

INFLUÊNCIA DA RESERVA VENTILATÓRIA NA MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA

INFLUENCE OF VENTILATORY RESERVE ON DIAPHRAGMATIC MOBILITY IN PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

Flavia Roberta Rocha de Oliveira (ORCID: 0000-0003-1516-9389)¹
 Jéssica Canizelli González (ORCID: 0000-0002-9591-4141)¹
 Ana Karla Vieira Brüggemann (ORCID: 0000-0001-7110-1843)¹
 Márcia Aparecida Gonçalves (ORCID: 0000-0002-6518-6227)¹
 Bruna da Cunha Estima Leal (ORCID: 0000-0001-6064-4199)
 Davi de Souza Francisco (ORCID: 0000-0003-0179-890X)²
 Wellington Pereira dos Santos Yamaguti (ORCID: 0000-0003-4943-2085)²
 Elaine Paulin (ORCID: 0000-0001-7306-2817)¹

RESUMO

Introdução: as alterações da mecânica respiratória em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) contribuem para a intolerância ao exercício, sendo a limitação ventilatória determinante para sua interrupção precoce. **Objetivo:** investigar a influência da reserva ventilatória (RV) na mobilidade diafragmática (MD) em pacientes com DPOC, bem como comparar as características antropométricas, função pulmonar, MD, dispneia e capacidade de exercício entre os grupos RV > 11 litros/minuto (l/min) e RV < 11 l/min. **Métodos:** tratou-se de um estudo transversal, no qual foram avaliados 42 pacientes com DPOC. No primeiro dia, os pacientes foram submetidos às seguintes avaliações: antropometria, sinais vitais, espirometria e dispneia. No segundo dia, os pacientes realizaram o teste de caminhada de seis minutos e, após uma semana, a MD foi avaliada pelo método radiográfico considerando a distância entre a inspiração e a expiração máxima (MDdist). A amostra foi dividida em grupo RV > 11 litros/minuto (l/min) e RV < 11 l/min para comparação das características entre os grupos. **Resultados:** a hiperinsuflação estática influenciou a MD em 46% (p=0,001, F=34,55), enquanto a RV influenciou em 25% a MD (p=0,001, F=13,78). RV influenciou em 25% (p = 0,001, F = 13,78). Ao comparar os grupos RV > 11 l/min e RV < 11 l/min, constatou-se que, no grupo RV < 11 l/min, os pacientes eram mais velhos e apresentaram redução das variáveis: capacidade inspiratória (CI), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), MD, pior capacidade submáxima de exercício e maior dispneia. **Conclusões:** a hiperinsuflação estática e a RV influenciam a MD. Além disso, o grupo RV < 11 l/min foi mais comprometido tanto na função pulmonar e MD quanto na capacidade submáxima de exercício e dispneia.

Autor Correspondente:
 Elaine Paulin
 e-mail: elaine.paulin@udesc.br

Palavras-chave: Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica; Movimento; Diafragma; Ventilação.

ABSTRACT

Objective: To investigate the influence of static hyperinflation and ventilatory reserve (VR) on diaphragmatic mobility (DM) in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) and compare anthropometric characteristics, lung function, DM, dyspnoea, and exercise capacity between RV groups > 11 liters/minute (l/min) and RV < 11 l/min. **Methods:** This is a cross-sectional study that evaluated 42 patients with COPD. On the first day, patients underwent the following assessments: anthropometry, vital signs, spirometry, and dyspnea. On the second day, patients performed the six-minute walk test and after one week, DM was evaluated by radiographic method considering the distance between maximal inspiration and expiration (DMdist). The sample was divided into VR group > 11 liters / minute (l/min) and VR < 11 l/min for comparison of characteristics between groups. **Results:** Static hyperinflation influenced DM by 46% (p = 0.001, F = 34.55), while VR influenced by 25% (p=0.001, F = 13.78). By comparing VR > 11 l/min and VR < 11 l/min groups, it was found that in the VR < 11 l/min group, patients were older and showed reduction in the following variables: inspiratory capacity (IC), forced expiratory volume in the first second (FEV1), DM, worse submaximal exercise capacity, and increased dyspnea. **Conclusions:** Static hyperinflation and VR influence DM. In addition, in the VR < 11 l/min group, patients had worse pulmonary function, DM, submaximal exercise capacity, and dyspnea.

Keywords: Chronic Obstructive Pulmonary Disease; Movement; Diaphragm; Ventilation.

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina

² Hospital Sírio-Libanês, São Paulo.

INTRODUÇÃO

As alterações da mecânica respiratória e o desconforto respiratório observado pelo paciente com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) são fatores que contribuem para a intolerância ao exercício¹, sendo, portanto, a limitação ventilatória determinante para a interrupção precoce do exercício². Além disso, Neder et al.² indicam evidências na medição da eficiência ventilatória no exercício, sendo o índice de volume minuto sobre produção de dióxido de carbono (VE/VCO₂) vinculado a resultados clínicos importantes, como dispneia, redução da capacidade de exercício, mortalidade e valores críticos de Reserva Ventilatória (RV).

