UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES
MARIA CAROLINA FERREIRA DE LIMA MAURO

QUANTIFICAÇÃO POR VIDEOGRAMETRIA DOS VOLUMES RESPIRATÓRIOS DE INDIVÍDUO PORTADOR DE DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA

Mogi das Cruzes, SP
2010

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES
MARIA CAROLINA FERREIRA DE LIMA MAURO

QUANTIFICAÇÃO POR VIDEOGRAMETRIA DOS VOLUMES RESPIRATÓRIOS DE INDIVÍDUO PORTADOR DE DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA

Dissertação apresentada ao programa de Pós Graduação da Universidade de Mogi das Cruzes, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Engenharia Biomédica.

Área de concentração: Processamento de sinais e imagens médicas.

Prof. Orientador : Dr. Luciano Allegretti Mercadante
Mogi das Cruzes, SP
2010

FINANCIAMENTO

C A P E S

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Mauro, Maria Carolina Ferreira de Lima

Quantificação por videogrametria dos volumes respiratórios de indivíduo portador de doença pulmonar obstrutiva crônica / Maria Carolina Ferreira de Lima Mauro. – 2010.

56 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Universidade de Mogi das Cruzes, 2009
Área de concentração: Processamento de Sinais e Imagens Médicas
Orientador: Profº Drº Luciano Allegretti Mercadante

1. Respiração 2. DPOC 3. Volume corrente 4. Capacidade vital 5. Videogrametria I. Mercadante, Luciano Allegretti

CDD 616.240757

UMC
universidade de mogi das cruzes

Tel.: (011) 4798-7000
Fax: (011) 4799-5233
http://www.umc.br

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

No dia 30/11/09 a candidata *Maria Carolina Ferreira de Lima Mauro*, após realizar os créditos exigidos, ser aprovada no exame de Proficiência em Inglês, e no exame de Qualificação, apresentou o trabalho "Quantificação por videogrametria dos volumes respiratórios de indivíduos portadores de doença pulmonar obstrutiva" para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Os membros da banca consideram a candidata:

	Conceito
Dr. Sérgio Santos Mühlen	APROVADA
Dr. Daniel Gustavo Goroso	Aprovada
Dr. Luciano Allegretti Mercadante	APROVADA

Prof. Dr. Sérgio Santos Mühlen
Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Daniel Gustavo Goroso
Universidade de Mogi das Cruzes

Prof. Dr. Luciano Allegretti Mercadante
Universidade Estadual de Campinas

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho
ao meu querido pai, que
hoje do céu me acompanha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me acompanha e me ilumina sempre.

Ao meu pai Alpheu, que sempre teve uma dedicação enorme a me incentivar a estudar e ir atrás dos meus objetivos, durante a realização deste projeto, partiu , deixando uma saudade enorme e inexplicável, e seu exemplo de garra, coragem e amor para enfrentar a vida. Meu herói, você faz muita falta!!

À minha querida mãe, Maria Aparecida, que foi essencial para a realização e continuação deste projeto, com sua paciência, seu carinho, seu amor incondicional de mãe e força nesta fase tão difícil que passamos, não sei como seria sem você, mãe te amo muito!!!

Às minhas irmãs: Maria Fernanda, Maria Cecília e Maria Ignácia pelo amor incomensurável, união, incentivo. Sem o apoio de vocês não teria conseguido chegar até aqui.

Ao meu tio Gentil, que sempre esteve presente. E a todos meus tios, tias, primas, primos, sobrinho e sobrinhas. Amo muito vocês. A família é a nossa base!!!

Ao meu namorado Murilo, que com todo seu amor e carinho me apoiou para a realização desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Luciano Allegretti Mercadante, que foi uma pessoa exemplar, agradeço todo o seu apoio, seu carinho e paciência, pelas dificuldades encontradas durante a realização deste projeto, muito obrigada, aprendi muito com você, você se tornou um grande amigo.

Aos meus amigos de laboratório, Jefferson Marques, Juliana Miranda e Gabriela Fernandez, que sempre estiveram dispostos a me ajudar, se tornaram grandes amigos na minha vida, obrigada pela paciência, tive um grande privilégio de conhecer vocês, é uma amizade que estará sempre presente em minha vida, e crescendo cada vez mais.

À Leandro Suzuki, um grande amigo desde a época de graduação, que me incentivou a iniciar o mestrado e me ajudou muito durante a pesquisa. Obrigada!

Aos companheiros do NPT, José Gustavo Padrão, Lyvyam Loss, Ivan Costa, Andréa Miranda, Luciane Bordini, Alessandro Silva, Hélio Martucci, Terigi Scardovelli, Dona Terezinha , Fabiane Silva, Jaqueline Botelho, Daniela Bittercourntti, Leonardo, Jéssica, Eduardo, Rico, Tatiane, Wholey.

As Profas. Dras. Sílvia Martini Rodrigues, Annie France Slaets, Márcia, aos Profs Drs.

Afonso, Irita, Flávio, Henrique, Fumagali.

Ao Prof. Dr. Jean Jacques Bonvent, Prof. Dr. Daniel Gustavo Goroso e Prof. Dr. Sérgio Muhler pelas colaborações de grande qualidade científica.

À Prof. Dra. Karine Sarro, Prof. Dr. Ricardo Barros, Juliana Paris que contribuíram na aprendizagem do método nesta pesquisa.

Aos voluntários que participaram da pesquisa.

Às minhas grandes amigas de Atibaia, que mesmo longe estavam sempre presentes, em especial, Ana Gabriela pelo apoio e carinho nas horas mais difíceis, as minhas amigas de Mogi das Cruzes, em especial Márcia, pelo carinho e por ter me acolhido novamente nesta cidade.

Aos funcionários da UMC e UNICAMP que contribuíram para realização deste trabalho.

E a todos que estiveram comigo durante esse tempo e que acreditaram na realização desse trabalho.

A dor é inevitável,

o sofrimento é opcional .

(Carlos Drummond de Andrade).

RESUMO

A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é causa importante de morbidade e mortalidade crônicas em todo mundo. É diagnosticada em qualquer paciente que apresente tosse, produção de expectoração ou dispnéia e/ou esteja exposto a fatores de risco da doença. O diagnóstico é confirmado por uma medida objetiva da limitação do fluxo aéreo, normalmente realizado pela espirometria. Neste trabalho analisamos os volumes totais e parciais do tronco em um indivíduo portador de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, com 75 anos de idade, do sexo masculino, com o diagnóstico de DPOC confirmado pela espirometria, e histórico de tabagismo de aproximadamente 50 anos, caracterizando um estudo de caso. A metodologia utilizada neste trabalho foi a videogrametria. Imagens dos marcadores esféricos não invasivos, fixados no tronco do sujeito em locais anatomicamente conhecidos e pré-determinados, durante as manobras respiratórias foram registradas por cinco câmeras digitais e processadas no sistema Dvideo®, fornecendo as coordenadas 3D de 30 marcadores fixados ao tronco, obtendo sua posição e orientação no espaço em função do tempo. O modelo da caixa torácica foi construído com oito divisões, cada uma delas representada por um dodecaedro irregular permitindo obter as curvas de volume em função do tempo cada um dos oito compartimentos do tronco, durante as manobras de volume corrente e capacidade vital. Os dados obtidos foram comparados com dados obtidos na literatura utilizando a mesma metodologia, aplicada a sujeitos normais e nadadores. Além dos volumes também foram calculados os coeficientes de correlação entre os compartimentos nas duas manobras respiratórias executadas. Os resultados mostraram um padrão respiratório do DPOC diferente dos nadadores e normais, confirmando quantitativamente as características principais do padrão respiratório do DPOC.

