

ISABELLA MARTINS RODRIGUES

**ANÁLISE CINEMÁTICA DA MECÂNICA RESPIRATÓRIA: EFEITOS DA
ATIVIDADE FÍSICA E IDADE**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Educação Física,
para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

Orientadora: Eveline Torres Pereira

Coorientadora: Amanda Piaia Silvatti

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2019**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

R696a
2019
Rodrigues, Isabella Martins, 1993-
Análise cinemática da mecânica respiratória : efeitos da
atividade física e idade / Isabella Martins Rodrigues. – Viçosa,
MG, 2019.
96f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Eveline Torres Pereira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Respiração. 2. Cinemática. 3. Envelhecimento.
4. Exercícios físicos. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Educação Física. Mestrado em Educação
Física. II. Título.

CDD 22 ed. 612.2

ISABELLA MARTINS RODRIGUES

**ANÁLISE CINEMÁTICA DA MECÂNICA RESPIRATÓRIA: EFEITOS DA
ATIVIDADE FÍSICA E IDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVAÇÃO: 17 de julho de 2019.



Isabella Martins Rodrigues
Autora



Eveline Torres Pereira
Orientadora

AGRADECIMENTOS

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação” (Simone de Beauvoir). É com essa frase que inicio os agradecimentos às pessoas que foram importantes em algum momento da minha longa jornada até aqui. Foram 2 anos de alegrias, tristezas, apertos (muitos), conquistas e, sobretudo, aprendizado.

Se você está lendo esta página é porque eu consegui. E não foi fácil chegar até aqui. Do processo seletivo, passando pela aprovação até a conclusão do Mestrado, foi um longo caminho percorrido. Nada foi fácil, nem tampouco tranquilo. Como diz um provérbio africano, “A sola do pé conhece toda a sujeira da estrada”.

Quero agradecer primeiramente à Deus pela saúde e por me proporcionar as condições para que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais, Ronaldo e Valderes, meus heróis, minha gratidão eterna por terem me dado a melhor educação do mundo (aquela que não é ensinada na escola), pelos valores e por me terem ensinado a andar. Vocês que, muitas vezes, deixaram seus sonhos de lado para que eu e meus irmãos pudéssemos ter acesso às melhores escolas, permitindo assim, que alcançássemos nossos objetivos. Obrigada pelo apoio incondicional desde que decidi realizar meu primeiro curso de graduação, seguido pela segunda graduação juntamente com o Mestrado.

Aos meus irmãos, Guilherme e Isadora, pela amizade, amor, carinho, preocupação, apoio e presença, mesmo que de longe.

À todos os meus familiares, avós, primos e tios. Um agradecimento especial à minha madrinha Sandra, que é a minha segunda mãe e sempre esteve presente em todos os momentos desde minha infância.

Aos amigos da “Sociedade Secreta”: Bruno, Célia, Fernanda, Letícia e Mariana pelas risadas, carinho e companheirismo de sempre.

Às minhas “*roomates*” desses 8 anos que moro em Viçosa: Jéssica, Camila, Carolina e Fernanda. Obrigada pelos inesquecíveis momentos compartilhados.

À Ana Luiza, companheira do Mestrado, pela amizade, carinho, companheirismo amor e compreensão. Compartilhamos 2 anos de muito aprendizado, apertos, viagens, conversas loucas de madrugada para resolver os “bugs” das nossas pesquisas e comidas gostosas.

Ao Gustavo, pelos 6 anos dividindo feriados, dias e noites de trabalho no laboratório. Por ser um grande incentivador da minha carreira acadêmica, por compartilhar seu conhecimento, ser amigo, companheiro e conselheiro.

Aos membros do LAB: Nara, que está presente em todos os momentos, pela ajuda imprescindível com os nossos queridos programas Motive e Visual 3D, por adocicar nossos dias com o melhor bolo de cenoura vulcão do mundo. Marissol, Lucimara, Thales, Jean, Victor, obrigada pela amizade e companheirismo de todos os dias.

À todos os meus professores. Sem dúvidas, vocês foram indispensáveis para a minha caminhada. Afinal de contas, sem professores não existem profissionais.

Aos professores, funcionários e colegas do Curso de Fisioterapia da Univiçosa pelos ensinamentos e apoio.

À minha orientadora Eveline pela orientação, conselhos, puxões de orelha e pela mão amiga que me acolheu quando precisei.

À minha orientadora Amanda pelos 6 anos de orientação. Ter uma professora, orientadora, amiga, companheira e conselheira em uma pessoa só não é para qualquer um. Obrigada por ser minha inspiração e compartilhar todo seu conhecimento comigo.

Com vocês, queridos amigos e familiares, divido a alegria desta experiência.

“E aprendi que se depende sempre
De tanta, muita, diferente gente
Toda pessoa sempre é as marcas
das lições diárias de outras tantas pessoas.
É tão bonito quando a gente entende

Que a gente é tanta gente
Onde quer que a gente vá.
É tão bonito quando a gente sente
Que nunca está sozinho
Por mais que pense estar...”
(Caminhos do coração – Gonzaguinha.)

Por fim, termino com uma frase que, acredito, todos os alunos da pós-graduação, pesquisadores e professores se identificam. “A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez” (George Bernard Shaw).

RESUMO

RODRIGUES, Isabella Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2019. **Análise cinemática da mecânica respiratória: efeitos da atividade física e idade.** Orientadora: Eveline Torres Pereira. Coorientadora: Amanda Piaia Silvatti.

O envelhecimento pode causar diversas alterações fisiológicas e estruturais nos sistemas do corpo humano. O sistema respiratório sofre alterações como diminuição da capacidade respiratória, complacência pulmonar e torácica, calcificação das cartilagens costais e diminuição da força muscular. Entretanto, as alterações mecânicas causadas pelo envelhecimento ainda são pouco descritas pela literatura. Nesse contexto, o objetivo geral da dissertação foi descrever os padrões de movimentação toracoabdominal durante a respiração de mulheres fisicamente ativas através da análise cinemática tridimensional, além de avaliar os efeitos do envelhecimento e de um treinamento físico. Para analisar os movimentos respiratórios, foram utilizadas as manobras de volume corrente e capacidade vital. As coordenadas tridimensionais dos 32 marcadores retro-reflexivos posicionados no tronco foram adquiridas por câmeras optoeletrônicas, e posteriormente utilizadas para estimar o volume do tórax superior, tórax inferior e abdômen, para cálculo subsequente das variáveis para a definição do padrão respiratório. No primeiro estudo, o objetivo foi investigar os efeitos do envelhecimento e caracterizar o padrão e a coordenação dos movimentos respiratórios dos compartimentos toracoabdominais. Setenta e três mulheres fisicamente ativas foram divididas em três grupos: jovens, meia idade e idosas, com idade entre 19 e 80 anos. O percentual de contribuição inspiratório e o coeficiente de correlação foram calculados com o objetivo de analisar o padrão e a coordenação de movimento toracoabdominal durante a respiração, respectivamente. Os resultados mostraram que o envelhecimento causa uma mudança no padrão de movimento em ambas as manobras, que inicia com uma respiração torácica superior, passa por uma fase de transição com o aumento da contribuição do tórax inferior e chega a uma maior contribuição abdominal com o aumento da idade. Além disso, a diminuição da coordenação de movimento foi observada com o envelhecimento, apesar das participantes não apresentarem assincronia de movimento. No segundo estudo, o objetivo foi

avaliar os efeitos de 12 semanas de um treinamento físico multicomponente no padrão e na coordenação dos movimentos toracoabdominais respiratórios de mulheres fisicamente ativas acima de 40 anos. Trinta e duas mulheres foram divididas em 2 grupos: meia idade e idosas. O treinamento físico multicomponente foi aplicado durante 12 semanas, sendo dividido em 3 sessões semanais com duração de 50 minutos. A variação de volume total inspiratório, o percentual de contribuição inspiratório e o coeficiente de correlação foram calculados com o objetivo de analisar o padrão e a coordenação de movimento durante a respiração pré e pós-treinamento. Os resultados sugerem que 12 semanas de treinamento físico multicomponente podem causar efeitos como o aumento do percentual de contribuição inspiratório do tórax inferior, sendo mais enfatizado na capacidade vital. Além disso, foi observada uma diminuição do percentual de contribuição inspiratório do abdômen, que pode estar relacionada com um aumento da contração abdominal durante uma inspiração forçada, podendo diminuir a mobilização de ar. Todas as participantes apresentaram movimentos respiratórios coordenados, com ênfase na coordenação entre os compartimentos torácicos. Em conclusão, essa dissertação sugere que existe uma mudança no padrão respiratório e uma diminuição da coordenação de movimento, que podem ser reflexos mecânicos das alterações fisiológicas e estruturais do envelhecimento. Além disso, apesar de não ser um treinamento especificamente respiratório, o treinamento físico multicomponente pode proporcionar alterações positivas, como o aumento da contribuição do tórax inferior e, conseqüentemente, da ação do diafragma.

Palavras-chave: Padrão respiratório. Cinemática. Envelhecimento.

ABSTRACT

RODRIGUES, Isabella Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2019. **Kinematic analysis of the breathing mechanics: physical activity and age effects**. Adviser: Eveline Torres Pereira. Co-adviser: Amanda Piaia Silvatti.

The aging process could cause several physiological and structural changes in all body systems. The respiratory system undergoes changes, like decrease in the respiratory capacity, decrease in the pulmonary and rib cage compliance, calcification of the costal cartilages and decrease of the muscular strength. However, the age-related mechanical changes are still poorly described in the literature. In this context, the main purpose of this thesis was to describe the thoracoabdominal breathing pattern through the tridimensional kinematic analysis, in addition to investigate the age-related changes and the effects of a physical training. The participants were asked to perform the quiet breathing and vital capacity maneuvers. The tridimensional coordinates of the 32 retro-reflective markers positioned on the trunk were acquired by the optoelectronic cameras and used to estimate the volume of the superior thorax, inferior thorax and abdomen for the subsequent calculation of variables to describe the breathing pattern. In the first study, the aim was to investigate the aging effects and characterize the breathing motion pattern and coordination. Seventy-three physically active women were divided into three groups: young, middle-aged and elderly, with age between 19 and 80 years. The inspiratory percentage contribution and the correlation coefficient were calculated in order to analyze the breathing motion pattern and coordination, respectively. The results showed that aging could cause a change in the motion pattern in both breathing maneuvers, which starts with a superior thoracic breathing, going through a transition phase with the increase of the inferior thorax contribution, ending with an abdominal breathing with increasing age. Aging also cause changes in the movement coordination, with a decrease in the correlation values in all compartment pairs, although they were not found asynchronous. In the second study, the aim was to investigate the effects of 12 weeks of multicomponent physical training in the thoracoabdominal breathing pattern and coordination of physically active women over 40 years. Thirty-two women were divided into two groups: middle-aged and elderly. The physical training was applied for 12 weeks, composed by three

sessions per week, with approximately 50 minutes. The inspiratory total tidal volume, the inspiratory percentage contribution and correlation coefficient were calculated in order to investigate the breathing motion pattern and coordination. The results suggest that 12 weeks of multicomponent physical training could increase the inspiratory percentage contribution of the inferior thorax, emphasized by the vital capacity maneuver. Besides, the decrease in the contribution of the abdomen observed could be related to the increase in the contraction of the abdominal muscles during the inspiratory phase in vital capacity, which could decrease the air mobilization. All the participants showed coordinated movements, with emphasis in the coordination between the thoracic compartments. In conclusion, this thesis suggest that exist a change in the breathing pattern, plus a decrease in the movement coordination, that could be the reflexes of the age-related physiological and structural changes. Besides, although the multicomponent physical training did not work the respiratory muscles specifically, we could observe positive effects, as the increase in the inferior thorax contribution and, consequently, the action of the diaphragm.

Keywords: Breathing pattern. Kinematics. Aging.

LISTA DE FIGURAS

Introdução Geral

Figura 1. Localização, direção de contração das fibras musculares e ação de cada músculo respiratório.	19
Figura 2. Divisão de cada um dos compartimentos em três subcompartimentos.	24
Figura 3. Tetraedros formados dentro de um poliedro.	24
Figura 4. Curvas de volume em função do tempo obtidas através da análise cinemática 3D na manobra de volume corrente.....	26
Figura 5. Curvas de volume em função do tempo obtidas através da análise cinemática 3D na manobra de capacidade vital.....	27

Artigo 1

Figura 1. Posicionamento dos marcadores e divisão compartimental do tronco	37
Figura 2. Posicionamento das voluntárias no momento da coleta de dados... ..	38
Figura 3. Média e desvio padrão do percentual de contribuição inspiratório (dado não transformado [%]) em volume corrente e capacidade vital.....	41
Figura 4. Percentual de contribuição inspiratório (dado não transformado [%]) do TS, TI e AB <i>versus</i> idade em volume corrente e capacidade vital. Cada ponto no gráfico representa uma participante	42
Figura 5. Média e desvio padrão do coeficiente de correlação (dado transformado) em volume corrente e capacidade vital.....	44
Figura 6. Coeficiente de correlação (TSxTI, TSxAB, TIxAB) (dado não transformado) <i>versus</i> idade em volume corrente e capacidade vital. Cada ponto no gráfico representa um participante	46

Artigo 2

Figura 1. Média e desvio padrão do percentual de contribuição inspiratório (dado não transformado [%]) de cada compartimento (TS, TI, AB) em volume corrente e capacidade vital no pré e pós-treinamento. * $p < 0,05$	61
Figura 2. Média e desvio padrão do percentual de contribuição inspiratório (dado não transformado [%]) de cada compartimento (TS, TI, AB) em volume corrente e capacidade vital no pré e pós-treinamento. * $p < 0,05$	62

Figura 3. Média e desvio padrão do coeficiente de correlação de cada par de compartimento (TSxTI, TSxAB, TIxAB) em volume corrente e capacidade vital no pré e pós-treinamento. * $p < 0,05$ 63

Figura 4. Média e desvio padrão do coeficiente de correlação de cada par de compartimento (TSxTI, TSxAB, TIxAB) em volume corrente e capacidade vital no pré e pós-treinamento. * $p < 0,05$ 64

LISTA DE TABELAS

Introdução Geral

Tabela 1. Mudanças relacionadas com a respiração na função respiratória e sua relação com as consequências clínicas	21
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Artigo 1

Tabela 1. Média (\pm desvio padrão) dos valores de idade, altura, peso e índice de massa corporal (IMC) de cada grupo	36
Tabela 2. Coeficiente de determinação (R^2), F e valor de p referentes à regressão linear entre a idade e o percentual de contribuição inspiratório nas manobras de volume corrente e capacidade vital	43
Tabela 3. Coeficiente de determinação (R^2), F e valor de p referentes à regressão linear entre idade e coeficiente de correlação nas manobras de volume corrente e capacidade vital.....	45

Artigo 2

Tabela 1. Média (\pm desvio padrão) dos valores de idade, altura, peso e índice de massa corporal (IMC) de cada grupo	56
Tabela 2. Média (\pm desvio padrão) da variação do volume total inspiratório em volume corrente e capacidade vital nos grupos de meia idade e idosos.....	60

LISTA DE ABREVIações

3D – Tridimensional

TS – Tórax Superior

TI – Tórax Inferior

AB – Abdômen

VC – Volume Corrente

CV – Capacidade Vital

IMC – Índice de massa corporal

DP – Desvio padrão

SUMÁRIO

Introdução Geral.....	16
Anatomia e fisiologia respiratórias	16
Envelhecimento e o sistema respiratório	18
Análise cinemática tridimensional da respiração.....	21
Referências Bibliográficas.....	27
Objetivos	30
Artigo 1.....	31
Introdução	32
Materiais e Métodos.....	34
<i>Design</i> do estudo e participantes.....	34
Captura e análise cinemática 3D do movimento.....	35
Padrão de movimento toracoabdominal	37
Coordenação de movimento toracoabdominal	38
Análise estatística.....	39
Resultados	39
Discussão.....	45
Conclusão	48
Referências Bibliográficas.....	49
Artigo 2.....	52
Introdução	53
Materiais e Métodos.....	55
<i>Design</i> do estudo e participantes.....	55
Treinamento físico multicomponente	56
Captura e análise cinemática 3D do movimento.....	56
Padrão de movimento toracoabdominal	57
Coordenação de movimento toracoabdominal	57

Análise estatística.....	58
Resultados	59
Discussão.....	63
Conclusão	66
Referências Bibliográficas.....	66
Conclusão Geral.....	69
Anexo I – Termo de Consentimento Livre Esclarecido I.....	70
Anexo II – Termo de Consentimento Livre Esclarecido II.....	74
Anexo III – Comitê de Ética I.....	80
Anexo IV – Comitê de Ética II	85
Anexo V – Treino multicomponente	91
Anexo IV – Folha de produção	93

INTRODUÇÃO GERAL

Anatomia e fisiologia respiratórias

A respiração é essencial para a manutenção da vida e pode ser definida de forma simplificada como a troca gasosa entre a atmosfera e as células do corpo (TORTORA, 2000). O sistema respiratório, responsável por essa complexa função, é composto por estruturas que guiam o ar até os pulmões (nariz, boca, faringe, laringe, traqueia e brônquios), por estruturas que rodeiam os pulmões (costelas, esterno e coluna vertebral) e estruturas que realizam a troca gasosa (bronquíolos terminais, alvéolos e capilares sanguíneos) (MCCONNELL, 2011).

A ventilação pulmonar é uma etapa da respiração que pode ser definida como o deslocamento do ar da atmosfera para dentro e fora dos pulmões devido às diferenças de pressão (TORTORA, 2000), causadas pela ação dos músculos da região do tórax e do abdômen durante a inspiração e a expiração (LOULA, 2005; WARD & MACKLEM, 1990).

Na inspiração, o músculo mais importante é o diafragma. Ele possui forma de cúpula (TORTORA, 2000) e está inserido na margem costal da 7ª à 12ª costela, na margem inferior do esterno e na coluna vertebral (MACKLEM, 2014), separando a cavidade torácica da cavidade abdominal (MCCONNELL, 2013). Durante a sua contração, ele se achata, comprimindo os órgãos abdominais e deslocando as últimas costelas para cima e para fora, levando à expansão da região inferior do tórax e do abdômen. Juntamente com o diafragma, os músculos intercostais externos se contraem. Eles estão localizados entre as costelas e têm a função de deslocá-las para superiormente e lateralmente (TORTORA, 2000). Estes dois principais músculos inspiratórios também têm o papel de auxiliar na estabilização postural do tórax e da coluna vertebral (MCCONNELL, 2013). Os músculos esternocleidomastoideo e escaleno estão localizados na região cervical, com inserção no esterno, clavícula, 1ª e 2ª costelas, tendo a função de auxiliares na inspiração forçada elevando as costelas superiores (MCCONNELL, 2013). Apesar do músculo escaleno ser reportado como acessório na fase inspiratória na literatura tradicional, De Troyer e Estenne (1984) apontam sua função como integrante do grupo de músculos principais.