Dessa forma, a execução de atividades corriqueiras representa, para o paciente com DPOC, aumento da demanda de oxigênio e uso de grande parte da RV, o que pode explicar o intenso cansaço e dispneia apresentados pelos pacientes. Esses achados refletem o papel da limitação ventilatória na capacidade funcional e de exercício desses pacientes².

Assim sendo, está estabelecido na literatura que pacientes com DPOC com baixa RV apresentam menor capacidade de exercício^{3,4}. Do mesmo modo, a RV correlaciona-se melhor com a Atividade Física da Vida Diária (AFVD) do que o Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo (VEF₁) em pacientes com DPOC moderada a grave⁵.

A incapacidade para aumentar o volume corrente em resposta ao aumento da necessidade respiratória durante a atividade física contribui de forma importante para a intolerância ao exercício em pacientes com DPOC moderada a grave². A exigência ventilatória é alta, e o nível de ventilação que o paciente consegue sustentar é anormalmente baixo. Como consequência, ocorre uma significativa redução da resposta ventilatória adiante da demanda².

Por outro lado, pacientes com DPOC apresentam Mobilidade Diafragmática (MD) reduzida quando comparado a indivíduos idosos saudáveis^{6,7}. Inúmeros mecanismos fisiopatológicos na DPOC, como obstrução das vias aéreas, hiperinsuflação pulmonar e aprisionamento aéreo, podem estar envolvidos no prejuízo da função diafragmática⁷. Sendo assim, a alteração da excursão do músculo diafragma prejudica gradativamente a atuação da

mecânica pulmonar, aumentando o trabalho respiratório e limitando a ventilação pulmonar⁸.

Paulin et al.⁸ demonstraram relação entre disfunção diafragmática em pacientes com DPOC com a redução da capacidade de exercício e aumento da sensação de dispneia. Além disso, a redução da MD tem sido associada ao declínio dos parâmetros da função pulmonar, hiperinsuflação pulmonar, aprisionamento de ar⁹, maiores valores do índice BODE e maior incidência de mortalidade⁷.

Dessa forma, sabe-se que pacientes com DPOC apresentam MD e RV reduzidas; e, portanto, essas variáveis podem estar relacionadas. Contudo, a causa da redução da MD não está completamente compreendida. Além disso, não se sabe qual a influência da RV na MD. Sendo assim, o objetivo do estudo foi analisar a influência da RV na MD em pacientes com DPOC, bem como comparar as características antropométricas, função pulmonar, MD, dispneia e capacidade de exercício entre os grupos RV>11l/min e RV<11l/min.

MÉTODOS

Participantes

Participaram do estudo 42 pacientes com DPOC e estadiamento de 2-4 de acordo com a classificação do *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD)*¹⁰, de ambos os sexos, com idade igual ou superior a 40 anos.

Os critérios de inclusão foram: diagnóstico de DPOC classificado segundo o GOLD¹⁰; estabilidade clínica no último mês e durante o protocolo de avaliação; inexistência de doenças pulmonares, cardiovasculares ou musculoesqueléticas associadas; pacientes sem envolvimento em programas de treinamento nos 6 meses anteriores ao início do presente estudo; pacientes não dependentes de suplementação de oxigenoterapia; paciente não tabagista atual. Os critérios de exclusão foram: incapacidade de realizar qualquer uma das avaliações do estudo (falta de compreensão ou colaboração); exacerbação da doença durante a pesquisa; intercorrências clínicas de natureza cardiorrespiratória e/ou musculoesqueléticas durante as avaliações.

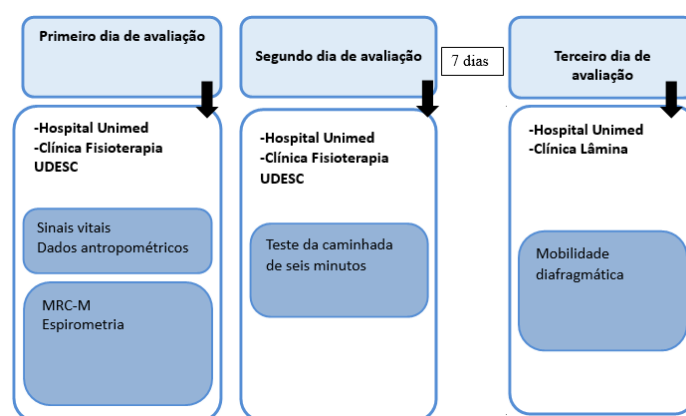
O estudo foi iniciado após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) (CAAE: 39714514.0.0000.0118; Número do parecer: 972.341) e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelos participantes da pesquisa.

Procedimento

Este estudo se caracteriza como analítico, transversal e de abordagem quantitativa. As avaliações foram realizadas na Clínica Escola de Fisioterapia da UDESC e no Hospital Unimed Litoral de Balneário Camboriú (SC), caracterizado como instituição coparticipante. O encaminhamento dos pacientes foi realizado pelas Policlínicas de Florianópolis e pelo serviço de fisioterapia no Hospital Unimed Litoral.

