



CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação – PPGCR

Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

CARLOS EDUARDO GUEDES DA COSTA

**ACOPLAMENTO POSTURAL-VENTILATÓRIO EM INDIVÍDUOS COM E SEM
DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA**

RIO DE JANEIRO

2019

CARLOS EDUARDO GUEDES DA COSTA

ACOPLAMENTO POSTURAL-VENTILATÓRIO EM INDIVÍDUOS COM E SEM
DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário
Augusto Motta visando a obtenção do grau de Mestre em
Ciências da Reabilitação

Linha de pesquisa: Avaliação Funcional em Reabilitação

Orientador: Prof. Dr. Thiago Lemos de Carvalho

Rio de Janeiro

2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas e
Informação – SBI – UNISUAM

616.24 Costa, Carlos Eduardo Guedes da.
C837a Acoplamento postural-ventilatório em indivíduos com e sem doença
pulmonar obstrutiva crônica / Carlos Eduardo Guedes da Costa. – Rio de
Janeiro, 2019.
62 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) - Centro
Universitário Augusto Motta, 2019.

1. Desempenho sensório-motor. 2. Doença pulmonar obstrutiva crônica.
3. Equilíbrio postural. I. Título.

CDD 22.ed.

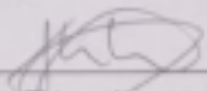
ACOPLAMENTO POSTURAL-VENTILATÓRIO EM INDIVÍDUOS
COM E SEM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA

CARLOS EDUARDO GUEDES DA COSTA

Dissertação de Mestrado Acadêmico
apresentado ao Programa de Pós-
graduação em Ciências da Reabilitação, do
Centro Universitário Augusto Motta, como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Mestre em Ciências da Reabilitação.

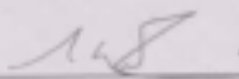
Examinado em: 22/07/2019

BANCA EXAMINADORA:



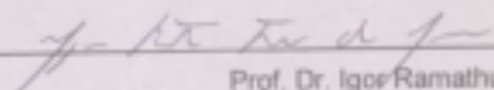
Prof. Dr. Thiago Lemos de Carvalho

Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



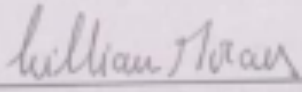
Prof. Dr. Arthur de Sá Ferreira

Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Igor Ramathur

Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Lillian Moraes

Universidade Estácio de Sá - UNESA

Prof. Dr. Nome do Membro Externo #2 (SE EXISTENTE)
Instituição

Rio de Janeiro – 2019

AGRADECIMENTOS

É difícil começar a agradecer sem o receio de esquecer alguém que tenha sido importante para a realização desta tarefa, portanto serei o mais justo possível. Não há outra maneira de começar sem agradecer aos meus pais Marcia e Edvaldo, não apenas por me dar a vida, mas por me permitir seguir seus exemplos, por terem me dado um lar com meus dois primeiros melhores amigos Lipe e Xandy, que desde o início me apoiam e vibram com minhas conquistas, vocês quatro nunca se furtaram em me oferecer o seu melhor.

Rafaella minha esposa, minha companheira de sonhos e batalhas, que em sua simplicidade e delicadeza, além de aturar de perto período tão conturbado, esteve de pé todo tempo e a cada rasteira que a vida me dava estendia sua mão como apoio pra me levantar, você me deu todos os motivos pra sonhar e a força pra realizar, através de nosso filho. Heitor, espero que um dia você compreenda toda a ausência do papai, e que minha luta seja incentivo para você ter também suas batalhas.

Agradeço ainda a minha grande irmã Lindsey Pomodoro Cabral, da qual tenho orgulho de ser parte da vida, sem você eu não estaria nesta posição, seu incentivo, sua doação e seus exemplos me nortearam e em muitos momentos me nutriram.

A CAPES e FAPERJ e a todos os professores do programa, em especial Thiago Lemos de Carvalho que além de me orientar de maneira incrível consegue ser a personificação das palavras amizade e competência, ao professor Arthur Sá, que desde a minha primeira tentativa de me tornar aluno esteve ao meu lado, sem sua astúcia cibernética não colheríamos dados, também a minha companheira Dayene, sem a qual não haveriam dias produtivos e organizados.

Ademais gostaria de agradecer aos companheiros de labuta, em especial Cliff Bruce e Carolina Grandelli pelos dias de estudo e pela amizade, à Mônica Pina companheira de coletas, da batalha do dia-a-dia, que veio somar neste projeto. Aos irmãos que a vida me deu e que suportaram minha ausência e mesmo assim torceram e, estou certo disso, que estão vibrando: Marcio Guedes, Jackson Assis, Vilma Antunes, Marcella Antunes, Tiago Martins, Thuany de Oliveira, Fábio Sperendio de Oliveira, Glaucio Monteiro, Hamilton Junior, Vinícius Marinho, Sheila Abdala, Monica Yoneshigue e tantos outros envolvidos.

Obrigado!

“Não seremos lembrados pelo que dissemos que faríamos,
mas sim pelo que efetivamente fizemos.”

Carlos Eduardo Guedes da Costa

RESUMO

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é uma doença endêmica que cursa com o comprometimento do aparelho respiratório e a deterioração de outros sistemas, como o neuromuscular. O prejuízo do controle da estabilidade postural e um maior risco de quedas estão entre os principais determinantes na perda da qualidade de vida daqueles acometidos pela doença. Contudo, ainda não se sabe quais os mecanismos relacionados a essa menor capacidade de controle da estabilidade postural. O presente estudo tem por objetivo determinar o padrão de coordenação postural-ventilatória em indivíduos com DPOC e estabelecer sua correlação com as características clínicas dessa população, como exemplo a hiperinsulflação dinâmica das vias aéreas. Foram incluídos 18 indivíduos com diagnóstico de DPOC, sendo subdivididos em DOPC moderado (N=8) e grave (N=10) de acordo com a classificação GOLD. Dez indivíduos hígidos, pareados em idade, formaram o grupo controle. O participante foi instruído a realizar as seguintes tarefas: (1) manter o padrão ventilatório usual (frequência ventilatória livre, FVL); (2) adotar um padrão de hiperventilação, orientado por um metrônomo (frequência ventilatória controlada, FVC). Cada tarefa foi realizada em uma única tentativa válida, com duração total de 40 segundos. As coordenadas do centro de pressão dos pés (CP) foram adquiridas através de uma plataforma de força. Os movimentos ventilatórios foram obtidos através de uma cinta torácica. Foi utilizada uma ANOVA de dois fatores para comparação entre grupos e tarefas, assumindo um limiar estatístico de 5%. Não foram observadas diferenças nas características clínicas e físicas entre os indivíduos dos grupos controle e DPOC (todos os valores de $P > 0,208$). Entretanto, houve diferenças significativas entre grupos para a medida temporal de acoplamento postural-ventilatório ($F=11.357$, $P < 0.001$, $r^2=0.476$); especificamente, o grupo DOPC moderado apresentou um maior atraso temporal entre os movimentos ventilatórios e o deslocamento postural (pós-teste $P=0.001$). Não houve correlação entre a medida de acoplamento postural-ventilatório e o status clínico e funcional dos indivíduos. Dessa forma, o DPOC cursa com alterações do acoplamento postural-ventilatório dependendo da gravidade da doença, indicando esse fenômeno como um potencial mecanismo subjacente às limitações de estabilidade observadas nessa população.

Palavras-chave: desempenho sensório-motor; doença pulmonar obstrutiva crônica; equilíbrio postural.

ABSTRACT

Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is an endemic disease affecting the respiratory system and is also accompanied by postural control impairment, increased risk of fall and reduced quality of life. The precise mechanisms related to balance control is yet under investigation. The present study aims to investigate the postural-ventilatory coupling in individuals with COPD and establishing its relationship with the clinical and functional status of this population. Eighteen individuals diagnosed with COPD were subdivided into moderate (N=8) and severe (N=10) groups according to their GOLD classification. Control group consists of 10 healthy individuals matched in age. The participant was instructed to perform the following tasks: (1) maintain the usual ventilatory pattern (eupnoea); (2) adopt a hyperventilation pattern, guided by a metronome (tachypnea). A single 40s trial was performed for each task. The anterior-posterior coordinates of center of pressure (CP) were acquired using a force platform. The ventilation movements were registered through a thoracic belt. A two-way ANOVA was used for groups *vs.* tasks comparison, assuming a alpha level of 5%. There was no difference in the control and COPD groups regarding physical and functional status (*P*-value always >0.208). However, a significant group effect was found for the temporal shift of postural-ventilatory coupling ($F=11.357$, $P<0.001$, $\eta^2=0.476$); specifically, the moderate COPD group exhibited a larger delay between ventilatory movements and postural sway (posttest $P<0.001$). There was no relationship between postural-ventilatory coupling measures and the clinical and functional status of COPD individuals. COPD is related to changes in postural-ventilatory coupling depending on its severity of the disease. This phenomenon could be a possible mechanisms accounting for the postural impairment usually observed in this population.

Keywords: sensory-motor performance; chronic obstructive pulmonary disease; postural balance.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. Epidemiologia e fisiopatologia da DPOC	3
2.2. Limitações funcionais e controle da estabilidade postural no DPOC	4
2.3. Controle postural e coordenação postural-ventilatória	5
3. JUSTIFICATIVAS	9
4. OBJETIVOS	10
4.1. Objetivo primário	10
4.2. Objetivos secundários	10
5. MÉTODOS	11
5.1. Delineamento do estudo	11
5.2. Local de realização do estudo	11
5.3. Amostra	11
5.3.1. Cálculo ou justificativa do tamanho amostral	11
5.3.2. Local de recrutamento dos participantes	12
5.3.3. Critérios de inclusão	12
5.3.4. Critérios de exclusão	12
5.4. Procedimentos	12
5.5. Avaliação complementar	13
5.6. Aquisição e análise de sinais	15
6. RESULTADOS	17
6.1. Manuscrito	18
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
8. REFERÊNCIAS	36
APÊNDICE 1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	40
APÊNDICE 2. Ficha de Avaliação dos pacientes	43
ANEXO 1. Escala de Equilíbrio de Berg – EEB	45
ANEXO 2. Escala de Eficácia de Queda – FES-I	51

1. INTRODUÇÃO

A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), é uma doença comum, prevenível e tratável. Esta doença pode ser causada, entre outros fatores, por exposição prolongada a partículas ou gases tóxicos. Geralmente, a DPOC é caracterizada por obstrução ao fluxo aéreo expiratório, bem como por outros sintomas respiratórios persistentes, atribuídos à alterações nas vias aéreas superiores e anormalidades alveolares (GOLD, 2019; SINGH *et al.*, 2014). No mundo, a DPOC proporcionou aproximadamente 3 milhões de mortes no ano de 2012 (GOLD, 2019). Já no Brasil, esta condição figura entre as doenças crônicas não transmissíveis mais letais, tendo em vista que apresentou o expressivo número de aproximadamente 40 mil mortes no ano de 2013 (RABAHI, 2013).

Os pacientes com DPOC apresentam, em conjunto com os sintomas pulmonares (tosse persistente, baixa relação entre ventilação e perfusão, hipersecretividade e obstrução ao fluxo aéreo), afecções em mais sistemas, sendo uma característica marcante a sarcopenia (BEAUCHAMP *et al.*, 2010). Estudos recentes afirmam que o agravamento da doença pode estar associado ao aumento da história de quedas, fraqueza dos músculos periféricos, principalmente dos membros inferiores, e declínio na capacidade de realizar atividades físicas (TUDORACHE *et al.*, 2015). De fato, aqueles com DOPC apresentam menor desempenho em tarefas de equilíbrio (PORTO *et al.*, 2017), incluindo redução na capacidade de reagir a perturbações posturais, além de fraqueza muscular global, sendo ambos os fatores associados a baixos níveis de atividade física e à um alto risco de quedas (BEAUCHAMP *et al.*, 2012). Em face disso, os indivíduos que manifestam esta patologia, apresentam maior risco de quedas quando comparados à indivíduos saudáveis; a prevalência de queda na população de DPOC chega aos 40%, contra 29% nos indivíduos com a mesma faixa etária que não apresentam a doença (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

O controle postural está diretamente ligado à boa capacidade de desempenhar tarefas da vida diária (SCHMID *et al.*, 2004). Para tanto, uma adequada integração sensório-motora e a coordenação entre os sistemas neural e musculoesquelético são necessárias para a manutenção de uma postura estável (SHUMWAY-COOK; WALLCOTT, 2016). Cabe salientar que os indivíduos que apresentam perturbações isoladas em seu aparelho locomotor por si só já apresentam limitações para um bom desempenho em seu controle postural. Ao extrapolarmos isto para aqueles que possuem afecções pulmonares crônicas, podemos observar uma amplificação deste efeito, estando ligadas às alterações biomecânicas e sistêmicas promovidas pela DPOC (JEONG, 1991).

Indivíduos com DPOC, quando comparados aos seus contemporâneos saudáveis, apresentam, além de alterações biomecânicas no seu gradil costal, limitações funcionais maiores nos músculos do esqueleto apendicular e também do músculo diafragma (HODGES; GANDEVIA, 2000). Em condições normais os movimentos do tórax contribuem em larga escala para deslocamentos posturais, mesmo quando em posição ortostática (HUNTER; KEARNEY, 1981). Tal evento pode ser definido com coordenação postural-ventilatória (MANOR *et al.*, 2012), conceito que sugere um acoplamento entre o padrão ventilatório e o controle postural. Além das alterações já expostas, podemos considerar que o aumento do trabalho ventilatório também proporciona um maior risco de quedas nestes indivíduos, haja vista o fato de os mesmos conviverem com este evento diariamente, principalmente quando se encontram em momentos de exacerbação da doença (JANSSENS *et al.*, 2013; PORTO *et al.*, 2015). Ainda, recentes estudos realizados em pacientes com DPOC apontam para um maior deslocamento postural em função do aumento da frequência ventilatória (BEAUCHAMP, 2012).

