EFFECTS OF THE SIX-MINUTE PEGBOARD AND RING TEST (8PBRT) ON MUSCULAR ACTIVATION AND OXYGENATION IN SUBJECTS WITH COPD" has been received by Respiratory Care.

Before your manuscript can be eligible for the peer review process, each author must complete our submission form using this link:

[https://mc.manuscriptcentral.com/rcare?URL\\_MASK=913e03de7ddb4c73915a19607e0ea229](https://mc.manuscriptcentral.com/rcare?URL_MASK=913e03de7ddb4c73915a19607e0ea229)

Or, each author may log in to the Author Center to complete the form <https://mc.manuscriptcentral.com/rcare>  
Click 'Submitted Manuscripts' on the left, and then 'Submission Form' at the bottom right.

Be sure to include the manuscript ID in all correspondence. If there are any changes to your contact information, please log in to Manuscript Central <https://mc.manuscriptcentral.com/rcare> and edit your account.

Thank you for submitting your paper to Respiratory Care.

Sincerely,

Sara Moore  
Assistant Editor  
Respiratory Care  
[sara.moore@aacr.org](mailto:sara.moore@aacr.org)