Palavras-chave: DPOC, Videogrametria, Respiração, Volume Corrente, Capacidade Vital.

ABSTRACT

The Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is an important cause of chronic morbidity and mortality worldwide. It is diagnosed in any patient with cough, sputum production or dyspnea and / or is exposed to risk factors of disease.The diagnosis is confirmed by on objective measurement of airflow limitation, usually perfomed by spirometry. This work has analysed the total and partial volumes of the trunk in an individual with chronic obstructive pulmonary disease, 75 years old male with a diagnosis of COPD confirmed by spirometry, and smoking history of approximately 50 years, featuring a study case. The methodology used in this work was the videogrametry. Imagens of spherical non- invasive markers, fixed on the subject trunk in anatomical known and predetermined sites, during the respiratory maneuvers were recorded for five digital cameras and processed in the system Dvideo®, providing the 3D coordinates of 30 markers attached to the trunk, getting its position and orientation in space as a function of time. The model of the rib cage was built with eight divisions, each represented by an irregular dodecahedron, which allows volume curves as a function of time for each of the eight compartments trunk during the shunting of tidal volume and vital capacity. The data obtained was compared with data obtained in the literature using the same methodology applied to normal subjects and swimmers. Besides the volumes were also calculated correlation coefficients between the two compartments in the respiratory maneuvers performed. The results showed a respiratory pattern of COPD different from swimmers and normal, confirming quantitatively the main features of the respiratory pattern of COPD.

Key words: COPD, Videogrametry, Breathing, Vital Capacity, Tidal Volume

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Gráfico do volumes e capacidades respiratórias (Silva *et al.*, 2005).....14

Figura 2: Método de diluição de hélio em circuito fechado (Barreto *et al.*, 2002) 22

Figura 3: Esquema utilizado por Kondo *et al.*(2002) para mensuração das distâncias da caixa torácica.....24

Figura 4: Imagens apresentadas para exemplificar a divisão dos fenótipos, tipo A (esquerda), tipo E (centro) e tipo M (direita) (Extraída de Fujimoto *et al.*, 2006).....25

Figura 5: Divisão dos 4 compartimentos do tronco (Figura extraída de Loula, 2005) 28

Figura 6: Posição das cincos câmeras ao redor do sujeito 29

Figura 7: Marcador retrorefletivo de 5mm de diâmetro.....30

Figura 8: Esquema do modelo de marcação utilizado, composto por 30 marcadores esféricos retroreflexivos fixados em referências anatômicas e geométricas (Extraída de SILVATTI, 2009).....31

Figura 9: Vista frontal das hastes para sistema de calibração 32

Figura 10: Sistema de referência usado para calibração 33

Figura 11: Modelo geométrico do tronco com 30 marcadores mostrando os 8 dodecaedros que definem cada um dos oito compartimentos da caixa torácica (Figura extraída de Loula *et al.*, 2004)..... 35

Figura 12: Modelo de um dodecaedro apresentando os vetores **u, v e w**, sendo **v** e **u** correspondente ao lado do tetraedro e **w** altura do tetraedro. Os vértices numerados representam os marcadores sobre o tronco (Figura extraída de Loula *et al.*, 2004)..... 36

Figura 13: Esquema do modelo geométrico do tronco com a divisão dos 8 compartimentos da caixa torácica (Extraída de Loula *et al.*, 2005). 36

Figura 14: Gráfico do volume total da caixa torácica em função do tempo durante a manobra de Volume Corrente (VC). 38

Figura 15: Gráfico do volume total da caixa torácica em função do tempo durante a manobra de Capacidade Vital (CV).....38

Figura 16: Gráfico dos volumes parciais em função do tempo dos quatro compartimentos citados do sujeito com DPOC, em manobra de VC. 40

Figura 17: Gráfico dos volumes parciais em função do tempo dos quatro compartimentos citados do sujeito com DPOC, em manobra de CV. 41

Figura 18: Gráfico dos resultados da variação relativa dos volumes parciais do tórax superior (azul), tórax inferior, abdômen superior e abdômen inferior em função do tempo apresentado por um dos voluntários do grupo do controle (a) e um do grupo de nadadores (c) em volume corrente (VC) e capacidade vital (CV). (Figura extraída de SILVATTI, 2009) 41

Figura 19: Gráfico dos volumes parciais direitos e esquerdos na manobra de VC do paciente portador de DPOC. 43

Figura 20: Gráfico dos volumes parciais direitos e esquerdos na manobra de CV do paciente portador de DPOC 43

Figura 21: Gráficos dos volumes parciais em função do tempo dos quatro compartimentos do Tórax do sujeito com DPOC, em manobra de VC (esquerda) e CV (direita) 44

Figura 22: Gráficos dos volumes parciais em função do tempo dos quatro compartimentos do abdômen do sujeito com DPOC, em manobra de VC (esquerda) e CV (direita) 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores do volume de gás trocado durante as 33 manobras em VC no paciente portador de DPOC 39

Tabela 2: Valores do volume trocado durante as 11 manobras em CV no paciente portador de DPOC.....39

Tabela 3: Valores do coeficiente de correlação do Txs versus Txi, Txs versus Abs,Txs versus Abi, Txi versus Abi e Abs versus Abi em volume corrente e capacidade vital para o paciente portador de DPOC 46

Tabela 4: Valores médios do coeficiente de correlação do Txs versus Txi, Txs versus Abs, Txs versus Abi, Txi versus Abi e Abs versus Abi em volume corrente e capacidade vital para o grupo de nadadores e grupo controle de Silvatti, 2009 46

Tabela 5: Valores médios do coeficiente de correlação entre os oito compartimentos, tórax superior direito (Txsd) e esquerdo (Txsd), tórax inferior direito (Txid) e esquerdo (Txie), abdômen superior direito (Absd), e esquerdo (Abse), e abdômen inferior direito (Abid) e esquerdo(Abie) em volume corrente para o paciente portador de DPOC 47

Tabela 6: Valores médios do coeficiente de correlação entre os oito compartimentos, tórax superior direito(Txsd) e esquerdo (Txsd), tórax inferior direito (Txid) e esquerdo (Txie), abdômen superior direito (Absd), e esquerdo (Abse), e abdômen inferior direito (Abid) e esquerdo(Abie) em capacidade vital para o paciente portador de DPOC 47

LISTA DE ABREVIATURAS

Abse - Abdômen superior esquerdo

Absd - Abdômen superior direito

Abid - Abdômen inferior direito

Abie - Abdômen inferior esquerdo

Abs - Abdômen superior

Abi - Abdômen inferior

AVI – *Audio Video Interleave*

CRF - Capacidade Residual Funcional

CV - Capacidade Vital

CPT - Capacidade Pulmonar Total

DLT - *Direct Linear Transformation*.