As avaliações ocorreram em três dias distintos, sendo a avaliação inicial composta por mensuração das variáveis antropométricas e sinais vitais, avaliação da dispneia pela escala *Medical Research Council* modificada (MRC-M) e realização da espirometria. No segundo dia consecutivo de avaliação, os pacientes realizaram o teste de caminhada de 6 minutos (TC6min) utilizando um espirômetro portátil para mensuração do volume minuto pico (VE_{pico}). Após uma semana da realização do TC6min, os pacientes foram submetidos a mensuração da MD pelo método radiográfico da distância entre inspiração e expiração máxima (MD_{dist}), conforme descrito por Saltiel et al.¹¹. O exame para avaliação da MD foi agendado previamente e aconteceu na clínica Lâmina Medicina Diagnóstica, para os pacientes avaliados na Clínica Escola de Fisioterapia da UDESC, e no Hospital Unimed Litoral, para os pacientes avaliados em Balneário Camboriú (Figura 1).

Figura 1. Procedimento das coletas de dados



MRC-M: escala Medical Research Council modificada.
Fonte: próprio autor.

Instrumentos e Medidas

Função Pulmonar

Foi utilizado o espirômetro digital portátil EasyOne da marca NDD®, com calibração verificada diariamente, e os métodos e critérios recomendados pela *American Thoracic Society* e *European Respiratory Society*¹².

Realizaram-se as manobras de Capacidade Vital Lenta (CVL) e Capacidade Vital Forçada (CVF), respectivamente, respeitando a mesma ordem de execução para todos os pacientes.

A obstrução das vias aéreas foi avaliada pela relação $VEF_1/CVF < 0,70$ e $VEF_1 < 80\%$ do previsto após o uso do broncodilatador¹⁰. Obtiveram-se os seguintes parâmetros: CVF, VEF_1 , VEF_1/CVF antes e 15 minutos após a inalação do broncodilatador Salbutamol (400µg)®. Foram realizadas, no mínimo, três manobras aceitáveis e duas reprodutíveis, sendo o melhor valor

utilizado para análise. O VEF_1 e a CVF foram medidos em valor absoluto (l) e em percentual do previsto pré e pós-broncodilatador. Os valores previstos foram calculados com base nas equações de referência de Pereira et al.¹³.

Reserva ventilatória

Foi obtida pela diferença entre Ventilação Voluntária Máxima (VVM) (l/min) e VE_{pico} (l/min)¹⁴. A VVM foi calculada por meio da equação $VEF_1 \times 37,5$ ¹⁵ e mensurou-se o VE_{pico} pela média dos últimos 15 segundos finais do TC6min¹⁶.

Para avaliação do VE_{pico} , o paciente utilizou, durante o TC6min, um espirômetro portátil (*Spiropalm 6MWT*; -*Cosmed; Roma; Itália*®), caracterizado como um sistema composto por um dispositivo de inserção e armazenamento de dados fixado na altura do quadril do paciente e um fluxômetro posicionado em uma máscara facial. O dispositivo foi calibrado de acordo com as recomendações do fabricante. Valores acima de 11l/min foram considerados normais para RV¹⁷.

Mobilidade diafragmática

Foi avaliada por meio da radiografia de tórax, segundo o método MD_{dist} descrito por Saltiel et al.¹¹, que demonstraram ser uma forma confiável e reproduzível de avaliação da MD, mesmo que a mensuração seja realizada de avaliadores ou teste-reteste.

Para a aquisição da imagem radiográfica, os pacientes foram posicionados na mesa de radioscopia em decúbito dorsal por um técnico de radiologia experiente e devidamente habilitado para realizar o exame. Uma régua de graduação radiopaca foi posicionada sob o tronco do paciente, na direção longitudinal e no sentido cranio-caudal, próximo à transição toracoabdominal, para posterior realização da correção da ampliação determinada pela divergência dos raios. Registraram-se as imagens no

mesmo filme em inspiração e expiração máximas.

Com o objetivo de minimizar possíveis problemas metodológicos, foi padronizada a técnica radiográfica, a postura adotada pelo paciente durante a exposição, bem como o estímulo verbal realizado pelo técnico em radiologia, com vistas a uma excursão diafragmática máxima tanto na fase inspiratória quanto na expiratória.

Além disso, antes de realizar o exame para a avaliação da MD, os pacientes foram submetidos a uma familiarização da respiração diafragmática a fim de desenvolver propriocepção do movimento diafragmático e possibilitar a avaliação máxima da amplitude do diafragma durante o exame de radiografia. Foram solicitadas duas séries de dez repetições de respirações diafragmáticas com o estímulo proprioceptivo dado pelas mãos do próprio paciente sobre o tórax e abdome, para direcionar o ar para a região basal do tórax, conforme utilizado no estudo de Leal et al.¹⁸.