Apesar das evidências de alterações deletérias no controle postural de indivíduos com DPOC, nos cabe questionar: qual relação pode ser estabelecida entre o controle postural e padrão ventilatório desses indivíduos? Há diferenças nessa relação entre indivíduos com DPOC e aqueles sem a doença? Este trabalho tem como principal objetivo determinar o padrão de coordenação postural-ventilatória em indivíduos com DPOC, estabelecendo ainda a relação entre esse padrão e características clínicas dessa população.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Epidemiologia e fisiopatologia da DPOC

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é uma doença comum, prevenível e tratável, causada pela exposição prolongada a partículas ou gases tóxicos, caracterizada pela obstrução do fluxo aéreo expiratório e a presença de sintomas respiratórios persistentes, devido a anormalidades das vias aéreas de condução (brônquios e bronquíolos) e/ou alvéolos (GOLD, 2019). A DPOC figura entre as três doenças crônicas não transmissíveis que mais mataram brasileiros no ano de 2010, atingindo um número expressivo de 40 mil óbitos em 2013 (RABAH, 2013). No mundo, foram aproximadamente três milhões de mortes no ano 2012, representando 6% das mortes totais (GOLD, 2019).

O diagnóstico da DPOC é clínico, sendo o mesmo realizado através da avaliação dos sinais e sintomas observados pelo profissional de saúde e relatados pelo paciente. São considerados sinais de DPOC: dispneia persistente e/ou progressiva; tosse crônica com expectoração e/ou história de exposição a qualquer fator de risco para desenvolver a patologia (GOLD, 2019). Estes sinais, quando correlacionados com exames complementares usados como diagnóstico diferencial, determinam também o estadiamento da patologia, sendo a mesma classificada em leve, moderada, grave e muito grave (GOLD, 2019).

A fisiopatologia da DPOC inclui disfunção das células ciliares, hiperinsulflação pulmonar dinâmica, anormalidades na troca gasosa, hipertensão pulmonar e *cor pulmonale* (PAUWELS *et al.*, 2012). O sistema respiratório do paciente com DOPC apresentam duas principais alterações, a bronquite crônica e o enfisema pulmonar, com a predominância de uma das condições, mesmo que ambas se apresentem simultaneamente (WOUTERS, 2002). Essas alterações iniciam-se após uma resposta inflamatória anormal no sistema respiratório (brônquios, bronquíolos, ácinos e alvéolos), quando expostos às substâncias nocivas (PAUWELS *et al.*, 2012); não obstante, outros fatores podem ser determinantes para o surgimento da doença.

De acordo com a *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* (2019), a classificação do grau de comprometimento dos indivíduos com relação a severidade da patologia é definido através da análise espirométrica, mesmo após o uso de broncodilatador apresenta-se uma redução do índice de Tiffeneau (FEV_1 / FVC) menor que 0.70. A estratificação é feita em quatro graus de gravidade, que estão divididos entre Leve (GOLD 1) quando $FEV_1 \geq 80\%$ do valor predito, Moderado (GOLD 2) quando $50\% \leq FEV_1 < 80\%$ do valor predito, Grave (GOLD 3) quando $30\% \leq FEV_1 < 50\%$ do valor predito e Muito Grave (GOLD 4) quando $FEV_1 < 30\%$ do valor predito.

Podemos dizer que qualquer pessoa está predisposta a manifestar a DPOC, porém existem fatores de risco que determinam menor ou maior ameaça de desenvolvimento da patologia, dentre os quais podemos destacar as características genéticas, status socioeconômico, poluição do ar, tabagismo, exposição ocupacional às partículas ou gases nocivos (sem a devida proteção), nutrição, comorbidades, idade e sexo (TORRES-SÁNCHEZ *et al.*, 2015). Além dos sintomas do aparelho respiratório, já descritos anteriormente, pacientes desenvolvem manifestações em outros sítios, como comorbidades cardiovasculares, problemas com manutenção de peso, problemas psiquiátricos, inflamação sistêmica e disfunção da musculatura periférica (WOUTERS, 2002). Estas alterações ficam mais aparentes nos estágios mais avançados da patologia, quando o paciente apresenta maior incidência de exacerbações (agudização do quadro) e desenvolve maior grau de dependência funcional (morbidade) (MARCHIORI *et al.*, 2010).

2.2. Limitações funcionais e controle da estabilidade postural no DPOC

A limitação e a incapacidade funcional a longo prazo, são condições marcantes do paciente com DPOC (PAUWELS *et al.*, 2012). O agravamento da patologia pode estar associado ao aumento da história de quedas, fraqueza dos músculos periféricos inferiores e declínio na capacidade de realizar atividade física (TUDORACHE *et al.*, 2015). Pacientes com DPOC apresentam menor desempenho em tarefas de equilíbrio (PORTO *et al.*, 2017), incluindo redução na capacidade de reagir a perturbações, além de fraqueza muscular global, sendo ambos associados a baixos níveis de atividade física e alto risco de quedas (BEAUCHAMP *et al.*, 2012).

A queda é definida como “um evento inesperado no qual o indivíduo vem a repousar sobre o solo, piso ou nível inferior” (LAMB, ELLEN E HAUER, 2005), sendo este incidente responsável por grande número de hospitalizações no mundo. Mesmo países desenvolvidos, como Austrália, Canadá, Reino Unido e Irlanda do Norte a taxa de admissão hospitalar de idosos está entre 1,6 e 3,0 por 10.000 habitantes. Na região oeste da Austrália e no Reino Unido as lesões associadas às quedas que resultam em atendimento emergencial são superiores, estando entre 5,5 e 8,9 por 10.000 habitantes. (RIBAH, 2013). No Brasil no ano de 2011 aproximadamente 370 mil de admissões hospitalares (39% do total) foram ocasionadas por quedas na população de idosos (MASCARENHAS; BARROS, 2015). Entre os anos de 2005 e 2010, além do impacto nas vidas dos idosos, as internações hospitalares foram responsáveis por gerar R\$ 460 milhões em gastos aos cofres públicos (BARROS *et al.*, 2015). Estes dados denotam a importância de se observar este fenômeno como um

importante problema de saúde pública.

O risco de quedas em pacientes com DPOC tem sido amplamente investigado nos últimos anos e os estudos mostram que essa população apresenta maior tendência a quedas quando comparados a indivíduos contemporâneos saudáveis. A incidência de queda em indivíduos com DPOC pode chegar a 1,7 queda/pessoa-ano (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Um estudo com 60 indivíduos com DPOC, registrou uma média de 2,4 quedas nos 12 meses que precederam a pesquisa (MKACHER; TABKA; TRABELSI, 2017). Pacientes com DPOC apresentam uma prevalência de 40% de indivíduos com histórico de quedas por ano, número superior àqueles observados em indivíduos contemporâneos saudáveis, estes apresentaram prevalência de aproximadamente 29% de quedas durante o mesmo período (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Um maior risco de queda em geral está associado a fatores intrínsecos e extrínsecos incluindo: demência, limitações visuais, alterações no tônus e trofismo muscular, uso de medicamentos, anormalidades no equilíbrio e na marcha bem como limitações neurológicas (TINETTI, SPEECHLEY E GINTER, 1988). Dos vários fatores intervenientes, podemos destacar o fato de que os indivíduos com DPOC apresentam prejuízo no controle da estabilidade postural, em condições tanto “estáticas” quanto dinâmicas (PORTO *et al.*, 2017). Esses prejuízos podem estar associados a questões multifatoriais, como manifestações sistêmicas (não-pulmonares), decréscimo da capacidade física do indivíduo, fenótipo da doença (predominância bronquítica ou enfisematosa) e nível de estadiamento da patologia (CASTRO, *de et al.*, 2016; OANCEA *et al.*, 2016). Indivíduos com DPOC apresentam, além das limitações comuns à idade, diversos fatores de risco concomitantes que, somados, aumentam a propensão às quedas. A associação entre esses fatores forma um ciclo vicioso que inclui o medo de queda → inatividade → aumento do risco de queda → quedas, conduzindo o paciente a um quadro de deterioração da agilidade, de força e da estabilidade, resultando numa substancial limitação de sua independência para as atividades de vida diária e sociais (CRISAN *et al.*, 2015).

2.3. Controle postural e coordenação postural-ventilatória

Movimentar-se é uma atividade fundamental do ser humano, é através deste ato que podemos buscar subsídios mínimos para a nossa existência. Para que possamos colocar em prática desde as mais simples até as mais complexas atividades, precisamos que haja a regulação desses movimentos. Por controle motor entendemos a habilidade de controlar ou direcionar os mecanismos essenciais para a realização do movimento, sendo este

influenciado por fatores individuais referentes à natureza da tarefa, e o meio ambiente (SHUMWAY-COOK; WALLCOTT, 2016). O controle do movimento, dada a interrelação entre os fatores definidos acima, depende da integração sensório-motora em diferentes níveis de processamento do sistema nervoso central. Referente ao sistema sensorial, são três os sistemas que participam ativamente na organização do plano de ação do indivíduo: a visão, que colabora na aquisição de informações do ambiente; o sistema vestibular, que codifica os deslocamentos lineares e angulares da cabeça, fornecendo uma importante referência para a orientação do corpo no espaço; e o sistema sensorial somático, que processa informações referentes a posição e velocidade dos segmentos corporais, entre outras (SHUMWAY-COOK; WALLCOTT, 2016).

A postura e o equilíbrio (ou estabilidade) corporal são aspectos interdependentes dentro do contexto do controle motor. A postura ou alinhamento postural se define pela configuração dos segmentos corporais uns em relação aos outros e do corpo em relação ao ambiente, particularmente em relação ao vetor gravitacional (WINTER *et al.*, 1995). Estabilidade postural pode ser genericamente descrito como um processo dinâmico cujo intuito é a manutenção da postura e a prevenção de quedas, sendo intimamente relacionada com a ação de forças externas e internas sobre o corpo, além das características inerciais de seus segmentos (WINTER *et al.*, 1995). Para avaliarmos os fenômenos que regem o controle da postura (quieta ou durante um movimento) e da estabilidade (estática ou dinâmica), podemos mensurar o comportamento do centro de massa (CM) do indivíduo, considerado o ponto de convergência da massa de um corpo, e cuja projeção vertical é denominado centro de gravidade (CG) (WINTER, 2009).

O controle da posição do CM na posição ortostática (“de pé”) se dá com relação à base de suporte do indivíduo, isto é, a região de contato entre o corpo e a superfície de suporte, delimitada pelo contorno das bordas laterais dos pés, juntamente com as linhas perpendiculares anteriores (dedos) e posteriores (calcanhar). Devido às características dos ajustes neuromusculares e as ações de forças externas e internas ao organismo, o CM se encontra em contínuo deslocamento sobre a base de suporte (DUARTE e FREITAS, 2010). O controle desse deslocamento se dá pelos ajustes neuromusculares dos segmentos em contato com a superfície de suporte, que no caso da postura ortostática, é o complexo tornozelo-pé. Dessa forma, a modulação da atividade de músculos do tornozelo (LEMONS *et al.*, 2015) assim como os músculos intrínsecos dos pés (WRIGHT; IVANENKO; GURFINKEI, 2012), associados ainda a força peso, resulta em uma força de reação do solo que se contrapõem a ação da gravidade e mantém a estabilidade do corpo no espaço

(WINTER *et al.*, 1995). É a posição média ponderada da força de reação do solo, referente ao centro de pressão dos pés (CP), que é considerada como a variável de controle ou resultante do sistema neuromuscular, em correspondência à posição do CM, a variável controlada – a manutenção da posição do CM na base de suporte se dá, assim, pelo ajuste da posição do CP pelo sistemas sensorio-motor (WINTER *et al.*, 1995). Dessa forma, a dinâmica de deslocamentos do CM e do CP durante a posição ortostática fornece importante informação a respeito dos mecanismos de controle da estabilidade postural.

Entre as perturbações internas que constituem importante fonte de ajustes posturais estão o ciclo cardíaco, o fluxo sanguíneo (SCHMID *et al.*, 2004) e os movimentos torácicos associados ao ciclo ventilatório (HUNTER; KEARNEY, 1981). O tórax é a parte do tronco situada entre o pescoço e o abdome, tendo o mesmo a forma de um cone truncado, com seu diâmetro máximo inferiormente na junção com a seção abdominal do tronco. Seus limites anteriores e laterais tem um formato de gaiola abaulada, as barras horizontais são formadas por cartilagens costais e pelas costelas que se articulam anteriormente ao osso esterno, encerrando no estabilizador central posterior (coluna vertebral). Preenchendo a cavidade torácica temos em sua maioria absoluta os pulmões, além do mediastino ao qual comporta as porções torácicas dos grandes vasos sanguíneos (artéria aorta e veia cava), esôfago, traquéia e coração. Seu limite inferior, que tem um formato de duas hemicúpulas, é formado pelo músculo diafragma, importante membro do evento ao qual chamamos de ventilação pulmonar (MOORE, 2007). Assim como o assoalho torácico os espaços intercostais são preenchidos por músculos, homônimos ao espaço que ocupam, esta associação confere ao tórax uma tendência à expansão, enquanto uma característica comum dos pulmões saudáveis é se retrair (TOBERGTE; CURTIS, 2013).

Este complexo sistema, no qual ocorre interação de diferentes estruturas, depende de diversos mecanismos para estar em equilíbrio, e quando não permanece, surgem as alterações da biomecânica torácica e estas não são de exclusividade das disfunções ortopédicas. O paciente portador de DPOC apresenta um processo de alteração nos volumes pulmonares (hiperinsulflação), que ocorre tanto em repouso quanto durante a atividade física, com repercussões notáveis na função dos músculos respiratórios e no esforço que o paciente faz para realizar a ventilação pulmonar (FERGUSON, 2006). Este evento ocorre devido ao processo de adaptação aguda ao aumento da requisição metabólica e/ou a hiperpnéia (CASTRO *et al.*, 2012), promovendo não apenas o aumento da percepção de dispneia e alterações significativas no retorno venoso (LOPES *et al.*, 2011), como também uma série de compensações na coluna e nas cinturas escapular e pélvica, estando tais alterações

associadas entre outros fatores à retificação e encurtamento do músculo diafragma (PACHIONI *et al.*, 2011).

Quando comparados com indivíduos de sua mesma faixa etária saudáveis, pacientes com DPOC apresentam também alterações biomecânicas no gradil costal, músculo diafragma e coluna vertebral, conduzindo este indivíduo a manifestar assincronia tóraco-abdominal que consiste no desacordo entre o funcionamento biomecânico destas cavidades, já que durante a ventilação pulmonar é preciso que haja conformidade desde o movimento de expansão do tórax e abdômen até o repouso, em indivíduos com DPOC mesmo em manobras de expiração forçada tal fenômeno é observado (PORRAS *et al.*, 2017). Além disso, aqueles com DOPC manifestam, concomitantemente com as afecções sistêmicas e dos músculos periféricos, alterações de controle do músculo diafragma, que, além da função ventilatória, exerce importante papel no controle postural através da estabilização da coluna lombar (HODGES; GANDEVIA, 2000). Ainda, o aumento do trabalho ventilatório em conjunto com as demais alterações estruturais destes pacientes, promovem menor capacidade de estabilização postural quando comparados à indivíduos contemporâneos saudáveis, resultando em maior suscetibilidade a fatores de risco para quedas (JANSSENS *et al.*, 2013; PORTO *et al.*, 2017). As alterações no tórax, coluna e seus reflexos nas adjacências (abdome e membros inferiores), proporcionam mudanças na posição do CG. Dentro deste contexto muitos estudos indicam a presença de efeitos dos movimentos da caixa torácica, durante a ventilação, em reações coordenadas das articulações, sobretudo dos quadris e joelhos e no controle postural dos indivíduos (SPEROFF, 1994).