DPOC - Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

GC :Grupo Controle

GN :Grupo de Nadadores

mm- milimetros

Txs - Tórax superior

Txi - Tórax inferior

Txse - Tórax superior esquerdo

Txsd - Tórax superior direito

Txie - Tórax inferior esquerdo

Txid - Tórax inferior direito

VC - Volume Corrente

VRI - Volume Reserva Inspiratória

VRE – Volume Reserva Expiratória

3D – Tridimension

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....14
2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....18
3 OBJETIVOS.....20
2.1 OBJETIVO GERAL.....20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....20
4 ESTADO DA ARTE.....21
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....29
5.1 AMOSTRA.....29
5.2 AMBIENTE DE COLETA.....29
5.3 MATERIAIS.....30
5.4 REGISTRO DAS SEQÜÊNCIAS DE IMAGENS.....31
5.5 POSIÇÃO DOS MARCADORES.....31
5.6 SISTEMA DE CALIBRAÇÃO DAS CÂMERAS.....32
5.7 PROCEDIMENTOS.....33
5.8 MEDIÇÕES DAS COORDENADAS DE TELA E RECONSTRUÇÃO 3D DOS PONTOS DE INTERESSE.....34
5.9 TRATAMENTO DOS DADOS.....34
5.10 DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS.....34
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....38
7 CONCLUSÃO.....49
REFERÊNCIAS.....50
APÊNDICE.....54
ANEXO.....56

1 INTRODUÇÃO

A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é um estado de doença caracterizado pela limitação do fluxo aéreo, de caráter não totalmente reversível. Essa limitação de fluxo aéreo é geralmente progressiva e está associada a uma resposta inflamatória anormal dos pulmões às partículas ou gases nocivos (KHALTAEV *et al.*, 2002).

A DPOC é uma importante causa de morbidade e mortalidade em todo o mundo. A morbidade causada pela DPOC aumenta com a idade e é maior em homens do que em mulheres. A DPOC é atualmente a quarta causa principal de morte no mundo e, além disso, os aumentos na prevalência e mortalidade da doença podem ser previstos para as próximas décadas, em função, principalmente, do atual número de fumantes, pois o cigarro é o principal fator de risco desta doença. Nos EUA, por exemplo, as taxas de morte por DPOC são muito baixas entre indivíduos com menos de 45 anos, mas, a partir de então aumentam com a idade, ou seja, esses indivíduos com mais de 45 anos serão o foco principal. A prevalência da DPOC é mais alta em países onde o consumo de cigarros foi ou ainda é muito comum, ao passo que a prevalência é mais baixa em países onde o fumo é menos comum ou o consumo total de tabaco por indivíduos é baixo (KHALTAEV *et al*., 2002).

Em nosso país a DPOC atinge 5,5 milhões de brasileiros e é a quinta causa de morte. A cada ano 200 mil brasileiros são hospitalizados com a doença, o equivalente a três estádios de futebol de grande porte lotados, gerando um alto custo para o sistema de saúde. Em 2001, o Sistema Único de Saúde gastou R$ 100 milhões com internação de pacientes portadores de DPOC, verba que permitiria construir mil postos de saúde. Segundo a Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo a epidemia é global e preocupante, porque a DPOC exibe números crescentes, ao contrário de outras enfermidades crônicas. Hoje, existem cerca de 1,1 bilhões de fumantes, dos quais 80% vivem em países em desenvolvimento. No Brasil, são 32 milhões de tabagistas e 200 mil mortes por ano associadas ao fumo (HOJE, 2006).

A DPOC é diagnosticada quando se leva em consideração qualquer paciente com sintomas de tosse, produção de expectoração ou dispnéia e/ou uma história de exposição aos fatores de risco da doença. Sendo caracterizados alguns destes sintomas, é válido realizar o exame de função pulmonar, utilizando a espirometria para confirmação do diagnóstico (GOLD, 2002). A espirometria é uma prova funcional respiratória que mede os volumes de ar que entram e saem pelas vias áreas durante uma expiração máxima. É medido comumente neste exame o volume de ar expirado forçadamente a partir do ponto de inspiração máxima, denominado como Capacidade Vital Forçada (CVF) e o volume de ar expirado durante o

primeiro segundo dessa manobra, denominado como Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo (VEF_1). Para confirmação da DPOC o paciente deve apresentar VEF_1 < 80% do valor previsto após o uso de broncodilatador em combinação com a relação VEF_1/CVF < 70% (KHALTAEV *et al*., 2002). A CVF apresenta-se reduzida nos distúrbios restritivos e obstrutivos devido a redução da retração elástica pulmonar (SILVA *et al*,2005). Para calcular o valor previsto são utilizada tabelas de referência a partir da idade, sexo, massa, estatura e raça de cada sujeito. No Brasil são utilizadas duas tabelas propostas por Pereira *et al.* (1992), e Malozzi (1995). A figura 1 apresenta um gráfico do volume respiratório em função do tempo durante uma manobra de Capacidade Vital (CV), onde são descritos o Volume de Reserva Inspiratória (VRI), o Volume Corrente (VC), o Volume de Reserva Expiratório (VRE); o Volume Residual (VR), a Capacidade Pulmonar Total (CPT), e a Capacidade Residual Funcional.

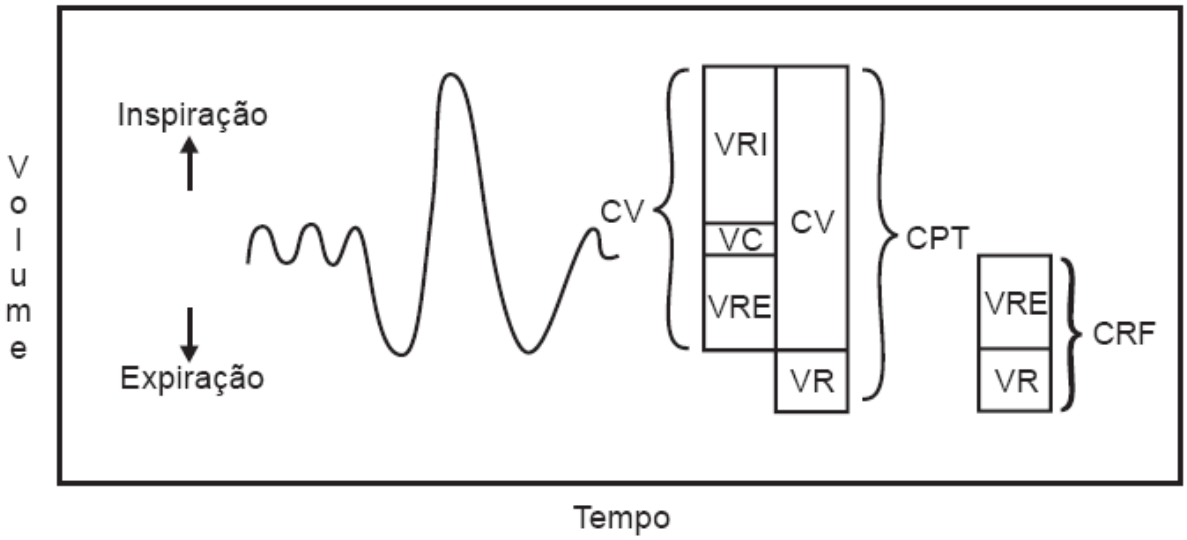

Figura 1: Gráfico do volume respiratório durante uma manobra de Capacidade Vital (CV), onde são descritos o Volume de Reserva Inspiratória (VRI), o Volume Corrente (VC), o Volume de Reserva Expiratório (VRE); o Volume Residual (VR), a Capacidade Pulmonar Total (CPT), e a Capacidade Residual Funcional. Fonte: (Silva, *et al*., 2005).