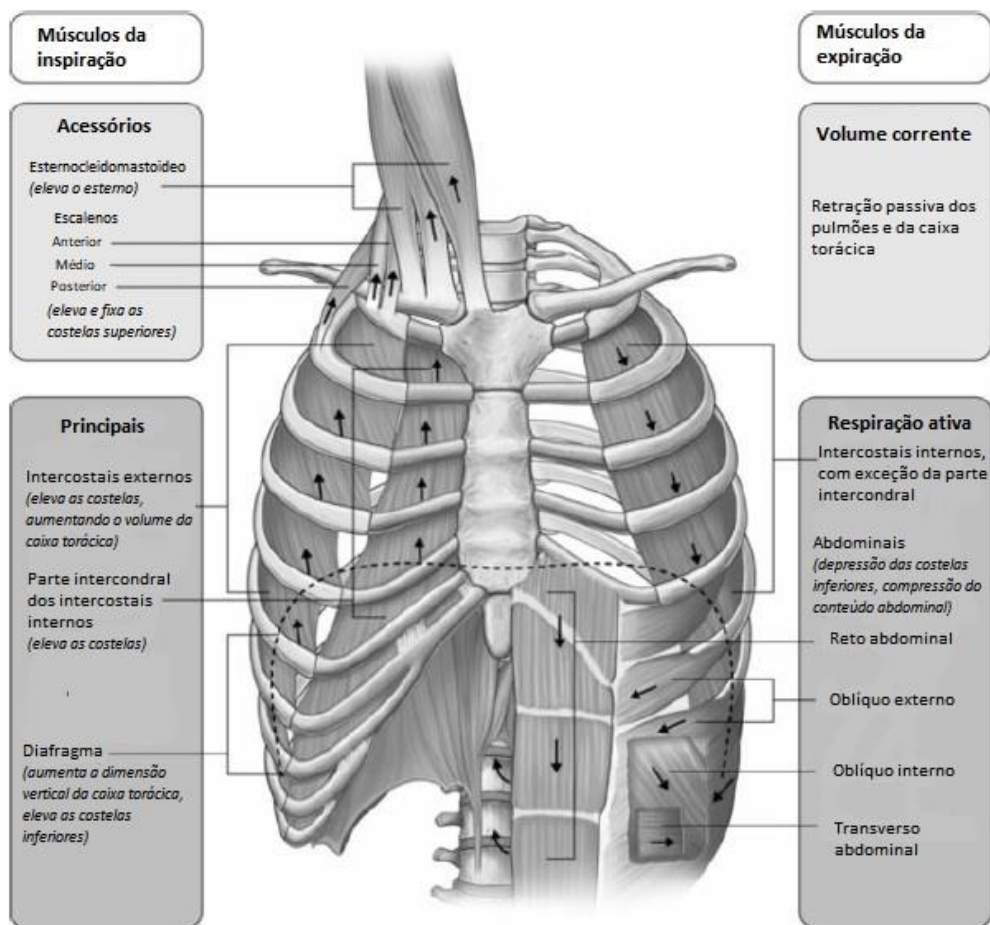
Durante a expansão do tórax, as costelas superiores realizam o movimento de “braço de bomba”, caracterizado pelo aumento mais acentuado do diâmetro ântero-posterior do tórax, enquanto as costelas inferiores realizam o movimento de “alça de balde”, caracterizado pelo aumento mais acentuado do diâmetro látero-lateral do tórax (TORTORA, 2000). Estes movimentos são essenciais na realização de uma expansão torácica adequada para a insuflação dos pulmões durante a inspiração.

A contração dos músculos inspiratórios causa a expansão do tórax e do abdômen, diminuindo a pressão intrapulmonar e aumentando a pressão intra-abdominal, respectivamente. Quando a pressão intrapulmonar atinge valores menores que a pressão atmosférica, o ar se desloca para dentro dos pulmões.

A expiração é um movimento passivo em condições de repouso, necessitando somente do relaxamento dos músculos inspiratórios para que o tórax e o abdômen se retraiam, causando a desinflação do pulmão (TORTORA, 2000; MACKLEM, 2014). Quando há um esforço expiratório, como por exemplo, em manobras respiratórias forçadas ou durante o exercício, alguns músculos irão atuar ativamente para que essa etapa ocorra. Ao se contraírem, os músculos transversos abdominais, oblíquos internos e oblíquos externos irão comprimir os órgãos abdominais e, conseqüentemente, retrair o abdômen (MACKLEM, 2014). Os músculos intercostais internos também se contraem, abaixando as costelas e retraindo o tórax (TORTORA, 2000). A retração do tórax e do abdômen causam um aumento da pressão intrapulmonar e uma diminuição da pressão intra-abdominal, respectivamente. Quando a pressão intrapulmonar atinge valores maiores que a pressão atmosférica, o ar se desloca dos pulmões para a atmosfera.

A Figura 1 ilustra a localização de cada musculatura respiratória, a direção de contração das fibras musculares e a sua respectiva ação.

Figura 1. Localização, direção de contração das fibras musculares e ação de cada músculo respiratório.



Fonte: adaptado de MCCONNELL (2014).

Envelhecimento e o sistema respiratório

O envelhecimento é um processo natural do corpo humano, no qual ocorre uma diminuição da capacidade física do indivíduo, além do comprometimento de diversos órgãos e sistemas, alterando seu funcionamento (LUNARDI et al., 2014).

O pico da função respiratória é atingido por volta dos 20 anos em mulheres e 25 anos em homens. Posteriormente, há uma lenta e progressiva perda da performance pulmonar, apesar do sistema respiratório manter uma troca gasosa adequada ao longo da vida, se permanecer saudável (JANSSENS, PACHE & NICOD 1999). As principais alterações respiratórias associadas ao

envelhecimento abrangem a diminuição da quantidade de fibras elásticas pulmonares, alterações no *drive* respiratório, diminuição da força muscular e diminuição da complacência torácica (JANSSENS, PACHE & NICOD, 1999; MIRANDA, GASTALDI & SOUZA 2015; PARREIRA et al., 2010). A complacência torácica pode ser definida como a capacidade que as articulações que compõem o tórax têm de se movimentar, causando sua expansão e retração. Durante o envelhecimento, ocorre a calcificação das cartilagens costais e diminuição da amplitude de movimento das articulações do tórax, causando então, a diminuição da sua complacência (JANSSENS, PACHE & NICOD, 1999). Estas alterações do envelhecimento podem predispor ou agravar processos patológicos e, conseqüentemente, interferir nas atividades de vida diária do idoso (MIRANDA, GASTALDI & SOUZA, 2015; PAPALÉO NETTO, 2002; FREITAS et al., 2010).

Petroainu (1999) afirma que, aos 70 anos, o volume máximo de ar inspirado pode ser metade daquele apresentado aos 30 anos e, conseqüentemente, o idoso utiliza mais o diafragma para compensar a diminuição da elasticidade pulmonar. Com um maior uso do diafragma e a diminuição da mobilidade torácica, é esperado que idosos apresentem uma menor movimentação torácica, compensada por uma maior movimentação abdominal. A Tabela 1 mostra as principais alterações respiratórias relacionadas com o envelhecimento e suas possíveis conseqüências clínicas.

Tabela 1. Alterações relacionadas com o envelhecimento na função respiratória e sua relação com as consequências clínicas.

Alterações	Consequência clínica
↓ Complacência do tórax	↑ Trabalho respiratório
↑ Complacência pulmonar	↓ Resposta ventilatória durante o exercício
↑ Resistência do sistema respiratório	
↑ Volume residual	Troca gasosa prejudicada
↑ Fechamento das pequenas vias aéreas	
↑ Incompatibilidade ventilação-perfusão	
↓ Força muscular respiratória	↓ Excreção de secreções
↓ Tosse protetiva e reflexos de deglutição	↑ Risco de aspiração

Legenda: ↑ = aumento, ↓ = diminuição. Adaptado de SPRUNG et al. (2006).

Com todas as alterações que ocorrem fisiologicamente com o processo de envelhecimento, a prática de atividade física possui um papel importante na manutenção ou melhora da capacidade funcional do idoso. A prática de exercícios regulares não impede a perda funcional causada pelo processo de envelhecimento, mas pode causar um atraso no aparecimento das alterações fisiológicas, possibilitando uma manutenção ou melhora do condicionamento físico, que irá permitir que o idoso tenha um estilo de vida mais independente, melhorando a qualidade de vida e prevenindo doenças em potencial (REBELATO & MORELLI, 2007; BOUAZIZ et al., 2016). Além disso, a atividade física pode possuir um efeito de “treinamento” da musculatura respiratória, preservando sua função (MIRANDA, GASTALDI & SOUZA, 2015).

Análise cinemática tridimensional da respiração

Existem diversas formas de analisar o ato respiratório, como a espirometria e pneumotacografia que mensuram os volumes pulmonares; a pletismografia por indutância, magnetometria e análise cinemática tridimensional (pletismografia optoeletrônica) que mensuram os volumes e movimentos toracoabdominais.

A análise cinemática tridimensional (3D), ou pletismografia optoeletrônica, da região toracoabdominal durante a respiração é uma técnica de análise do movimento respiratório baseada na captura das coordenadas tridimensionais de posição de marcadores retro-reflexivos, permitindo a mensuração dos volumes respiratórios de forma indireta (ALIVERTI & PEDOTTI, 2014) através da modelagem da superfície toracoabdominal (MASSARONI et al., 2017). Além disso, permite uma análise compartimental desta região, que possibilita o estudo de padrões de movimento em condições estáticas e dinâmicas (LOULA, 2005; MASSARONI, 2018).

Este é um método não-invasivo em que o participante não necessita do uso de máscaras ou bocais, não sofrendo interferência de fatores como temperatura, umidade, pressão e viscosidade (ALIVERTI & PEDOTTI, 2014), permitindo uma respiração mais natural e com um menor grau de interferência (MASSARONI, 2018), além de proporcionar um maior conforto e liberdade ao participante. Portanto, é importante tanto para uma avaliação biomecânica da interação entre os componentes estruturais e musculares da respiração quanto para o estudo de estratégias utilizadas para o desempenho do aparelho respiratório (FERRIGNO et al, 1994). A análise cinemática 3D é utilizada tanto no ambiente de pesquisa quanto no ambiente clínico e permite acrescentar uma perspectiva diferente no estudo e na reabilitação de diferentes patologias através da modelagem da superfície toracoabdominal (MASSARONI et al., 2017).

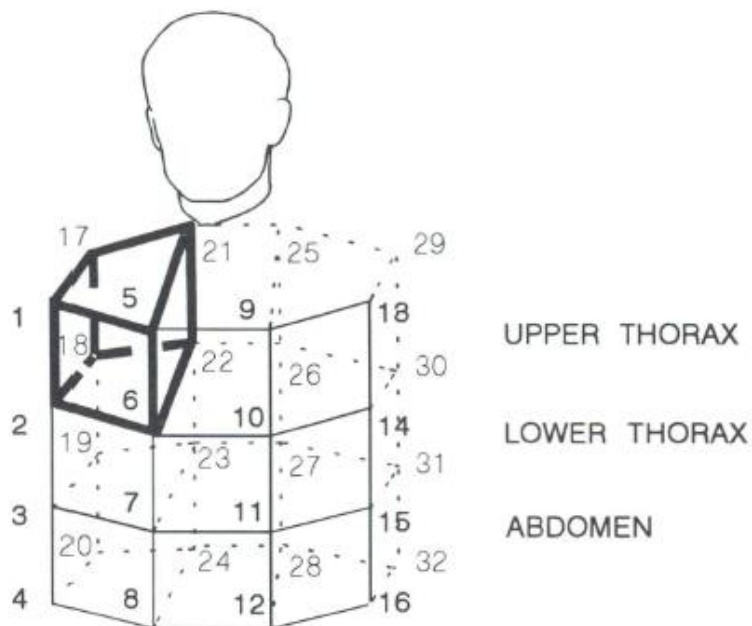
Existem diversos modelos de representação do tronco para a análise cinemática 3D da respiração. O modelo utilizado como padrão ouro é composto de 89 marcadores (ALIVERTI, DELLACÀ & PEDOTTI, 2001), que permite uma mensuração mais precisa dos volumes toracoabdominais, sendo semelhante aos volumes medidos pela espirometria. Entretanto, o grande número de

marcadores dificulta sua reprodutibilidade e o processamento de dados (MASSARONI et al., 2018). Para análise da mecânica respiratória, o modelo reduzido, composto por 32 marcadores (FERRIGNO et al., 1994), mostrou ser eficiente na análise dos percentuais de contribuição dos compartimentos para o volume total e na análise da coordenação de movimento (MASSARONI et al., 2018). Portanto, pelo fato de ser eficiente na análise da mecânica respiratória, por possuir um menor tempo de aplicação e permitir um maior conforto ao indivíduo, o modelo de 32 marcadores foi adotado para as análises da presente pesquisa.

Os marcadores do modelo de representação do tronco proposto por Ferrigno et al. (1994) são organizados em quatro linhas horizontais (2^a costela, processo xifoide, 10^a costela e linha umbilical) e quatro linhas verticais igualmente espaçadas da linha média entre a linha axilar anterior e a linha axilar média, posicionados na região anterior e posterior do tronco, totalizando 32 marcadores. Este modelo possibilita a divisão do tronco em três compartimentos, que refletem as ações musculares durante a respiração. O tórax superior (TS) reflete a ação dos músculos intercostais, cervicais e a pressão pleural. O tórax inferior (TI) reflete a ação do diafragma e as pressões pleural e intra-abdominal. Já o abdômen (AB), reflete a ação do diafragma e dos músculos abdominais (FERRIGNO et al., 1994).

A partir das trajetórias de posição 3D de cada marcador, são formadas figuras geométricas para o cálculo dos volumes. Cada compartimento (TS, TI e AB) é subdividido em três subcompartimentos (Figura 2), totalizando nove subcompartimentos.

Figura 2. Divisão de cada um dos compartimentos em três subcompartimentos.

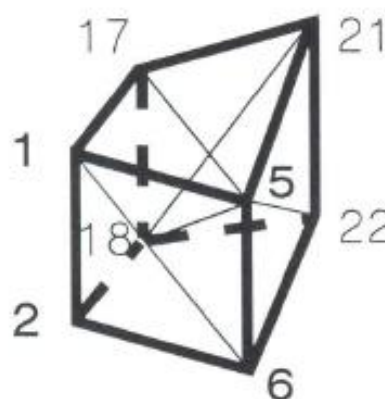


Fonte: FERRIGNO et al. (1994).

Cada um dos subcompartimentos são compostos por oito marcadores (quatro anteriores e quatro posteriores), que formam um poliedro de 12 faces, que posteriormente são divididos em 6 tetraedros (Figura 3).

Figura 3. Tetraedros formados dentro de um poliedro.

Tetrahedron	Vertices
1	1,2,6,18
2	1,5,6,18
3	1,5,17,18
4	5,21,17,18
5	5,21,22,18
6	5,6,22,18



Fonte: FERRIGNO et al. (1994).

Os volumes (V) de cada tetraedro são calculados a partir das coordenadas dos seus vértices. Considerando um tetraedro genérico com os vértices A_1 , A_2 , A_3 e A_4 , o volume pode ser calculado de acordo com a equação a seguir (MASSARONI et al., 2018):

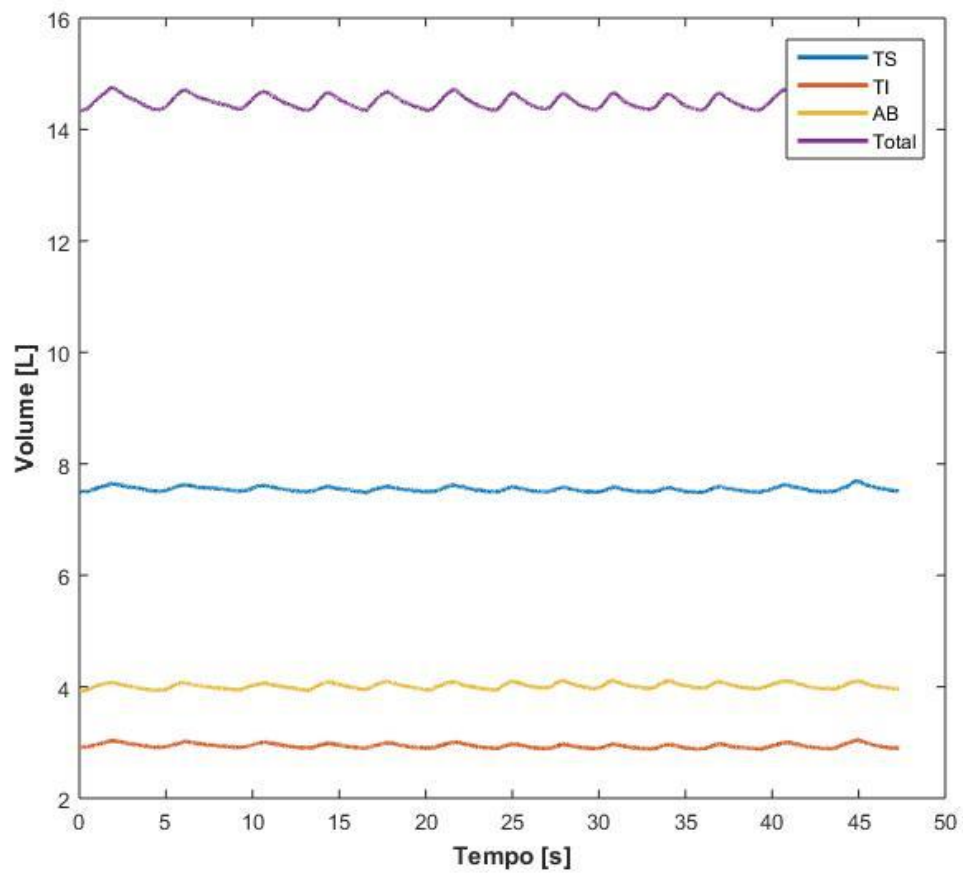
$$V = \frac{1}{6} |\det(V_1, V_2, V_3)| = \frac{1}{6} \begin{vmatrix} 1 & X_{A_1} & Y_{A_1} & Z_{A_1} \\ 1 & X_{A_2} & Y_{A_2} & Z_{A_2} \\ 1 & X_{A_3} & Y_{A_3} & Z_{A_3} \\ 1 & X_{A_4} & Y_{A_4} & Z_{A_4} \end{vmatrix}$$

onde $V_1=A_1-A_2$, $V_2=A_3-A_2$ e $V_3=A_4-A_3$.

A soma dos volumes de todos os tetraedros é igual ao volume total do tronco. O volume dos compartimentos se refere à soma dos volumes dos tetraedros localizados dentro de cada compartimento. Quanto maior for a quantidade de compartimentos, maior é a aproximação do volume real (MASSARONI et al., 2018). A Figura 4 e 5 mostram, respectivamente, as curvas de volume do tronco nas manobras respiratórias de volume corrente e capacidade vital obtidas através da análise cinemática 3D.

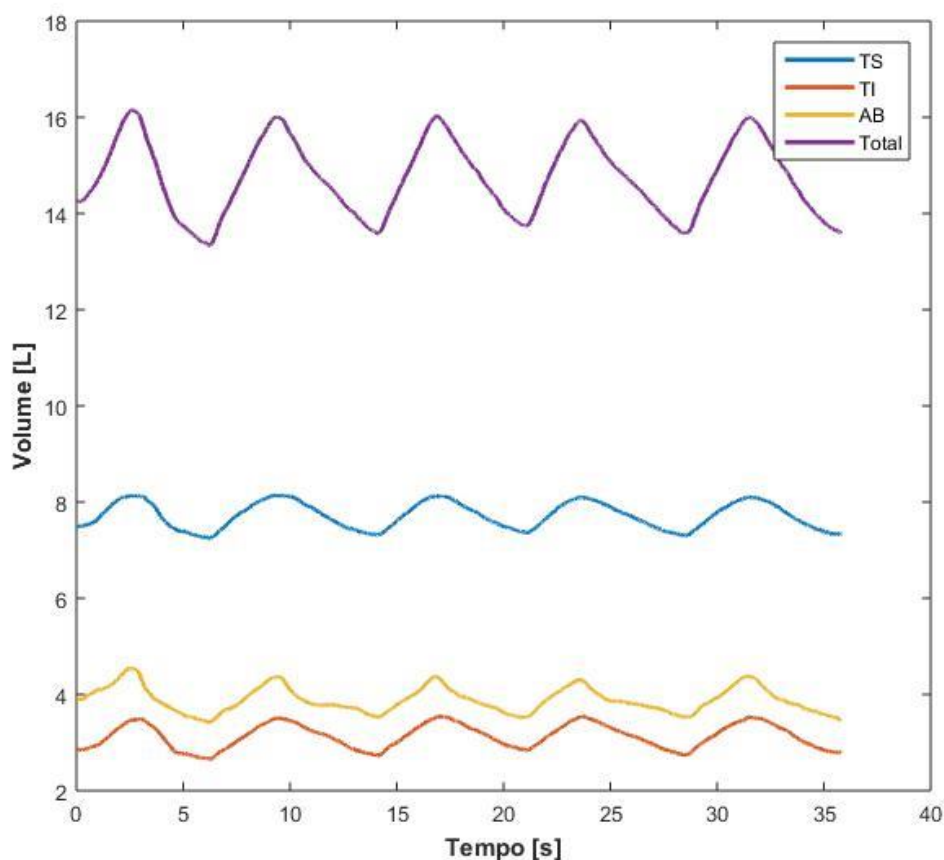
A manobra de volume corrente (VC) pode ser definida como a respiração em condições normais de repouso. A manobra de capacidade vital (CV) é caracterizada pela realização de inspirações e expirações máximas (RODRIGUES et al., 2017).

Figura 4. Curvas de volume em função do tempo obtidas através da análise cinemática 3D na manobra de volume corrente.



Legenda: TS = tórax superior, TI = tórax inferior, AB = abdômen.