Após a familiarização da respiração diafragmática, os pacientes foram orientados a realizar seis manobras de CVL, utilizando um ventilômetro *Wright Respirometer Brit.*® Pat. 765206–UK. Fizeram-se as manobras de CVL da seguinte forma: três manobras foram realizadas partindo da Capacidade Pulmonar Total (CPT) até próximo ao Volume Residual (VR), para mensurar o deslocamento do diafragma na expiração máxima. Outras três manobras foram efetuadas partindo do VR até próximo da CPT, a fim de mensurar o deslocamento do diafragma na inspiração máxima. O maior valor de cada manobra foi registrado para comparar com os mensurados durante o exame da MD, garantindo que os pacientes realizaram o mesmo esforço respiratório durante o treinamento e durante a avaliação da MD.

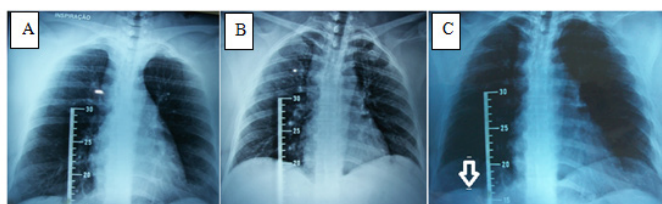
As orientações quanto à realização da manobra respiratória dadas aos pacientes foram realizadas com o investigador posicionado atrás de uma parede baritada com o objetivo de evitar a sua exposição à radiação.

A medida da MD_{dist} foi determinada traçando uma linha reta a partir do ponto mais alto da hemicúpula diafragmática em expiração até encontrar a hemicúpula diafragmática em inspiração por meio de um paquímetro digital Marca *Messen* 150mm@ (Figura 2).

Como as radiografias geram uma ampliação causada pela divergência dos raios X, faz-se necessário realizar a correção para não superestimar o valor da MD. Para tanto, utilizou-se a fórmula descrita por Toledo et al.¹⁹ para obter o valor corrigido:

$$\text{Mobilidade corrigida (MM)} = \frac{\text{mobilidade medida} \times 10}{\text{medida da graduação da régua}}$$

Figura 2. Método de avaliação da mobilidade diafragmática pela distância entre a inspiração e expiração máxima



A) Radiografia em inspiração máxima; B) Radiografia em expiração máxima; C) Superposição das imagens (radiografia em expiração sobre a radiografia em inspiração), utilizando como referência a imagem da régua radiopaca
Fonte: Saltiel et al.¹⁸.

Capacidade de exercício

Realizou-se o TC6min de acordo com as recomendações da American Thoracic Society²⁰.

O paciente foi orientado a caminhar a maior distância possível durante um período de 6 minutos em um corredor de 30 metros, sendo estimulado com frases padronizadas de encorajamento a cada minuto. Permitiu-se ao paciente interromper o teste quando necessário sem que o teste (tempo cronometrado) fosse interrompido. A FC, SpO_2 e a sensação de dispneia (escala de Borg modificada) foram mensuradas no início, no segundo, no quarto e no sexto minuto. A PA foi verificada no início e no final do teste, com o paciente sentado²⁰. A maior distância entre os dois testes foi utilizada para a análise.

Dispneia

Foi mensurada por meio da escala de dispneia MRC-M²¹. A classificação da dispneia é de zero a quatro, sendo o quatro indicativo de maior grau de dispneia.

Análise dos dados

Para estimar o tamanho da amostra, recorreu-se ao programa estatístico *G*Power* versão 3.1.9.2. Esperava-se encontrar uma correlação moderada de $r=0,50$, $R^2=0,25$ entre a RV e a MD.

Ao utilizar o valor de $R^2=0,25$, poder de estudo de 80% e nível de significância de 5% para análise de regressão linear simples, foi encontrado $n=33$, já considerando a perda amostral de 10%.

Os dados foram examinados pelo programa *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS)®, versão 20.0, e tratados com análise descritiva (média e desvio-padrão) e inferencial. Para verificar a normalidade dos dados, aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk. Conforme a distribuição dos dados, empregou-se um teste paramétrico ou não paramétrico.

O coeficiente de correlação linear de Pearson foi utilizado para correlacionar a MD com a RV. Para verificar a influência da RV na MD, foi realizada a regressão linear simples. O teste t de Student para amostras independentes foi utilizado para comparar a RV, idade, IMC, VEF_1/CVF , CI, MD e distância percorrido no TC6min, enquanto o teste U de Mann Whitney foi utilizado para comparar o VEF_1 e a sensação de dispneia entre os grupos com $RV>11l/min$ e $RV<11l/min$.

Para comparação das características antropométricas, função pulmonar, MD, capacidade submáxima de exercício e dispneia, os pacientes foram subdivididos nos seguintes grupos: $RV<11l/min$ e $RV>11l/min$ ¹⁷. Adotou-se nível de significância de 5% ($p\leq 0,05$).