Particularmente, os movimentos torácicos se apresentam como um importante contribuinte dos deslocamentos posturais durante a posição ortostática (HUNTER; KEARNEY, 1981), em um fenômeno que se pode denominar coordenação postural-ventilatória (MANOR *et al.*, 2012). Usualmente, os estudos que investigam a coordenação postural-ventilatória analisam os deslocamentos do CP em condições de ventilação normal e em diferentes frequências ventilatória, incluindo bloqueio total da ventilação. Os principais resultados de tais estudos mostram que indivíduos jovens e saudáveis apresentam menores deslocamentos posturais quando em apneuse/apnéia, comparados com a condição ventilação em repouso (JEONG, 1991; CARON *et al.*, 1997); além disso, tanto maiores amplitudes e velocidades de deslocamento do CP são observados com o aumento da frequência ventilatória (JEONG, 1991; BEAUCHAMP *et al.*, 2012).

Mais recentemente, a coordenação postural-ventilatória foi quantificada por Manor e colaboradores (2012) através de um índice de acoplamento postural-ventilatório. Esse índice

é indicativo da sincronização entre os movimentos torácicos, medidos através de cintas torácicas, e os deslocamentos anterior-posteriores e laterais do CP – especificamente, quanto maior o índice, maior o acoplamento entre essas duas medidas, o que corresponde a um maior impacto da ventilação nos ajustes posturais. Ao avaliar essa medida em um grupo de idosos e de indivíduos com comprometimentos decorrentes de Acidente Vascular Cerebral (AVC), Manor *et al* (2012) observaram que o acoplamento postural-ventilatório aumenta com a idade, e é maior naqueles com AVC, comparados com os pares saudáveis. Desse estudo, pode-se concluir que as alterações decorrentes do envelhecimento, assim como aquelas associadas a lesões neurológicas, afetam significativamente a relação entre movimentos torácicos e o controle postural. Curiosamente, a coordenação postural-ventilatória é passível de adaptação frente a intervenções, como mostrado pelo trabalho de Holmes *et al* (2016). Nessa investigação, idosos praticantes de Tai Chi, mas não indivíduos controle, apresentaram redução significativa no acoplamento postural-ventilatório, o que pode ser interpretado como uma menor perturbação postural decorrente da ventilação (MANOR *et al.*, 2012).

Dessa forma, a coordenação postural-ventilatória pode ser utilizada como um parâmetro de mensuração da eficácia do sistema de controle postural frente às perturbações decorrentes dos movimentos ventilatórios. Uma vez que este fenômeno ocorre, como afecções no sistema pulmonar influenciam essa coordenação, ainda é uma questão não explorada.

3. JUSTIFICATIVA

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é uma doença endêmica e prevalente na população brasileira. Além das alterações primárias decorrentes da patologia do sistema respiratório, disfunções secundárias no sistema neuromuscular e musculoesquelético levam aqueles acometidos com DPOC à imobilidade, redução da participação e consequentemente prejuízo na qualidade de vida. Entre as alterações mais significativas destaca-se a perda da capacidade de manter a estabilidade corporal e o subsequente aumento do risco de queda. Apesar dos questionamentos acerca das causas fisiológicas das disfunções posturais nos indivíduos com DPOC, os mecanismos neuromusculares ainda não foram bem definidos. Nesse contexto, elucidar o padrão de coordenação postural-ventilatório pode evidenciar as alterações neuromecânicas associadas à perda da estabilidade postural e maior do risco de queda, sendo o mesmo aumentado nesses indivíduos, o que pode contribuir, por sua vez, para o desenvolvimento de ferramentas de avaliação e de programas de intervenção que visem melhora da função, atividade e qualidade de vida.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO PRIMÁRIO

O objetivo geral do presente estudo é determinar o padrão de coordenação postural-ventilatória em indivíduos com DPOC, estabelecendo ainda a relação entre esse padrão e características clínicas dessa população.

4.2. OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

Pretendemos, especificamente:

1. Avaliar o padrão de coordenação postural-ventilatória de indivíduos com DPOC moderado e grave em relação ao grupo controle formado por indivíduos hígidos, pareados em idade e características antropométricas;
2. Verificar a correlação do padrão de coordenação postural-ventilatória com controle de equilíbrio, percepção do risco de quedas, força muscular periférica e respiratória;
3. Avaliar a associação entre medidas de coordenação postural-ventilatória e as características clínicas de indivíduos com DPOC moderado e grave.

5. MÉTODOS

5.1. DELINEAMENTO DO ESTUDO

Trata-se de um estudo transversal, observacional, tendo como público-alvo indivíduos que tem o diagnóstico de DPOC nos estágios moderado e grave estratificados segundo a GOLD (GOLD, 2019) e indivíduos com bom status de saúde, pareados em idade, que fizeram parte do grupo controle.

5.2. LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO

O estudo foi realizado nas dependências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta- UNISUAM, Rua Dona Isabel 94, Bonsucesso, RJ CEP 21032-060, tel.: (21) 3882-9797 (extensão 2012).

5.3. AMOSTRA

Estiveram aptos a participar do estudo indivíduos idosos que apresentassem o diagnóstico de DPOC nos estágios moderado e grave da patologia, estratificados segundo a GOLD (GOLD, 2019), constituindo o grupo experimental, e indivíduos saudáveis, pareados em idade, que fizeram parte do grupo controle.

5.3.1. Cálculo ou justificativa do tamanho amostral

A amostra foi selecionada por conveniência, sendo recrutado nos centros de reabilitação locais. Não há informação apropriada para estimativa do tamanho do efeito para a variável de interesse (coordenação postural-ventilatória). Ainda assim, foi feito cálculo amostral no programa G*Power 3.1.9.2 (Kiel University, Alemanha), para o modelo misto de ANOVA, considerando um tamanho de efeito alto ($f^2=0,20$), um erro de 5%, potência estatística de 80%, 3 níveis entre-grupos (controle vs. DPOC moderado vs. DOPC grave) e dois níveis intragrupos (tarefas eupneia vs. taquipneia), assumindo uma correlação alta entre as medidas intragrupos (r de Pearson=0,70 para frequência ventilatória mensurada por uma cinta torácica; ver seções 5.4 e 5.5.). Como resultado, obtivemos um tamanho amostral total de 36 indivíduos, a serem distribuídos igualmente entre os grupos experimental e controle ($N=12$ para cada grupo). Esse resultado foi relativamente semelhante ao obtido pela amostra de conveniência, assegurando a adequação estatística do estudo.

5.3.2. Local de recrutamento dos participantes

Os indivíduos que fizeram parte do grupo DPOC e do grupo controle foram recrutados através de chamada pública e panfletagem. Tal recrutamento ocorreu no entorno do Centro Universitário Augusto Motta, nos principais postos de saúde da região, num limite de 10 quilômetros de raio, contando como ponto central o campus da UNISUAM, e no entorno dos ambulatórios de pneumologia na cidade do Rio de Janeiro.

5.3.3. Critérios de inclusão

Foram incluídos no presente estudo indivíduos com diagnóstico de DPOC, com devida estratificação GOLD (grupo experimental), e indivíduos hígidos, pareados em idade com aqueles com diagnóstico de DPOC (grupo controle).

5.3.4. Critérios de exclusão

Não foram incluídos no presente estudo aqueles que apresentaram ao menos uma das condições descritas abaixo:

1. Dificuldades de compreensão e atendimento às solicitações simples;
2. Diagnóstico de DPOC em processo de exacerbação;
3. Relato de quaisquer alterações musculoesqueléticas ou neurológicas que impossibilitem a realização dos testes propostos;
4. Relato de uso de medicamentos que potencialmente alterem a coordenação motora ou estabilidade postural;
5. Relato de alterações cardiológicas;
6. Obesidade.

5.4. PROCEDIMENTOS

Os participantes incluídos no estudo foram posicionados sobre uma plataforma de força, descalços, em posição confortável, com os membros superiores relaxados ao longo do corpo e os olhos fixos em um alvo localizado à frente a uma distância de aproximadamente 2 metros, e a uma altura de 170 centímetros do chão. As tarefas consistiram em manipulações da frequência ventilatória (FV) durante a manutenção da postura ortostática. Cada tarefa foi realizada em uma única tentativa válida, com duração total de 40 segundos. O participante foi instruído a realizar as seguintes tarefas: (1) manter o padrão ventilatório usual (eupnéia); (2) adotar um padrão de hiperventilação (taquipnéia), induzido por um metrônomo, mantido a uma frequência de 20% acima da frequência ventilatória usual, avaliado antes da realização

dos testes. O metrônomo emitiu sinais sonoros a partir do dispositivo de hardware do computador onde estavam conectados os dispositivos para a avaliação. Os participantes passaram por um período de familiarização da tarefa taquipneia, onde o mesmo foi orientado em relação à função do metrônomo e reconhecimento do sinal sonoro. Durante a realização de todo o exame, exceto durante a realização das tarefas, os pacientes de ambos os grupos foram monitorizados com oxímetro de pulso (DellaMed Hospitalar, Modelo Premium), a fim de avaliar sua saturação periférica de oxigênio e diminuir o risco de síncope.

Como forma de evitar riscos à saúde dos participantes, os mesmos foram avaliados sistematicamente após cada estação de coleta de dados, momento no qual os sinais vitais (saturação, pressão arterial, frequências cardíaca e respiratória) foram monitorados. No caso de qualquer evidência de alterações destes sinais, ou de desconforto auto referido do participante, as avaliações seriam interrompidas e o mesmo seria colocado em repouso e, se necessário, o Serviço Médico de Urgência (SAMU) seria acionado, a fim de transportar o indivíduo para atendimento de emergência em unidade hospitalar de escolha do SAMU, para tanto não houve alteração em qualquer um dos participantes e por isso não houve necessidade de seguir tal plano.

5.5. AVALIAÇÃO COMPLEMENTAR

Previamente à realização do procedimento experimental, os participantes preencheram uma anamnese (APÊNDICE 2) e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE, APÊNDICE 1), com o auxílio do grupo de pesquisa, e realizaram os testes de estabilidade postural, força da musculatura ventilatória e de preensão manual. A avaliação do risco de queda foi realizada através do uso da Escala de Equilíbrio de Berg (EEB, ANEXO 1), adaptada para a língua portuguesa (MIYAMOTO *et al.*, 2004). Este instrumento tem como principal objetivo propor uma dificuldade crescente nas tarefas, permitindo assim que possamos observar o quão apto está o indivíduo para realizar trocas de posição no seu dia-a-dia, refletindo assim o seu risco de sofrer quedas. A avaliação compreende uma escala que mensura objetivamente o desempenho em 14 tarefas diárias, envolvendo equilíbrio estático e dinâmico. Cada seção de avaliação possui pontuação de 0 a 4, onde 0 reflete incapacidade de realização e 4 é referente à capacidade plena de realização, totalizando então 56 pontos no máximo. O significado dessa pontuação é diretamente proporcional ao desempenho, ou seja, quanto maior a pontuação, melhor é sua performance e menor o risco de queda (JACOME, 2016).

Juntamente com a escala de avaliação do risco de quedas, realizamos uma análise do

medo de quedas nos indivíduos participantes do estudo, esta avaliação foi realizada através da aplicação da Escala de Eficácia de Quedas (FES-I, na sigla em inglês, ANEXO 2) traduzida e adaptada para os padrões culturais do Brasil. Este instrumento é constituído por um grupo de perguntas sobre a preocupação de cair ao realizar 16 atividades de vida diária. Os escores variam de 1 a 4 sendo o menor número correspondente à uma menor preocupação para a realização daquela atividade. O total pode variar de 16 (ausência de preocupação) até 64 (preocupação extrema) (CAMARGOS *et al.*, 2010).

Para avaliarmos a mobilidade dos indivíduos participantes do estudo utilizamos o teste *Timed Up and Go* (TUG), traduzido para português e adaptado às necessidades da nossa população. Para a realização do teste inicialmente realizaremos um período de familiarização do teste no qual o participante foi orientado sobre o mesmo e realizou uma tentativa, sem uso do cronômetro. Na sequência utilizamos uma cadeira com 46 centímetros de altura e com os braços tendo aproximadamente 20 centímetros de altura. O teste consistiu em levantar-se após a solicitação do examinador e caminhar em linha reta, demarcada no solo, num ritmo seguro e confortável, no passo do seu dia-a-dia, a uma distância de três metros, virar-se e sentar-se novamente. O examinador teve a responsabilidade de iniciar o teste com uma indicação verbal, vigorosa o suficiente para despertar a atenção do participante, fazendo uso do comando “VAI”. Além disso, no momento em que se iniciou o teste o examinador disparou o cronômetro e o interrompeu simultaneamente ao contato das nádegas do participante com a cadeira no final do percurso. O tempo gasto para realizar o teste forneceu noção do desempenho, indicando o grau de mobilidade do indivíduo. Foram realizadas três tentativas sendo utilizado o maior valor alcançado pelo indivíduo (DUTRA, 2016).

A força muscular pode ser avaliada de diversas formas, e podemos afirmar que uma das medidas não invasivas mais comuns para avaliarmos a força dos músculos responsáveis pela ventilação pulmonar é a avaliação das pressões inspiratória e expiratória máxima. Usamos a técnica de manovacuometria para aferir a força da musculatura ventilatória dos indivíduos participantes do estudo. Esta aferição foi realizada nos participantes de ambos os grupos na fase de composição a anamnese. Os indivíduos permaneceram sentados em posição confortável e com as mãos apoiadas nas faces anteriores das coxas. Com o uso de um clipe nasal, para evitar o escape de ar pelas narinas, foi realizado o teste de pressão máxima inspiratória a partir de uma expiração forçada (a partir da sua capacidade residual funcional), sendo a aferição da pressão expiratória máxima realizada a partir de uma inspiração máxima; foram realizadas três tentativas, sendo utilizado o maior valor alcançado pelo indivíduo (SOUZA *et al.*, 2002).