A ventilação é um ato dinâmico dependente da ação dos músculos respiratórios, principalmente do diafragma. A expansão e retração da caixa torácica causada pela movimentação coordenada das costelas, cartilagens costais e esterno, geram variações volumétricas, conseqüência da diferença entre as pressões internas e externas, fazendo com que o ar atmosférico entre e saia dos pulmões. Durante a respiração em repouso a parede do tórax do indivíduo normal expande sincronizada e coerentemente (DE TROYER, 1989).

Em contraste com os indivíduos normais, onde há um sincronismo da caixa torácica e abdômen durante a respiração total, os pacientes com DPOC apresentam uma respiração

paradoxal, onde a movimentação de um compartimento em relação ao outro é irregular, sugerindo uma disfunção muscular respiratória (TOBIN *et al*., 1983; ALIVERTI, *et al*., 2007). Muitos pacientes com DPOC apresentam a elevação do tórax causada por hiper-insuflação decorrente da atuação da musculatura acessória, que não é usada comumente pelos indivíduos normais. Estas características da respiração dos pacientes com DPOC são causadas pela alta resistência respiratória e, também, pelo diferente recrutamento muscular ventilatório (TOBIN *et al*., 1983). Segundo Costa (1999), o paciente com DPOC apresenta tórax em forma de tonel, caracterizado quando o eixo ântero-posterior da caixa torácica tornar-se igual ou maior que o eixo transversal. Com o avançar da idade é comum que o paciente DPOC adquira este formato de tórax, podendo evoluir, também para uma hipercifose torácica. Assim, o gradil costal perde sua movimentação normal porque as costelas estarão mais horizontalizadas e com espaços intercostais aumentados em relação aos indivíduos normais, conseqüentemente, isto agrava a mecânica ventilatória toracopulmonar, levando a uma movimentação do tórax em bloco, exigindo o uso da musculatura acessória.

Diferentes métodos podem ser utilizados para analisar a movimentação da caixa torácica e determinar variáveis ligadas ao padrão respiratório, que permitem verificar, ou não, estas alterações em portadores de DPOC. Alguns métodos utilizados, como radiografia, tomografia computadorizada, ressonância magnética, permitem obter variáveis apenas em situações estáticas, não sendo capazes de avaliar todo o ciclo respiratório. Outras metodologias como a magnetometria e a pletismografia respiratória por indutância permitem obter variáveis em função do tempo, porém, não têm capacidade de abranger toda a caixa torácica, focando somente uma pequena região (SARRO, 2003). Além disso, alguns métodos expõem o paciente à radiação sendo contra-indicados para mulheres grávidas, pacientes portadores de marcapasso, por exemplo. A espirometria é o método mais usado tanto para diagnosticar quanto para avaliar pacientes portadores de DPOC, quantificando o volume total de gás trocado pelo sujeito com o ambiente em diferentes manobras respiratórias. Como desvantagem, oferece resistência ao fluxo respiratório e é contra-indicado para crianças menores de cinco anos e para portadores patologias neuromusculares, por exemplo.

Uma descrição cinemática tridimensional de movimentos do tronco pode ser usada para o estudo dos movimentos respiratórios. Um método de descrição da movimentação da caixa torácica baseado em videogrametria foi proposto inicialmente por Loula *et al.,* (2004), permitindo obter o volume total de gás trocado e os volumes parciais de oito compartimentos do tronco durante as manobras de Volume Corrente (VC) e Capacidade Vital (CV). Utilizando o mesmo método, Silvatti *et al.* (2005) compararam os volumes totais e parciais

em função do tempo, durante as manobras CV e VC, de sujeitos normais e nadadores. Sarro *et al.* (2006) desenvolveram o modelo da caixa torácica usado nesta metodologia, descrevendo a movimentação das vértebras e costelas e também aplicando em sujeitos normais e nadadores. Este método permite avaliar as características cinemáticas da movimentação da caixa torácica de sujeitos portadores de DPOC, de forma não invasiva, sem oferecer resistência à respiração, podendo ser aplicada em sujeitos com patologias agudas.

Propomos aqui utilizar uma metodologia baseada na videogrametria para obtenção de variáveis da movimentação da caixa torácica de sujeito portador de DPOC (LOULA *et al.*, 2004; SILVATTI *et al.*, 2005; SARRO *et al.*, 2006), caracterizando um estudo de caso, também durante as manobras de Volume Corrente (VC), que é o volume de ar trocado num ciclo respiratório espontâneo, e de Capacidade Vital (CV), que é o volume de ar mobilizado entre uma inspiração e uma expiração máximas.

Esperamos apontar algumas diferenças no padrão respiratório do paciente DPOC e comparar com o padrão respiratório de sujeitos normais encontrados na literatura. São relatadas, também na literatura, diferenças no padrão respiratório do portador de DPOC, devido a hiperinsuflação pulmonar presente nesta doença, o que dificulta sua expiração e aprisiona ar nos pulmões, tendo, assim, uma baixa retração pulmonar e, conseqüentemente, tendo o tórax em forma de tonel. Devido está fisiologia respiratória apresentada pelos pacientes DPOC, a musculatura acessória da respiração é utilizada, podendo ficar encurtada e fadigada. Utilizando a metodologia aplicada por Loula et al., (2004), esperamos verificar sua sensibilidade quanto a identificar diferença dos compartimentos dos volumes pulmonares, podendo quantificar essa hiperinsuflação pulmonar e esta expiração abreviada apresentada por estes pacientes.

2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

A ventilação é um ato vital para nossas vidas, seu aspecto fisiológico e patológico é de extrema importância e vem sendo estudada cada vez mais. Muitos autores relatam o padrão respiratório do paciente DPOC, mas não quantificam este padrão durante a respiração. Assim, esse trabalho aplica a metodologia para descrição do movimento da caixa torácica por videogrametria (LOULA *et al.*, 2004; SARRO *et al.*, 2006), em um portador de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, DPOC. Será possível verificar: a sensibilidade da metodologia na comparação entre os volumes trocados pelos compartimentos do pulmão; diferenças no padrão respiratório em manobra corrente e capacidade vital; comparar dados com sujeitos normais e nadadores, obtidos pela mesma metodologia.

As vantagens desta metodologia em relação aos diferentes métodos encontrados na literatura são: a facilidade e custos dos procedimentos de marcação do sujeito; a não utilização de dispositivos invasivos; a utilização de câmeras de vídeos digitais comuns para obtenção das seqüências de imagens; e a flexibilidade, disponibilidade e custo do Sistema Dvideo® (FIGUEROA *et al.*, 2003), desenvolvido pelo Laboratório de Instrumentação em Biomecânica (FEF-UNICAMP), pois é um sistema não comercial, acadêmico, permitindo quantificar, interferir e compreender as considerações realizadas. Neste sentido, entende-se que essa metodologia é passível de utilização futura em ambulatórios de fisioterapia, a fim de quantificar variáveis que possibilitem auxiliar no diagnóstico e como um exame para uma avaliação funcional seqüencial possibilitando informar o curso da doença e os períodos agudos da mesma, para pacientes traqueostomizados, dependentes de oxigenoterapia domiciliar, internados, sem crise respiratória, por exemplo, pois teremos dados minuciosos e fidedignos da mecânica respiratória e no acompanhamento do tratamento dos pacientes.