Figura 5. Curvas de volume em função do tempo obtidas através da análise cinemática 3D na manobra de capacidade vital.



Legenda: TS = tórax superior, TI = tórax inferior, AB = abdômen.

Através da análise cinemática 3D, é possível obter um melhor entendimento dos diferentes mecanismos de funcionamento dos músculos e estruturas envolvidas na respiração. Como o sistema respiratório é afetado durante o envelhecimento, é importante que sejam estudados os reflexos das alterações fisiológicas na mecânica respiratória, pois esta é importante para a prevenção, detecção e tratamento de doenças respiratórias, assim como para a elaboração de um treinamento físico e respiratório que seja eficiente e adequado para cada grupo etário.

Portanto, a presente pesquisa teve como objetivo analisar os efeitos do envelhecimento e da prática de um programa de treinamento físico multicomponente na mecânica respiratória.

A presente dissertação foi organizada em forma de artigos. O primeiro artigo avaliou os padrões de movimentos toracoabdominais característicos de mulheres com idade entre 19 e 80 anos, divididas em três grupos etários, e os efeitos do envelhecimento no padrão e coordenação de movimento durante a respiração. O segundo artigo teve como objetivo investigar os efeitos de 12 semanas de treinamento físico multicomponente nas variáveis respiratórias de mulheres fisicamente ativas acima de 40 anos.

Referências Bibliográficas

1. ALIVERTI, A.; DELLACÀ, R.; PEDOTTI, A. [Optoelectronic pletismography: a new tool in respiratory medicine]. **Recenti Progressi in Medicina**, v. 92, p. 644-647, 2001.
2. ALIVERTI, A.; PEDOTTI, A. Opto-electronic plethysmography. **Monaldi Archives for Chest Disease**, v. 59, n. 1, p. 12-6, 2003.
3. BOUAZIZ, W. et al. Health benefits of multicomponent training programmes in seniors: a systematic review. **International Journal of Clinical Practice**, v. 70, n. 7, p. 520-536, 2016.
4. DE TROYER, A.; ESTENNE, M. Coordination between rib cage muscles and diaphragm during quiet breathing in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 57, n. 3, p. 899-906, 1984.
5. FERRIGNO, G. et al. Three-dimensional optical analysis of chest wall motion. **Journal of Applied Physiology** v. 77, n. 3, p. 1224-1231, 1994.
6. FREITAS, F. S. et al. Relação entre força de tosse e nível funcional em um grupo de idosos. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, n. 6, p. 470-476, 2010.
7. JANSSENS, J. P.; PACHE, J. C.; NICOD, L. P. Physiological changes in respiratory function associated with ageing. **European Respiratory Journal**, v. 13, p.197-205, 1999.
8. KANEKO, H.; HORIE, J. Breathing movements of the chest and abdominal wall in healthy subjects. **Respiratory Care**, v. 57, n. 9, p. 1442-1451, 2012
9. LOULA, C. M. A. **Análise de volumes parciais do tronco durante a respiração por videogametria**. Dissertação (mestrado). Faculdade de

- Educação Física, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 2005.
10. MACKLEM, P. T. The act of breathing. In: ALIVERTI, A.; PEDOTTI, A. (Eds.). **Mechanics of breathing**. 2 ed. Milan: Springer, 2014. Cap. 1, p. 3-10.
 11. MASSARONI, C et al. Optoelectronic plethysmography in clinical practice and research: a review. **Respiration** v. 93, p. 339-354, 2017.
 12. MASSARONI, C. et al. Comparison of marker models for the analysis of the volume variation and thoracoabdominal motion pattern in untrained and trained participants. **Journal of Biomechanics**, 2018.
 13. MASSARONI, C. The use of kinematics for pulmonary volume assessment. In: **Handbook of human motion**. Müller B; Wolf S. (Eds.). Springer, 2018.
 14. MCCONNELL, A. **Breathe Strong, perform better**. Human Kinetics, 2011.
 15. MCCONNELL, A. **Respiratory muscle training: theory and practice**. Churchill Livingstone Elsevier: United Kingdom, 2013.
 16. MIRANDA, A. P. B.; GASTALDI, A. C.; SOUZA, H. C. D. The influence of physical fitness on respiratory muscles strength in the elderly. **American Journal of Sport Science**, n. 3, v.1, p.6-12, 2015.
 17. PAPALETTO NETTO, M. O estudo da velhice: histórico, definição do campo e termos básicos. **Tratado de Geriatria e Gerontologia**. 3rd Edn. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2002; p. 02-12.
 18. PARREIRA, V et. al. Padrão respiratório e movimento toracoabdominal em indivíduos saudáveis: influência da idade e do sexo. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v.14, n.5, p411-6, 2010.
 19. PETROIANU, A.; PIMENTA, L. G. **Clínica e cirurgia geriátrica**. Rio de Janeiro, Guanabara-Koogan, 1999.
 20. REBELATTO, J. R.; MORELLI, J. G. S. **Fisioterapia Geriátrica: a prática da assistência ao idoso**. 2ª edição. Editora Manole. Barueri, São Paulo, 2007.
 21. RODRIGUES, I. M. et al. Thoracoabdominal breathing motion pattern and coordination of professional ballet dancers. **Sports Biomechanics**, 2017.

22. SPRUNG, J.; GAJIC, O.; WARNER, D. Review article: age related alterations in respiratory function – anesthetic considerations. **Canadian Journal of Anesthesia**, v. 53, n. 12, p. 1244-1257, 2006.
23. TORTORA, G. J. **Corpo Humano: fundamentos de anatomia e fisiologia**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed Editora; 2000
24. WARD, M.; MACKLEM, M. P. T. The act of breathing and how it fails. **Chest**, v. 97, n. 3, p. 36S-39S, 1990.

OBJETIVOS

Objetivos Gerais

Descrever os padrões de movimentação toracoabdominal durante a respiração de mulheres fisicamente ativas através da análise cinemática 3D, além de avaliar os efeitos do envelhecimento e de um treinamento físico.

Objetivos Específicos

1. Investigar o padrão e a coordenação de movimento dos compartimentos toracoabdominais durante a respiração através das manobras de volume corrente e capacidade vital em mulheres fisicamente ativas jovens, de meia idade e idosas.
2. Avaliar os efeitos de 12 semanas de treinamento físico multicomponente na mecânica respiratória através da análise cinemática 3D dos movimentos dos compartimentos do tronco de mulheres fisicamente ativas acima dos 40 anos de idade.

ARTIGO 1

Efeitos do envelhecimento no padrão e coordenação de movimento dos compartimentos toracoabdominais durante a respiração

Resumo

Como o aumento da idade afeta o sistema respiratório, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos graduais do envelhecimento e descrever o padrão e a coordenação dos movimentos dos compartimentos toracoabdominais durante a respiração. Setenta e três mulheres fisicamente ativas foram distribuídas em três grupos: jovens, meia idade e idosas, com idade entre 19 a 80 anos. Foi requisitado que as participantes realizassem as manobras de volume corrente e capacidade vital. As coordenadas 3D dos 32 marcadores retro-reflexivos posicionados no tronco foram utilizadas para estimar o volume do tórax superior, tórax inferior e abdômen. O percentual de contribuição inspiratório e o coeficiente de correlação foram calculados com o objetivo de analisar o padrão e a coordenação de movimento toracoabdominal durante a respiração, respectivamente. Os resultados mostraram que o envelhecimento causa uma mudança no padrão de movimento em ambas as manobras, que inicia com uma respiração torácica superior, passa por uma fase de transição com o aumento da contribuição do tórax inferior e chega a uma maior contribuição abdominal com o aumento da idade. O envelhecimento também pode causar mudanças na coordenação de movimento, com a diminuição nos valores de coeficiente de correlação em todos os pares de compartimentos, apesar de não apresentarem assincronia de movimento.

Palavras-chave: envelhecimento, padrão respiratório, cinemática

Abstract

Since aging affect the respiratory system, the aim of this study was investigate the gradual aging effects and characterize the breathing motion pattern and

coordination at the thoracoabdominal compartmental level. Seventy-three women distributed into three groups (i.e., young, middle-aged and elderly from 19 to 80 years) were enrolled to perform the quiet breathing and vital capacity maneuvers. The 3D coordinates of 32 retroreflective markers positioned on the trunk were used to estimate the volume of the superior thorax, inferior thorax, and abdomen. The inspiratory percentage contribution and the correlation coefficient were calculated in order to analyze the thoracoabdominal motion pattern and coordination during breathing, respectively. The results showed that aging could cause a change in the motion pattern in both breathing maneuvers, which starts with a superior thoracic breathing, going through a transition phase with the increase of the inferior thorax contribution, ending with an abdominal breathing with increasing age. Aging also cause changes in the movement coordination, with a decrease in the correlation values in all compartment pairs, although they were not found asynchronous.

.Key-words: aging, breathing pattern, kinematics.

Introdução

A respiração normal consiste em uma ação coordenada dos músculos respiratórios, permitindo a expansão do tórax e abdômen durante a inspiração, e a retração durante a expiração. Estes movimentos geram ajustes pressóricos que são necessários para a mobilização do ar (MACKLEM, 1990).

O diafragma, que é o principal músculo inspiratório, eleva as costelas inferiores superiormente e lateralmente, enquanto projeta os órgãos abdominais para baixo, expandindo esta região durante a sua contração. Os músculos intercostais, juntamente com músculos escaleno e esternocleidomastoideo, elevam as costelas superiores. Durante a expiração forçada, os músculos abdominais se contraem, aumentando a pressão intra-abdominal e empurrando os órgãos abdominais para dentro da cavidade abdominal, ajudando os pulmões a eliminarem o ar (MACKLEM, 1990).

Diferentes fatores afetam os padrões respiratórios e as estratégias de ventilação, como a prática de esportes (RODRIGUES et al., 2017; SILVATTI et

al., 2012; SARRO, SILVATTI & BARROS, 2008), postura corporal (KANEKO & HORIE, 2012; MAYNARD, BIGNALL & KITCHEN, 2000; VERSCHAKELEN & DEMENDTS, 1995) e idade (KANEKO & HORIE, 2012; VERSCHAKELEN & DEMENDTS, 1995; PARREIRA et al., 2010; RAGNARSDÓTTIR & KRISTINSDÓTTIR, 2006). Notavelmente, no envelhecimento, o número de fibras musculares do tipo II é reduzido, que leva a um enfraquecimento dos músculos respiratórios. Concomitantemente, a complacência torácica é reduzida, exigindo um aumento do esforço muscular (PARREIRA et al., 2010; JANSSENS, PACHE & NICOD, 1999; LALLEY, 2013; NIKOLIĆ et al., 2010). Essas alterações começam a ocorrer após os 30 anos de idade (JANSSENS, PACHE & NICOD, 1999) mas, somente após os 50 anos se tornam mais evidentes (SOUZA et al., 2016). Dessa forma, pode haver um prejuízo para a performance física, atividades de vida diária e qualidade de vida (JANSSENS, PACHE & NICOD, 1999; PAPALETTO, 2002; FREITAS et al., 2010).

O padrão de movimento toracoabdominal de idosos já foi previamente descrito (KANEKO & HORIE, 2012; VERSCHAKELEN & DEMENDTS, 1995; PARREIRA et al., 2010; RAGNARSDÓTTIR & KRISTINSDÓTTIR, 2006). Entretanto, a utilização de grupos etários dificulta a investigação dos efeitos do envelhecimento de forma gradativa. Nesse sentido, há uma falta de estudos que analisem as alterações respiratórias relacionadas com o envelhecimento que ocorrem em mulheres.

Baseado nas alterações que ocorrem fisiologicamente com o envelhecimento, nossa hipótese é esse processo leva a uma diminuição na expansão torácica e um aumento na expansão abdominal, além de afetar a coordenação dos movimentos respiratórios. Nesse contexto, a análise cinemática tridimensional (3D) é importante para a avaliação do movimento respiratório através da medida das mudanças dos volumes toracoabdominais (FERRIGNO et al., 1994; ALIVERTI & PEDOTTI, 2003), onde a relação entre mecânica, musculatura e componentes estruturais do sistema respiratório podem ser investigados (RODRIGUES et al., 2017; SILVATTI et al., 2012; MASSARONI et al., 2017) de um modo não-invasivo, mais confortável e natural comparado aos métodos tradicionais (MASSARONI et al., 2019), possibilitando que essa técnica possa ser aplicada em diferentes grupos.

Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos graduais do envelhecimento e descrever o padrão e a coordenação de movimento dos compartimentos toracoabdominais durante a respiração através das manobras de volume corrente e capacidade vital em mulheres fisicamente ativas acima de 19 anos.

Materiais e Métodos

Design do estudo e participantes

Foi realizado um estudo observacional transversal através da análise das manobras respiratórias de volume corrente (VC) e capacidade vital (CV) para descrever os padrões de movimento toracoabdominal de mulheres jovens, de meia idade e idosas fisicamente ativas. Para isso, foi realizada uma análise cinemática 3D do tronco, que permitiu investigar os efeitos graduais do envelhecimento nos padrões e na coordenação dos movimentos toracoabdominais durante a respiração.

Este estudo foi realizado na Universidade Federal de Viçosa (Viçosa, Brasil). Setenta e três mulheres voluntárias foram divididas em três grupos: (1) 23 jovens (idade entre 18 e 39 anos), (2) 25 meia idade (idade entre 40 e 59 anos) e 25 idosas (idade > 60 anos). O critério de elegibilidade incluiu ser fisicamente ativa, não-fumante, possuir no mínimo 18 anos, não possuir desvios posturais acentuados ou doenças respiratórias prévias ou atuais.

As características de cada grupo foram detalhadas na Tabela 1. Todos os grupos apresentaram peso, altura e índice de massa corporal (IMC) semelhantes (teste *t* não pareado).

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética de Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (número 56335515.8.0000.5153). Todas as participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO I).

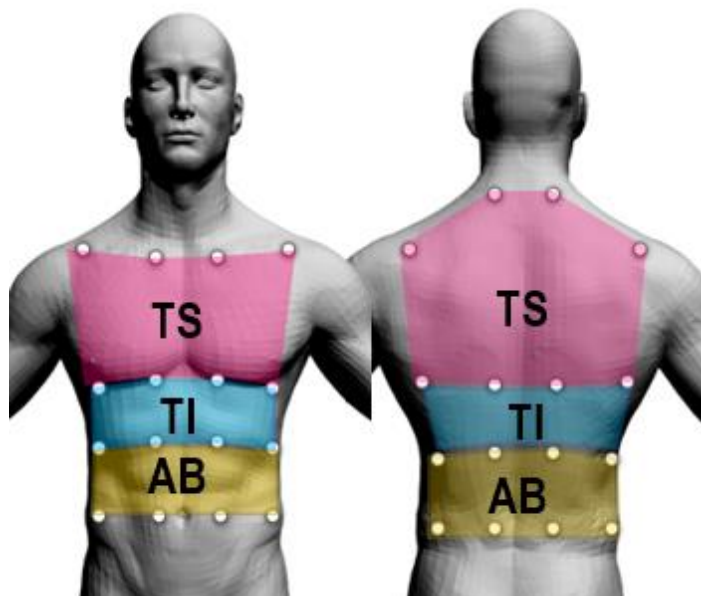
Tabela 1. Média (\pm desvio padrão) dos valores de idade, altura, peso e Índice de massa corporal (IMC) de cada grupo.

	<i>n</i>	Idade (anos)	Altura (m)	Peso (kg)	IMC (kg/m ²)
Jovens	23	25,04 \pm 5,22	1,61 \pm 0,06	59,57 \pm 9,70	23,05 \pm 3,28
Meia idade	25	50,84 \pm 5,37	1,61 \pm 0,06	65,56 \pm 8,71	25,23 \pm 3,42
Idosas	25	68,56 \pm 6,13	1,54 \pm 0,05	62,87 \pm 7,39	26,63 \pm 3,44

Captura e análise cinemática 3D do movimento

A análise cinemática 3D foi realizada através de 18 câmeras OptiTrack Prime 17W (© 2017 NaturalPoint, Inc. USA), com frequência de aquisição de 240Hz posicionadas ao redor das participantes. Trinta e dois marcadores retro-reflexivos foram posicionados na região anterior e posterior do tronco em quatro linhas horizontais (2^a costela, processo xifoide, 10^a costela e linha umbilical) e quatro linhas verticais igualmente espaçadas entre a linha média entre a linha axilar anterior e a linha axilar média. Esse modelo permite a divisão compartimental do tronco em tórax superior (TS), tórax inferior (TI) e abdômen (AB) (Figura 1) (FERRIGNO et al., 1994).

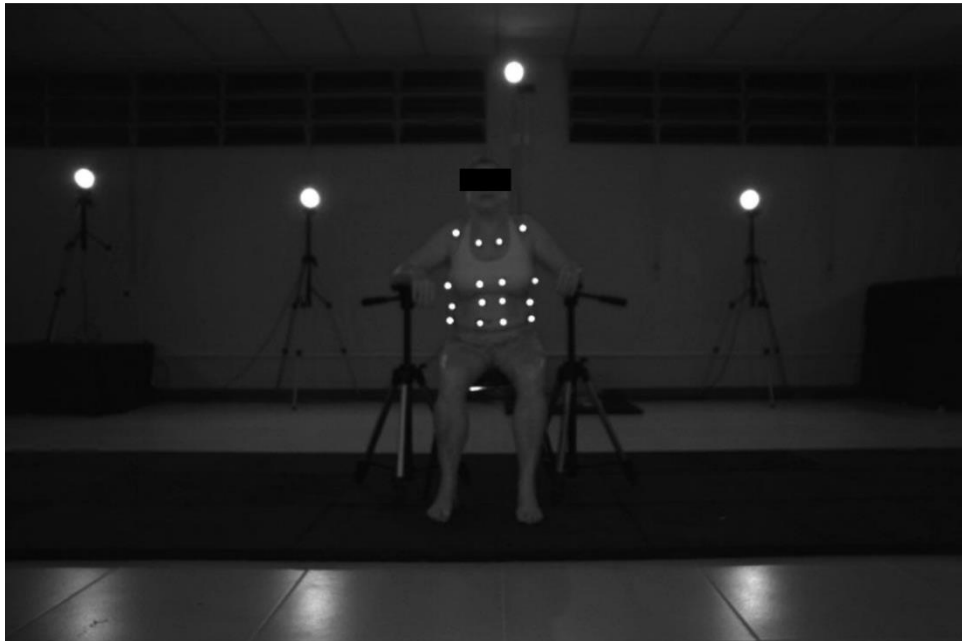
Figura 1. Posicionamento dos marcadores retro-reflexivos e divisão compartimental do tronco. TS = tórax superior, TI = tórax inferior, AB = abdômen.



O software Visual 3D (© 2016 C-Motion, Inc.) foi utilizado para calcular os volumes de cada compartimento do tronco através das coordenadas 3D dos marcadores em função do tempo obtidas em cada manobra respiratória.

Para capturar os movimentos respiratórios em repouso, as participantes sentaram em uma cadeira sem encosto, com abdução de ombros e ambos os pés completamente apoiados no chão (Figura 3). Cada participante realizou as seguintes manobras respiratórias: VC, com duração de 1 minuto, e CV não forçada, caracterizada por cinco ciclos de uma inspiração máxima seguida de uma expiração máxima (SILVATTI et al., 2012; SARRO, SILVATTI & BARROS, 2008). As manobras de CV foram realizadas com incentivo verbal.

Figura 2. Posicionamento das voluntárias no momento da coleta de dados.



Padrão de movimento toracoabdominal

Para verificar a atividade dos compartimentos toracoabdominais durante a respiração, o percentual de contribuição inspiratório de cada compartimento foi calculado. Para realizar esta análise, a variação compartimental do volume foi calculada (diferença entre o volume inspiratório final e volume expiratório final) (ST^i , IT^i , AB^i) na fase inspiratória, produzido em cada ciclo respiratório. O percentual de contribuição inspiratório de cada compartimento em relação ao volume total (VT^i) em cada ciclo respiratório ($\%TS^i$, $\%TI^i$, $\%AB^i$) foi calculado de acordo com a seguinte equação:

$$\left\{ \begin{array}{l} \%TS^i = \frac{TS^i}{VT^i} \\ \%TI^i = \frac{TI^i}{VT^i} \\ \%AB^i = \frac{AB^i}{VT^i} \end{array} \right.$$

Depois de calculado os percentuais de contribuição inspiratórios ciclo a ciclo, foi feita uma média de todos os valores obtidos em cada ciclo respiratório de cada participante, como mostrado a seguir:

$$\left\{ \begin{array}{l} \%TS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \%TS^i \\ \%TI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \%TI^i \\ \%AB = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \%AB^i \end{array} \right.$$

Como resultado, somente um valor de cada participante foi obtido em cada compartimento e em cada manobra respiratória. A transformação \sin^{-1} foi aplicada nos valores percentuais para aproximar de uma distribuição normal (ZAR, 2012).