O grau de força muscular periférica foi avaliado através do teste de força de preensão manual, fazendo uso de um dinamômetro de força (SH5001, Saehan Corporation, Coréia). O examinador apresentou o dispositivo ao participante e demonstrou seu uso correto. Foi avaliado o membro superior dominante, de acordo com relato do participante. Para realização do teste o indivíduo permaneceu sentado, com seu ombro em posição de adução, cotovelo em flexão de 90°, posição intermédia (semi-pronação) do antebraço, e o punho posicionado em 0-30 graus de extensão e em 0-15 graus de desvio ulnar (MATHIOWETZ *et al.*, 1985), em seguida o avaliador realizou o devido amparo do aparelho, evitando que o participante tivesse que sustentá-lo; feito isso, foi dada a ordem verbal para que o mesmo realiza-se a tarefa de preensão manual. Foram realizadas três tomadas de força para cada indivíduo, sendo o resultado final expresso pelo maior número atingido nas três tentativas.

A avaliação dos indivíduos se seguiu com a aferição da massa corporal dos pacientes, usando a Balança Digital (Glass 10, G-TECH, China). O indivíduo se colocou sobre o aparelho e permaneceu por até 5 segundos imóvel para ter sua massa corporal aferida, sendo a escala de gradação de 0,1 kg. A pressão arterial foi aferida manualmente com os participantes sentados em posição confortável com uso do esfigmomanômetro manual (Mikatus Indústria e Comercio e Serviços de Aparelhos Médicos Ltda, Modelo Health, Brasil).

5.6. AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE SINAIS

Para obtenção do sinal correspondente aos ciclos ventilatórios, uma cinta acoplada a um transdutor de força (EMG System do Brasil, BRA) foi posicionada imediatamente abaixo da linha axilar, com o eletrodo ao nível do terço médio do osso esterno do indivíduo, no ponto médio da caixa torácica, após manobra de expiração forçada máxima.

As coordenadas do centro de pressão dos pés (CP) foram obtidas a partir das forças horizontais e verticais registrados através de uma plataforma de força (AccuSway^{PLUS}, AMTI, EUA). Os sinais provenientes da cinta torácica, conectada a um amplificador EMG100C (EMG System do Brasil, BRA) e as coordenadas do CP foram adquiridas através de um conversor analógico-digital de 16 bits (NI-USB 6210, National Instruments, EUA), a uma taxa de 1000Hz, sendo armazenados para posterior análise. Um exemplo dos sinais adquiridos durante ambas as tarefas, para um dos indivíduos com DPOC, pode ser visto na FIGURA 1.

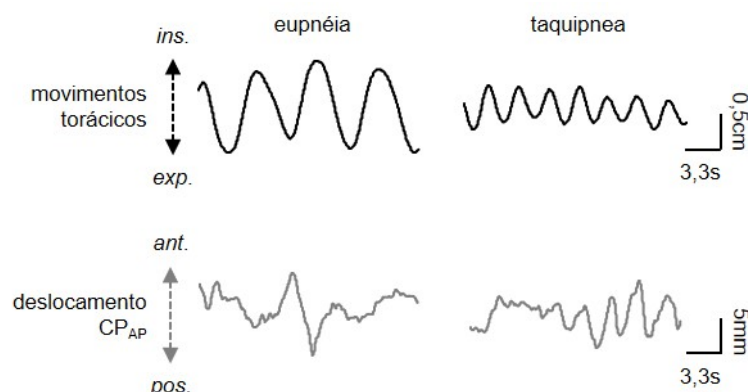


FIGURA 1. Movimentos horizontais do toráx (painel superior) e deslocamento anterior-posterior do CP (painel inferior) de um indivíduo representativo do grupo COPD (homem, idade de 55 anos, classificação GOLD 1). São apresentados os sinais nas tarefas eupneia (18 incursões por minuto, painéis à esquerda) e taquipneia (21 incursões por minuto, painéis à direita). Para fins ilustrativos, somente 20s de janela temporal são apresentadas. *ins.*, inspiração. *exp.*, expiração.

Para fins de descrição geral das características de controle postural, o CP foi filtrado (passa-baixa de 5Hz, Butterworth 2^a ordem), o sinal médio foi removido, e então foi obtida a medida de índice de estabilidade direcional na direção anterior-posterior, como sugerido por Riley e colaboradores (1995), através do cálculo da raiz quadrada da soma das variâncias da amplitude e velocidade do CP em uma dada direção. Após correção do ganho do sinal, de remoção de média e filtragem (passa-baixa de 1Hz, Butterworth 2^a ordem), a frequência ventilatória (FV) e o coeficiente de variação da expansão torácica (COV), indicativa da amplitude e variabilidade dos movimentos ventilatórios, foram computados a partir do sinal proveniente da cinta torácica. O acoplamento postural-ventilatório foi avaliado através de análise de correlação cruzada (janela temporal de ± 5 segundos, no intuito de garantir a avaliação de um ciclo ventilatório completo, considerando uma frequência ventilatória média de 12 incursões por minuto) entre as séries temporais das coordenadas do CP e os sinais provenientes da cinta torácica, que forneceu tanto estimativas da magnitude do acoplamento (pico do coeficiente de correlação cruzada) quanto da relação temporal entre as variáveis posturais e ventilatórias. Todas as análises foram realizadas em ambiente Matlab[®] (Mathworks, USA).

6. RESULTADOS

Os resultados do presente estudo são apresentados em formato de manuscrito a ser submetido para a revista *European Journal of Applied Physiology*.

6.1. Manuscrito

Postural-ventilatory coordination is altered in COPD individuals during ventilatory maneuvers

Carlos E. Guedes da Costa^{1,2}, Mônica R. Pina¹, Arthur S. Ferreira¹, Agnaldo J. Lopes^{1,3},
Thiago Lemos^{1*}

¹Graduate Program in Rehabilitation Sciences, Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, Rio de Janeiro, Brazil

²Universidade Estácio de Sá – UNESA, Rio de Janeiro, Brazil

³Medical Sciences Graduation Program, School of Medical Sciences, State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

***Corresponding author at:** Thiago Lemos, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, Rua Dona Isabel 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, Brasil CEP 21032-060. Phone +55 21 3882-9797, extension 2012.

e-mail: lemostdc@gmail.com (T.L.)

ABSTRACT

Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is an endemic disease affecting the respiratory system and is also accompanied by postural control impairment, increased risk of fall and reduced quality of life. The precise mechanisms related to balance control is yet under investigation. The present study aims to investigate the postural-ventilatory coupling in individuals with COPD and establishing its relationship with the clinical and functional status of this population. Eighteen individuals diagnosed with COPD were subdivided into moderate (N=8) and severe (N=10) groups according to their GOLD classification. Control group consists of 10 healthy individuals matched in age. The participant was instructed to perform the following tasks: (1) maintain the usual ventilatory pattern (eupnoea); (2) adopt a hyperventilation pattern, guided by a metronome (tachypnea). A single 40s trial was performed for each task. The anterior-posterior coordinates of center of pressure (CP) were acquired using a force platform. The ventilation movements were registered through a thoracic belt. A two-way ANOVA was used for groups *vs.* tasks comparison, assuming a alpha level of 5%. There was no difference in the control and COPD groups regarding physical and functional status (P -value always >0.208). However, a significant group effect was found for the temporal shift of postural-ventilatory coupling ($F=11.357$, $P<0.001$, $\eta^2=0.476$); specifically, the moderate COPD group exhibited a larger delay between ventilatory movements and postural sway (posttest $P<0.001$). There was no relationship between postural-ventilatory coupling measures and the clinical and functional status of COPD individuals. COPD is related to changes in postural-ventilatory coupling depending on its severity of the disease. This phenomenon could be a possible mechanisms accounting for the postural impairment usually observed in this population.

Keywords: sensory-motor performance; chronic obstructive pulmonary disease; postural balance.

INTRODUCTION

Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is a common, preventable, and treatable condition, caused by prolonged exposure to toxic particles or gases, among other factors (GOLD, 2019). COPD is generally characterized by obstruction to expiratory airflow as well as other persistent respiratory symptoms attributed to airway abnormalities and alveolar abnormalities, being related to 3 million deaths in 2012 (SINGH et al., 2019; GOLD, 2019). Together with the pulmonary symptoms (e.g., persistent cough, low ventilation and perfusion ratio and airflow obstruction), COPD individuals also showed systemic and functional conditions, such as muscle wasting and loss of muscle force, a reduced ability to perform physical activity and a increase incidence of falls (OLIVEIRA et al., 2015; TUDORACHE et al., 2015). Remarkable, those with COPD have a dramatic reduction in performance of balance tasks (PORTO et al., 2017), evidenced by the inability to react to disturbances and by a higher risk of falls (BEAUCHAMP et al., 2012).

Fall risk in COPD persons is related to a multitude of factors, including hypoxemia, dyspnea, fatigue (OZALIVLI et al., 2011) and, crucially, deficits in postural control (BEAUCHAMP et al., 2009; JÁCOME et al., 2016). Postural control impairment has been assessed in COPD subjects through clinical and posturographic tools. For example, the presence of COPD was associated with reduced performance on Berg Balance Scale, TUG and single-leg stance test (CRISAN et al., 2015). It has also been showed that COPD had increased center of pressure displacement during upright stance compared to healthy controls (SMITH et al., 2010; De CASTRO et al., 2016; PORTO et al., 2017). COPD individuals also showed larger postural sway during moving-platform test with the eye open (BUTCHER et al., 2004). The main factors accounting for postural impairment in COPD subjects has being reduced physical activity and lack of muscle strength (BEAUCHAMP et al., 2012). However, an important factor affecting postural control is the internal disturbances caused by ventilatory maneuvers (HUNTER AND KEARNEY, 1981). In fact, modulation of the ventilatory pattern, such as increases in its frequency or its interruption, leads to correspondent increases or decreases in postural sway, respectively (JEONG, 1991; CARON *et al.*, 2004; BEAUCHAMP et al., 2012). Recently, Manor and coworkers (2012) investigate the coupling between postural and ventilatory dynamics in elderly and post-stroke individuals. They found a significant coupling in the anterior-posterior direction of sway, with increased strength with age and visual deprivation condition (MANOR et al., 2012).

Considering the changes in the thoracic cage and diaphragmatic function observed in COPD subjects (POLKEY et al., 1996; LIM et al., 2018), could suppose that the ventilatory

pattern exhibited by these individuals could affect differentially their postural sway, compared with healthy counterparts. Based on that, the aim of the study was to investigate if there is a coupling between postural sway and ventilatory movements in COPD, and whether and how this coupling associates with clinical status of this population.

2. METHODS

2.1. PARTICIPANTS

Twenty-eight individuals (14 females) were included in this cross-sectional observational investigation. The sample comprises those with clinical diagnostic of COPD with its corresponding GOLD classification (experimental group), as well as healthy individuals matched in age and body composition (control group). Those with the following signals were not included in the study: inability to understand the instructions; exacerbated diagnostic of COPD; self-reported neurological, cardiovascular or musculoskeletal injuries that preclude execution of the tests; self-reported use of pharmacological aids that affects motor coordination; those with obesity. The participants were grouped in a COPD ($N=18$) and a control group ($N=10$). The COPD group was further divided in moderate ($N=7$) or severe group ($N=11$), according to the individuals' GOLD classification (GOLD, 2019; VOGELMEIER et al., 2019). Each and all participant signed an informed consent clarifying the experimental procedures, previously approved by the local ethics committee (process number 03870218.0.0000.5235).

2.2. PROCEDURES

The participants were positioned over a force platform with their feet in a comfortable position, arms rested along their body and eyes open fixed in a marker 2m in front of them. They were asked to perform two tasks while standing quietly: kept their usual breathing pattern (eupnoea); increase their breathing pattern in 20% of their usual pattern (tachypnea; Fig. 1). Each task lasts 40s, with a 3-5 min interval in-between. A familiarization period was provided for each participant, for clearly instruction of the task to be performed and for the habituation with the electronic metronome used to pace their breathing pattern in tachypnea task. An oximeter was placed at the tip of the index finger of all participants, and their heartbeat and blood oxygen saturation were monitored throughout the experiment. No cardiovascular or respiratory complications occur during the procedures.

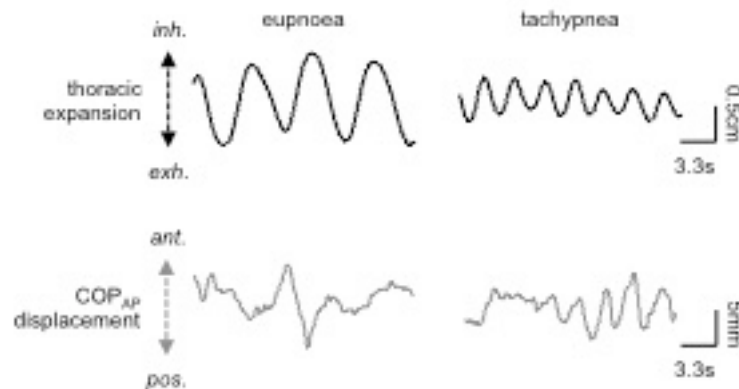


Fig. 1. Thoracic horizontal motion (upper panel) and COP anterior-posterior displacement (lower panel) of a representative participant from the COPD group (male, 55 years, GOLD 1). Data from eupnoea (18 incursions per minute, left panels) and tachypnea (21 incursions per minute, right panels) tasks are showed. For illustrative purposes, only 20s time window are showed. *inh.*, inhalation. *exh.*, exhalation.

2.3. CLINICAL ASSESSMENT

Fall-related individuals' risk and fear were assessed through the Berg Balance Scale (BBS; Miyamoto et al., 2004) and the Fall Efficacy Scale – International (FES-I; CAMARGOS et al., 2010). In BBS the performance on 14 daily activities was scored from 0 to 4 for a total of 56 points, corresponding to a smaller risk of fall. FES-I consists in questions related to self-perceived efficacy to avoid falls during 16 daily activities, each one scoring from 1 to 5, for a total of 16 (low efficacy) to 64 (higher efficacy). Individuals' mobility and general strength were measured with the Timed Up and Go (TUG; Dutra et al., 2016) test and with handgrip assessment (LIMA et al., 2019). In TUG the individual was asked to stand up out of a chair, walk 3 m, turn around, walk back to the chair and sit on it. The time spent in these steps was computed with a chronometer. Handgrip strength of the self-reported dominant side was assessed during maximal isometric contraction applied at a hydraulic dynamometer (SH5001, Saehan Corporation, KOR). The individual remain seated with their elbow flexed at 90 degrees, the forearm in a neutral position and keep the Handgrip for 5 seconds. Three trials were performed, with a 3-4min of interval in-between, to avoid fatigue. The peak isometric strength was computed for further analysis.