RESULTADOS

Caracterização da amostra

Participaram do estudo 42 pacientes com DPOC, sendo 23 mulheres (54,76%) e 19 homens (45,24%). De acordo com a classificação espirométrica, 22 (52,38%) pacientes pertenciam ao estadio II (DPOC moderada); 13 (30,95%), ao estadio III (DPOC grave); e 7 (16,67%), ao estadio IV da doença (DPOC muito grave). As características dos pacientes encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização da amostra

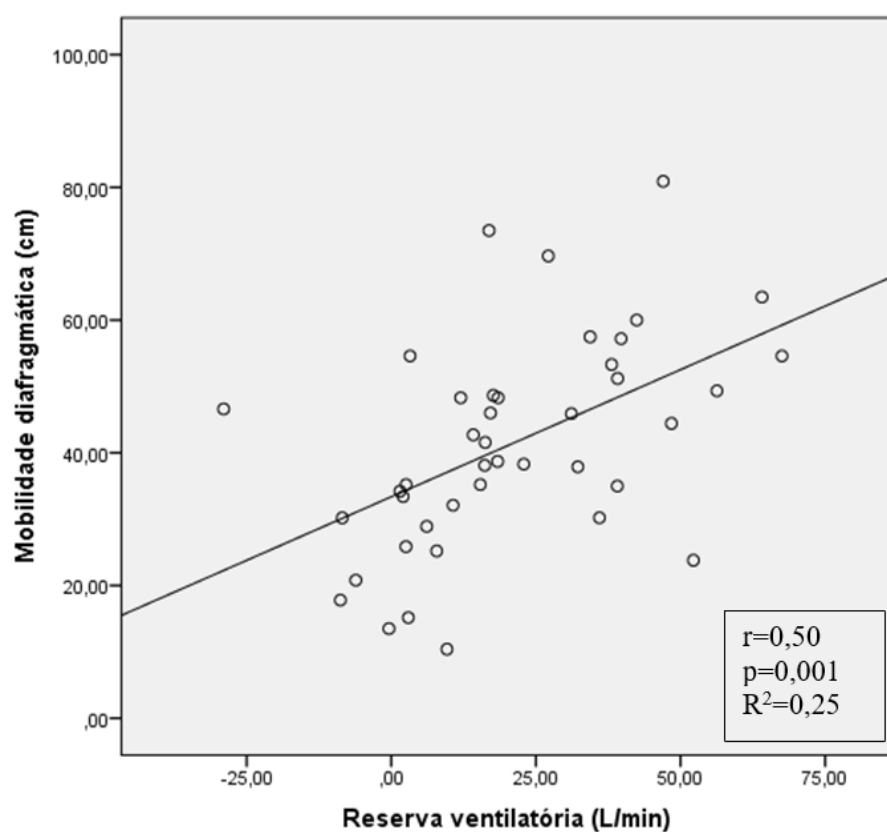
Variáveis	Média	DP	LI	LS
Idade (anos)	64	8	42	81
IMC	26	5,10	17,27	41,37
VEF_1 %prev	52,79	18,31	23	78
$VEF_1/CVF(l)$	0,61	0,11	0,40	0,68
CI (l)	2,08	0,70	0,96	3,64
RV (l/min)	21,46	21,39	-28,98	67,53
TC6min	435	108	270	695
MD(cm)	4,20	1,59	1,04	8,09

DP: Desvio padrão; LI: limite inferior; LS: limite superior; IMC: índice de massa corporal (kg/m²); VEF_1 %: percentual previsto do volume forçado no primeiro segundo; CVF (l): capacidade vital forçada em litros; CI (l): capacidade inspiratória em litros; RV (l/min): reserva ventilatória em litros/minuto; TC6min: teste da caminhada de seis minutos; MD(cm): mobilidade diafragmática em centímetros

Influência da RV na MD

Conforme a Figura 3, nota-se uma correlação moderada entre a RV e a MD ($r=0,50$, $p=0,001$). Verificou-se que a RV é responsável por 25% da variação da MD e que, para cada aumento de 1l/min da RV, a MD aumentou em 0,38mm. Sendo assim, os resultados apontam que há uma probabilidade associada de $p=0,001$, ($F(1,40)=13,78$), o que evidencia que a RV explicou parte da variação da MD.

Figura 3. Relação entre a reserva ventilatória e a mobilidade diafragmática



r: coeficiente de correlação; p: nível de significância; R2: coeficiente de determinação.

Comparação entre os grupos RV >11l/min e RV <11l/min

Em relação ao estadiamento em níveis de gravidade, o grupo RV>11l/min apresentou 7,40% dos pacientes com GOLD IV, 22,22% GOLD III e 70,38% GOLD II, enquanto o grupo RV<11l/min apresentou 33,33% com GOLD IV, 46,67% GOLD III e 20% GOLD II.