Coordenação de movimento toracoabdominal

Para analisar a coordenação de movimento entre os pares de compartimentos, o coeficiente de correlação foi calculado em cada ciclo respiratório em VC e CV. A correlação linear foi utilizada para ajustar o dado experimental (ST^i versus IT^i , ST^i versus AB^i e IT^i versus AB^i). A média dos valores de correlação de cada par de compartimento e de cada manobra respiratória foi calculada de forma que foi obtido 3 valores por participante ($STxIT$, $STxAB$ e $ITxAB$).

Valores de coeficiente de correlação próximos ou iguais a 1 indicam alta correlação positiva. No presente estudo, altos valores de correlação correspondem à alta coordenação de movimento entre os compartimentos analisados. Valores próximos ou iguais a -1 indicam alta correlação negativa, que mostram a presença de assincronia de movimento entre os compartimentos analisados. A transformação de Fisher foi aplicada aos valores de coeficiente de

correlação para a aproximação de uma distribuição normal (ZAR, 2012), como mostra a equação a seguir:

$$z = \frac{\ln(1 + r)}{2(1 - r)}$$

onde \ln é o logaritmo natural e r é o coeficiente de correlação original.

Análise estatística

Para investigar o padrão e a coordenação de movimento em ambas as manobras respiratórias, o teste ANOVA *one-way* de medidas repetidas ($p < 0,05$) com o *post hoc* de Bonferroni foi aplicado separadamente em cada grupo: 1) percentual de contribuição inspiratório em VC; 2) percentual de contribuição inspiratório em CV; 3) coeficiente de correlação em VC; 4) coeficiente de correlação em CV. Quando a esfericidade de Mauchly não foi assumida ($p < 0,05$), a correção de Huynh-Feldt foi aplicada.

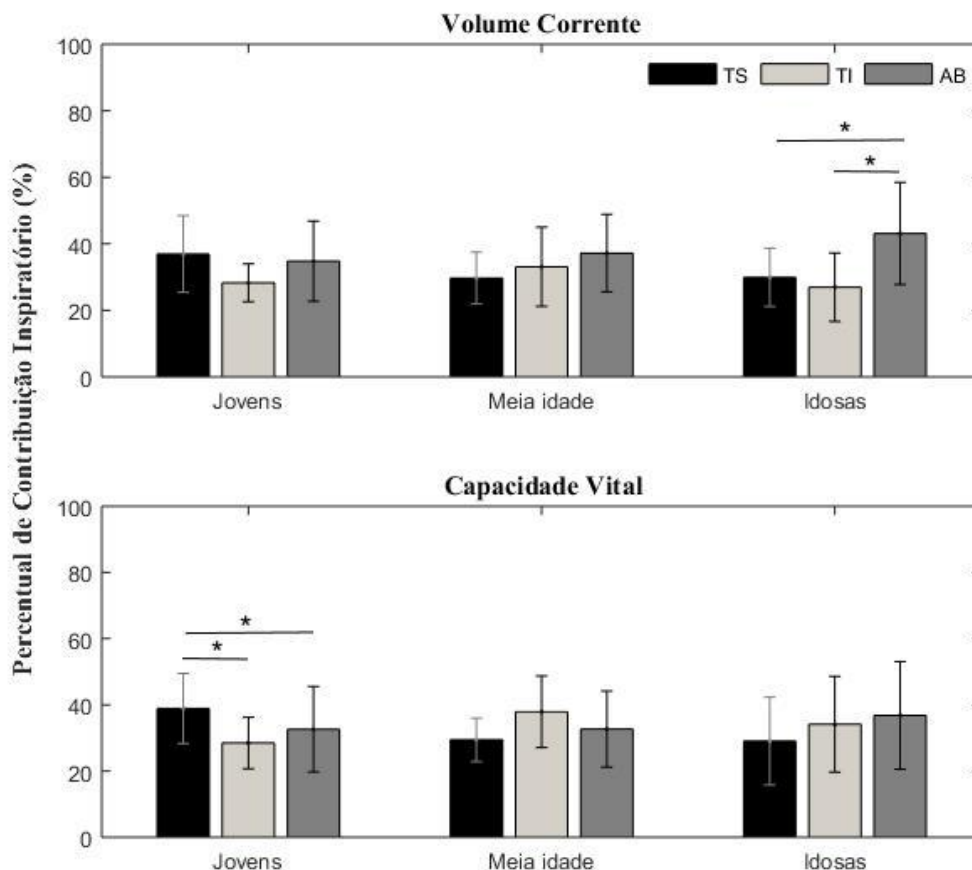
A regressão linear ($p < 0,05$) foi realizada para determinar a associação entre: 1) idade e percentual de contribuição inspiratório em VC; 2) idade e percentual de contribuição inspiratório em CV; 3) idade e coeficiente de correlação em VC; 4) idade e coeficiente de correlação em CV. Todos os testes estatísticos foram realizados no software SPSS (IBM®, USA).

Resultados

Padrão de movimento toracoabdominal

No grupo de jovens, todos os compartimentos apresentaram um percentual de contribuição inspiratório similar ($p = 0,086$) em VC. Na CV, o TS mostrou uma contribuição significativamente maior do que o TI e AB ($p = 0,043$). O grupo de meia idade obteve valores similares em todos os compartimentos em VC ($p = 0,147$) e CV ($p = 0,075$). O grupo de idosas mostrou uma contribuição significativamente maior do AB comparado ao TS e TI ($p = 0,003$) em VC. Em CV, todos os compartimentos tiveram uma contribuição similar ($p = 0,430$). A Figura 3 representa as médias e desvio padrão de cada compartimento em cada grupo.

Figura 3. Média e desvio padrão do percentual de contribuição inspiratório (dado não transformado [%]) em volume corrente e capacidade vital.



Legenda: * $p < 0,05$

A regressão linear (Figura 4) em VC mostrou uma diminuição significativa no percentual de contribuição do TS ($p=0,010$) e um aumento significativo do AB ($p=0,049$), enquanto o TI apresentou similaridade com o aumento da idade (Tabela 2). Na manobra de CV, houve uma diminuição significativa do TS ($p=0,001$) e um aumento significativo do TI ($p=0,05$), enquanto no AB ($p=0,601$) não ocorreram mudanças. Apesar dos baixos valores do coeficiente de determinação (R^2), estes resultados mostraram uma tendência a um aumento da utilização da região do AB com o envelhecimento quando não há esforço respiratório, e da região do TI quando é exigido um maior esforço, justificando uma maior ativação diafragmática.

Figura 4. Percentual de contribuição inspiratório (dado não transformado [%]) do TS, TI e AB *versus* idade em volume corrente e capacidade vital. Cada ponto no gráfico representa uma participante.

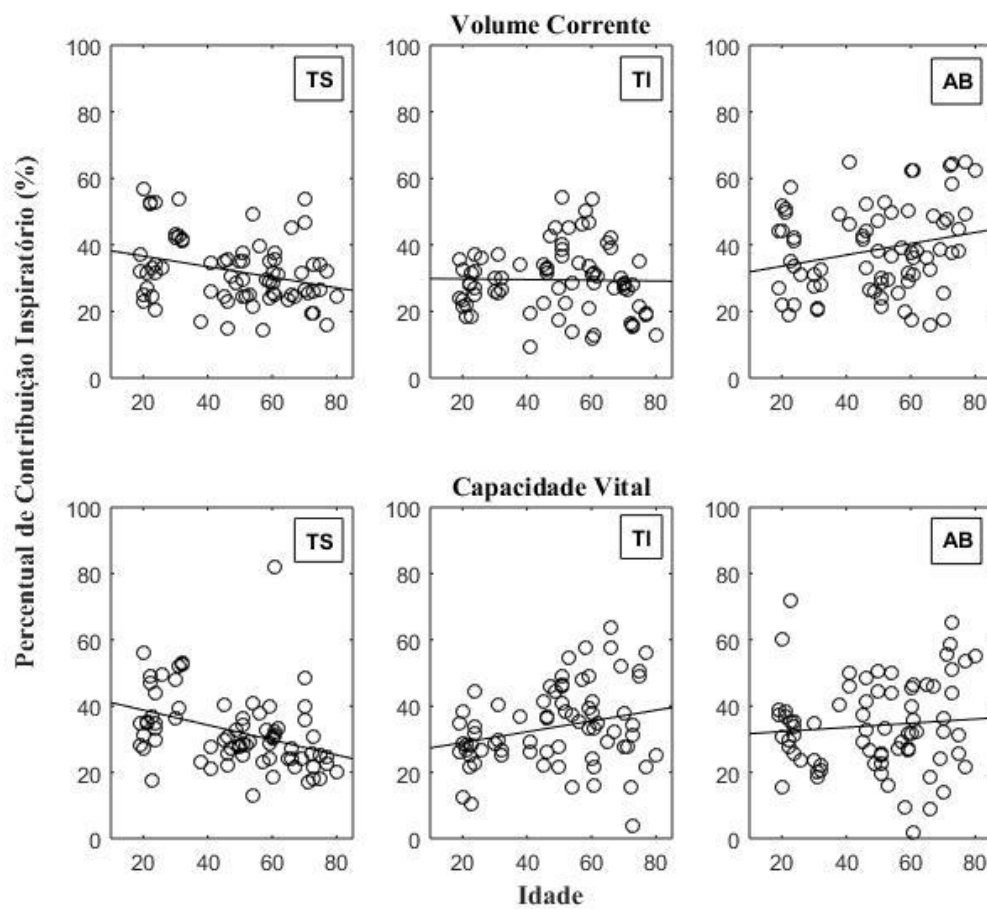


Tabela 2. Coeficiente de determinação (R^2), F e valor de p referentes à regressão linear entre a idade e o percentual de contribuição inspiratório em volume corrente e capacidade vital.

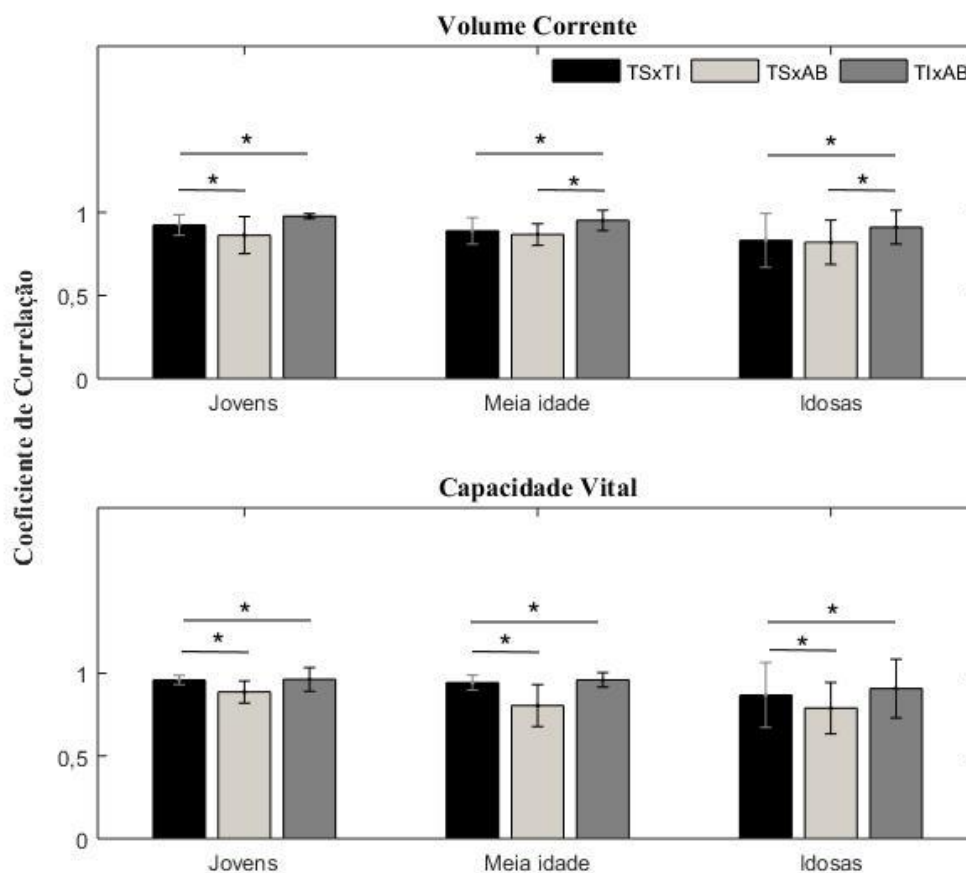
		Percentual de Contribuição Inspiratório		
		TS	TI	AB
VC	R^2	0,089	0,001	0,054
	F	6,920	0,087	4,030
	p	0,010*	0,770	0,049*
CV	R^2	0,140	0,053	0,004
	F	11,521	3,979	0,275
	p	0,001*	0,050	0,601

Legenda: * $p < 0,05$

Coordenação de movimento toracoabdominal

Todas as participantes apresentaram valores de coeficiente de correlação fortes e positivos em ambas as manobras respiratórias (Figura 5). Os resultados do coeficiente de correlação mostraram que, no grupo de jovens, os valores de correlação entre TSxTI foram significativamente maiores que TSxAB e menores que TIxAB em VC e CV ($p < 0,001$). O grupo de meia idade mostrou valores de correlação de TIxAB significativamente maiores que TSxTI e TSxAB ($p < 0,001$) em VC, enquanto em CV os valores de TSxTI foram significativamente maiores que TSxAB e menores que TIxAB ($p < 0,001$). O mesmo resultado foi encontrado no grupo de idosas em VC, onde o TIxAB mostrou valores significativamente maiores que TSxTI e TSxAB ($p < 0,001$). Em CV, os valores de TSxTI foram significativamente maiores que TSxAB ($p = 0,017$) e menores que TIxAB ($p < 0,001$).

Figura 5. Média e desvio padrão do coeficiente de correlação (dado não transformado) em volume corrente e capacidade vital.



Legenda: * $p < 0,05$

A regressão linear (Tabela 3) no VC mostrou uma diminuição significativa dos valores de correlação entre TSxTI ($p=0,001$) e TlxAB ($p < 0,001$) com o aumento da idade, enquanto o TSxAB ($p=0,091$) não mostrou alteração. Em CV, houve uma diminuição significativa em todos os pares de correlação TSxTI ($p=0,001$), TSxAB ($p=0,001$) e TlxAB ($p=0,016$) com o envelhecimento.

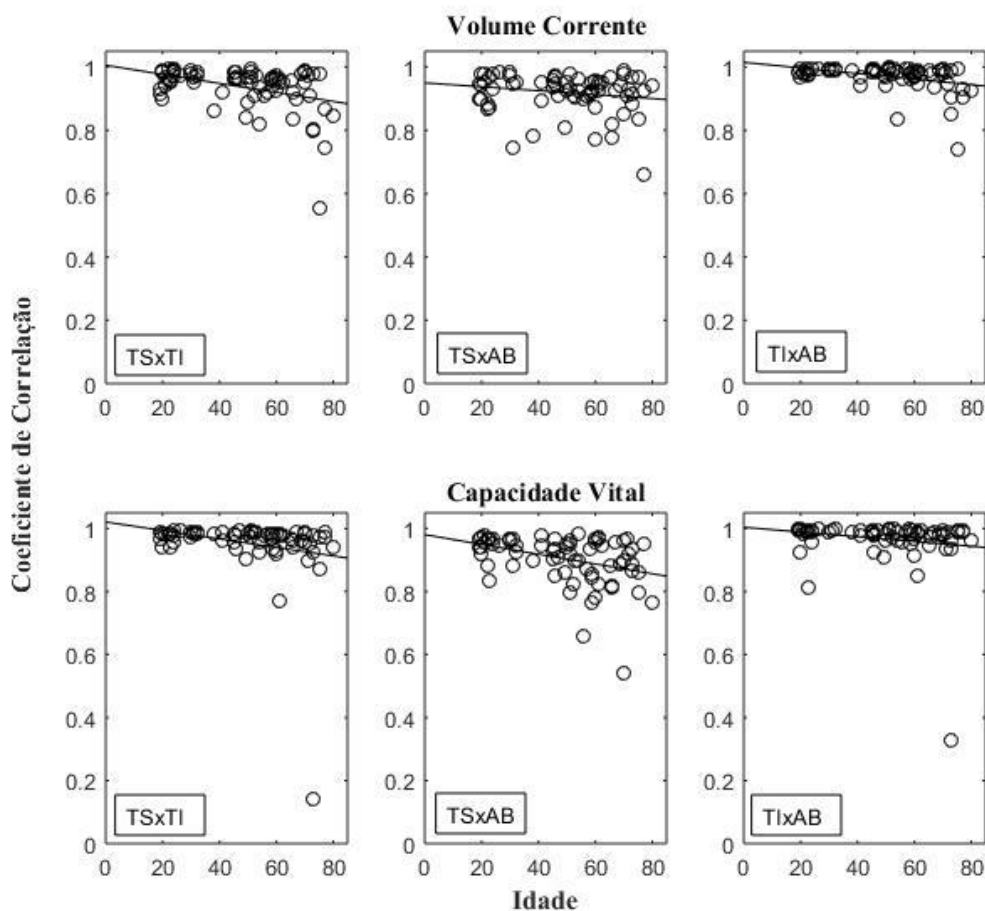
Tabela 3. Coeficiente de determinação (R^2), F e valor de p da regressão linear entre idade e coeficiente de correlação nas manobras de volume corrente e capacidade vital.

		Coeficiente de Correlação		
		TS×TI	TS×AB	TI×AB
VC	R^2	0,139	0,039	0,188
	F	11,471	2,936	16,459
	p	0,001*	0,091	<0,001*
CV	R^2	0,148	0,155	0,079
	F	12,330	13,039	6,131
	p	0,001*	0,001*	0,016*

Legenda: * $p < 0.05$

Os resultados da regressão linear mostram uma tendência ao aumento da variabilidade dos valores correlação com o aumento da idade. Além disso, mostra uma tendência à diminuição de todos os dos valores de correlação em todos os pares de compartimentos com o envelhecimento (Figura 6).

Figura 6. Coeficiente de correlação (TSxTI, TSxAB, TIxAB) (dado não transformado) *versus* idade em volume corrente e capacidade vital. Cada ponto no gráfico representa uma participante.



Discussão

Este estudo demonstrou que o envelhecimento pode causar modificações graduais na movimentação toracoabdominal, através da diminuição da contribuição da região torácica superior e um aumento da contribuição região torácica baixa e abdominal. Além disso, todos os grupos apresentaram movimentos toracoabdominais altamente coordenados. Entretanto, os resultados sugerem que há uma resposta mecânica às alterações fisiológicas e estruturais relacionadas com o envelhecimento do sistema respiratório. Os resultados estão de acordo com a hipótese que o padrão e a coordenação de movimento são alterados com o envelhecimento.

Em VC, o percentual de contribuição inspiratório revelou que somente o grupo de idosas mostrou uma contribuição significativa do abdômen, enquanto

o grupo de jovens e de meia idade mostraram uma contribuição similar entre todos os compartimentos. Na CV, somente o grupo de jovens obteve uma contribuição significativamente maior do abdômen, enquanto os grupos de meia idade e de idosas apresentaram contribuições similares.

Apesar de não significativo, o grupo de meia idade aparentou ter uma maior contribuição da região torácica baixa comparado aos outros grupos em ambas as manobras respiratórias. Além disso, na CV, o grupo de idosas aumentou a contribuição da mesma região. Estes dois achados sugerem que mulheres acima de 40 anos podem desenvolver maior contribuição do diafragma, corroborando com as mudanças fisiológicas reportadas em estudos anteriores (JANSSENS, PACHE & NICOD, 1999; PAPALETTO NETTO, 2002; FREITAS et al., 2010).

O grupo de jovens apresentou um padrão respiratório onde prevaleceu a ação do tórax superior e abdômen, enquanto somente o abdômen foi o compartimento mais ativo no grupo de idosas em ambas as manobras respiratórias. Por outro lado, o grupo de mulheres de meia idade apresentou uma maior contribuição do abdômen em VC e, ao realizar a CV, mudou o padrão de movimento e utilizou de forma mais significativa o tórax inferior. Essa mudança de padrão de movimento do grupo de mulheres de meia idade sugere que, para manter uma eficiência respiratória, é necessária a mudança no padrão respiratório. Além disso, este grupo pode representar uma fase transitória, em que as alterações fisiológicas do envelhecimento possivelmente estão começando (JANSSENS, PACHE & NICOD, 1999; PAPALETTO NETTO, 2002; FREITAS et al., 2010).