Este método pode ser muito importante para uma avaliação individualizada dos pacientes, por quantificar os volumes parciais de 8 compartimentos, permitindo comparar pulmão esquerdo e pulmão direito do paciente, analisar a troca gasosa somente da região do tórax superior direito, por exemplo. Permitirá, também, observar a sincronia ou assincronia respiratória, nas manobras de capacidade vital (onde é exigido um esforço respiratório maior) e na manobra de volume corrente (troca gasosa normal, não forçada), apontando mudanças no padrão respiratório do DPOC.

Como o sistema concentra esses recursos no ambiente computacional, a sua aplicação em um novo contexto ou aplicação torna-se, principalmente, um problema de formulação e

implementação do algoritmo correto, e de automação visando menor tempo nas medições. Problemas aparentemente distintos têm sidos tratados com sucesso a partir do mesmo ambiente computacional, como por exemplo: análise da marcha, análise de movimentos do tórax durante a respiração ou mesmo trajetórias de bolas de vôlei sacadas durante uma partida. Assim, esse sistema mostrou-se adequado para ser aplicado em diferentes áreas do estudo da biomecânica.

Como o sistema concentra esses recursos no ambiente computacional, a sua aplicação em um novo contexto ou aplicação torna-se, principalmente, um problema de formulação e implementação do algoritmo correto. Problemas aparentemente distintos têm sidos tratados com sucesso a partir do mesmo ambiente computacional, como por exemplo: análise da marcha, análise de movimentos do tórax durante a respiração ou mesmo trajetórias de bolas de vôlei sacadas durante uma partida. Assim, esse sistema mostrou-se adequado para ser aplicado em diferentes áreas do estudo da biomecânica.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a sensibilidade do método de descrição por videogrametria da movimentação da caixa torácica de portador de DPOC durante as manobras de volume corrente e capacidade vital.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1- Comparar o volume total da caixa torácica em função do tempo entre as manobras de volume corrente e capacidade vital do paciente portador DPOC.

2- Comparar os volumes totais médios trocados durante os ciclos realizados nas manobras de volume corrente e capacidade vital, do paciente portador DPOC e de sujeitos normais encontrados na literatura.

3- Comparar os volumes parciais em função do tempo do tórax superior e inferior e abdômen superior e inferior do portador de DPOC com sujeitos normais e nadadores encontrados na literatura.

4- Verificar as possíveis assimetrias pelos volumes parciais entre os compartimentos tórax superior e inferior e abdômen superior e inferior, direitos e esquerdos, do portador de DPOC.

4 ESTADO DA ARTE

São encontrados na literatura métodos de medição direta do volume de gás trocado e de medição da movimentação da caixa torácica e/ou do tronco durante a respiração. Em ambos os casos pode-se verificar uma evolução tecnológica das duas classes de métodos, e uma evolução do modelo utilizado nos métodos de medição da movimentação da caixa torácica e/ou tronco. A movimentação da caixa torácica é realizada utilizando modelos que quantificam apenas regiões ligadas ao volume de gás trocado, enquanto a movimentação do tronco inclui a descrição 3D da movimentação das costelas e das vértebras. Este capítulo mostra uma evolução dos métodos utilizados, principalmente em função de novas tecnologias, e uma evolução dos modelos cada vez mais precisos.

Entre os métodos de medição do volume de gás trocado estão a espirometria e a plestimografia. Para mensuração dos volumes pulmonares, o método pletismográfico de corpo inteiro é considerado um dos melhores devido a sua precisão, rapidez, reprodutibilidade e capacidade de avaliação de todo o volume pulmonar, mesmo em pacientes com aprisionamento de ar. A pletismografia, baseada na lei de Boyle, mais especificamente na relação de proporcionalidade inversa entre pressão e volume, apresenta algumas desvantagens. Por exemplo, ao medir todo o gás que se encontra no tórax pode medir o ar do esôfago, tendo o resultado de volume que corresponde mais o ar torácico do que da Capacidade Residual Funcional (CRF). Os pletismógrafos de corpo inteiro medem o volume de ar pulmonar, durante manobras respiratórias, pelo registro de câmbios de pressão, de volume ou de fluxo. Nos pletismógrafos de pressão, o que são mais usados, o volume é constante e a pressão variável, a variação do volume é determinada por transdutores de pressão (BARRETO *et al.*, 2002).

Barreto *et al.* (2002) também descrevem o método de diluição de hélio em circuito fechado para mensurar múltiplas respirações. Neste método usa-se o hélio que é um gás insolúvel no sangue, impedindo o seu extravasamento dos alvéolos para corrente sanguínea. Desta forma, um espirômetro volumétrico e o pulmão, devidamente conectados e isolados, atuam como um sistema fechado. O sistema utiliza também um analisador de hélio, um circuito respiratório com válvula unidirecional e absorvedor de gás carbônico, um dispositivo que injeta oxigênio e uma válvula junto a peça bocal, para conectar o paciente ao sistema fechado depois de adicionar hélio ao sistema. Os valores do volume corrente e a curva de concentração de hélio são registrados e apresentados graficamente em um computador. O indivíduo respira espontaneamente, realizando o volume corrente e, num momento de

expiração em repouso, ao nível da Capacidade Residual Funcional (CRF), abre-se uma válvula que faz o paciente passar a respirar no sistema fechado. Com o paciente respirando no sistema, o hélio vai passando para o pulmão, tendo assim uma queda no registro de sua concentração no sistema, até haver um equilíbrio do hélio do sistema e do pulmão. Quando a concentração de hélio não muda mais que 0,02% em 30 segundos, quer dizer que o sistema e o pulmão equilibraram-se.

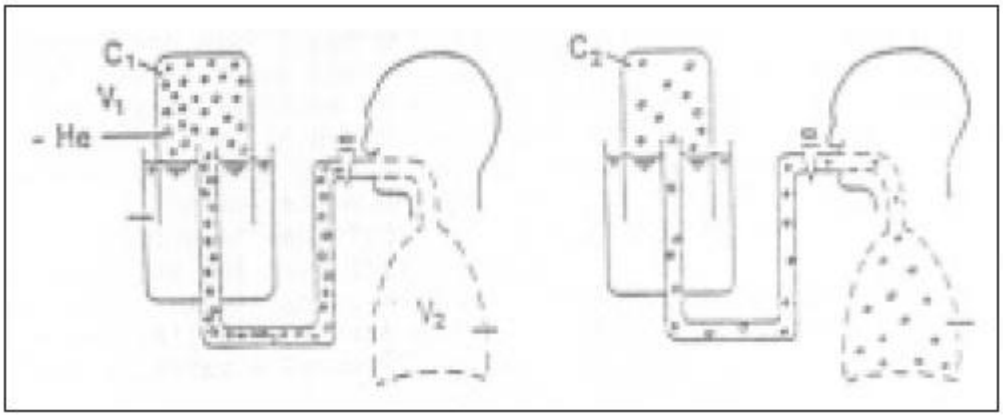

Figura 2: Método de diluição de hélio em circuito fechado, C_1= concentração do hélio no espirômetro, C_2=concentração de hélio no sistema espirômetro-pulmão $V_{1=}$ volume do espirômetro, V_2= volume do pulmão (CRF) + volume do espirômetro. Fonte: (Barreto *et al.*, 2002).