O grupo RV>11l/min foi composto por 27 pacientes, sendo 12 do sexo feminino e 15 do masculino, com média de idade 61±8 anos. Já no grupo RV<11l/min, havia 15 pacientes, sendo 11 mulheres e 4 homens, com média de idade 69±5anos. Os grupos não apresentaram diferenças significativas de IMC ($p>0,05$) e diferiram quanto a idade, dispneia, função pulmonar, MD e capacidade submáxima de exercício (Tabela 2).

Tabela 2: Comparação dos grupos com reserva ventilatória >11l/min e com reserva ventilatória <11l/min

	RV >11l/min (n=27)	RV <11l/min (n=15)	p
Idade, anos	61±8	69±5	0,003*
IMC (Kg/m ²)	25,60±3,70	27,50±6,95	0,33
VEF ₁ /CVF (l)	0,64±0,97	0,52±0,10	<0,001*
VEF ₁ % prev	61,81±14,64	36,80±11,58	<0,001*
CI (l)	2,44±0,55	1,41±0,34	<0,001*
RV (l/min)	32,60±16,08	-0,24±9,89	<0,001*
MDD (cm)	4,86±1,32	2,82±1,20	<0,001*
MRC-M	0,55±0,40	0,96±0,59	0,04*
TC6min	472±103	370±92	0,03*

$p\leq 0,05^*$ Os resultados são apresentados em média ± desvio padrão. p: nível de significância; IMC: índice de massa corporal; VEF₁ % prev: percentual do previsto do volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF(l): capacidade vital forçada em litros; CI (l): capacidade inspiratória em litros; RV(l/min): reserva ventilatória em litros/minuto; MD (cm): mobilidade diafragmática em centímetros; MRC-M: medical research council modificada; TC6min: teste da caminhada de seis minutos.

DISCUSSÃO

No presente estudo, a RV foi responsável por parte da variação da MD, demonstrando, portanto, que a MD é influenciada pela RV em pacientes com DPOC. Sabe-se que a fisiopatologia da DPOC inclui diversos mecanismos, como obstrução das vias aéreas²², hiperinsuflação pulmonar⁸, aprisionamento aéreo e redução da capacidade ventilatória⁹, demonstrando que esses fatores podem estar envolvidos no comprometimento da MD.

A reduzida Capacidade Inspiratória (CI) ao repouso limita a capacidade para aumentar a ventilação em resposta ao aumento da demanda metabólica gerada pelo exercício. Na DPOC grave, o volume corrente se expande rapidamente, atingindo o teto de seu volume de reserva inspiratória²³. Esse evento mecânico marca o início de uma disparidade entre o esforço contrátil despendido pela musculatura respiratória e o deslocamento de volume²³.

Dessa forma, a exigência ventilatória é alta, e o nível de ventilação que o paciente consegue sustentar é anormalmente baixo. Como consequência, ocorre uma significativa redução da resposta ventilatória ante a demanda²⁴, contribuindo, portanto, para o aumento da dispneia e menor ventilação durante o exercício. Sendo assim, a reduzida capacidade ventilatória, caracterizada no presente estudo pela RV, pode resultar na deterioração da mecânica ventilatória, representada pela MD25. Logo, esse achado pode justificar a influência da RV na MD em pacientes com DPOC.

Hannik et al.²⁶, ao avaliarem 32 pacientes com DPOC e dividi-los em grupos em estadiamento II (10 pacientes), estadiamento III (12 pacientes) e estadiamento IV (10 pacientes) conforme classificação de GOLD, observaram diferença da RV entre os grupos de estadiamento. Os autores descreveram que, no grupo classificado como GOLD II, a RV foi de 25±3l/min; no GOLD III, a RV chegou a 14±2l/min; e no GOLD IV, a RV foi de 4±1l/min, evidenciando que pacientes com

maior gravidade da doença apresentam menor RV.

Castro et al.²⁷ estudaram 100 pacientes com DPOC e, também, observaram que, quanto maior a gravidade da doença, menor a RV. Os autores comprovaram que, durante a realização de uma atividade doméstica, a ventilação em pacientes com DPOC leve correspondeu a 19,9% do VE/VVM e 80,6% em pacientes com DPOC muito grave. No presente estudo, o grupo com RV<11l/min, em sua maioria, foi composto por pacientes com DPOC GOLD III (46,67%), enquanto no grupo RV>11l/min, havia menos, com 22,22%; e ao analisar a classificação GOLD IV, também prevaleceu no grupo com RV<11l/min em 33,33%, enquanto em RV>11l/min, apenas 7,4%. Tal informação demonstra que o grupo com RV menor tem maior gravidade relacionada com a doença, conforme GOLD, assim como pior VEF1 (p<0,001) e maior dispneia (p = 0,04).

O grupo com RV<11l/min diferiu significativamente quanto à capacidade submáxima de exercício em comparação ao grupo RV>11l/min, 370±92m e 472±103m respectivamente. Esse achado pode ser justificado pela disparidade existente entre a alta demanda imposta pelo exercício e a baixa RV disponível. Neder et al.² verificaram que muitos pacientes com DPOC interrompem o exercício em razão da dispneia e cansaço nos membros inferiores, apresentando níveis elevados de VE e redução da RV. Do mesmo modo, Castro et al.²⁷ afirmaram que as AVD são limitadas principalmente pela RV reduzida. Dessa forma, acredita-se que a redução da RV gera implicações na deterioração da capacidade submáxima de exercício de pacientes com DPOC.