A regressão linear do percentual de contribuição inspiratório mostrou que, em VC, a contribuição do tórax superior diminui significativamente, enquanto a contribuição do abdômen aumenta, e o tórax inferior tende a manter sua contribuição com o envelhecimento. Entretanto, na CV, a contribuição do tórax superior diminui e a contribuição do tórax inferior aumenta significativamente, enquanto o abdômen tende a não sofrer modificações com o envelhecimento. Estes resultados estão de acordo com Souza et al. (2016), que reporta valores similares de regressão linear. Essas alterações sugerem uma resposta mecânica às alterações fisiológicas relacionadas com o envelhecimento, como diminuição

da complacência torácica, calcificação das cartilagens costais, alterações degenerativas nas vértebras da coluna, perda de massa e força muscular, e redução da capacidade elástica do pulmão (JANSSENS, PACHE & NICOD, 1999; LALLEY, 2013).

Alterações estruturais podem modificar a curvatura do diafragma, comprometendo sua habilidade de gerar força (JANSSENS PACHE & NICOD, 1999). Entretanto, a diminuição da amplitude de movimento do tórax pode aumentar o trabalho do diafragma (PETROIANU & PIMENTA, 1999) e dos músculos abdominais a fim de manter a eficiência respiratória. Este aumento do trabalho diafragmático e dos músculos abdominais pôde ser visto neste estudo através do aumento da movimentação do tórax inferior e do abdômen, que são mais evidentes nos grupos de meia idade e idosas.

A alta coordenação de movimento entre os compartimentos do tronco pode levar a uma respiração mais otimizada (RODRIGUES et al., 2017). Este arranjo mecânico permite um aumento da mobilização do ar durante a respiração (RODRIGUES et al., 2017) e, conseqüentemente, os movimentos coordenados podem melhorar a eficiência respiratória (SARRO, SILVATTI & BARROS, 2008; MASLIAH, 1999).

Os resultados da análise do coeficiente de correlação mostraram que em VC, o grupo de jovens obteve uma coordenação significativamente maior ente TSxTI e TlxAB comparado ao TSxAB, enquanto os grupos de meia idade e idosas obtiveram padrões de movimento similares entre os pares de compartimentos. Na CV, todos os três grupos apresentaram um movimento altamente coordenado entre os compartimentos torácicos (TSxTI). A regressão linear mostrou uma diminuição significativa na coordenação dos movimentos toracoabdominais, através da diminuição dos coeficientes de correlação TSxTI e TlxAB em VC, e em todos os pares de correlação em CV com o envelhecimento. Estes fatos estão de acordo com Parreira et al. (2010), que descreveu uma diminuição na coordenação de movimento toracoabdominal em um grupo de idosos.

Apesar dos altos valores de correlação encontrados neste estudo, coordenação de movimento diminuiu gradativamente com o envelhecimento. Os

altos valores de correlação podem ser explicados pela prática regular de atividade física da amostra, que permite que tarefas motoras sejam realizadas de forma mais eficiente (REBELATTO & MORELLI, 2007), melhorando a independência funcional (LANDI et al., 2007). Especificamente na coordenação de movimento toracoabdominal, a hipótese levantada a partir dos resultados encontrados é que a atividade física pode atenuar consideravelmente as alterações relacionadas com o envelhecimento, uma vez que a diminuição da coordenação de movimento toracoabdominal foi encontrada em idosos sedentários comparados com adultos jovens (PARREIRA et al., 2010).

A análise através da regressão linear mostrou limitações devido aos valores baixos. Resultados similares foram encontrados em um estudo prévio relacionado com o movimento toracoabdominal e o envelhecimento (KANEKO & HORIE, 2012), que apresentou valores fracos e moderados de regressão. Entretanto, a utilização da análise de regressão nessa pesquisa pôde sugerir a presença de alterações do envelhecimento do sistema respiratório. Baseado nos resultados, estudos futuros serão essenciais para entender de forma mais detalhada os efeitos da atividade física no padrão e na coordenação de movimento toracoabdominal durante a respiração de mulheres. Além disso, é importante estudar os efeitos de treinamentos globais e respiratórios nos padrões toracoabdominais durante a respiração para que possa ser gerado um benefício funcional para os indivíduos.

Conclusão

Os padrões de movimento toracoabdominal de mulheres se diferenciam com o envelhecimento. Em ambas as manobras respiratórias, o tórax superior foi o compartimento mais ativo no grupo de jovens, enquanto o compartimento mais ativo no grupo de idosas foi o abdômen. O grupo de meia idade apresentou uma contribuição similar entre todos os compartimentos em ambas as manobras. Este estudo sugere que o envelhecimento pode causar uma diminuição gradual na contribuição do tórax superior e um aumento na contribuição do abdômen em volume corrente. Entretanto, este padrão muda na capacidade vital com um aumento da contribuição do tórax inferior, refletindo uma maior ação do

diafragma. Como já era esperado, o envelhecimento também afeta a coordenação de movimento toracoabdominal, com uma diminuição na coordenação de todos os pares de compartimentos em ambas as manobras respiratórias, apesar de não serem assíncronos.

Referências Bibliográficas

1. ALIVERTI, A.; PEDOTTI, A. Opto-electronic plethysmography. **Monaldi Archives for Chest Disease**, v. 59, n. 1, p. 12-16, 2003.
2. CHAITLOW, L.; BRADLEY, D. B.; GILBERT, C. **Multidisciplinary Approaches to Breathing Pattern Disorders**. Edinburgh: Churchill Livingstone, 2002.
3. FERRIGNO, G. et al. Three-dimensional optical analysis of chest wall motion. **Journal of Applied Physiology**, v. 77, n. 3, p. 1224-1231, 1994.
4. FREITAS, F. S. et al. Relação entre força de tosse e nível funcional em um grupo de idosos. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, n. 6, p. 470-476, 2010.
5. JANSSENS, J. P.; PACHE, J. C.; NICOD, L. P. Physiological changes in respiratory function associated with ageing. **European Respiratory Journal**, v. 13, p. 197–205, 1999.
6. KANEKO, H.; HORIE, J. Breathing movements of the chest and abdominal wall in healthy subjects. **Respiratory Care**, v. 57, n. 9, p. 1442-1451, 2012.
7. LALLEY, P. The aging respiratory system – Pulmonary structure, function and neural control. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 187, p. 199-210, 2013.
8. LANDI, F. et al. Physical activity prevented functional decline among frail community-living elderly subjects in an international observational study. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 60, p. 518-524, 2007.
9. MACKLEM, P. T. The act of breathing. In: ALIVERTI, A.; PEDOTTI, A. (Eds.). **Mechanics of breathing**. 2 ed. Milan: Springer, 2014. Cap. 1, p. 3-10.

10. MASLIAH, M. R. Quantifying human coordination in HCI. In: '99 CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, Pittsburgh. ACM Press, 1999. p. 300-301.
11. MASSARONI, C. et al. Comparison of marker models for the analysis of the volume variation and thoracoabdominal motion pattern in untrained and trained participants. **Journal of Biomechanics**, 2018.
12. MASSARONI, C. et al. Contact-Based Methods for Measuring Respiratory Rate. **Sensors**, v. 19, n. 4, p. 908, 2019.
13. MASSARONI, C. et al. Optoelectronic Plethysmography in Clinical Practice and Research: A Review. **Respiration**, v. 93, n. 5, p. 339–354, 2017.
14. MAYNARD, V.; BIGNALL, S.; KITCHEN, S. Effect of positioning on respiratory synchrony in non-ventilated pre-term infants. **Physiotherapy Research International**, v. 5, n. 2, p. 96-110, 2000.
15. NIKOLIĆ, M. et al. Muscle loss in elderly. **Collegium Antropologicum**, v. 34, n. 2, p. 105-108, 2010.
16. PAPALETTO NETTO, M. O estudo da velhice: historico, definicao do campo e termos basicos. In: Freitas EV, Py L, eds. **Tratado de Geriatria e Gerontologia**. 3rd Edn. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2002; pp. 02-12.
17. PARREIRA, V. F. et al. Padrão respiratório e movimento toracoabdominal em indivíduos saudáveis: influência da idade e do sexo. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, n. 5, p. 411-416, 2010.
18. PETROIANU, A.; PIMENTA, L. G. **Clínica e cirurgia geriátrica**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1999.
19. RAGNARSDÓTTIR, M.; KRISTINSDÓTTIR, E. K. Breathing movements and breathing patterns among healthy men and women 20-69 years of age. Reference values. **Respiration**, v. 73, v. 1, p. 48-54, 2006.
20. REBELATTO, J. R.; MORELLI, J. G. S. **Fisioterapia Geriátrica: a prática da assistência ao idoso**. São Paulo: Manole, 2007.
21. RODRIGUES, I. M. et al. Thoracoabdominal breathing motion pattern and coordination of professional ballet dancers. **Sports Biomechanics**, 2017.

22. SARRO, K. J.; SILVATTI, A. P.; BARROS, R. M. L. Coordination between ribs motion and thoracoabdominal volumes in swimmers during respiratory maneuvers. **Journal of Sports Sciences and Medicine**, v. 7, p. 195-200, 2008.
23. SILVATTI, A. P. et al. A 3D kinematic analysis of breathing patterns in competitive swimmers. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 14, p. 1551-1560, 2012.
24. SOUZA, H. M. et al. Acute effects of different efforts on ventilator pattern and chest wall compartmental distribution in elderly women. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 227, p. 27-33, 2016.
25. VERSCHAKELEN, J. A.; DEMENDTS, M. G. Normal thoracoabdominal motions. Influence of sex, age, posture and breath size. **American Journal of Respiratory Critical Care and Medicine**, v. 151, n. 2, p. 399-405, 1995.
26. WARD, M.; MACKLEM, P. T. The act of breathing and how it fails. **Chest**, v. 97, n. 3, p. 36S-39S, 1990.
27. ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2012.

ARTIGO 2

Efeitos de 12 semanas de treinamento físico multicomponente na mecânica respiratória de mulheres de meia e terceira idade

Resumo

A prática de atividade física pode causar diversos benefícios para a saúde do indivíduo durante o processo de envelhecimento. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de 12 semanas de treinamento físico multicomponente no padrão e coordenação dos movimentos toracoabdominais durante a respiração de mulheres fisicamente ativas acima de 40 anos. Trinta e duas mulheres foram divididas em 2 grupos: (14) meia idade e (18) idosas. O treinamento físico multicomponente foi aplicado durante 12 semanas, sendo dividido em 3 aulas semanais com duração de 50 minutos. Para analisar os movimentos respiratórios, as participantes realizaram as manobras de volume corrente e capacidade vital pré e pós-treinamento. As coordenadas 3D dos 32 marcadores retro-reflexivos posicionados no tronco foram utilizadas para estimar o volume do tórax superior, tórax inferior e abdômen. A variação de volume inspiratório total, o percentual de contribuição inspiratório e o coeficiente de correlação foram calculados com o objetivo de analisar o padrão e a coordenação de movimento toracoabdominal durante a respiração. Os resultados sugerem que 12 semanas de treinamento físico multicomponente podem causar efeitos como o aumento do percentual de contribuição inspiratório do tórax inferior, sendo mais enfatizado na capacidade vital. Além disso, foi observada uma diminuição do percentual de contribuição inspiratório do abdômen, que pode estar relacionada com um aumento da contração abdominal durante uma inspiração forçada, podendo influenciar a mobilização de ar. Todas as participantes apresentaram movimentos coordenados, com ênfase na coordenação entre os compartimentos torácicos.

Palavras-chave: treinamento, análise cinemática, padrão respiratório

Abstract

The practice of physical activity can cause several benefits to the people's healthy during aging. Therefore, the aim of this study was investigate the effects of 12 weeks of multicomponent physical training in the thoracoabdominal breathing pattern and coordination of physical active women over 40 years old. Thirty-two women were allocated into two groups: (14) middle-aged and (18) elderly. The multicomponent physical training lasted 12 weeks, composed by 3 sessions per week, with duration of 50 minutes each. In order to evaluate the breathing movements, the participants performed quiet breathing and vital capacity maneuvers pre and post-training. The 3D coordinates of the 32 retroreflective markers positioned on the trunk of the participants were used to estimate the volume of the superior thorax, inferior thorax and abdomen. The total inspiratory tidal volume, inspiratory percentage contribution and correlation coefficient were calculated in order to investigate the thoracoabdominal breathing motion pattern and coordination. The results suggest that 12 weeks of multicomponent physical training could increase the inspiratory percentage contribution of the inferior thorax, emphasized by the vital capacity maneuver. Besides, the decrease in the contribution of the abdomen observed could be related to the increase in the contraction of the abdominal muscles during the inspiratory phase in vital capacity, which could affect the air mobilization. All participants showed coordinated movements, highlighting the coordination between the trunk compartments.

Key-words: training, kinematic analysis, breathing pattern

Introdução

O envelhecimento é um processo no qual ocorrem diversas alterações que afetam a funcionalidade do corpo humano, impactando negativamente na realização de atividades e na preservação da independência física (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009). As principais alterações fisiológicas englobam a perda de massa óssea e muscular (RAVA et al., 2016), diminuição da capacidade cardiovascular e respiratória, equilíbrio e coordenação motora (WATSFORD, MURPHY & PINE, 2007).

O sistema respiratório sofre mudanças como diminuição das fibras elásticas, diminuição da força muscular, calcificação das cartilagens costais, diminuição da complacência pulmonar e torácica, e alterações no drive respiratório (JANSSENS, PACHE & NICOD, 1999; MIRANDA, GASTALDI & SOUZA, 2015; PARREIRA et al., 2010; LALLEY, 2013). Estas alterações podem diminuir a capacidade e a tolerância para a realização de exercícios, além de predispor ou agravar processos patológicos e, conseqüentemente, interferir nas atividades de vida diária do idoso (MIRANDA, GASTALDI & SOUZA, 2015).

A prática de atividade física é importante para retardar as alterações do envelhecimento, melhorar ou manter a condição física e para prevenir o desenvolvimento de doenças. A atividade física é capaz de promover benefícios como redução do risco de dificuldades na mobilidade (MALMBERG et al., 2006), redução da gordura corporal (BOUAZIZ et al., 2016), aumento da força e potência muscular (PINTO et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2014), preservação da densidade óssea (BOCALINI et al., 2009), redução do risco cardiovascular (BOUAZIZ et al., 2016) e resistência aeróbica (CRANE, MACNEIL & TERNOPOLSKY, 2013). Um estudo realizado por Miranda, Gastaldi & Souza (2015) mostrou que a atividade física global de curta e longa duração são eficazes na preservação da força dos músculos respiratórios. Além disso, pode, de forma indireta, apresentar benefícios na proteção das vias aéreas devido ao ganho de força muscular, melhorando a eficiência da tosse (WASTFORD ET AL., 2005; MIRANDA, GASTALDI & SOUZA, 2015). Portanto, a atividade física global exerce um papel importante para a melhora e/ou manutenção da função respiratória (MIRANDA, GASTALDI & SOUZA, 2015).

O treinamento físico multicomponente, que pode ser definido como a combinação exercícios abordando capacidades físicas como resistência, força, equilíbrio e flexibilidade (BOUAZIZ et al., 2016), apresentou melhoras cardiorrespiratórias, metabólicas, funcionais, cognitivas e na qualidade de vida de idosos. Entretanto, faltam estudos que analisem os efeitos deste tipo de treinamento físico na mecânica respiratória. Como é um método de treinamento que traz diversos benefícios para a saúde do indivíduo, é necessário avaliar seus efeitos no sistema respiratório, que é um dos aspectos importantes na avaliação da condição de saúde.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de 12 semanas de treinamento físico multicomponente na mecânica respiratória através da análise cinemática 3D dos movimentos dos compartimentos do tronco de mulheres fisicamente ativas acima dos 40 anos de idade.

Materiais e Métodos

Design do estudo e participantes

Este é um estudo de intervenção quase experimental, do tipo pré e pós, realizado na Universidade Federal de Viçosa. Trinta e duas mulheres fisicamente ativas foram divididas em dois grupos: (1) 14 mulheres de meia idade (faixa etária entre 40-59 anos) e (2) 18 idosas (idade > 60 anos). As características de cada grupo podem ser visualizadas na Tabela 1. O critério de elegibilidade incluiu ser fisicamente ativa, não-fumante, possuir no mínimo 18 anos, não possuir doenças posturais e respiratórias prévias ou atuais e apresentação de atestado médico permitindo a prática de exercícios físicos.

Tabela 1. Média (\pm desvio padrão) dos valores de idade, altura, peso e índice de massa corporal (IMC) de cada grupo.

	<i>n</i>	Idade (anos)	Altura (m)	Peso (kg)	IMC
Meia idade	14	50,14 \pm 4,77	1,59 \pm 0,05	66,37 \pm 11,18	25,91 \pm 3,40
Idosas	18	68,56 \pm 6,22	1,55 \pm 0,06	61,31 \pm 5,12	25,66 \pm 2,15

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética de Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (número 56335515.8.0000.5153 e número 60303716.1.0000.5153). Todas as participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO I e II).

Treinamento físico multicomponente

O treinamento físico multicomponente teve a duração de 12 semanas, divididas em microciclos. Como descrito por Caldas (2018), foram realizadas 3 intervenções semanais com duração de 50 minutos, divididas em: 5 minutos de aquecimento; 40 minutos de estações multicomponentes, compostas por exercícios de capacidade aeróbica, força, equilíbrio e flexibilidade; e 5 minutos de relaxamento (ANEXO 3).

O treinamento foi aplicado pelos alunos estagiários membros do Projeto de extensão Saúde e Vida da Universidade Federal de Viçosa. Este projeto oferece atividade física para indivíduos de meia e terceira idade, que foram treinados e supervisionados para realizar a aplicação da intervenção.

Captura e análise cinemática 3D do movimento

A análise cinemática 3D foi realizada através de 18 câmeras OptiTrack Prime 17W (© 2017 NaturalPoint, Inc. USA), com frequência de aquisição de 240Hz. Trinta e dois marcadores retro-reflexivos foram posicionados no tronco das voluntárias, permitindo uma divisão compartimental em tórax superior (TS), tórax inferior (TI) e abdômen (AB) (FERRIGNO et al., 1994).

A partir das coordenadas 3D de posição obtidas de cada marcador, foram calculados os volumes de cada compartimento em função do tempo (Visual 3D, © 2016 C-Motion, Inc.), resultando em ciclos respiratórios (uma inspiração seguida de uma expiração).

Para capturar os movimentos respiratórios em repouso, as voluntárias sentaram em uma cadeira sem encosto, com abdução de ombros e ambos os pés apoiados no chão. Cada voluntária realizou uma tentativa de duas manobras respiratórias na mesma ordem: volume corrente (VC) com duração de 1 minuto, e capacidade vital (CV) não forçada, caracterizada por cinco ciclos de uma inspiração máxima seguida de uma expiração máxima. As manobras de CV foram realizadas com incentivo verbal. A coleta de dados foi realizada em dois momentos: pré e pós-treinamento.

Padrão de movimento toracoabdominal

A variação do volume inspiratório total foi utilizada com o objetivo de estimar, de forma indireta, o volume total de ar mobilizado durante as manobras respiratórias. Para isso, foi calculada a diferença entre o volume inspiratório final e volume expiratório final (ST^i , IT^i , AB^i), produzido em cada ciclo respiratório. A variação compartimental do volume inspiratório total foi, então, obtida através da soma da variação dos volumes de cada compartimento (MASSARONI et al., 2017).

Para analisar a atividade de cada compartimento durante a respiração, foi utilizado o cálculo do percentual de contribuição inspiratório em relação ao volume total (VT^i) em cada ciclo respiratório ($\%TS^i$, $\%TI^i$, $\%AB^i$) de acordo com a seguinte equação:

$$\begin{cases} \%TS^i = \left(\frac{TS^i}{VT^i} \right) \times 100 \\ \%TI^i = \left(\frac{TI^i}{VT^i} \right) \times 100 \\ \%AB^i = \left(\frac{AB^i}{VT^i} \right) \times 100 \end{cases}$$

Depois de calculado os percentuais de contribuição inspiratórios, foi calculada a média de todos os valores obtidos em cada ciclo respiratório de cada participante de forma que houvesse somente um valor para cada participante em cada manobra respiratória referente a cada compartimento. A transformação \sin^{-1} foi aplicada nos valores percentuais para aproximar de uma distribuição normal (ZAR, 2012).