Barreto *et al*, (2002) citam algumas desvantagens na utilização deste método, como: a possível a absorção de 100 ml de hélio pela corrente sanguínea quando se usa o sistema com 6 a 8 litros, podendo ter um leve aumento no resultado da CRF; em indivíduos com enfisema bolhoso, o hélio pode não penetrar nestas bolhas, subestimando a CRF; em pacientes com alçaponamento de ar o equilíbrio do hélio no pulmão pode ser mais demorado; não é possível analisar compartimentos da caixa torácica separadamente, o que é possível pelos métodos de descrição da movimentação da caixa torácica, caso seja usado um modelo apropriado. É recomendado que este teste seja repetido pelo menos duas vezes para se obter maior confiabilidade, e com intervalos maiores que cinco minutos.

O primeiro método utilizado para a análise da movimentação da caixa torácica durante a respiração foi proposto por Konno e Mead (1967), com o uso de magnetômetros, definindo um modelo da caixa torácica por quatro pontos apenas. O objetivo foi medir em uma superfície corporal a intensidade do campo magnético gerado na superfície oposta. Assim, dois pares de sensores foram posicionados com o eixo por eles formado dentro do plano horizontal, formando ângulo reto com o plano sagital, na linha média ao nível dos mamilos e na cicatriz umbilical, de forma que os eixos dos dois conjuntos mantinham-se paralelos. Os sinais de saída dos canais são somados e seus ganhos relativos são ajustados de maneira que, em volume pulmonar constante, a soma destes sinais é constante. Neste trabalho o indivíduo

realizou uma inspiração máxima e, com a glote fechada, move um volume pulmonar constante entre a caixa torácica e o abdômen. Em volume pulmonar constante, qualquer mudança de volume da caixa torácica deve ser igual e oposta àquela do abdômen. A calibração deste método foi feita relacionando a soma do sinal de saída a mudanças de volume conhecidas através do uso de um espirômetro.

Kondo *et al*, (2000) realizaram um estudo com o objetivo de analisar os movimentos respiratórios relacionados da parede torácica por um método não invasivo utilizando imagens de ressonância magnética (RM). O sujeito era colocado diante do aparelho de RM na posição supina e em sua face era colocada uma máscara conectada a um pneumotacógrafo e a um aparelho de Ventilação por Pressão Positiva Contínua (CPAP). A calibração era realizada pelo próprio ventilador mecânico. Foram utilizadas 30 imagens seqüenciais nos planos sagital, frontal e transversal, obtidas em nove sujeitos saudáveis jovens durante respiração tranqüila (RT) e respiração máxima profunda (RMP). Depois de feitas as imagens, estas eram enviadas a um computador, utilizando um software onde o contorno da parede torácica é automaticamente determinado, e são obtidas as medidas dos diâmetros ântero-posteriores e transversais e das áreas das secções transversais. A movimentação diafragmática é obtida a partir das distâncias entre a linha desenhada do ápice pulmonar até a margem costal anterior, o nível da bifurcação da traquéia e até a margem costal posterior. Esses dados foram comparados com as variações do volume e fluxo obtidas pelo pneumotacógrafo. Os autores concluíram que o estudo dinâmico por RM com mensuração do volume corrente é um método simples e confiável para avaliação do movimento da parede torácica local. Porém, tem um custo muito elevado e o tempo de escaneamento das imagens é longo, apenas permite coletas na posição deitada, sendo contra indicado para gestantes, cardiopatas portadores de marca-passo, ou indivíduos que possuem qualquer outro tipo de implante metálico. (SARRO, 2003).

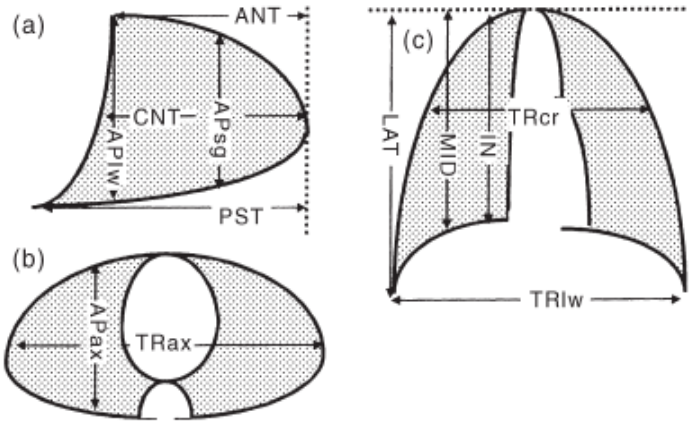

Figura 3: Esquema utilizado por Kondo *et al.* (2000), para mensuração das distâncias da caixa torácica.
Análise da imagem de ressonância magnética da parede do tórax. (a) Distância do ápice do tórax e do diafragma na margem anterior da parede do tórax(ANT) e o nível da bifurcação traqueal (CNT) e a margem posterior do tórax (PST).Diâmetro torácico ântero-posterior a bifurcação traqueal (Apsg) e boundary anterior da caixa torácica. (b) Diâmetro antero posterior direito da linha média clavicular (APax) e o diâmetro transversal da bifurcação da traquéia (TRax).(c) Distância do ápice do tórax e do diafragma na margem lateral da parede do tórax(LAT), direita da linha média clavicular (MID), margem do mediastino (IN). Diâmetro transversal do nível da bifurcação traqueal(TRcr) e o ângulo costofrênico (TRlw). Fonte: (Kondo *et al*.,2000).

Alivert *et al.*, (2003) realizaram a mensuração dos movimentos axiais da caixa torácica durante a respiração por ultrasonografia, e verificaram os deslocamentos de volumes entre os compartimentos da parede torácica pela pletismografia, em quatro homens normais durante a respiração normal e incrementado por exercícios sem e com limitação do fluxo expiratório. Pontos na área cefálica da borda oposta foram digitalizados para cada imagem e mapeados em um espaço tridimensional, e a distância axial do plano transverso que passa pelo processo xifóide foi mensurada simultaneamente com os volumes.

A tomografia computadorizada de alta resolução também pode ser utilizada a fim de verificar as características clínicas dos pacientes, como no caso da DPOC. Em um estudo apresentado por Fujimoto *et al.* (2006), os pacientes com essa patologia foram classificados em fenótipos de acordo com a dominância de enfisema e bronquite crônica. Embora o enfisema seja diagnosticado baseado em características morfológicas e patológicas, a bronquite crônica é diagnosticada através das características sintomáticas como tosse e expectoração, porém, a DPOC muitas vezes não pode ser definida separadamente uma da outra, ou seja, pode apresentar os dois fenótipos associados (KHALTAEV *et al*., 2002). Neste estudo de Fujimoto *et al.* (2006), foram avaliados no total de 172 pacientes com DPOC com valor de FEV_1 menor que 80%, no estágio moderado da doença. Os pacientes foram classificados como sendo do fenótipo A, onde não existia área de enfisema, ou havia uma pequena área de enfisema, com ou sem espessamento dos brônquios; do fenótipo E, onde a área de enfisema não apresenta espessamento dos brônquios; e do fenótipo M, que apresentavam área de enfisema com espessamento dos brônquios (Figura 4). Como resultados obtiveram que 39 pacientes com características do fenótipo A (22,7%), 44 pacientes classificados como fenótipo M (25,6%), e 89 pacientes classificados como fenótipo E (51,7%).