Da mesma forma, a CI também fornece informações valiosas sobre a capacidade ventilatória durante o exercício. A baixa CI aumenta a probabilidade de restrições mecânicas dinâmicas, limitando o aumento da ventilação²⁸, conforme observado na comparação realizada entre os grupos RV>11l/min e RV<11l/min. O grupo RV<11l/min apresentou CI reduzida, bem como reduzida capacidade submáxima de exercício e aumento da

dispneia quando comparado ao grupo RV>11l/min.

Este é o primeiro estudo que analisou a influência da hiperinsuflação estática e da RV sobre a MD. Os achados agregam conhecimento e utilidade à avaliação, visto que ainda não está completamente compreendida a causa da redução da MD. Igualmente, é importante reforçar sua aplicabilidade clínica, pois, ao se estabelecer as reais causas da redução da MD, estas podem ser mais bem investigadas.

É notável a maior concentração de pacientes mais graves no grupo de menor RV, quando comparados intraclassificações da gravidade da doença; porém, considerando a disparidade entre o número de participantes pertencentes aos grupos das diferentes classes do GOLD, esse efeito deve ser mais bem estudado em maiores tamanhos de amostra, em que será possível dividir os grupos com número mais próximos entre eles. Uma possível limitação do estudo foi que, na amostra estudada, não foi avaliado nenhum paciente no estágio I, possivelmente porque a tosse e a expectoração nem sempre estão presentes na fase inicial da doença. No entanto, tal problema é comum na literatura, já que pacientes com GOLD I são normalmente assintomáticos e, consequentemente, não procuram auxílio médico¹⁰. Além disso, ao comparar pacientes em estágio inicial da doença com um grupo saudável, Ulubay et al.²⁹ não observaram diferença estatisticamente significativa da RV, o que pode estar relacionado com o não desenvolvimento de sintomas como a dispneia e com o não comprometimento da capacidade funcional. Sendo assim, não se podem extrapolar os resultados aqui obtidos para todos os graus de comprometimento da DPOC.

O acoplamento de uma fonte externa de oxigênio na máscara do espirômetro portátil poderia ter alterado o padrão de resposta ventilatória durante o TC6min; por esse motivo, pacientes dependentes de suplementação de oxigênio não foram incluídos no estudo. Sendo assim, não é possível estender os resultados para essa população específica.

Sumarizando, a RV influencia a MD. Além disso, os pacientes com DPOC que apresentaram RV reduzida são mais comprometidos tanto na função pulmonar e MD quanto na capacidade submáxima de exercício e dispneia quando comparados a pacientes com DPOC que apresentaram RV normal.

REFERÊNCIAS

1. O'Donnell DE, Guenette JA, Maltais F, Webb KA. Decline of resting inspiratory capacity in COPD: The impact on breathing pattern, dyspnea, and ventilatory capacity during exercise. *Chest* [Internet]. 2012;141(3):753–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.11-0787>
2. Neder JA, Berton DC, Arbex FF, Alencar MC, Rocha A, Sperandio PA, et al. Physiological and clinical relevance of exercise ventilatory efficiency in COPD. *Eur Respir J* [Internet]. 2017;49(3):1–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1183/13993003.02036-2016>
3. Natif N, Shiner RJ, Gaides M, Ben-Dov I. Improved breathing capacity during exercise in severe obstructive airway disease. *Respir Physiol*. 1998;112(2):145–54.
4. Brunetto A, Pitta F, Paulin E, Probst V, Ferreira L. Relação entre capacidade de ventilatória e exercício em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica moderada grave. *Braz j phys ther*. 2003;7(1):61–7.
5. Pitta F, Takaki MY, Oliveira NH d., Sant'Anna TJP, Fontana AD, Kovelis D, et al. Relationship between pulmonary function and physical activity in daily life in patients with COPD. *Respir Med*. 2008;102(8):1203–7.