Coordenação de movimento toracoabdominal

Para analisar a coordenação de movimento entre os pares de compartimentos, o coeficiente de correlação entre pares foi calculado em cada ciclo respiratório em VC e CV. A correlação linear foi utilizada para ajustar os

dados experimentais (ST^i versus IT^i , ST^i versus AB^i e IT^i versus AB^i), como mostra a equação a seguir:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2][\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2]}}$$

onde r é o valor de correlação obtido, e X e Y correspondem aos valores dos volumes inspiratórios dos compartimentos.

A média dos valores dos coeficientes de correlação de cada participante e ambas as manobras respiratórias foi calculada de forma que fosse obtido 3 valores por participante ($STxIT$, $STxAB$ e $ITxAB$). Valores de coeficiente de correlação próximos ou iguais a 1 indicam alta correlação positiva. Neste caso, significa que há uma alta coordenação de movimento entre os compartimentos analisados. Valores próximos ou iguais a -1 indicam alta correlação negativa, que mostram a presença de assincronia de movimento entre os compartimentos analisados. A transformação de Fisher foi aplicada aos valores de coeficiente de correlação para a aproximação de uma distribuição normal (ZAR, 2012).

Análise estatística

Como os dados foram transformados para obter uma distribuição normal, foram utilizados testes paramétricos. Para análise variação do volume inspiratório total, foi aplicado o teste ANOVA *one way* de medidas repetidas ($p < 0,05$) em VC e CV para comparar as avaliações pré e pós-treinamento em cada grupo separadamente.

Com o objetivo de analisar os efeitos do treinamento no padrão e na coordenação de movimento em cada grupo separadamente, o teste ANOVA *two-way* ($p < 0,05$) de medidas repetidas com dois fatores intra grupo (compartimento e treinamento) foi aplicado no percentual de contribuição inspiratório e no coeficiente de correlação em VC e CV em cada grupo separadamente.

Para todos os testes aplicados, a esfericidade dos dados foi testada através do teste de Mauchly ($p < 0,05$). Quando a esfericidade não foi assumida,

a correção de Huynh-Feldt foi aplicada nos dados. Todos os testes estatísticos foram realizados no software SPSS (IBM®, USA).

Resultados

Padrão de movimento toracoabdominal

A variação do volume inspiratório total (Tabela 2) apresentou valores semelhantes entre pré e pós-treinamento no grupo de meia idade em VC ($p=0,434$) e grupo de idosas em VC ($p=0,667$) e CV ($p=0,112$). Entretanto, no grupo de meia idade houve uma diminuição significativa pós-treinamento ($p=0,01$) em CV.

Tabela 2. Média (\pm desvio padrão) da variação do volume inspiratório total na fase inspiratória em volume corrente e capacidade vital nos grupos de meia idade e idosas.

	Variação do volume inspiratório total (L)			
	VC		CV	
	Pré	Pós	Pré	Pós
Meia idade	0,449 \pm 0,118	0,499 \pm 0,191	2,399 \pm 0,526	1,913 \pm 0,527*
Idosas	0,428 \pm 0,156	0,443 \pm 0,186	2,015 \pm 0,528	1,832 \pm 0,413

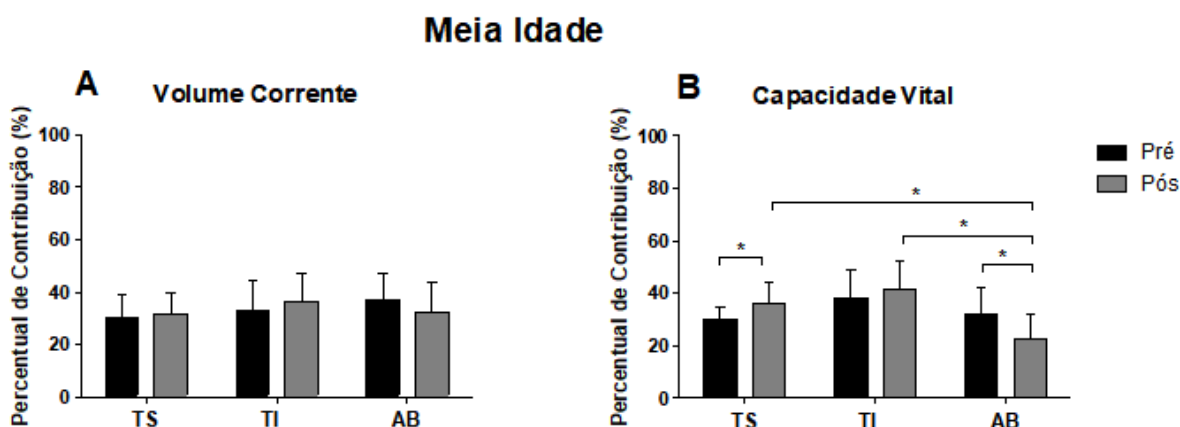
Legenda: L = litros, VC = volume corrente, CV = capacidade vital, * $p<0,05$

No grupo de meia idade, os resultados mostraram que na manobra de VC (Figura 1A) o percentual de contribuição inspiratório foi semelhante em todas as situações analisadas ($p>0,05$).

Na manobra de CV (Figura 1B), o percentual de contribuição inspiratório foi semelhante entre os compartimentos no pré-treinamento. Entretanto, no pós-treinamento, a contribuição do AB foi significativamente menor do que o TS ($p=0,010$) e TI ($p=0,006$). A interação entre treinamento e compartimento

mostrou um aumento significativo do TS ($p=0,011$), enquanto o AB diminuiu significativamente ($p=0,018$).

Figura 1. Média e desvio padrão do percentual de contribuição inspiratório (dado não transformado [%]) de cada compartimento (TS, TI, AB) em volume corrente (A) e capacidade vital (B) no pré e pós-treinamento.



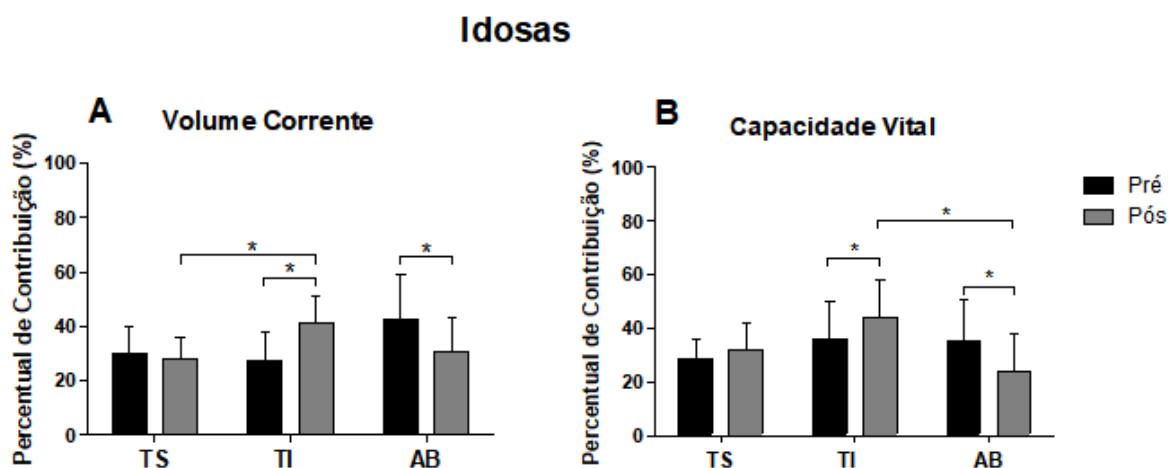
Legenda: TS = tórax superior, TI = tórax inferior, AB = abdômen, * $p<0,05$.

Na manobra de VC (Figura 2A), o grupo de idosas apresentou valores semelhantes de percentual de contribuição entre os compartimentos no pré-treinamento ($p>0,05$), enquanto no pós-treinamento o TI exibiu uma contribuição significativamente maior que o TS ($p=0,001$). A interação entre treinamento e compartimento mostrou que o TI apresentou um aumento significativo ($p<0,001$) enquanto no AB houve uma diminuição significativa ($p=0,005$).

Na manobra de CV (Figura 2B), o percentual de contribuição inspiratório entre os compartimentos no pré-treinamento apresentou valores semelhantes ($p>0,05$), enquanto no pós-treinamento a contribuição do TI foi significativamente maior do que o AB ($p=0,013$). A interação entre treinamento e compartimento mostrou que o TI teve um aumento significativo ($p=0,002$) enquanto o AB teve uma diminuição significativa ($p=0,003$). Dessa forma, é possível observar que

tanto o padrão de movimento quanto a resposta ao treinamento foram semelhantes entre as duas manobras respiratórias.

Figura 2. Média e desvio padrão do percentual de contribuição inspiratório (dado não transformado [%]) de cada compartimento (TS, TI, AB) em volume corrente (A) e capacidade vital (B) no pré e pós-treinamento.

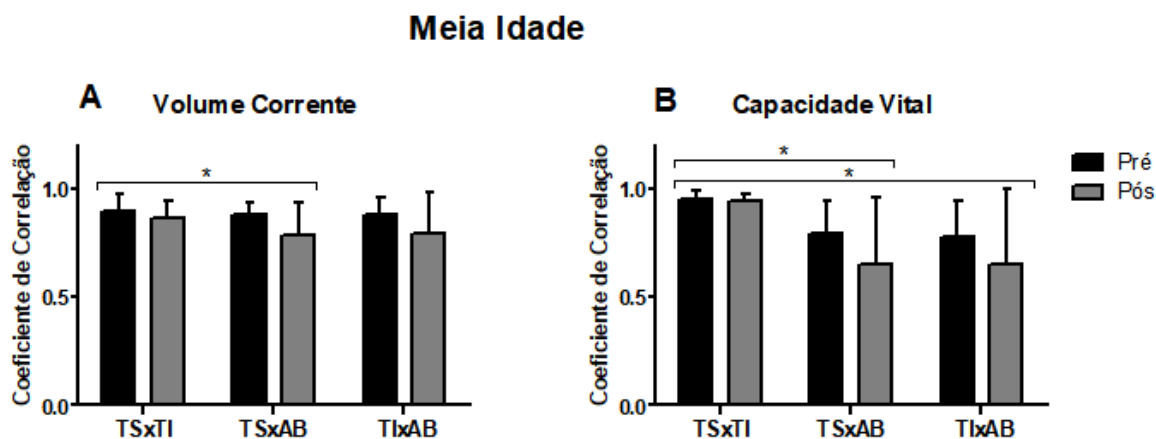


Legenda: TS = tórax superior, TI = tórax inferior, AB = abdômen, * $p < 0,05$.

Coordenação de movimento toracoabdominal

O coeficiente de correlação mostrou que, em VC (Figura 3A), independente do treinamento, as mulheres de meia idade apresentaram valores significativamente maiores entre o TSxTI em comparação com o TSxAB ($p=0,036$). De forma semelhante, em CV (Figura 3B), o TSxTI apresentou valores de correlação significativamente maiores do que TSxAB e TIxAB ($p < 0,001$), não havendo efeitos do treinamento.

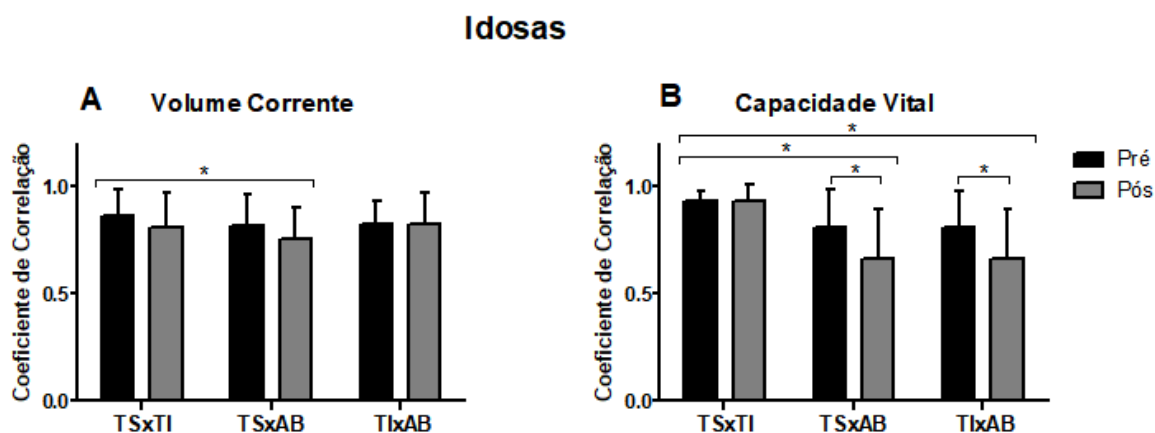
Figura 3. Média e desvio padrão do coeficiente de correlação de cada par de compartimento (TSxTI, TSxAB, TIxAB) em volume corrente (A) e capacidade vital (B) no pré e pós-treinamento. * $p < 0,05$.



Legenda: * $p < 0,05$.

O grupo de idosas mostrou que, em VC (Figura 4A), independente do treinamento, os valores de correlação de TSxTI foram significativamente maiores do que TSxAB ($p=0,002$), não havendo efeitos do treinamento. Na manobra de CV (Figura 4B) foi possível observar que, tanto na avaliação pré quanto pós-treinamento, a correlação entre TSxTI foi significativamente maior que TSxAB e TIxAB ($p < 0,05$). Entretanto, as correlações entre TSxAB e TIxAB apresentaram valores significativamente maiores no pré-treinamento.

Figura 4. Média e desvio padrão do coeficiente de correlação de cada par de compartimento (TSxTI, TSxAB, TIxAB) em volume corrente (A) e capacidade vital (B) no pré e pós-treinamento.



Legenda: * $p < 0,05$.

É importante ressaltar que, apesar da diminuição dos valores dos coeficientes de correlação, principalmente no grupo de idosas, todos os valores foram fortes e positivos, o que significa que os movimentos dos compartimentos são bem coordenados.

Discussão

Os principais resultados deste estudo sugerem que o treinamento físico multicomponente pode causar efeitos como o aumento da contribuição torácica durante a inspiração, com uma consequente diminuição da contribuição abdominal, podendo influenciar a variação do volume inspiratório total em ambos os grupos.

Os grupos de meia idade e idosas apresentaram uma manutenção da variação de volume inspiratório total na manobra de VC. Em contrapartida, na manobra de CV, foi observada uma diminuição. Apesar disso, os valores encontrados neste estudo estão dentro do esperado na análise cinemática 3D da respiração de indivíduos saudáveis pré e pós-treinamento (PAISANI et al., 2013; PARREIRA et al., 2010; MASSARONI et al., 2017).

Paisani et al. (2013) mostra que, durante manobras que exigem um maior esforço respiratório, a contribuição abdominal diminui, sendo compensada por uma maior contribuição torácica, corroborando, então, com os achados deste estudo na variável de percentual de contribuição inspiratório. O grupo de meia idade, durante a manobra de VC, mostrou valores semelhantes entre os compartimentos, sendo mantidos após a realização do treinamento. Entretanto, na manobra de CV, os compartimentos torácicos apresentaram uma maior contribuição, além do seu aumento com o treinamento, enquanto o abdômen mostrou uma diminuição da contribuição. De maneira semelhante, o grupo de idosas mostrou um aumento na contribuição do tórax inferior e uma diminuição do abdômen em ambas as manobras respiratórias com o treinamento.

A movimentação do tórax inferior está relacionada com a contração muscular do diafragma na fase inspiratória devido à sua inserção, que movimenta as costelas inferiores e à zona de aposição, onde o aumento da pressão intra-abdominal é transmitida através do diafragma, expandindo a região do tórax inferior (MENDES et al., 2019). Como o envelhecimento causa uma diminuição da mobilidade torácica (PARREIRA et al., 2010), o aumento da movimentação desta região com o treinamento reflete um resultado positivo deste estudo, que pode gerar benefícios para a saúde do idoso.

Além disso, a hipótese levantada através dos resultados obtidos é que, ao realizar manobras respiratórias como a CV, as participantes de ambos os grupos mantêm a musculatura abdominal mais contraída e essa contração muscular pode ter sido enfatizada pelo possível fortalecimento abdominal proporcionado pelo treinamento físico multicomponente. A contração dos músculos abdominais durante a fase inspiratória deve diminuir gradualmente para possibilitar o deslocamento ideal das estruturas e, portanto, contribuir de forma substancial para o aumento da variação de volume (ROMAGNOLI et al., 2008). Dessa forma, manter uma maior contração abdominal pode resultar na diminuição da amplitude de movimento do abdômen e, conseqüentemente, diminuir o volume de ar inspirado, apesar de não apresentar um prejuízo substancial na variação do volume devido à sua manutenção dentro dos valores esperados.

Todas as participantes apresentaram movimentos respiratórios coordenados devido aos altos e fortes valores de coeficiente de correlação pré

e pós-treinamento, como esperado e reportado na literatura para pessoas saudáveis e atletas (RAGNARSDÓTTIR & KRISTINSDÓTTIR, 2006; RODRIGUES et al., 2017; SILVATTI et al., 2012). Os grupos de meia idade e idosos mostraram que, em ambas as manobras respiratórias, o par de compartimento TSxTI é significativamente mais coordenado, não sofrendo efeitos do treinamento. Entretanto, na manobra de capacidade CV, os pares de compartimento TSxAB e TlxAB tiveram uma diminuição significativa com o treinamento, que pode ser resultado da diminuição da contribuição do compartimento abdominal.

Os resultados observados neste estudo sugerem que mulheres fisicamente ativas acima de 40 anos têm um padrão respiratório eficiente e semelhante entre os grupos etários. Doze semanas de treinamento físico multicomponente pode causar efeitos positivos como o aumento da contribuição do tórax superior e inferior para o movimento, indicando uma maior utilização da musculatura intercostal e diafragmática. Portanto, este estudo contribui para acrescentar à ideia de que o treinamento físico multicomponente pode minimizar os efeitos fisiológicos do envelhecimento relacionados com a respiração e suas consequências (RAVA et al., 2016). Entretanto, sugere-se que a mobilidade e a musculatura abdominal devem ser mais trabalhadas para uma melhor mobilização de ar durante a respiração. A mobilidade abdominal, juntamente com um trabalho direcionado para a musculatura respiratória podem ser trabalhados através do treinamento respiratório, que, sendo realizado juntamente com o treinamento físico multicomponente, podem apresentar resultados muito mais expressivos.

Como os valores de volume estimados pelo modelo de 32 marcadores utilizado neste estudo não é tão preciso quanto os valores obtidos pela espirometria, como mostrado em Massaroni et al. (2018), a utilização da espirometria para a avaliação da capacidade pulmonar se torna importante para a obtenção de resultados mais precisos. A ausência de um grupo controle também é uma limitação apresentada neste estudo. Através da adição de um grupo controle, seria possível observar de forma mais detalhada os efeitos do treinamento, assim como os efeitos do sedentarismo na mecânica respiratória. A utilização de mais variáveis que abordem análises mecânicas e fisiológicas do

sistema respiratório devem ser utilizadas para um melhor detalhamento dos achados deste estudo. Dessa forma, pesquisas futuras são necessárias para traçar o perfil respiratório do indivíduo, além dos efeitos do treinamento.

Conclusão

Este estudo sugere que mulheres fisicamente ativas acima de 40 anos possuem movimentos respiratórios coordenados e eficientes. A realização de 12 semanas de treinamento físico multicomponente pode aumentar a mobilidade torácica, com ênfase no tórax inferior, que pode estar relacionada com uma maior ativação do diafragma, através do aumento do percentual de contribuição inspiratório. Entretanto, a diminuição da variação de volume inspiratório total pode estar relacionada com a diminuição da contribuição do abdômen. Este, por sua vez, pode ter diminuído sua contribuição pela maior contração da musculatura abdominal durante a inspiração. O treinamento global possui efeitos positivos, mas um treinamento respiratório associado pode ser importante para resultados mais expressivos.