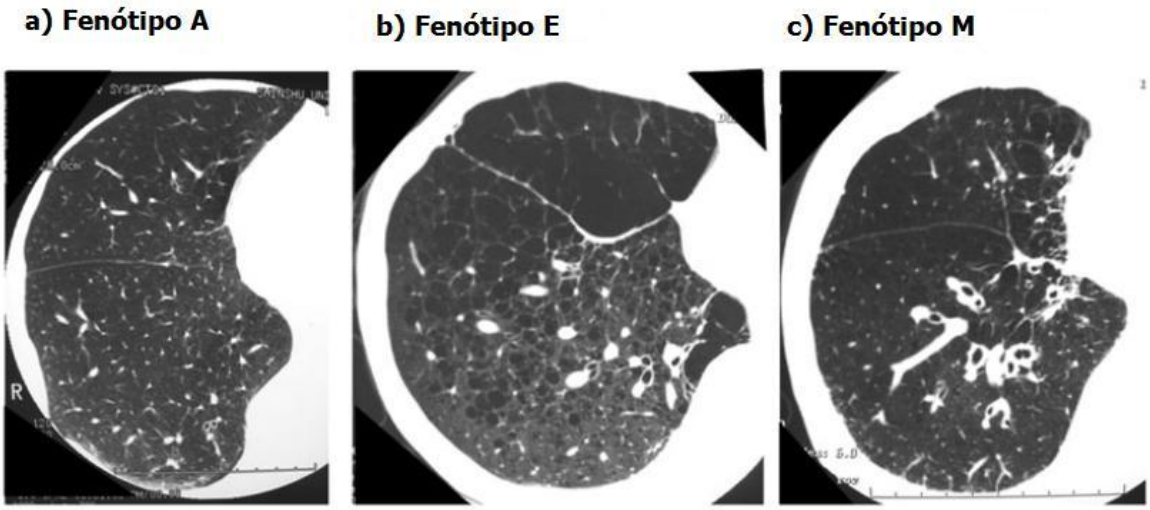

Figura 4: Imagens apresentadas para exemplificar a divisão dos fenótipos, tipo A (esquerda), tipo E (centro) e tipo M (direita) .Fonte: (Fujimoto *et al.*, 2006).

A DPOC também foi tema de um estudo realizado por Kurashima *et al.* (2005), que utilizou a tomografia computadorizada de alta resolução para auxiliar no diagnóstico da DPOC. Foram investigados 516 sujeitos com FEV/FVC menor do que 70% após a inalação de bronco dilatador. A tomografia computadorizada foi realizada em todos os sujeitos e o diagnóstico final foi feito após apenas três meses de tratamento. A tomografia era avaliada por dois pneumologistas, observando se as imagens apresentavam presença de enfisema ou aumento da espessura dos brônquios. O diagnóstico era feito quanto a presença de dilatação, dispersão e baixa atenuação nas aéreas do parênquima pulmonar em ambos os pulmões. O diagnóstico da DPOC era baseado na história de exposição do fator de risco da doença, presença da obstrução das vias aéreas confirmado após o uso do broncodilatador $FEV_1 < 80\%$ do valor previsto e a correlação de FEV_1 /FVC < 70%. Os resultados mostraram que entre os 516 sujeitos da pesquisa, 280 sujeitos foram classificados com o diagnóstico de DPOC (54,3%), e os outros sujeitos foram classificados com diagnósticos de asma, bronquiectasia, bronquiolite obliterante, tuberculose, pneumoconiose dentre outras doenças pulmonares.

No trabalho realizado por Ohara *et al.* (2006) a tomografia computadorizada foi utilizada inicialmente com o objetivo de comparar as dimensões das vias áreas no segmento basal dos brônquios entre pacientes com DPOC e grupo controle saudável. O segundo e terceiro objetivo foram de comparar as dimensões das vias áreas em duas localidades anatômicas e investigar a relação entre as medidas da tomografia computadorizada e a função pulmonar entre os pacientes com DPOC. O teste de função pulmonar foi realizado usando o método de diluição de hélio. Trinta homens com DPOC e 18 homens saudáveis foram

voluntários no estudo. Cada sujeito fez o teste de função pulmonar e tomografia posterior, anterior e lateral do segmento basal dos brônquios, exames estes que foram analisados por dois pneumologistas. Não houve diferença significativa quanto à idade, ao tempo de tabagismo e à altura, entre os pacientes com DPOC e os sujeitos saudáveis. Já os resultados da proporção da espessura total do diâmetro das vias aéreas em pacientes com DPOC foi mais acentuado se comparado com o grupo controle, mas não houve diferenças quanto ao diâmetro das localidades anatômicas usadas no modelo.

Sarro (2003) propôs metodologia para descrever os movimentos da caixa torácica, modelando-a como um sistema de corpos rígidos articulados, utilizando 36 marcadores posicionados sobre regiões anatômicas conhecidas, a partir das coordenadas espaciais destes marcadores em função do tempo. Cada um dos 36 marcadores esféricos retrorefletivos mediam 5mm de diâmetro, e foram posicionados nas seguintes referências anatômicas: processo espinhoso da primeira à décima vértebra torácica, extremidade lateral da primeira à décima costela direita e esquerda, e seis pontos no esterno, no nível correspondente às primeiras seis cartilagens costais. Para registro das imagens foram utilizadas cinco câmeras de vídeo digitais e o Sistema Dvideo® para obter as coordenadas tridimensionais dos marcadores passivos a partir das imagens obtidas pelas câmeras. Foram estudados dez voluntários, sendo seis do sexo masculino e quatro do sexo feminino, não fumantes e sem história de patologias do sistema respiratório ou neuromuscular, aleatoriamente selecionados. O procedimento experimental consistiu no registro em vídeo de duas manobras respiratórias distintas realizadas, denominadas volume corrente e capacidade vital. Os resultados do trabalho de Sarro (2003) mostraram que no nível da primeira costela foram encontradas as menores distâncias ântero-posteriores e transversais médias da caixa torácica. O coeficiente de variação das distâncias ântero-posteriores foi significativamente maior nas costelas oito, nove e dez durante a respiração em capacidade vital, enquanto uma maior variação da distância transversal nas costelas oito e nove durante a respiração em volume corrente.

Usando o mesmo método, Sarro *et al*., (2008) avaliaram um grupo de 15 nadadores do sexo masculino comparados com 15 indivíduos saudáveis não atletas. Os nadadores selecionados competiam a mais de três anos, treinavam três vezes por semana ou nadando 30.000 metros por mês, e participaram de competições regionais ou nacionais, com idade média de 20 anos. Os indivíduos saudáveis eram livres de doenças cardiopulmonares e posturais com idade média de 22 anos. Foram colocados 53 marcadores esféricos retrorefletivos com 5 mm de diâmetro no tronco dos sujeitos, e obtidas as coordenadas tridimensionais dos marcadores utilizando o sistema de análise cinemática Dvideo®, com seis

câmeras digitais. A partir das coordenadas 3D dos marcadores foram calculados os volumes de gás trocado na respiração pela variação do volume da caixa torácica, dividida em tórax superior e inferior, direito e esquerdo, e abdômen superior e inferior, direito e esquerdo, e o ângulo de rotação de cada par de costelas, sendo da segunda à décima costela. Os resultados mostraram uma correlação melhor entre os compartimentos nos nadadores, considerando a região abdominal, devido à ação dos músculos do diafragma e do abdômen, dada a prática do esporte.