6. Yamaguti WP, Claudino RC, Neto AP, Chammas MC, Gomes AC, Salge JM, et al. Diaphragmatic breathing training program improves abdominal motion during natural breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2012;93(4):571–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2011.11.026>
7. Yamaguti WP dos S, Paulin E, Salge JM, Chammas MC, Cukier A, Carvalho CRF de. Disfunção diafragmática e mortalidade em pacientes portadores de DPOC. *J Bras Pneumol*. 2009;35(12):1174–81.
8. Paulin E, Yamaguti WPS, Chammas MC, Shibao S, Stelmach R, Cukier A, et al. Influence of diaphragmatic mobility on exercise tolerance and dyspnea in patients with COPD. *Respir Med*. 2007;101(10):2113–8.
9. Yamaguti WP dos S, Paulin E, Shibao S, Chammas MC, Salge JM, Ribeiro M, et al. Air trapping: The major factor limiting diaphragm mobility in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Respirology*. 2008;13(1):138–44.
10. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. GOLD Report 2020. *Glob Initiat Chronic Obstr Lung Dis* [Internet]. 2020;141. Available from: https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2019/12/GOLD-2020-FINAL-ver1.2-03Dec19_WMV.pdf
11. Saltiel R V., Grams ST, Pedrini A, Paulin E. High reliability of measure of diaphragmatic mobility by radiographic method in healthy individuals. *Brazilian J Phys Ther*. 2013;17(2):128–36.
12. Graham BL, Steenbruggen I, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, Hallstrand TS, et al. Standardization of spirometry 2019 update an official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;200(8):E70–88.
13. Pereira C. Testes de função pulmonar. *Soc Bras Pneumol e Tisiol* [Internet]. 2001;28:1–12. Available from: <http://www.jornaldepneumologia.com.br/details-suppl/45>
14. Herdy AH, Ritt LEF, Stein R, Araújo CGS de, Milani M, Meneghelo RS, et al. Cardiopulmonary Exercise Test: Fundamentals, Applicability and Interpretation. *Arq Bras Cardiol*. 2016;467–81.
15. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Brazilian J Med Biol Res*. 1999;32(6):719–27.
16. Troosters T, Vilaro J, Rabinovich R, Casas A, Barberà JA, Rodriguez-Roisin R, et al. Physiological responses to the 6-min walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J*. 2002;20(3):564–9.
17. Weisman IM, Weisman IM, Marciniuk D, Martinez FJ, Sciruba F, Sue D, et al. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;167(2):211–77.
18. Leal BE, Gonçalves MA, Lisboa LG, Linné LMS, de Souza Tavares MG, Yamaguti WP, et al. Validity and reliability of fluoroscopy for digital radiography: A new way to evaluate diaphragmatic mobility. *BMC Pulm Med*. 2017;17(1):1–10.
19. Toledo NSG, Kodaira SK, Massarollo PCB, Pereira OI, Mies S. Right Hemidiaphragmatic Mobility: Assessment with US Measurement of Cranio-caudal Displacement of Left Branches of Portal Vein. *Radiology* [Internet]. 2003 Aug;228(2):389–94. Available from: <http://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2282011554>
20. Holland AE, Spruit MA, Troosters T, Puhan MA, Pepin V, Saey D, et al. An official European respiratory society/ American thoracic society technical standard: Field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J*. 2014;44(6):1428–46.

21. Kovelis D, Segretti NO, Probst VS, Lareau SC, Brunetto AF, Pitta F. Validação do Modified Pulmonary Functional Status and Dyspnea Questionnaire e da escala do Medical Research Council para o uso em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica no Brasil. *J Bras Pneumol* [Internet]. 2008 Dec;34(12):1008–18. Available from: http://www.scielo.com.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-3713200800120005&lng=pt&tlng=pt
22. Kang HW, Kim TO, Lee BR, Yu JY, Chi SY, Ban HJ, et al. Influence of diaphragmatic mobility on hypercapnia in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Korean Med Sci*. 2011;26(9):1209–13.
23. O'Donnell DE, Hamilton AL, Webb KA. Sensory-mechanical relationships during high-intensity, constant-work-rate exercise in COPD. *J Appl Physiol*. 2006;101(4):1025–35.
24. Van Helvoort HAC, Willems LM, Dekhuijzen PR, Van Hees HWH, Heijdra YF. Respiratory constraints during activities in daily life and the impact on health status in patients with early-stage COPD: A cross-sectional study. *npj Prim Care Respir Med*. 2016;26(April).
25. Vogiatzis I, Zakyntinos G, Andriopoulos V. Mechanisms of physical activity limitation in chronic lung diseases. *Pulm Med*. 2012;2012.
26. Hannink JDC, Van Helvoort HAC, Dekhuijzen PNR, Heijdra YF. Dynamic hyperinflation during daily activities: Does COPD global initiative for chronic obstructive lung disease stage matter? *Chest*. 2010;137(5):1116–21.
27. Castro AAM, Porto EF, Iamonti VC, De Souza GF, Nascimento OA, Jardim JR. Oxygen and ventilatory output during several activities of daily living performed by COPD patients stratified according to disease severity. *PLoS One*. 2013;8(11):1–9.
28. Guenette JA, Chin RC, Cory JM, Webb KA, O'Donnell DE. Inspiratory capacity during exercise: Measurement, analysis, and interpretation. *Pulm Med*. 2013;2013.
29. Toma N, Bicescu G, Enache R, Dragoi R, Cinteza M. Maedica-a Journal of Clinical Medicine Cardiopulmonary exercise testing in differential diagnosis of dyspnea. *Maedica A J Clin Med*. 2010;5(3):214–8.

Recebido: 17/06/2020

Aprovado: 29/04/2021