Referências Bibliográficas

1. BOCALINI, D. S. et al. Strength training preserves the bone mineral density of postmenopausal women without hormone replacement therapy. **Journal of Aging and Health**, v. 21, n. 3, p. 519-527, 2009.
2. BOUAZIZ, W. Health benefits of multicomponent training programmes in seniors: a systematic review. **International Journal of Clinical Practice**, v. 70, n. 7, p. 520-536. 2016.
3. CALDAS, L. R. Efeitos de 12 semanas de treinamento multicomponente sobre a saúde de idosas. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2018.
4. CHODZKO-ZAJKO, W. J. et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 41, n. 7, p. 1510-1530, 2009.

5. CRANE, J. D.; MACNEIL, L. G.; TARNOPOLSKY, M. A. Long-term aerobic exercise is associated with greater muscle strength throughout the life span. **The Journals of Gerontology. Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 68, n. 6, p. 631-638, 2013.
6. FERRIGNO, G. et al. A. Three-dimensional optical analysis of chest wall motion. **Journal of Applied Physiology**, v. 77, n. 3, p. 1224-1231, 1994.
7. JANSSENS, J. P.; PACHE, J. C.; NICOD, L. P. Physiological changes in respiratory function associated with ageing. **European Respiratory Journal**, v. 13, p.197-205, 1999.
8. LALLEY, P. The aging respiratory system – Pulmonary structure, function and neural control. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 187, p. 199-210, 2013.
9. MALMBERG, J. J. et al. Associations of leisure-time physical activity with mobility difficulties among middle-aged and older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 14, p. 133-153, 2006.
10. MASSARONI, C. et al. Analysis of breathing via optoelectronic systems: comparison of four methods for computing breathing volumes and thoraco-abdominal motion pattern. **Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering**, 2017.
11. MASSARONI, C. et al. Comparison of marker models for the analysis of the volume variation and thoracoabdominal motion pattern in untrained and trained participants. **Journal of Biomechanics**, 2018.
12. MENDES, L. P. S. et al. Influence of posture, sex, and age on breathing pattern and chest wall motion in healthy subjects. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, 2019.
13. MIRANDA, A. P. B.; GASTALDI, A. C.; SOUZA, H. C. D. The influence of physical fitness on respiratory muscles strength in the elderly. **American Journal of Sport Science**, n. 3, v.1, p.6-12, 2015.
14. NASCIMENTO, D. C. et al. Sustained effect of resistance training on blood pressure and hand grip strength following a detraining period in elderly hypertensive women: a pilot study. **Journal of Clinical Interventions in Aging**, v. 20, n. 9, p. 219-225, 2014.
15. NOVAK, T.; VUTE, R. Long-term effects of regular exercising in elderly women. **Annales Kinesiologiae**, v. 4, n. 2, p. 109-127, 2013.

16. PAISANI, D. M. et al. Volume rather than flow incentive spirometry is effective in improving chest wall expansion and abdominal displacement using optoelectronic plethysmography. **Respiratory Care**, v. 58, n. 8, 2013.
17. PARREIRA, V. et al. Padrão respiratório e movimento toracoabdominal em indivíduos saudáveis: influência da idade e do sexo. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v.14, n.5, p411-6, 2010.
18. PINTO, R. S. et al. Short-term strength training improves muscle quality and functional capacity of elderly women. **Age**, n. 36, v. 1, p. 365-372, 2014.
19. RAGNARSDÓTTIR, M.; KRISTINSDÓTTIR, E. K. Breathing movements and breathing patterns among healthy men and women 20-69 years of age. Reference values. **Respiration** 2006; 73(1): 48-54.
20. RAVA, A. et al. Body composition, neuromuscular performance, and mobility: comparison between regularly exercising and inactive older women. **Journal of Aging and Physical Activity**, 2016
21. RODRIGUES, I. M. et al. Thoracoabdominal breathing motion pattern and coordination of professional ballet dancers. **Sports Biomechanics** 2017.
22. ROMAGNOLI, I. et al. Optoelectronic plethysmography has improved our knowledge of respiratory physiology and pathophysiology. **Sensors**, v. 8, p. 7951-7972, 2008.
23. SILVATTI, A. P. et al. A 3D kinematic analysis of breathing patterns in competitive swimmers. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 14, p. 1551-1560, 2012.
24. VISSER, M. et al. Type and intensity of activity and risk of mobility limitation: the mediating role of muscle parameters. **Journal of the American Geriatrics**, v. 53, n. 5, p. 762-770, 2005.
25. WATSFORD, M. L.; MURPHY, A. J.; PINE, M. The effects of ageing on respiratory muscle function and performance in older adults. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.10, p. 36-44, 2007.
26. ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2012.

Conclusão Geral

Através da realização desta pesquisa de mestrado, foi possível observar que mulheres fisicamente ativas com idade entre 19 e 80 anos possuem padrões de movimento respiratório diferentes de acordo com a divisão em grupos etários. Enquanto mulheres adultas jovens e de meia idade apresentam um padrão de movimentação predominantemente torácico, o grupo de idosas apresenta um padrão predominantemente abdominal. Apesar dessa diferença entre os grupos, todas as voluntárias exibiram movimentos toracoabdominais coordenados.

O envelhecimento pode causar modificações graduais na mecânica respiratória, com ênfase na diminuição da movimentação do tórax superior e aumento da movimentação do abdômen, além de uma diminuição na coordenação de movimento. Essas alterações refletem as mudanças fisiológicas do envelhecimento que já são conhecidas e reportadas pela literatura.

Doze semanas de treinamento físico multicomponente, apesar de ser um treinamento global e não especificamente respiratório, pode causar mudanças positivas no padrão de movimento durante a respiração através do aumento da mobilidade e utilização do tórax inferior, que pode refletir uma maior ação do diafragma. No entanto, concomitantemente, há uma diminuição da contribuição do abdômen em manobras respiratórias que exigem um maior esforço, que pode ter ocorrido devido a um possível aumento da contração muscular abdominal. A diminuição da movimentação abdominal durante a inspiração pode ter causado, como consequência, a diminuição do volume de ar inspirado.

Portanto, os resultados obtidos foram importantes para identificar as mudanças mecânicas causadas pelo envelhecimento na respiração de mulheres fisicamente ativas em condições de repouso e para observar que o treinamento físico multicomponente possui efeitos positivos, mas um treinamento respiratório associado pode ser importante para a obtenção de resultados mais expressivos e uma maior conscientização corporal acerca dos músculos e movimentos durante a respiração.

**ANEXO I - Termo de
Consentimento Livre e
Esclarecido I**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “ANÁLISE CINEMÁTICA DA RESPIRAÇÃO”. Nesta pesquisa pretendemos identificar os padrões de movimentação do tronco durante a respiração. O motivo que nos leva a estudar é trazer maior esclarecimento sobre a mecânica respiratória. Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: Será realizada uma análise cinemática por meio de uma análise de vídeo onde serão fixados marcadores retro reflexivos em posições anatômicas dos sujeitos que representarão os compartimentos de interesse para análise e será solicitada a realização de dois tipos de respiração: volume corrente e capacidade vital. As imagens obtidas não serão divulgadas e sua identidade será preservada. Os riscos envolvidos na pesquisa são mínimos e consistem em possível constrangimento devido à exposição do abdômen ou desconforto à palpação para detecção dos pontos anatômicos e colocação dos marcadores. Pode também gerar cansaço ou tontura após a realização das respirações, porém garantimos que serão tomados os devidos cuidados para minimizar isso. A pesquisa contribuirá para a identificação dos padrões respiratórios para que futuramente possa ser realizado um trabalho direcionado para a respiração. Para participar deste estudo você não terá nenhum gasto e nem receberá qualquer vantagem financeira. Você tem garantida plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de comunicado prévio. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você é atendido(a) pelo pesquisador. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não serão liberados sem a sua permissão. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra lhe será fornecida. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa, e depois desse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade,

atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, contato _____, fui informado(a) dos objetivos da pesquisa ANÁLISE CINEMÁTICA DA RESPIRAÇÃO de maneira clara e detalhada, e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Declaro que concordo em participar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

Viçosa, _____ de _____ de 20____.

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador

Pesquisador (a) Responsável: Amanda Piaia Silvatti

Telefone(s) de contato: (31) 3899-4386

E-mail: amandasilvatti@ufv.br

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

Universidade Federal de Viçosa

Edifício Arthur Bernardes, piso inferior
Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário

Cep: 36570-900 Viçosa/MG

Telefone: (31)3899-2492

Email: cep@ufv.br

www.cep.ufv.br

**ANEXO II - Termo de
Consentimento Livre e
Esclarecido II**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Departamento de Educação Física

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr (a). está sendo convidado (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa "**Prática de exercícios físicos sistematizados para indivíduos de meia e terceira idade**" coordenada pelo Prof. Dr. Miguel Araújo Carneiro Júnior do departamento de Educação Física, tendo como pesquisador o estudante de mestrado Lucas Rogério dos Reis Caldas além de acadêmicos e docentes do curso de graduação em Educação Física da Universidade Federal de Viçosa.

Objetivo: Promover e avaliar os efeitos da prática de exercícios físicos sistematizado para indivíduos de meia e terceira idade da comunidade viçosense.

Critério de Inclusão e Exclusão: Você poderá ser incluído no estudo se atender aos seguintes critérios: não estar enfermo, estar na faixa etária de 40 a 59 anos e 60 anos ou mais de idade, não ser atleta, apresentar atestado médico com liberação para prática regular de exercícios físicos. Eu não poderei ser incluído no estudo ou poderei ser excluído se não atender aos critérios de inclusão.

Intervenções: Ocorrerão 3 vezes por semana no Departamento de Educação Física da universidade Federal de Viçosa, sendo coordenadas por professores (as) do departamento. O estudo recrutará voluntários para realizar prática de exercícios físicos supervisionado, 3 vezes por semana.

Avaliações: Análise biomecânica dos movimentos, capacidade físico-funcional, análise sanguínea, composição corporal, qualidade de vida, capacidade cognitiva e comportamento sedentário.

Caso seja incluído no estudo, você deverá estar em jejum para coleta da amostra de sangue. No laboratório de biomecânica serão fixados marcadores retro reflexivos em alguns pontos do corpo e será feito análise de movimentos como caminhada, corrida, saltos e outros. Para a avaliação do equilíbrio será utilizada uma plataforma de força onde você irá posicionar-se sobre ela, os

movimentos realizados serão filmados e gravados para fins única e exclusivamente de estudo. Para avaliar a capacidade funcional será realizada uma bateria de testes no departamento de Educação Física. Serão realizados testes que assemelham a movimentos cotidianos, como caminhar, sentar e levantar de uma cadeira, tentar alcançar o mais longe possível sentado e flexionar o cotovelo segurando um peso de 2 ou 3Kg. Para avaliação da capacidade cognitiva serão realizados testes específicos computacionais e questionário. Também serão aplicados alguns questionários para avaliar sua história pregressa de atividade física, qualidade de vida, tipo de alimentação e comportamento sedentário. Todas as avaliações serão realizadas por um profissional capacitado para tal.

Benefícios para o indivíduo: Além dos benefícios inerentes da prática de exercícios físicos você conhecerá sua composição corporal, perfil lipídico, nível de aptidão físico-funcional, capacidade cognitiva, padrão de movimento de caminhada, saltos e outros movimentos, qualidade de vida e comportamento sedentário. Estes dados permitirão saber em que condições de saúde me encontro.

Benefícios para instituição e comunidade: A pesquisa poderá contribuir para aumentar o conhecimento sobre os efeitos da prática de exercícios físicos sistematizados sobre a saúde de indivíduos de meia e terceira idade da comunidade viçosense.

Riscos para o indivíduo: Os riscos referentes a esta pesquisa estão relacionados à prática de exercícios físicos, a remota ocorrência de tropeços ou quedas durante a realização dos testes. Porém é um risco muito pequeno já que os testes se assemelham a atividades realizadas no dia-a-dia. Porém, caso ocorra algum tipo de incidente, você terá todo apoio necessário e será acompanhado (a) desde o início por um profissional da área. Em relação à coleta de sangue, os equipamentos e materiais usados para estes procedimentos serão estéreis e/ou descartáveis. Você não será submetido (a) a nenhum tipo de intervenção que possa causar danos à sua saúde, visto que as condutas adequadas a serem adotadas objetivam a promoção da mesma, são respaldadas na literatura científica, e serão monitoradas por profissionais competentes.

Sua identidade será preservada. Para evitar qualquer desconforto durante a realização dos testes e das intervenções, os pesquisadores informarão ao voluntário (a) todas as etapas da pesquisa. A filmagem realizada será usada apenas para a pesquisa, sendo confidencial, somente os pesquisadores terão acesso a filmagem.

Informações Financeiras: Você não receberá qualquer compensação financeira para participar do estudo e a presente pesquisa não resultará em qualquer ônus para você. Você pode, a qualquer momento, ter informações a respeito de procedimentos, relacionados à pesquisa, inclusive sanar eventuais dúvidas, além da liberdade de retirar seu consentimento e deixar de participar do estudo, sem nenhum prejuízo aos mesmos e sem a necessidade de explicar o motivo. A desistência deve ser formalizada por escrito.

Exclusão dos Indivíduos: Os indivíduos podem ser excluídos do projeto se não forem capazes de completar os requisitos de cada etapa.

Direitos dos Indivíduos quanto à privacidade: Os resultados do estudo podem ser publicados, sem citação dos nomes envolvidos, havendo total proteção à participação dos indivíduos.

Publicação da Informação: As informações coletadas referentes ao projeto estarão disponíveis para a equipe envolvida no projeto e fazendo parte de um banco de dados.

Fui comunicado que qualquer enfermidade que surja durante o estudo, deverá ser tratada por conta própria, ou seja, o estudo que participo não assume nenhum compromisso no tratamento da mesma. Nestes casos, deverei comunicar à equipe do projeto todas as informações referentes à enfermidade e o seu tratamento.

Em caso de emergência: se existe alguma intercorrência decorrente da pesquisa, chamarei ao investigador principal no telefone: (31) 9 7505-0677 ou (31) 9 9949-7835, em qualquer horário do dia ou da noite. 54

Em caso de dúvida o senhor (a) poderá entrar em contato com o Prof. Dr. Miguel Araújo Carneiro Júnior, coordenador da pesquisa, no Departamento de Educação Física – Universidade Federal de Viçosa – DES/UFV, na Av. P.H.Rolfs, s/n, ou pelo telefone (31) 3899-2258/2067, ou no e-mail: miguelefiufv@yahoo.com.br

Para que possamos manter contato posteriormente, mandando informações sobre seus resultados, gostaríamos caso tenha interesse em preencher os seguintes dados:

[] Não tenho interesse de receber os resultados. [] Tenho interesse de ter minhas informações.

Nome: _____ Data de nascimento: __/__/__

Sexo: __ Nacionalidade: _____ Telefone: _____

e-mail: _____

Endereço: _____ Bairro: _____

Cidade: _____ Estado: _____ CEP: _____

Declaro que fui informado (a) dos objetivos e condições da pesquisa de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Declaro que autorizo de livre e espontânea vontade minha participação no estudo. Declaro a ciência da captura de imagem dos movimentos e autorizo a utilização das mesmas para fins acadêmicos e de pesquisa. Declaro que recebi uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e em caso de dúvidas não esclarecidas de maneira adequada pelo pesquisador responsável, de discordância com procedimentos irregulares de natureza ética e de acordo com a Resolução posso buscar auxílio junto ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa – CEP/UFV, no seguinte endereço e contatos:

Prédio Arthur Bernardes, *Campus* da Universidade Federal de Viçosa – UFV
CEP: 36570-000 - Tel.: (31) 3899-2492 E-mail: CEP@ufv.br Site: www.cep.ufv.br

IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA

Nome: _____ Idade: _____ Tel. _____

Prof. Dr. Miguel Araújo Carneiro Júnior

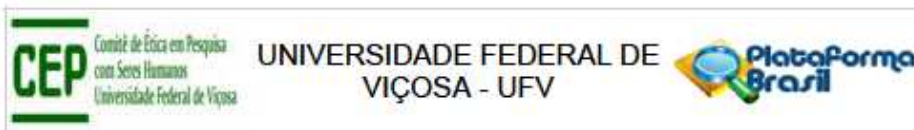
Coordenador da Pesquisa

Prof. Lucas Rogério dos Reis Caldas

Pesquisador

Sujeito da Pesquisa

**ANEXO III – Aprovação do
Comitê de Ética de Pesquisa
em Seres Humanos I**



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: ANÁLISE CINEMÁTICA DA RESPIRAÇÃO

Pesquisador: AMANDA PIAIA SILVATTI

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 56335515.8.0000.5153

Instituição Proponente: Departamento de Educação Física

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.587.545

Apresentação do Projeto:

Trata-se de pedido de emenda sob a seguinte justificativa:

Solicitar a extensão das datas das etapas do cronograma para a continuidade do desenvolvimento do mesmo.

Ressalto, que a quantidade de voluntários foi alterada para enquadrar-se com a extensão de execução do mesmo.

Objetivo da Pesquisa:

De acordo com os pesquisadores,

Objetivo primário: Identificar os padrões de volume parcial da respiração através da análise cinemática em diversos grupos.

Objetivo Secundário:

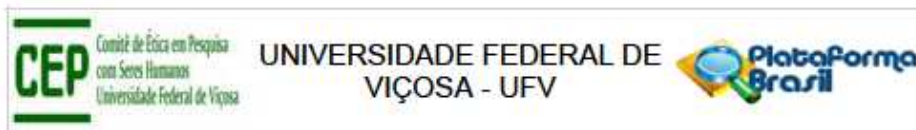
Análise cinemática do volume parcial da respiração utilizando os movimentos de volume corrente e capacidade vital e análise da simetria e sincronia da caixa torácica e abdômen durante a respiração

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os pesquisadores apresentam no formulário online da Plataforma os seguintes Riscos:

Os riscos deste estudo são o possível constrangimento do voluntário devido à exposição do abdômen e da palpação para o posicionamento dos marcadores e possível tontura devido à respiração. Isto será minimizado através da proteção da identidade do voluntário e os

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 2.587.545

pesquisadores estarão à disposição a qualquer momento para esclarecer possíveis dúvidas.

e os seguintes Benefícios: Através da identificação dos padrões respiratórios, poderá ser feito um trabalho específico para cada grupo trabalhar a melhora do padrão respiratório.

Avaliação: Os riscos e os benefícios estão descritos conforme recomendações sobre pesquisas com seres humanos baseados na Resolução 486/12 do CNS

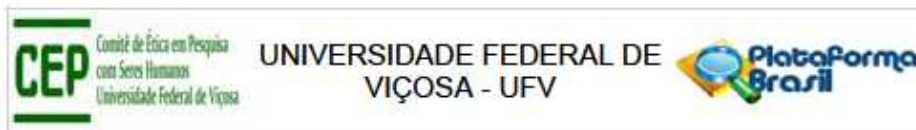
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O presente estudo pretende identificar os padrões de volume parcial da respiração através da análise cinemática em diversos grupos.

Para tanto, propõe-se neste estudo, os voluntários realizarão dois tipos de respiração: volume corrente e capacidade vital, que consiste de uma inspiração máxima seguida de uma expiração máxima. Os diferentes grupos que participarão deste estudo incluem pessoas sedentárias, praticantes de atividade física, atletas, meia-idade, terceira idade, crianças, bailarinos, universitários. Todos os voluntários serão informados previamente sobre o processo de análise, de forma que poderão se preparar adequadamente. Os riscos deste estudo tontura devido à respiração. Isto será minimizado através da proteção da identidade do voluntário e os pesquisadores estarão à disposição a qualquer momento para esclarecer possíveis dúvidas. A análise biomecânica através da cinemática procura pela descrição de como um corpo ou seus segmentos se movem, composta por procedimentos de natureza basicamente óptica, não sendo relevantes as causas dos movimentos a serem analisados (DIAS, 2009). Para a análise cinemática serão utilizadas seis câmeras OptiTrack Prime 17W, 360Hz. O modelo de marcação utilizado será o proposto por Ferrigno et. al. (1994) (Figuras 2 e 3). Este modelo de representação do tronco consiste em quatro linhas

horizontais (2ª costela, processo xifóide, 10ª costela e linha transversal do abdômen) e quatro linhas verticais igualmente espaçadas (a partir da linha média entre a linha axilar anterior e a linha axilar média) seguindo uma grade simétrica quatro por quatro anterior e posterior. Este modelo divide o tronco em três compartimentos: tórax superior, tórax inferior e abdômen. 3.3. Variáveis Experimentais Os volumes de cada compartimento do tronco (Tórax superior e inferior, e abdômen) serão obtidos em função do tempo para cada voluntária em volume corrente e na manobra de capacidade vital, totalizando N curvas de volume contra tempo a serem analisadas. Para cada curva, serão calculadas as seguintes variáveis experimentais: coeficiente de variação da

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-900
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3899-2492 E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 2.587.545

curva de maneira a representar a variação relativa percentual do volume dos compartimentos ao longo do tempo, como

mostra a equação abaixo: $\text{Coefvariação} = \text{DP}/\text{média} * 100$ Para analisar a sincronia e a coordenação entre os compartimentos do tronco em volume corrente e na manobra de capacidade vital será calculado o coeficiente de correlação, dois-a-dois, entre os volumes parciais de todos os compartimentos (Tórax superior versus Tórax inferior, Tórax superior versus Abdômen e Tórax inferior versus Abdômen), como descrito por Silvatti

(2009). Os valores do coeficiente de correlação (r) podem variar de 1 à -1. Valores iguais ou próximos a 1 indicam alta correlação positiva, o que neste caso, significam sincronia na movimentação realizada pelos compartimentos do tronco. Valores iguais ou próximos a -1 indicam alta correlação negativa, o que significa assincronia na movimentação dos compartimentos do tronco.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Tendo em vista que não ocorreram alterações éticas no protocolo, não existe óbice para que o pedido de emenda seja acatado.