2.4. DATA ACQUISITION AND PROCESSING

Center-of-pressure (COP) coordinates were computed from forces and moments of forces acquired through a force platform (AccuSway^{PLUS}, AMTI, USA). Thoracic horizontal expansion (heretofore thoracic expansion) was registered through thoracic belt (EMG System do Brasil, BRA), positioned immediately below the axillary line, at the level of the middle third of the sternum and at the midpoint of the thoracic cage. The thoracic belt was positioned during a maximal forced expiratory maneuver. COP coordinates and thoracic belt signals were acquired simultaneously through a 16 bits A/D converter (NI-USB 6210, National Instruments, USA), sampled at 1000Hz, and recorded for posterior analyzes.

After down sampling both signals to 50Hz, COP coordinates was processed through average value removal and 5Hz low pass filtered (Butterworth 2nd order), and was express in millimeters. COP coordinates in anterior-posterior direction (COP_{AP}) were used for subsequent analysis. COP displacement was represented through the direction stability index (DSI), i.e., the summed variance of COP amplitude and velocity (WINTER et al., 1995). Thoracic expansion was processed through average removal and low-pass filtering at 0.5Hz (Butterworth 2nd order) and was expressed in centimeters. Amplitude of thoracic expansion was computed in terms of coefficient of variation (COV, in %). The number of ventilatory incursions per minute – referring to the full cycles of thoracic expansion – was also computed for each task.

Postural-ventilatory coordination was assessed through a cross-correlation function analysis (WINTER, 2009) between thoracic expansion and COP_{AP} displacement. A 5s time shift window was applied, considering the average period of a ventilatory cycle at a rate of 12 incursions per min. Peak cross-correlation coefficient and the corresponding time shift were computed. Data processing was performed in MATLAB (Mathworks, USA) environment.

2.5. STATISTICAL ANALYSIS

The majority of data vector does not fit a Gaussian distribution (Shapiro-Wilk's test). Nonetheless, a parametric approach was applied given its robustness to deviation in normality (SCHMIDER et al., 2010; LANTZ, 2013). COP displacement, thoracic expansion and measures of postural-ventilatory coordination was tested through mixed model two-way ANOVA to check for main effects and interaction between tasks (eupnoea vs. tachypnea) and group (control vs. COPD moderate vs. COPD severe). Tukey posttest was applied when significant F was achieved. Effect size for ANOVA (f^2) was computed, being considered

small ($0.01 < r^2 < 0.06$), moderate ($0.06 < r^2 < 0.14$) or large ($r^2 > 0.14$) (COHEN, 1988). Pearson correlation coefficient among clinical variables and postural-ventilatory coupling descriptors was also computed. Statistical analysis was performed in JASP environment (version 0.9, The JASP TEAM 2018, Netherlands), with threshold set at 5%. Unless otherwise stated, data were present as mean $\pm$ SD.

3. RESULTS

3.1. CLINICAL CHARACTERISTICS

The demographic, anthropometric and clinical characteristics of each group are showed in Table 1. There was no significant difference in general clinical features among groups (all P -values > 0.05). Risk of fall assessed through BBS and FES-I, along with dynamic balance (TUG) and handgrip strength was highly similar in control and COPD groups and no significant between-groups effects were found (one-way ANOVA P -values always > 0.05).

Table 1. Demographic, anthropometric and clinical characteristics of the participants.

	Control ($N=10$)	Moderate COPD ($N=7$)	Severe COPD ($N=11$)	P -value*
Age (years)	66 $\pm$ 7	62 $\pm$ 6	71 $\pm$ 9	0.063
Height (m)	1.60 $\pm$ 0.08	1.64 $\pm$ 0.12	1.61 $\pm$ 0.07	0.637
Weight (kg)	74.2 $\pm$ 14.9	64.9 $\pm$ 17.8	63.7 $\pm$ 14.4	0.270
BMI (kg/m ²)	28.7 $\pm$ 4.6	23.9 $\pm$ 5.2	24.6 $\pm$ 5.2	0.100
BBS (score)	51 $\pm$ 5	52 $\pm$ 3	50 $\pm$ 4	0.448
FES-I (score)	28 $\pm$ 11	26 $\pm$ 9	25 $\pm$ 7	0.652
TUG (s)	11.0 $\pm$ 3.4	10.1 $\pm$ 1.7	11.3 $\pm$ 1.8	0.574
Handgrip (kgf)	55.9 $\pm$ 24.4	53.3 $\pm$ 22.7	49.8 $\pm$ 17.2	0.809
MIP (cmH ₂ O)	-56.5 $\pm$ 17.8	-56.9 $\pm$ 23.1	-49.1 $\pm$ 11.4	0.532
MEP (cmH ₂ O)	66.5 $\pm$ 23.7	70.6 $\pm$ 24.1	52.3 $\pm$ 12.9	0.130

BMI, body mass index; BBS, Berg balance scale; FES-I, falls efficacy scale; TUG, timed up and go test. MIP/MEP, maximal inspiratory and expiratory pressure, respectively. * P -value results from one-way ANOVA; see text for further details.

3.2. POSTURAL SWAY

There was a significant main effect of task ($F=11.792$, $P=0.002$, $\eta^2=0.316$), but no effect for group or interaction (all $P>0.369$), for postural DSI. Tachypnea respiratory pattern promotes increases in postural DSI compared to eupnoea condition (Fig. 2A).

3.3. THORACIC EXPANSION

Thoracic expansion rate exhibit a significant main effect for task ($F=63.981$, $P<0.001$, $\eta^2=0.673$) and group ($F=3.936$, $P=0.033$, $\eta^2=0.239$), but no interaction ($F=3.010$, $P=0.067$, $\eta^2=0.063$). Thoracic expansion rate increased from eupnoea to tachypnea task (Fig. 2B) and from control to severe COPD group (Tukey posttest $P=0.025$; Fig. 2B). In contrast, there were no significant main effect or interaction for thoracic expansion COV (all $P\text{-value}>0.112$; Fig. 2C).

3.4. POSTURAL-VENTILATORY COUPLING

No significant main effect or interaction was found for postural-ventilatory cross-correlation coefficients (all $P\text{-value}>0.208$; Fig. 3A). Nevertheless, postural-ventilatory temporal shift exhibit significant main effect for task ($F=5.292$, $P=0.030$, $\eta^2=0.143$) and task vs. group interaction ($F=3.401$, $P=0.049$, $\eta^2=0.183$), but no effect of group ($F=1.986$, $P=0.158$, $\eta^2=0.137$). Overall, the task effect refers to the small but significant decrease in temporal shift from eupnoea to tachypnea tasks, more evidence in the moderate and severe COPD groups (Fig. 3B). One-way ANOVA was applied for further investigation of the interaction effect: significant effect for group was found for tachypnea ($F=11.357$, $P<0.001$, $\eta^2=0.476$) but not for eupnoea task ($F=0.731$, $P=0.491$, $\eta^2=0.055$). Tukey posttest reveals a significant difference between controls vs. moderate ($P<0.001$) and moderate vs. severe COPD group ($P=0.012$), but not between controls vs. severe COPD ($P=0.161$); specifically, during tachypnea task the moderate COPD individuals showed a larger postural-ventilatory delay (negative shift) compared with control and severe ones (Fig. 3B).

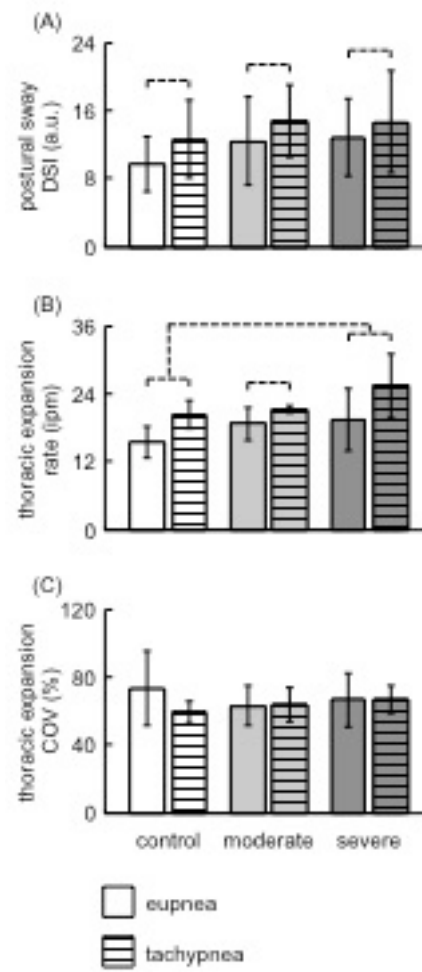


Fig. 2. Group analysis for postural sway DSI (A), thoracic expansion rate (B) and thoracic expansion COV (C) for the eupnoea (clear bars) and tachypnea (hatched bars) tasks. Data were showed for the control (white bars), moderate COPD (light gray bars) and severe COPD (dark gray bars) groups. Horizontal dashed lines indicate significant differences between tasks (A) and tasks and groups (B); see text for further details. Data are presented as mean $\pm$ SD. *ipm*, incursions per minute.

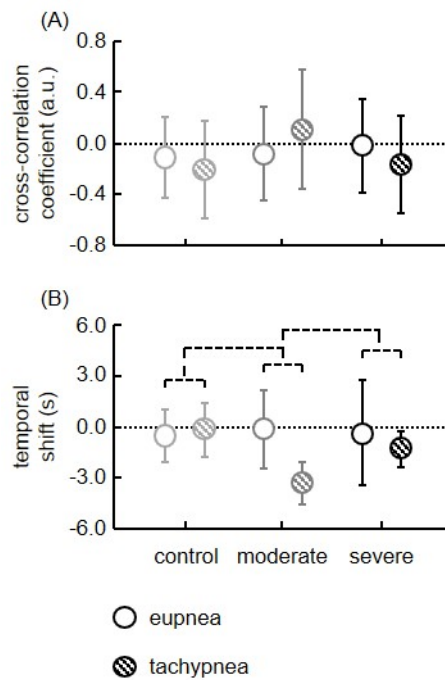


Fig. 3. Group analysis for cross-correlation coefficient (A) and temporal shift (B) for the eupnoea (clear circles) and tachypnea (hatched circles) tasks. Data are showed for the control (light gray circles), moderate COPD (dark gray circles) and severe COPD (black circles) groups. For reference purposes, a horizontal dotted line lying on zero value are also showed. Horizontal dashed lines indicate significant task vs. group interaction (B); see text for further details. Data are presented as mean $\pm$ SD. *a.u.*, arbitrary units.

3.5. CORRELATION ANALYSIS

There was no significant correlation among the clinical variables acquired and the postural-ventilatory cross-correlation coefficient (r range -0.183–0.241, P -value always >0.207) and temporal shift (r range -0.043–0.184, P -value always >0.304).

DISCUSSION

The aim of the study was to check whether and how individuals with COPD coordinates their postural sway and their ventilatory pattern, compared with healthy individuals. Our main finding was that the temporal coupling between postural and ventilatory phenomena during tachypnea maneuvers is altered (delayed) by pulmonary disease, particularly in the individuals with moderate COPD, suggesting a predominance of reactive mechanism of balance maintenance in these individuals. Surprisingly, there was no relationship among

clinical features of individuals with COPD and the parameters of postural-ventilatory coupling.

In our study we observed that individuals with COPD showed increases in time-delay between ventilatory and postural responses while engaged in the tachypnea task. It was previously showed that ventilatory movements were an important input for the postural adjustments in the standing and seated position (HUNTER and KEARNE, 1981; BOUISSET and DUCHÊNE, 1994). In fact, changes in ventilatory features has been associated with corresponding changes in postural sway; for example, increases in the ventilatory frequency is accompanied by increases in the amplitude and variability of postural sway, as observed by Jeong (1991) and confirmed in our study (see Figure 2A).

Taking the tachypnea maneuver a ‘self-promoted’ disturbance input for postural control, it could be expected that engaged in it will leads to changes in both postural sway and postural-ventilatory coupling. Interestingly, such changes only occur in the COPD sample, specifically in the individuals exhibiting a moderate degree of the disease, although a small effect for the severe group is also suggested by visual inspection of the Figure 3B. The observed change refers to an enlargement of the time ship to the negative direction, indicating an increased delay between ventilatory and postural response, unlike the quite instantaneous coupling seem in the control group inferred by the zero-lag shift (Fig. 3B).

Such delay between voluntary-driven and postural events had already been observed in COPD individuals (SMITH et al., 2015), although in this study the self-promoted disturbance was an upper limb fast movement. Despite the different paradigms, results from Smith et al. (2015) and our own investigation points to an impairment in COPD individuals to anticipate and adjust to self-generated postural disturbances. Whether this postural impairment is related to a common of dissociate mechanism for the arm motion and ventilatory maneuvers is still a matter of debate.

Previous investigation about the coupling of postural and ventilatory events was performed by Manor et al (2012) in elderly and stroke individuals. Using the regularity of the instantaneous phase they showed a significant postural-ventilatory coupling in anterior-posterior direction of postural sway, as well as a relationship between coupling and age in both healthy and stroke participants (MANOR et al., 2012). However, the metric used by Manor et al (2012) provides information about the strength of the coupling, but not its temporal relation. In our study, the strength of postural-ventilatory coupling, although highly variable, was not difference between groups or tasks (see Figure 3A). This result indicates that, irrespective of the health condition or ventilatory maneuvers, the relationship between

postural anterior-posterior adjustments and ventilatory events are always present, with slightly variation in its magnitude only observed from subject-to-subject.

The significant changes in the temporal features in the postural-ventilatory coupling became more evident if we consider the fact that, for our sample, no difference in clinical or overall posturographic measures were found (see Table 1 and Figure 2). Although COPD individuals usually show muscle weakness (ROIG et al., 2011) and posturographic (SMITH et al., 2010; DE CASTRO et al. 2016) and clinical (CRISAN et al., 2015) evidence of postural impairment, in our study no differences are observed among control and moderate or severe COPD group. This result could be related to the poor health status of our control group and to the positive status of the COPD individuals, which was selected from clinical facilities in which they received full assistance and medical care. Nevertheless, significant differences in postural-ventilatory coupling was found, indicating that clinical measures of force and balance are not related with this phenomenon; indeed, correlation analysis reveals no association among these variables.

In summary, COPD individuals, specifically those with moderate level of the disease, exhibited temporal changes in the postural-ventilatory coupling during tachypnea maneuvers. This changes in postural adjustments in relation to ventilatory events could be part of a complex mechanism of postural impairment, pointing to a relevant measurement for the complete understanding of neuromuscular and functional deficits in this population. Further investigations with a larger sample size could unravel specific physiological mechanisms account for our results.

CONCLUSIONS

In our study, we observed a delay in the postural reaction of COPD individuals, especially those with moderate levels, which was noticeable when they performed the task of tachypnoea. Considering that the increase in ventilatory frequency promotes greater amplitudes and velocities of CP displacement in both healthy individuals and those in the COPD group, and although this group presents a higher ventilatory frequency even at rest, corroborated by the results of this study, we can postulate that influence of this mechanism on postural control presents important reflexes in the maintenance of the posture for the execution of tasks from the simplest to the most complex ones, being the same associated with the greater risk of falls of this population and its implications.

REFERENCES

- BARROS, Iracema Fabieli de Oliveira *et al.* Hospitalizations due to falls among elderly Brazilians and related costs under the Public Health System. **Kairós**, v. 18, n. 4, p. 63–80, out, 2015.
- BEAUCHAMP Marla K; Hill K, Goldstein RS, Janaudis-Ferreira T, Brooks D. Impairments in balance discriminate fallers from non-fallers in COPD. *Respir Med.* 2009 Dec;103(12):1885-91. doi: 10.1016/j.rmed.2009.06.008.
- BEAUCHAMP, Marla K. *et al.* Effect of pulmonary rehabilitation on balance in persons with chronic obstructive pulmonary disease. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 91, n. 9, p. 1460–1465, set, 2010.
- BEAUCHAMP MK, Sibley KM, Lakhani B, Romano J, Mathur S, Goldstein RS, Brooks D. Impairments in systems underlying control of balance in COPD. *Chest.* 2012 Jun;141(6):1496-1503. doi: 10.1378/chest.11-1708.
- BOUISSET, S. DUCHÊNE, JL. Is body balance more perturbed by respiration in seating than in standing posture? **Europ PMC.** v. 5, N. 8, abr, 1994.
- CAMARGOS, Faavia F. O. *et al.* Adaptação transcultural e avaliação das propriedades psicométricas da Falls Efficacy Scale - International em idosos brasileiros (FES-I-BRASIL). **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, n. 3, p. 237–243, jun, 2010.
- CANO PORRAS, Desidero. *et al.* Comparison between the phase angle and phase shift parameters to assess thoracoabdominal asynchrony in COPD patients. **Journal of Applied Physiology**, p. jap.00508.2016, abr, 2017.
- CASTRO, Antonio A. M. *et al.* Daily activities are sufficient to induce dynamic pulmonary hyperinflation and dyspnea in chronic obstructive pulmonary disease patients. **Clinics**, v. 67, n. 4, p. 319–325, 2012.
- CASTRO, L. A. DE *et al.* Static and Functional Balance in Individuals With COPD: Comparison With Healthy Controls and Differences According to Sex and Disease Severity. v. 61, n. 11, p. 9–10, 2016.
- Organização Mundial da Saúde (OMS) Global Report on Falls Prevention in Older Age WHO Global Report on Falls Prevention in Older Age. 2007.
- CRISAN, Alexandru Florian, *et al.* Balance impairment in patients with COPD. **PLoS ONE**, v. 10, n. 3, p. 1–11, mar, 2015.
- CRÎȘAN AF, Oancea C, Timar B, FiraMladinescu O, Tudorache V (2015) Balance Impairment in Patients with COPD. *PLoS ONE* 10(3): e0120573. doi:10.1371/journal.pone.0120573
- DUARTE, Marcos; FREITAS, Sandra M. S. F. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, n. 3, p. 183–192, abr, 2010.
- DUTRA, Marina Carneiro; CARVALHO, Ana Lúcia Lima; AZEVEDO, Gustavo. Teste Timed Up and Go. **Revista Interfaces Saúde, Humanas e Tecnologia**, v. 3, n. 9, p. 81–88, abr, 2016.
- FERGUSON, Gary T. Why Does the Lung Hyperinflate? **Proceedings of the American Thoracic Society**, v. 3, n. 2, p. 176–179, out, 2006.
- FRIEDLANDER, Adam L. *et al.* Phenotypes of chronic obstructive pulmonary disease. **Copd**, v. 4, n. 4, p. 355–84, dez, 2007.
- GOLOGANU, Daniela. *et al.* Body Composition in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. **Maedica A Journal of Clinical Medicine**, v. 9, n. 1, p. 25–32, 2014.
- GUIDE. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung: A Guide for Health Care Professionals Global Initiative for Chronic Obstructive Disease. **Global initiative for chronic obstructive lung disease**, v. 22, n. 4, p. 1–30, 2017.
- HALL, John Edward; GUYTON, Arthur C. **Guyton & Hall tratado de fisiologia**

- médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.
- HODGES, Paul W.; GANDEVIA, S. C. Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. p. 165–175, 2000.
- HUNTER, I. W.; KEARNEY, R. E. Respiratory components of human postural sway. **Neuroscience Letters**, v. 25, n. 2, p. 155–159, mai, 1981.
- JACOME, Cristina *et al.* Validity, Reliability, and Ability to Identify Fall Status. **Physical Therapy**, v. 89, n. 4, p. 394–5, 2016.
- JÁCOME, C; CRUZ, J; OLIVEIRA, A; MARQUES, A; Validity, Reliability, and Ability to Identify Fall Status of the Berg Balance Scale, BESTest, Mini-BESTest, and Brief-BESTest in Patients With COPD. *Phys Ther.* 2016 Nov;96(11):1807-1815.
- JANSSENS, Lotte *et al.* Proprioceptive Changes Impair Balance Control in Individuals with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. **PLoS ONE**, v. 8, n. 3, p. 4–9, mar, 2013.
- LAMB, Sarah E. *et al.* Development of a Common Outcome Data Set for Fall Injury Prevention Trials : The Prevention of Falls Network Europe Consensus. p. 1618–1622, 2005.
- LEMOS, Thiago *et al.* Modulation of tibialis anterior muscle activity changes with upright stance width. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 25, n. 1, p. 168–174, fev. 2015.
- LIM SJ, KIM JY, LEE SJ, LEE GD, CHO YJ, JEONG YY, JEON KN, LEE JD, KIM JR, KIM HC. Altered Thoracic Cage Dimensions in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Tuberc Respir Dis (Seoul)*. 2018 Apr;81(2):123-131. doi: 10.4046/trd.2017.0095.
- LOPES, Agnaldo J. *et al.* CPAP Decreases Lung Hyperinflation in Patients With Stable COPD. **Respir Care**, v. 56, n. 8, p. 1164–1169, ago, 2011.
- MARCHIORI, Roseane Cardoso *et al.* Diagnóstico e tratamento da DPOC exacerbada na emergência. **Revista da AMRIGS**, v. 54, n. 2, p. 214–223, 2010.
- MASCARENHAS, Marcio Dênis Medeiros; BARROS, Marlisa Berti de Azevedo Caracterização das internações hospitalares por causas externas no sistema público de saúde, Brasil, 2011. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 18, n. 4, p. 771–784, out, 2015.
- MATHIOWETZ, Virgil *et al.* Grip & Pinch Strength: Normative Data for Adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 66, n. March 1985, p. 69–72, 1985.
- MIYAMOTO, S. T. *et al.* Brazilian version of the Berg balance scale. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 37, n. 9, p. 1411–1421, abr, 2004.
- MKACHER, Wajdi; TABKA, Zouhair; TRABELSI, Yassine. Minimal Detectable Change for Balance Measurements in Patients With COPD. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, v. 37, n. 3, p. 223–228, 2017.
- MOORE, L. KEITH / DALLEY, F. A. **Anatomia Orientada Para a Clínica**. 5ª Edição, São Paulo, Guanabara Koogan, 2007.
- OANCEA, Cristian *et al.* Chronic obstructive pulmonary disease phenotypes and balance impairment. **International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, p. 919, abr, 2016.
- OLIVEIRA, Cristiano C. *et al.* Falls by individuals with chronic obstructive pulmonary disease: A preliminary 12-month prospective cohort study. **Respirology**, v. 20, n. 7, p. 1096–1101, 2015.
- OZALEVLI S, ILGIN D, NARIN S, AKKOCLU A. Association between disease-related factors and balance and falls among the elderly with COPD: a cross-sectional study. *Aging Clin Exp Res.* 2011 Oct-Dec;23(5-6):372-7.
- PACHIONI, Célia Aparecida Stellutti *et al.* Avaliação postural em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 18, n. 4, p. 341–345, 2011.

- PAUWELS, R. A. *et al.* Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. Nhlbi/who global initiative for chronic obstructive lung disease (gold) workshop summary. *Amer J Respir Crit Care Med* 2012; 163:1256–1276
- PORTO, E. F. *et al.* Postural control in chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. **International journal of chronic obstructive pulmonary disease**, v. 10, p. 1233–1239, 2015.
- PORTO, Elias F. *et al.* Comparative Postural Control in COPD Patients and Healthy Individuals During Dynamic and Static Activities. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, v. 37, n. 2, p. 139–145, 2017.
- POLKEY MI, KYROUSSIS D, HAMNEGARD CH, MILLS GH, GREEN M, MOXHAM J. Diaphragm strength in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 1996 Nov;154(5):1310-7.
- PRIETO, Thomas E. *et al.* Measures of postural steadiness: Differences between healthy young and elderly adults. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 43, n. 9, p. 956–966, 1996.
- RABAHI, Marcelo F. Epidemiologia da DPOC: Enfrentando Desafios Epidemiology of COPD: Facing Challenges. **Pulmão RJ**, v. 22, n. 2, p. 4–8, 2013.
- ROIG, Marc *et al.* Postural control is impaired in people with COPD: An observational study. **Physiotherapy Canada**, v. 63, n. 4, p. 423–431, 2011.
- SCHMID, Maurizio *et al.* Respiration and postural sway: Detection of phase synchronizations and interactions. **Human Movement Science**, v. 23, n. 2, p. 105–119, 2004.
- SHUMWAY-COOK, ANNE, AND WOOLLACOTT, MARJORIE H. **Motor Control: Theory and Practical Applications**. 2d ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- SINGH D, AGUSTI A, ANZUETO A, BARNES PJ, BOURBEAU J, CELLI BR, CRINER GJ, FRITH P, HALPIN DMG, HAN M, LÓPEZ VARELA MV, MARTINEZ F, MONTES DE OCA M, PAPI A, PAVORD ID, ROCHE N, SIN DD, STOCKLEY R, VESTBO J, WEDZICHA JA, VOGELMEIER C. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Lung Disease: the GOLD science committee report 2019. *Eur Respir J*. 2019 May 18;53(5). pii: 1900164. doi: 10.1183/13993003.00164-2019.
- SMITH, Michelle D.; CHANG, Angela T.; HODGES, Paul W. Balance recovery is compromised and trunk muscle activity is increased in chronic obstructive pulmonary disease. **Gait & Posture**, v. 43, p. 101–107, nov, 2015.
- KWEON, Mmigyong; SON, Sung Min; KWON, Yong Hyun. The effect of aging on fertility. **Current opinion in obstetrics & gynecology**, v. 6, n. 2, p. 115–120, nov, 1994.
- TINETTI, Mary E.; SPEECHLEY, Mark; GINTER, Sandra F. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. **The New England journal of medicine**, v. 319, n. 26, p. 1701–1707, dez, 1988.
- TOBERGTE, D. R.; CURTIS, S. Tratado de fisiologia médica. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.
- TORRES-SÁNCHEZ, Irene. *et al.* Cognitive impairment in COPD: a systematic review. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 41, n. 2, p. 182–190, abr, 2015.
- TUDORACHE, Emanuela *et al.* Balance impairment and systemic inflammation in chronic obstructive pulmonary disease. **International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 10, p. 1847, 2015.
- WINTER, David A. *et al.* Human balance and posture control during standing and walking. **Gait & Posture**, v. 3, n. 4, p. 193–214, 1995.

- WINTER, David A. *et al.*. **BIOMECHANICS AND MOTOR CONTROL**. 4 edição. Watwrloo, Ontario, Canada. Wiley. 2009
- WOUTERS, Emiel F. M. Chronic obstructive pulmonary disease * 5: Systemic effects of COPD. **Thorax**, v. 57, n. 12, p. 1067–1070, 2002.
- WRIGHT, W. G.; IVANENKO, Y. P.; GURFINKEL, V. S. Foot anatomy specialization for postural sensation and control. **Journal of Neurophysiology**, v. 107, n. 5, p. 1513–1521, mar. dez, 2012.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como principal objetivo determinar o padrão de coordenação postural-ventilatória em indivíduos com DPOC, estabelecendo ainda a relação entre esse padrão e características clínicas dessa população. Foram observadas características peculiares sobre a resposta motora ao estímulo ventilatório dos indivíduos que participaram do mesmo compondo os grupos controle e DPOC, sendo este estratificado de acordo com a gravidade da patologia (moderado e grave).

Não foram observadas diferenças físicas como peso, altura, IMC, força da musculatura respiratória e força muscular periférica, bem como nas avaliações de equilíbrio e risco de quedas, que fossem significativas entre os indivíduos que participaram deste estudo. Porém notáveis diferenças na frequência ventilatória de repouso (FVL), entre os grupos controle e DPOC foram observadas. Todavia por mais que houvesse uma visível diferença na expansibilidade torácica entre o grupo controle e DPOC esta não foi significativa (FVL ou FVC).

Foram observadas maiores amplitudes e velocidades de deslocamento ântero-posterior do CP dos indivíduos de ambos os grupos quando realizaram a tarefa taquipnéia, uma importante informação vinculada à esta é que não houve acoplamento postural-ventilatório entre os indivíduos durante a realização das tarefas, por mais que ficassem claras diferenças inter indivíduos não houve significante diferença entre os grupos.

Em nosso ficou evidente um atraso da resposta motora em relação ao ato ventilatório na tarefa taquipnéia, mais evidente no grupo DPOC moderado, ou seja, especificamente nestes indivíduos houveram mudanças temporais no acoplamento postural-ventilatório durante as manobras de taquipneia estando este processo atrelado a um complexo mecanismo de ajuste postural em resposta à perturbações auto-promovidas, tendo ficado claro um prejuízo nesse mecanismo especificamente no grupo supracitado.