Recomendações:

Quando da coleta de dados, o TCLE deve ser elaborado em duas vias, rubricado em todas as suas páginas e assinado, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa ou responsável legal, bem como pelo pesquisador responsável, ou pessoa(s) por ele delegada(s), devendo todas as assinaturas constar na mesma folha.

Não é necessário apresentar os TCLEs assinados ao CEP/UFV. Uma via deve ser mantida em arquivo pelo pesquisador e a outra é do participante da pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

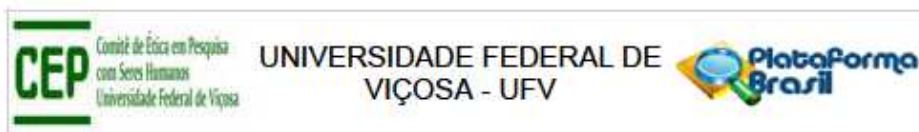
Emenda aprovada.

Considerações Finais a critério do CEP:

Emenda aprovada nos termos expostos pelo pesquisador.

Ao término da pesquisa é necessário apresentar, via notificação, o Relatório Final (modelo disponível no site www.cep.ufv.br). Após ser emitido o Parecer Consubstanciado de aprovação do Relatório Final, deve ser encaminhado, via notificação, o Comunicado de Término dos Estudos para o encerramento de todo o protocolo na Plataforma Brasil.

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-900
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3899-2492 E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 2.587.545

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_1096928_E1.pdf	20/03/2018 10:48:07		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_resp_geral.docx	20/03/2018 08:59:45	Isabella Martins Rodrigues	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_assentimento_menores_modificado.pdf	30/06/2016 16:08:13	Isabella Martins Rodrigues	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_assentimento_pais_modificado.pdf	30/06/2016 16:06:23	Isabella Martins Rodrigues	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	20/05/2016 18:27:41	Isabella Martins Rodrigues	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_resp.docx	21/10/2015 20:35:49	Isabella Martins Rodrigues	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VICOSA, 09 de Abril de 2018

Assinado por:
HELEN HERMANA MIRANDA HERMSDORFF
(Coordenador)

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-900
UF: MG Município: VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 E-mail: cep@ufv.br

**ANEXO IV – Aprovação do
Comitê de Ética de Pesquisa
em Seres Humanos II**

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: PRÁTICA DE EXERCÍCIOS FÍSICOS SISTEMATIZADOS PARA INDIVÍDUOS DE MEIA E TERCEIRA IDADE

Pesquisador: MIGUEL ARAUJO CARNEIRO JUNIOR

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 60303716.1.0000.5153

Instituição Proponente: Departamento de Educação Física

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.821.139

Apresentação do Projeto:

O presente protocolo foi enquadrado como pertencente à Área Temática: Ciências Biológicas e Ciências da Saúde

Conforme resumo apresentado no formulário online da Plataforma: O número de idosos vem aumentando cada vez mais na população mundial. Com isso, cada vez mais torna-se necessário atentar-se a práticas que possibilitem esses idosos preservarem sua saúde, autonomia e independência. Dentre essas que podem auxiliar num envelhecer de forma saudável, encontra-se a prática de exercícios físicos. Dessa forma este projeto tem como objetivo promover e avaliar os efeitos da prática de exercícios físicos sistematizados para indivíduos de meia e terceira idade. Será avaliado o efeito da prática de exercícios físicos a curto, médio e longo prazo sobre os seguintes parâmetros: biomecânica dos movimentos, aptidão físico-funcional, variáveis laboratoriais, composição corporal, qualidade de vida, capacidade cognitiva, comportamento sedentário, taxa metabólica basal e comportamento alimentar. Os sujeitos serão submetidos a um programa de treinamento multifuncional, e as variáveis acima citadas serão analisadas antes do início do programa de treinamento e serão reavaliados a cada doze semanas, totalizando três avaliações por ano. Esse estudo prevê a duração de dez anos para avaliar os efeitos da prática de

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes

Bairro: Campus Universitário

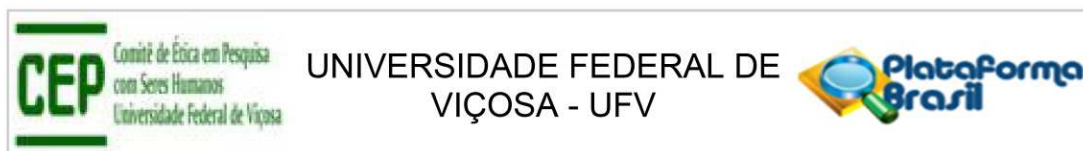
CEP: 36.570-900

UF: MG

Município: VICOSA

Telefone: (31)3899-2492

E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.821.139

exercícios físicos a longo prazo sobre a saúde dos indivíduos.

Objetivo da Pesquisa:

De acordo com os pesquisadores,

Objetivo primário: Promover e avaliar os efeitos da prática de exercícios físicos sistematizados para indivíduos de meia e terceira idade.

Objetivo secundário: Avaliar os efeitos da prática de exercícios físicos a curto e longo prazo sobre: • Análise biomecânica de movimentos; • Aptidão físico-funcional; • Variáveis Laboratoriais; • Composição corporal; • Qualidade de vida; • Capacidade cognitiva; • Comportamento sedentário; • Taxa metabólica basal; • Comportamento alimentar.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os pesquisadores apresentam no formulário online da Plataforma os seguintes Riscos: Os riscos referentes a esta pesquisa estão relacionados à prática de exercícios físicos, a remota ocorrência de tropeços ou quedas durante a realização dos testes. Porém é um risco muito pequeno já que os testes assemelham-se a atividades realizadas no dia-a-dia. Porém, caso ocorra

algum tipo de incidente, o indivíduo terá todo apoio necessário e será acompanhado(a) desde o início por um profissional da área. Em relação à coleta de sangue, os equipamentos e materiais usados para estes procedimentos serão estéreis e/ou descartáveis. O indivíduo não será submetido(a) a nenhum tipo de intervenção que possa causar danos à sua saúde, visto que as condutas adequadas a serem adotadas objetivam a promoção da mesma, são respaldadas na literatura científica, e serão monitoradas por profissionais competentes. A identidade do indivíduo será preservada. Para evitar qualquer desconforto durante a realização dos testes e das intervenções, os pesquisadores informarão ao voluntário (a) todas as etapas da pesquisa. A filmagem realizada será usada apenas para a pesquisa, sendo confidencial, somente os pesquisadores terão acesso a filmagem.

e os seguintes Benefícios: Além dos benefícios inerentes da prática de exercícios físicos o indivíduo conhecerá sua composição corporal, perfil lipídico, nível de aptidão físico-funcional, capacidade cognitiva, padrão de movimento de caminhada, saltos e outros movimentos, qualidade de vida, comportamento sedentário e comportamento alimentar. Estes dados permitirão saber em que condições de saúde o indivíduo se encontra.

Avaliação: Os riscos e os benefícios estão descritos de acordo com as recomendações sobre

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.821.139

pesquisas com seres humanos, baseados na Resolução 466/12 do CNS.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

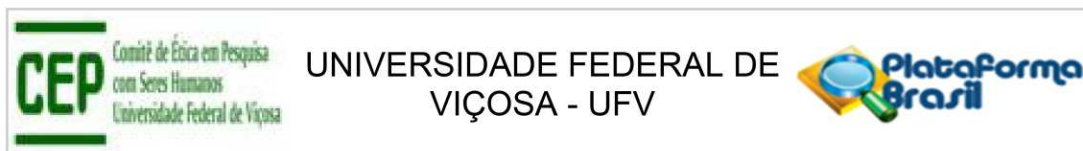
O presente estudo pretende promover e avaliar os efeitos da prática de exercícios físicos sistematizados para indivíduos de meia e terceira idade.

Para tanto, propõe-se a desenvolver um estudo com dois grupos de intervenção, um grupo composto por indivíduos de meia idade (40-59 anos) e outro grupo composto por indivíduos idosos (acima de 60 anos) em boas condições de saúde e aptas para a prática de atividades físicas, de acordo com atestado médico solicitado. Cada grupo será composto por até 80 indivíduos divididos em 2 turmas cada grupo. Todos os participantes deverão assinar o termo de consentimento livre e esclarecido, concordando em participar do estudo. Além disso, outros dois grupos serão formados para controle, compostos por 40 indivíduos de meia idade (40-59 anos) e 40 indivíduos idosos (acima de 60 anos). Estes grupos não irão participar do programa de intervenção e seguirão realizando suas atividades do dia-a-dia normalmente. Treinamento: as aulas serão realizadas com a regularidade de três vezes por semana e duração diária de cinquenta minutos. O treinamento será periodizado anualmente, seguindo os preceitos do treinamento esportivo. A dinâmica do treinamento se dará da seguinte forma: nos cinco minutos iniciais será realizado um aquecimento geral – no desenvolvimento da aula os participantes serão divididos em quatro grupos e serão posicionados em quatro estações (1-Força; 2-Aeróbico; 3- Equilíbrio e 4-Flexibilidade), os participantes irão trocando de estação a cada 8-10 minutos, até que passem por todas as quatro estações – na parte final será realizado cinco minutos de relaxamento, desta forma o treinamento terá duração de 50 minutos por sessão. Para controle de intensidade do treinamento será usada a escala de percepção subjetiva de esforço (Borg, 2000). A escala CR10 de Borg é uma escala numérica e visual, que classifica o esforço percebido em valores que vão de 0 (zero) a 10 (dez). Estes valores têm uma alta correlação com os valores da frequência cardíaca máxima, com as frequências de treinamento e com todo tipo de esforço. Local: as aulas serão ministradas no Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa. Serão analisados os seguintes parâmetros antes e após o período de intervenção: análise biomecânica de movimentos; aptidão físico-funcional; variáveis Laboratoriais; composição corporal; qualidade de vida; capacidade cognitiva; comportamento sedentário; taxa metabólica basal; comportamento alimentar.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os pesquisadores apresentaram os seguintes documentos:

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-900
UF: MG Município: VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.821.139

1- TCLE

2- Cartas de Autorização

Considerações sobre os documentos: Os documentos apresentados estão de acordo com as recomendações sobre pesquisas com seres humanos, baseados na Resolução 466/12 do CNS.

Recomendações:

Quando da coleta de dados, o TCLE deve ser elaborado em duas vias, rubricado em todas as suas páginas e assinado, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa, bem como pelo pesquisador responsável, ou pessoa(s) por ele delegada(s), devendo todas as assinaturas constar na mesma folha. Não é necessário apresentar os TCLEs assinados ao CEP/UFV. Uma via deve ser mantida em arquivo pelo pesquisador e a outra é do participante da pesquisa. Quando da coleta de dados, o TCLE deve ser elaborado em duas vias, rubricado em todas as suas páginas e assinado, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa ou responsável legal, bem como pelo pesquisador responsável, ou pessoa(s) por ele delegada(s), devendo todas as assinaturas constar na mesma folha.

Não é necessário apresentar os TCLEs assinados ao CEP/UFV. Uma via deve ser mantida em arquivo pelo pesquisador e a outra é do participante da pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto, o parecerista entende que o projeto está de acordo com as recomendações sobre pesquisas com seres humanos, baseados na Resolução 466/12 do CNS, e por isso recomenda a sua aprovação.

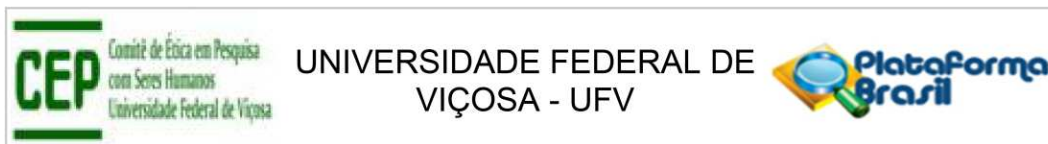
Considerações Finais a critério do CEP:

Após o término da pesquisa é necessário apresentar, via notificação, o Relatório Final (modelo disponível no site www.cep.ufv.br). Após ser emitido o Parecer Consubstanciado de aprovação do Relatório Final, deve ser encaminhado, via notificação, o Comunicado de Término dos Estudos para encerramento de todo o protocolo na Plataforma Brasil.

Projeto aprovado autorizando o início da coleta de dados com os seres humanos a partir da data de emissão deste parecer.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes	
Bairro: Campus Universitário	CEP: 36.570-900
UF: MG	Município: VICOSA
Telefone: (31)3899-2492	E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.821.139

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_794584.pdf	21/09/2016 09:20:43		Aceito
Folha de Rosto	Folha_Rosto_20_09.pdf	21/09/2016 09:20:01	MIGUEL ARAUJO CARNEIRO JUNIOR	Aceito
Outros	Anexo_04_assinado_LAPEH.pdf	19/09/2016 09:52:28	MIGUEL ARAUJO CARNEIRO JUNIOR	Aceito
Outros	Anexo_03_assinado_LAB.pdf	19/09/2016 09:51:51	MIGUEL ARAUJO CARNEIRO JUNIOR	Aceito
Outros	Anexo_02_assinado_DES.pdf	19/09/2016 09:51:22	MIGUEL ARAUJO CARNEIRO JUNIOR	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Anexo_01_TCLE.doc	19/09/2016 09:48:49	MIGUEL ARAUJO CARNEIRO JUNIOR	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Saude_Vida_Final.doc	19/09/2016 09:47:23	MIGUEL ARAUJO CARNEIRO JUNIOR	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VICOSA, 16 de Novembro de 2016

Assinado por:
HELEN HERMANA MIRANDA HERMSDORFF
(Coordenador)

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br

ANEXO V – Descrição do Treinamento Multicomponente

	Microciclos 1, 2, 7 e 8	Microciclos 3, 4, 9 e 10	Microciclos 5, 6, 11 e 12
Capacidade aeróbia	<i>Burpee</i> adaptado (agachamento seguido do salto), socos à frente e à cima, corrida/caminhada e polichinelo	Corrida estacionária, polichinelo, saltos na cama elástica, e corrida com revezamento (estafetas)	Polichinelo para frente, corrida em <i>zig-zag</i> , <i>step</i> e escada de agilidade
Força	Agachamento, abdominal supra, abdução de quadril e remada curvada	Extensão de tronco dinâmica, supino, abdominal <i>bike</i> e agachamento	<i>Good morning</i> (flexão de tronco com barra), remada curvada, rosca bíceps e agachamento
Equilíbrio	Prancha isométrica, marcha tandem (na linha), extensão de tronco isométrica e apoio unipodal	Agachamento isométrico, avião (flexão de ombro e extensão de joelho e quadril contralateral), banco sueco (caminhada) e <i>superman</i> (semelhante ao avião, executado ajoelhado)	Abdominal isométrico, avião dinâmico (flexão de ombro e extensão de joelho e quadril contralateral), apoio unipodal com olhos fechados e elevação pélvica
Flexibilidade	Sentar e alcançar os pés, flexão lateral de tronco, mobilidade de ombro com bastão, alcançar o pé no palco/banco	Alongamento para glúteos, elevação dos braços, flexão de ombro apoiado na barra, alcançar atrás das costas	Flexão lateral de tronco, avanço, alongamento para glúteos e sentar e alcançar

Fonte: adaptado de CALDAS (2018)

**ANEXO VI – Tabela de
produção científica durante o
mestrado**

Prêmios
Student Travel Grant - <i>35th International Conference on Biomechanics in Sports</i> . Alemanha. 2017.
Participação em eventos
Participação como congressista no XVII Congresso Brasileiro de Biomecânica. Porto Alegre, RS. 2017.
Participação como ouvinte do simpósio “IX SIMPAC”. UNIVIÇOSA. 2017.
Participação como congressista na <i>35th International Conference on Biomechanics in Sports</i> . Alemanha. 2017.
Participação como ouvinte do “I Congresso de Educação, Ciência e Tecnologia da Univiçosa”. União de Ensino Superior de Viçosa. 2018
Cursos ou palestras ministrados
Palestra “Efeitos do ballet na mecânica respiratória”. I Simpósio Internacional em Análises Biomecânicas e Fisiológicas da Atividade Física e do Esporte. Departamento de Esportes da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. 2018.
Palestra “Efeitos do ballet na mecânica respiratória”. I Simpósio Internacional em Análises Biomecânicas e Fisiológicas da Atividade Física e do Esporte. União de Ensino Superior de Viçosa. 2018.
PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA
Resumos em anais de congressos
RODRIGUES, I; CALDAS, L; BERNARDINA, G; SARRO, K; SILVATTI, A. Análise cinemática da mecânica respiratória em mulheres de meia idade. In: XVII Congresso Brasileiro de Biomecânica. Porto Alegre, 2017.
RODRIGUES, I; BERNARDINA, G; MASSARONI, C; SARRO, K; CHIAPETA, A; CERVERI, P; SILVATTI, A. Thoracoabdominal motion during different exercises of classical ballet: preliminary results. In: 35th International Conference on Biomechanics in Sports. Alemanha, 2017.
BERNARDINA, G; RODRIGUES, I; PINTO, H; MONNET T; CERVERI, P; SILVATTI, A. 3D reconstruction accuracy of two moving motion analysis systems: preliminar results. In: 35th Internarional Conference on Biomechanics in Sports. Alemanha, 2017.

SILVATTI, A; **RODRIGUES, I**; BERNARDINA, G; MASSARONI, C; CHIAPETA, A; PEREIRA, E; BARONI, G; CERVERI, P. Effect of a respiratory training in the thoracoabdominal motion pattern of dancers. In: 23rd annual Congress of the ECSS. Dublin, Irlanda, 2018.

LOPES, A; BERNARDINA, G; **RODRIGUES, I**; MASSARONI, C; SILVESTRI, S; CERVERI, P; LEITE, R; AMORIM, P; SILVATTI, A. Thoracoabdominal motion pattern at rest of road cyclists: preliminary results. In: 23rd annual Congress of the ECSS. Dublin, Irlanda, 2018.

LOPES, A; AMORIM, P; **RODRIGUES, I**; MASSARONI, C; SILVATTI, A. Thoracoabdominal breathing pattern during time trial of master road cyclists. In: XVIII Congresso Brasileiro de Biomecânica. Manaus, 2019.

Artigos completos publicados em periódicos

RODRIGUES, IM; BERNARDINA, G; SARRO, K; BARONI, G; CERVERI, P; SILVATTI, A. Thoracoabdominal breathing motion pattern and coordination of professional ballet dancers. *Sports Biomechanics*, v. 18, n. 1, p. 51-62, 2017. DOI: 10.1080/14763141.2017.1380223 (Qualis: A2)

Origem:

Trabalho originário do texto da dissertação

Trabalho originário de outras parcerias

Artigos completos submetidos à periódicos científicos

RODRIGUES, IM; PEREIRA, ET; LOPES, ALC; MASSARONI, C; BARONI, G; CERVERI, P; SILVESTRI, S; DICKINSON, J; SILVATTI, AP. Aging effects on breathing motion pattern and coordination at thoracoabdominal compartmental level. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. (Qualis: B1)

Origem:

Trabalho originário do texto da dissertação

Trabalho originário de outras parcerias

Resumo da produção durante o mestrado

Prêmios	01
Participação em Eventos	04
Cursos ou Palestras Ministrados	02
Resumos em Anais de Congressos	06
Artigos completos publicados em periódicos	01
Artigos submetidos à periódicos científicos	01