Em resumo, os indivíduos com DPOC, especificamente aqueles com nível moderado da doença, exibiram alteração nos ajustes posturais em relação aos eventos ventilatórios estes poderiam fazer parte de um mecanismo complexo de comprometimento postural. Considerando que o aumento da frequência ventilatória promove maiores amplitudes e velocidades de deslocamento do CP tanto de indivíduos saudáveis quanto dos que constituem o grupo DPOC e ainda que este grupo apresenta maior frequência ventilatória mesmo em repouso, corroborada pelos resultados deste estudo, podemos postular que a influência deste mecanismo no controle postural apresenta reflexos importantes na manutenção da postura

para a execução de tarefas desde as mais simples as mais complexas, estando o mesmo associado ao maior risco de quedas desta população e suas implicações.

8. REFERÊNCIAS

- BARROS, Iracema Fabieli de Oliveira *et al.* Hospitalizations due to falls among elderly Brazilians and related costs under the Public Health System. **Kairós**, v. 18, n. 4, p. 63–80, out, 2015.
- BEAUCHAMP, Marla K. *et al.* Effect of pulmonary rehabilitation on balance in persons with chronic obstructive pulmonary disease. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 91, n. 9, p. 1460–1465, set, 2010.
- BEAUCHAMP, Marla K. Impairments in systems underlying control of balance in COPD. **Chest**, v. 141, n. 6, p. 1496–1503, jun, 2012.
- CAMARGOS, Flávia F. O. *et al.* Adaptação transcultural e avaliação das propriedades psicométricas da Falls Efficacy Scale - International em idosos brasileiros (FES-I-BRASIL). **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, n. 3, p. 237–243, jun, 2010.
- CASTRO, Antonio A. M. *et al.* Daily activities are sufficient to induce dynamic pulmonary hyperinflation and dyspnea in chronic obstructive pulmonary disease patients. **Clinics**, v. 67, n. 4, p. 319–325, abril, 2012.
- CASTRO, L. A. DE *et al.* Static and Functional Balance in Individuals With COPD: Comparison With Healthy Controls and Differences According to Sex and Disease Severity. **Respiratory Care**, v. 61, n. 11, p. 1488-1496, nov, 2016.
- CRISAN, A. F. *et al.* Balance impairment in patients with COPD. **PLOS ONE**, v. 10, n. 3, p. 1–11, mar, 2015.
- DUARTE, Marcos; FREITAS, Sandra M. S. F. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, n. 3, p. 183–192, mai./jun., 2010.
- DUTRA, Marina Carneiro; CARVALHO, Ana Lúcia Lima; AZEVEDO, Gustavo. Teste Timed Up and Go. **Revista Interfaces Saúde, Humanas e Tecnologia**, v. 3, n. 9, p. 81–88, abr, 2016.
- FERGUSON, G. T. Why Does the Lung Hyperinflate? **Proceedings of the American Thoracic Society**, v. 3, n. 2, p. 176–179, out, 2006.
- FRIEDLANDER, A. L. *et al.* Phenotypes of chronic obstructive pulmonary disease. **COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 4, n. 4, p. 355–384, dez, 2007.
- GOLOGANU, Daniel. *et al.* Body Composition in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. **Maedica A Journal of Clinical Medicine**, v. 9, n. 1, p. 25–32, mar, 2014.
- GUIDE, P.; COPD, T. O. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung: A Guide for Health

- Care Professionals Global Initiative for Chronic Obstructive Disease. **Global initiative for chronic obstructive lung disease**, v. 22, n. 4, p. 1–30, 2017.
- HALL, J. E.; GUYTON, A. C. **GUYTON & HALL TRATADO DE FISIOLOGIA MÉDICA**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.
- HODGES, P. W.; GANDEVIA, S. C. Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. **The Journal of Physiology**, v. 522, n. 1, p. 165–175, jan, 2000.
- HUNTER, I. W.; KEARNEY, R. E. Respiratory components of human postural sway. **Neuroscience Letters**, v. 25, n. 2, p. 155–159, set, 1981.
- JACOME, Cristina *et al.* Validity, Reliability, and Ability to Identify Fall Status of the Berg Balance Scale, BESTest, Mini-BESTest, and Brief-BESTest in Patients With COPD. **Physical Therapy**, v. 96, n. 11, p. 1807–1815, nov, 2016.
- JANSSENS, Lotte *et al.* Proprioceptive Changes Impair Balance Control in Individuals with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. **PLOS ONE**, v. 8, n. 3, p. 4–9, mar, 2013.
- LAMB, Sarah E. *et al.* Development of a Common Outcome Data Set for Fall Injury Prevention Trials : The Prevention of Falls Network Europe Consensus. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 53, n. 9 p. 1618–1622, sep, 2005.
- LEMOES, Thiago *et al.* Modulation of tibialis anterior muscle activity changes with upright stance width. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 25, n. 1, p. 168–174, fev, 2015.
- LOPES, Agnaldo J. *et al.* CPAP Decreases Lung Hyperinflation in Patients With Stable COPD. **Respir Care**, v. 56, n. 8, p. 1164–1169, ago, 2011.
- MARCHIORI, Roseane Cardoso *et al.* Diagnóstico e tratamento da DPOC exacerbada na emergência. **Revista da AMRIGS**, v. 54, n. 2, p. 214–223, abr./jun., 2010.
- MASCARENHAS, Marcio Dênis Medeiros; BARROS, Marlisa Berti de Azevedo Caracterização das internações hospitalares por causas externas no sistema público de saúde, Brasil, 2011. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 18, n. 4, p. 771–784, out, 2015.
- MATHIOWETZ, Virgil *et al.* Grip & Pinch Strength: Normative Data for Adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 66, n. 2, p. 69–72, fev, 1985.
- MIYAMOTO, S. T. *et al.* Brazilian version of the Berg balance scale. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 37, n. 9, p. 1411–1421, abr, 2004.
- MKACHER, Wajdi; TABKA, Zouhair; TRABELSI, Yassine. Minimal Detectable Change for Balance Measurements in Patients With COPD. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, v. 37, n. 3, p. 223–228, apr, 2017.

- MOORE, L. K.; DALLEY, F. A. **Anatomia Orientada Para a Clinica**. 5. Ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2007.
- OANCEA, Cristian *et al.* Chronic obstructive pulmonary disease phenotypes and balance impairment. **International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 11, p. 919–925, abr, 2016.
- OLIVEIRA, Cristiano C. *et al.* Falls by individuals with chronic obstructive pulmonary disease: A preliminary 12-month prospective cohort study. **Respirology**, v. 20, n. 7, p. 1096–1101, jul, 2015.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS) WHO Global Report on Falls Prevention in Older Age. Victoria, Canadá: 2007.
- PACHIONI, Célia A. S. *et al.* Avaliação postural em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 18, n. 4, p. 341–345, out./dez., 2011.
- PAUWELS, R. A. *et al.* Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. NHLBI/WHO Global initiative for chronic obstructive lung disease (GOLD) workshop summary. **Amer J Respir Crit Care Med**, v. 163, n. 5, p. 1256–1276, 2001.
- PORTO, E. F. *et al.* Postural control in chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. **International journal of chronic obstructive pulmonary disease**, v. 10, n. 1, p. 1233–1239, jun, 2015.
- PORRAS, Desidero C. *et al.* Comparison between the phase angle and phase shift parameters to assess thoracoabdominal asynchrony in COPD patients. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 5, p. 1106–1113, mai, 2017.
- PORTO, Elias F. *et al.* Comparative Postural Control in COPD Patients and Healthy Individuals During Dynamic and Static Activities. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, v. 37, n. 2, p. 139–145, mar, 2017.
- PRIETO, Thomas E. *et al.* Measures of postural steadiness: Differences between healthy young and elderly adults. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 43, n. 9, p. 956–966, sep, 1996.
- RABAHI, Marcelo F. Epidemiologia da DPOC: Enfrentando Desafios Epidemiology of COPD: Facing Challenges. **Pulmão RJ**, v. 22, n. 2, p. 4–8, 2013.
- ROIG, Marc *et al.* Postural control is impaired in people with COPD: An observational study. **Physiotherapy Canada**, v. 63, n. 4, p. 423–431, out, 2011.
- SCHMID, Maurizio *et al.* Respiration and postural sway: Detection of phase synchronizations and interactions. **Human Movement Science**, v. 23, n. 2, p. 105–119,

agost, 2004.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. Motor Control: Theory and Practical Applications. 2. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

SMITH, Michelle D.; CHANG, Angela T.; HODGES, Paul W. Balance recovery is compromised and trunk muscle activity is increased in chronic obstructive pulmonary disease. **Gait & Posture**, v. 43, p. 101–107, sep, 2015.

KWEON, Mmigyong; SON, Sung M.; KWON, Yong Hyun. The effect of aging on fertility. **Current opinion in obstetrics & gynecology**, v. 6, n. 2, p. 115–120, mar, 1994.

TINETTI, Mary E.; SPEECHLEY, Mark; GINTER, Sandra F. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. **The New England journal of medicine**, v. 319, n. 26, p. 1701–1707, dez, 1988.

TOBERGTE, D. R.; CURTIS, S. Tratado de fisiologia médica. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.

TORRES-SÁNCHEZ, Irene. *et al.* Cognitive impairment in COPD: a systematic review. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 41, n. 2, p. 182–190, abr, 2015.

TUDORACHE, Emanuela *et al.* Balance impairment and systemic inflammation in chronic obstructive pulmonary disease. **International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 10, n. 1 p. 1847–1852, set, 2015.

WINTER, David A. *et al.* Human balance and posture control during standing and walking. **Gait & Posture**, v. 3, n. 4, p. 193–214, dez, 1995.

WINTER, D. A. Biomechanics and motor control of human moviment: 4 ed. Waterloo: Wiley, 2009.

WOUTERS, Emiel F. M. Chronic obstructive pulmonary disease * 5: Systemic effects of COPD. **Thorax**, v. 57, n. 12, p. 1067–1070, dez, 2002.

WRIGHT, W. G.; IVANENKO, Y. P.; GURFINKEL, V. S. Foot anatomy specialization for postural sensation and control. **Journal of Neurophysiology**, v. 107, n. 5, p. 1513–1521, mar./dez., 2012.

APÊNDICE 1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título do Projeto: Influência do padrão ventilatório sobre o controle da estabilidade postural em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário (a), da pesquisa intitulada **“INFLUÊNCIA DO PADRÃO VENTILATÓRIO SOBRE O PADRÃO DE DESLOCAMENTO POSTURAL EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS E COM DPOC”** conduzida por Carlos Eduardo Guedes da Costa. Este estudo tem por objetivo descrever o padrão postural nos pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), e a partir disso estabelecer uma relação entre postura e respiração nesses indivíduos além de inferir o grau de coordenação e, no caso afirmativo, sua influência no risco de queda dos mesmos, comparando-se a indivíduos contemporâneos e saudáveis.

Você foi selecionado (a) para fazer parte do grupo controle por ser idoso saudável, ou seja, sem alterações no aparelho locomotor, no equilíbrio ou na capacidade de compreender e executar solicitações ou para fazer parte do grupo de indivíduos que apresentam Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) estando fora de exacerbação, não apresentando déficits no aparelho locomotor e na capacidade de entender e executar solicitações. Sua participação não é obrigatória. A qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa, desistência ou retirada de consentimento não acarretará prejuízo.

Os procedimentos desta pesquisa não acarretarão riscos biológicos e físicos aos participantes, haja vista que no local da coleta dos dados temos acessibilidade através de elevadores, a temperatura da sala de aferição estará confortável e os aparelhos utilizados para colheita e armazenamento dos dados não emitem ruídos intensos e lesivos ao ouvido humano. Durante a coleta de dados em função de realizarem ritmos de frequência respiratória que variarão de apneuse (prender a respiração), a um ritmo mais alto de respiração; podem ocorrer episódios de tontura, cabe salientar que o pesquisador é treinado em primeiros socorros diminuindo o risco de piora do quadro caso ele seja estabelecido.

A participação nessa pesquisa não será remunerada pelo pesquisador e muito menos pela instituição, da mesma maneira que não acarretará ao participante gastos que não sejam apenas seu deslocamento até o local de coleta dos dados, porém em função da necessidade do participante estes gastos poderão ser ressarcidos pelo pesquisador. O pesquisador se compromete a oferecer água e lanche ao participante.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em passar pela apreciação de força muscular através da avaliação da preensão manual (onde o participante apertará um aparelho que medirá sua força) e avaliação do risco de queda através da aplicação da escala de avaliação de equilíbrio de Berg (Berg Balance Scale – BBS) que será realizada nas dependências do Centro Universitário Augusto Mota (UNISUAM) pelo próprio pesquisador estando o mesmo acompanhado de mais um pesquisador na realização das atividades. Durante o experimento o participante permanecerá de pé e de olhos abertos, sobre a plataforma que coletará o sinal, sendo que a coleta ocorrerá em três séries de 40 segundos cada uma, no primeiro momento a Frequência Respiratória será livre na qual os pacientes exercem uma FR sem interferência do examinador, na segunda série a FR determinada pelo examinador, sendo utilizado um metrônomo (aparelho que determina a frequência através de sinais sonoros), que definirá a ventilação do paciente a partir de um aviso sonoro, onde através do mesmo será ordenada uma faixa de 18 incursões respiratórias por minuto (IRPM), sendo o participante orientado pelo examinador antes de iniciarmos as avaliações e, além disso, observando-se a familiarização com o som do metrônomo. A terceira condição de avaliação e a permanência do indivíduo em apneia (prender a respiração), o participante receberá um pedido do examinador para parar de respirar, se ocorrer qualquer sinal ou sintoma de alteração do paciente os testes serão interrompidos. Não haverá registro fotográfico ou de áudio, portanto não haverá exposição de imagem dos participantes.

Os dados obtidos por meio desta pesquisa serão confidenciais e não serão divulgados em nível individual, visando assegurar o sigilo de sua participação, em face disso o pesquisador responsável se compromete a tornar públicos nos meios acadêmicos e científicos os resultados obtidos de forma consolidada sem qualquer identificação de indivíduos participantes.

Caso você concorde em participar desta pesquisa, assine ao final deste documento, que possui duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, do pesquisador responsável. Seguem os telefones e o endereço institucional do pesquisador responsável e do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP, onde você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação nele, agora ou a qualquer momento.

Contatos do pesquisador responsável:

Carlos Eduardo Guedes da Costa

Telefone: 21 979371821

e-mail: carloseduardo.guedes@gmail.com

Endereço Residencial: Rua Manoel Teixeira, 398. Ap 103. Bairro Comendador Soares,
Nova Iguaçu – RJ, CEP26280-200.

Caso você tenha dificuldade em entrar em contato com o pesquisador responsável,
comunique o fato à Comissão de Ética em Pesquisa da UNISUAM (CEP): Praça das Nações,
nº 34 - Bonsucesso, Rio de Janeiro – RJ, telefone (21) 3882-9797 (ramal 2015), e-mail:
comitedeetica@unisuam.edu.br.

Se desejar desistir do estudo em qualquer momento, você tem toda liberdade de fazê-lo,
garantindo que tal desistência não acarretará nenhuma consequência para sua saúde.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa,
e que concordo em participar.

Rio de Janeiro, ____ de _____ de ____

Assinatura do (a) participante

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE 2. Ficha de Avaliação dos pacientes

Dados Pessoais

Código participante _____ Data da Avaliação ____ / ____ / ____

Nome _____ Sexo M () F ()

Idade ____ anos Peso ____ kg Altura ____ metros

Cor: _____ Profissão: _____ Estado Civil: _____

Diagnóstico: _____

História Patológica Pregressa (HPP):

História Social (HS)

Tabagismo () Etilismo () Entorpecentes ()

OBS: _____

Exame Físico

Sinais Vitais

FC: ____ Bpm FR: ____ IrpmPA: ____ x ____ mmHg Sat: ____ %

Avaliação Ventilatória

Tipo de Via Aérea (VA): _____ Dispneia: Sim () Não ()

BORG: _____

Padrão Ventilatório: _____ Ritmo

Ventilatório: _____

Expansibilidade: _____ Deformidades: _____

Tosse: _____ Secreção: _____

Dados coletados

Testes de Força

Manovacuometria

PI 1: _____ 2: _____ 3: _____

PE 1: _____ 2: _____ 3: _____

Handgrip 1: _____ 2: _____ 3: _____

Célula de Carga 1: _____ 2: _____ 3: _____

TUG _____

BBS _____

FES _____

Observações

Pesquisador

ANEXO 1. Escala de Equilíbrio de Berg – EEB

Nome participante _____

Código participante _____

Avaliador _____

Data _____ / _____ / _____

Descrição do item ESCORE (0-4)

- 1 . Posição sentada para posição em pé _____
- 2 . Permanecer em pé sem apoio _____
- 3 . Permanecer sentado sem apoio _____
- 4 . Posição em pé para posição sentada _____
- 5 . Transferências _____
- 6 . Permanecer em pé com os olhos fechados _____
- 7 . Permanecer em pé com os pés juntos _____
- 8 . Alcançar a frente com os braços estendidos _____
- 9 . Pegar um objeto do chão _____
10. Virar-se para olhar para trás _____
11. Girar 360 graus _____
12. Posicionar os pés alternadamente no degrau _____
13. Permanecer em pé com um pé à frente _____
14. Permanecer em pé sobre um pé

Total _____

Instruções gerais

Por favor, demonstrar cada tarefa e/ou dar as instruções como estão descritas. Ao pontuar, registrar a categoria de resposta mais baixa, que se aplica a cada item.

Na maioria dos itens, pede-se ao paciente para manter uma determinada posição durante um tempo específico. Progressivamente mais pontos são deduzidos, se o tempo ou a distância não forem atingidos, se o paciente precisar de supervisão (o examinador necessita ficar bem

próximo do paciente) ou fizer uso de apoio externo ou receber ajuda do examinador. Os pacientes devem entender que eles precisam manter o equilíbrio enquanto realizam as tarefas. As escolhas sobre qual perna ficar em pé ou qual distância alcançar ficarão a critério do paciente. Um julgamento pobre irá influenciar adversamente o desempenho e o escore do paciente. Os equipamentos necessários para realizar os testes são um cronômetro ou um relógio com ponteiro de segundos e uma régua ou outro indicador de: 5; 12,5 e 25 cm. As cadeiras utilizadas para o teste devem ter uma altura adequada. Um banquinho ou uma escada (com degraus de altura padrão) podem ser usados para o item 12.

1. Posição sentada para posição em pé Instruções: Por favor, levante-se. Tente não usar suas mãos para se apoiar.

- () 4 capaz de levantar-se sem utilizar as mãos e estabilizar-se independentemente
- () 3 capaz de levantar-se independentemente utilizando as mãos
- () 2 capaz de levantar-se utilizando as mãos após diversas tentativas
- () 1 necessita de ajuda mínima para levantar-se ou estabilizar-se
- () 0 necessita de ajuda moderada ou máxima para levantar-se

2. Permanecer em pé sem apoio Instruções: Por favor, fique em pé por 2 minutos sem se apoiar.

- () 4 capaz de permanecer em pé com segurança por 2 minutos
- () 3 capaz de permanecer em pé por 2 minutos com supervisão
- () 2 capaz de permanecer em pé por 30 segundos sem apoio
- () 1 necessita de várias tentativas para permanecer em pé por 30 segundos sem apoio
- () 0 incapaz de permanecer em pé por 30 segundos sem apoio

Se o paciente for capaz de permanecer em pé por 2 minutos sem apoio, dê o número total de pontos para o item No. 3. Continue com o item No. 4.

3. Permanecer sentado sem apoio nas costas, mas com os pés apoiados no chão ou num banquinho Instruções: Por favor, fique sentado sem apoiar as costas com os braços cruzados por 2 minutos.

- () 4 capaz de permanecer sentado com segurança e com firmeza por 2 minutos
- () 3 capaz de permanecer sentado por 2 minutos sob supervisão
- () 2 capaz de permanecer sentado por 30 segundos
- () 1 capaz de permanecer sentado por 10 segundos

- ☐ 0 incapaz de permanecer sentado sem apoio durante 10 segundos

4. Posição em pé para posição sentada Instruções: Por favor, sente-se.

- ☐ 4 senta-se com segurança com uso mínimo das mãos
- ☐ 3 controla a descida utilizando as mãos
- ☐ 2 utiliza a parte posterior das pernas contra a cadeira para controlar a descida
- ☐ 1 senta-se independentemente, mas tem descida sem controle
- ☐ 0 necessita de ajuda para sentar-se

5. Transferências

Instruções: Arrume as cadeiras perpendicularmente ou uma de frente para a outra para uma transferência em pivô. Peça ao paciente para transferir-se de uma cadeira com apoio de braço para uma cadeira sem apoio de braço, e vice-versa. Você poderá utilizar duas cadeiras (uma com e outra sem apoio de braço) ou uma cama e uma cadeira.

- ☐ 4 capaz de transferir-se com segurança com uso mínimo das mãos
- ☐ 3 capaz de transferir-se com segurança com o uso das mãos
- ☐ 2 capaz de transferir-se seguindo orientações verbais e/ou supervisão
- ☐ 1 necessita de uma pessoa para ajudar
- ☐ 0 necessita de duas pessoas para ajudar ou supervisionar para realizar a tarefa com segurança

6. Permanecer em pé sem apoio com os olhos fechados Instruções: Por favor, fique em pé e feche os olhos por 10 segundos.

- ☐ 4 capaz de permanecer em pé por 10 segundos com segurança
- ☐ 3 capaz de permanecer em pé por 10 segundos com supervisão
- ☐ 2 capaz de permanecer em pé por 3 segundos
- ☐ 1 incapaz de permanecer com os olhos fechados durante 3 segundos, mas mantém-se em pé
- ☐ 0 necessita de ajuda para não cair

7. Permanecer em pé sem apoio com os pés juntos Instruções: Junte seus pés e fique em pé sem se apoiar.

- ☐ 4 capaz de posicionar os pés juntos independentemente e permanecer por 1 minuto com segurança

- () 3 capaz de posicionar os pés juntos independentemente e permanecer por 1 minuto com supervisão
- () 2 capaz de posicionar os pés juntos independentemente e permanecer por 30 segundos
- () 1 necessita de ajuda para posicionar-se, mas é capaz de permanecer com os pés juntos durante 15 segundos
- () 0 necessita de ajuda para posicionar-se e é incapaz de permanecer nessa posição por 15 segundos

8. Alcançar a frente com o braço estendido permanecendo em pé

Instruções: Levante o braço a 90°. Estique os dedos e tente alcançar a frente o mais longe possível. (O examinador posiciona a régua no fim da ponta dos dedos quando o braço estiver a 90°. Ao serem esticados para frente, os dedos não devem tocar a régua. A medida a ser registrada é a distância que os dedos conseguem alcançar quando o paciente se inclina para frente o máximo que ele consegue. Quando possível, peça ao paciente para usar ambos os braços para evitar rotação do tronco).

- () 4 pode avançar à frente mais que 25 cm com segurança
- () 3 pode avançar à frente mais que 12,5 cm com segurança
- () 2 pode avançar à frente mais que 5 cm com segurança
- () 1 pode avançar à frente, mas necessita de supervisão
- () 0 perde o equilíbrio na tentativa, ou necessita de apoio externo

9. Pegar um objeto do chão a partir de uma posição em pé

Instruções: Pegue o sapato/chinelo que está na frente dos seus pés.

- () 4 capaz de pegar o chinelo com facilidade e segurança
- () 3 capaz de pegar o chinelo, mas necessita de supervisão
- () 2 incapaz de pegá-lo, mas se estica até ficar a 2-5 cm do chinelo e mantém o equilíbrio independentemente
- () 1 incapaz de pegá-lo, necessitando de supervisão enquanto está tentando
- () 0 incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não perder o equilíbrio ou cair

10. Virar-se e olhar para trás por cima dos ombros direito e esquerdo enquanto permanece em pé

Instruções: Vire-se para olhar diretamente atrás de você por cima do seu ombro esquerdo sem tirar os pés do chão. Faça o mesmo por cima do ombro direito.

(O examinador poderá pegar um objeto e posicioná-lo diretamente atrás do paciente para estimular o movimento)

- () 4 olha para trás de ambos os lados com uma boa distribuição do peso
- () 3 olha para trás somente de um lado, o lado contrário demonstra menor distribuição do peso
- () 2 vira somente para os lados, mas mantém o equilíbrio
- () 1 necessita de supervisão para virar
- () 0 necessita de ajuda para não perder o equilíbrio ou cair

11. Girar 360 graus

Instruções: Gire-se completamente ao redor de si mesmo. Pausa. Gire-se completamente ao redor de si mesmo em sentido contrário.

- () 4 capaz de girar 360 graus com segurança em 4 segundos ou menos
- () 3 capaz de girar 360 graus com segurança somente para um lado em 4 segundos ou menos
- () 2 capaz de girar 360 graus com segurança, mas lentamente
- () 1 necessita de supervisão próxima ou orientações verbais
- () 0 necessita de ajuda enquanto gira

12. Posicionar os pés alternadamente no degrau ou banquinho enquanto permanece em pé sem apoio

Instruções: Toque cada pé alternadamente no degrau/banquinho. Continue até que cada pé tenha tocado o degrau/banquinho quatro vezes.

- () 4 capaz de permanecer em pé independentemente e com segurança, completando 8 movimentos em 20 segundos
- () 3 capaz de permanecer em pé independentemente e completar 8 movimentos em mais que 20 segundos
- () 2 capaz de completar 4 movimentos sem ajuda
- () 1 capaz de completar mais que 2 movimentos com o mínimo de ajuda
- () 0 incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não cair

13. Permanecer em pé sem apoio com um pé à frente

Instruções: (demonstre para o paciente) Coloque um pé diretamente à frente do outro na mesma linha; se você achar que não irá conseguir, coloque o pé um pouco mais à frente do outro pé e levemente para o lado.

- () 4 capaz de colocar um pé imediatamente à frente do outro, independentemente, e permanecer por 30 segundos
- () 3 capaz de colocar um pé um pouco mais à frente do outro e levemente para o lado, independentemente, e permanecer por 30 segundos
- () 2 capaz de dar um pequeno passo, independentemente, e permanecer por 30 segundos
- () 1 necessita de ajuda para dar o passo, porém permanece por 15 segundos
- () 0 perde o equilíbrio ao tentar dar um passo ou ficar de pé

14. Permanecer em pé sobre uma perna Instruções: Fique em pé sobre uma perna o máximo que você puder sem se segurar.

- () 4 capaz de levantar uma perna independentemente e permanecer por mais que 10 segundos
- () 3 capaz de levantar uma perna independentemente e permanecer por 5-10 segundos
- () 2 capaz de levantar uma perna independentemente e permanecer por mais que 3 segundos
- () 1 tenta levantar uma perna, mas é incapaz de permanecer por 3 segundos, embora permaneça em pé independentemente
- () 0 incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não cair () Escore total (Máximo = 56)

Adaptado de Miyamoto et al., Braz J Med Biol Res 37(9): 1411-1421, 2004.

ANEXO 2. Escala de Eficácia de Queda – FES-I

Agora nós gostaríamos de fazer algumas perguntas sobre qual é sua preocupação a respeito da possibilidade de cair. Por favor, responda imaginando como você normalmente faz a atividade. Se você atualmente não faz a atividade (por ex. alguém vai às compras para você), responda de maneira a mostrar como você se sentiria em relação a quedas se você tivesse que fazer essa atividade. Para cada uma das seguintes atividades, por favor, marque o quadradinho que mais se aproxima de sua opinião sobre o quão preocupado você fica com a possibilidade de cair, se você fizesse esta atividade.

	Nem um pouco preocupado 1	Um pouco preocupado 2	Muito preocupado 3	Extremamente preocupado 4
1. Limpando casa (ex:passar pano, aspirar ou tirar a poeira)	1	2	3	4
2. Vestindo ou tirando a roupa	1	2	3	4
3. Preparando refeições simples	1	2	3	4
4. Tomando Banho	1	2	3	4
5. Indo às Compras	1	2	3	4
6. Sentando ou levantando de uma cadeira	1	2	3	4
7. Subindo ou descendo escadas	1	2	3	4
8. Caminhando pela vizinhança	1	2	3	4
9. Pegando algo acima da sua cabeça ou do chão	1	2	3	4
10. Indo atender o telefone antes que pare de tocar	1	2	3	4
11. Andando sobre superfície escorregadia (ex. chão molhado)	1	2	3	4
12. Visitando um amigo ou parente	1	2	3	4
13. Andando em lugares cheios de gente	1	2	3	4
14. Caminhando sobre superfície irregular (com pedras, esburacada)	1	2	3	4
15. Subindo ou descendo ladeira	1	2	3	4
16. Indo a uma atividade social (ex: ato religioso, reunião de família ou encontro no clube)	1	2	3	4
Total				