Silvatti (2009), em seu estudo utilizou 30 voluntários, 15 nadadores e 15 não nadadores, utilizando o método proposto por Sarro (2003), de descrição da movimentação da caixa torácica por videogrametria. Os voluntários foram posicionados sentados, com seis câmeras ao seu redor, sendo, três na frente do sujeito e três atrás. Tiveram como objetivo analisar a variação relativa do volume de cada compartimento do tronco na manobra respiratória da capacidade vital e volume corrente, em dois grupos, sendo um grupo de nadadores e outro grupo de não nadadores, verificando a coordenação entre os compartimentos do tronco de ambos os grupos e em ambas as manobras respiratórias. Também analisaram a relação entre a variação relativa de volume de cada compartimento do tronco do grupo de nadadores e os anos de treinamento.

Outro modelo da caixa torácica foi definido por Loula (2005) utilizando 30 marcadores, e foi utilizado para a descrição da movimentação da caixa torácica, dividindo o tronco em: tórax superior (TX-S) tendo como limites superiores os acrômios e inferiores as sétimas costelas de ambos os lados; tórax inferior (TX-I), definido pelos limites superiores da sétima costela até a décima costela de ambos os lados como limites inferiores; o abdômen superior (AB-S), definido entre a décima costela como limite superior e no ponto de encontro do plano que passa por L4 com a linha axilar anterior como limites inferiores; e abdômen inferior (AB-I) com limites superiores nos pontos de encontro do plano que passa por L4 com a linha axilar anterior e limites inferiores nos pontos de encontro do plano que passa por L5 com a linha axilar anterior. A Figura 5, a seguir, mostra um esquema representativo da divisão de compartimentos proposta por Loula, (2005).

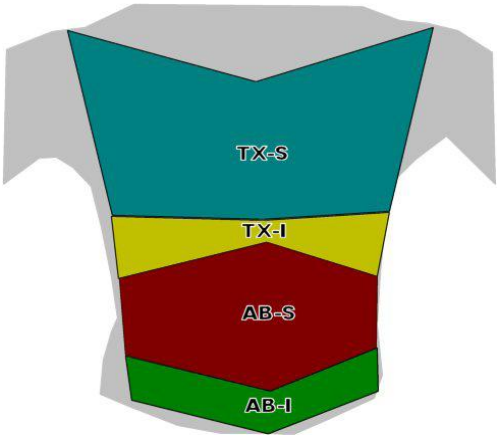

Figura 5: Compartimentos do tronco: TX-S corresponde ao tórax superior , TX-I ao tórax inferior, AB-S ao abdômen superior e AB-I ao abdômen inferior. Fonte: (LOULA, 2005).

Neste trabalho Loula *et al.* (2004) realizaram a validação do método por videogrametria utilizando a espirometria, em um voluntário do sexo masculino que durante a coleta permaneceu sentado, no centro do laboratório, com o tórax livre, e com os marcadores fixados, com as narinas fechadas, e em sua boca foi acoplado um bocal para obtenção dos dados espirométricos nas manobras de volume corrente e volume máximo. Loula *et al.*, (2004), comparando os dois métodos, observaram que os sinais de volume obtidos na videogrametria estão em concordância de fase com os sinais obtidos com a espirometria, embora os valores de volume total encontrados na espirometria foram maiores do que os valores encontrados na videogrametria. A fim de verificar o reposicionamento dos marcadores foram realizadas medidas sucessivas do volume do tronco após este ser desmarcado e remarcado, tendo como resultado uma variabilidade pequena em relação ao volume total do tronco. Depois dos dois experimentos realizados para validação do método, foram selecionados 13 indivíduos, sendo seis do sexo feminino e sete do sexo masculino. Analisaram as curvas do volume de ar trocado no tronco dividido em 4 compartimentos durante as manobras de volume corrente e capacidade vital.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 AMOSTRA

Foi selecionado um paciente do ambulatório de fisioterapia da Faculdade do Clube Náutico Mogiano, portador de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), com distúrbio ventilatório obstrutivo severo e com capacidade vital diminuída, do sexo masculino, 75 anos de idade. O paciente não tinha histórico de doenças cardíacas, doenças neuromusculares, ou crises respiratórias freqüentes.

Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade de Mogi das Cruzes, sob número CAAE – 0134.0.237.000-8 (anexo A). Antes da sessão de filmagem, o paciente assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (apêndice A).

5.2 AMBIENTE DE COLETA

A coleta foi realizada na sala de pesquisa da Universidade de Mogi das Cruzes. O ambiente contava com uma cadeira no centro da sala, cinco câmeras dispostas ao redor do sujeito**,** conforme Figura 6, de maneira a permitir o melhor enquadramento da área de interesse pelas câmeras. Para aumentar o contraste dos marcadores com o ambiente, as janelas da sala foram cobertas por um pano preto**.**

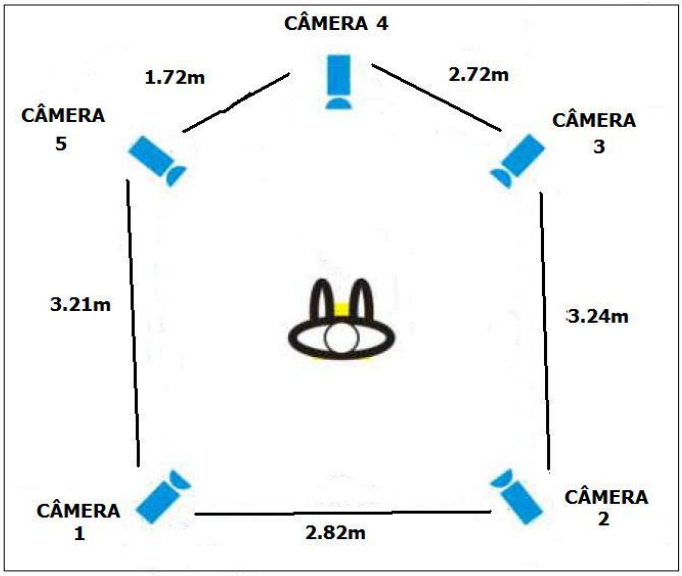

Figura 6: Posição das cinco câmeras ao redor ao sujeito.

5.3 MATERIAIS

Sistema de obtenção de dados cinemáticos

Para análise dos movimentos da caixa torácica foi usado o Sistema Dvideo® – *Digital Vídeo for Biomechanics for Windows 32 bits* (BARROS *et al.*, 1999; FIGUEROA *et al.*, 2003), que fornece as coordenadas tridimensionais de marcadores passivos associados aos pontos de interesse, a partir de seqüências de imagens adquiridas por câmeras de vídeo digital. Foram utilizadas cinco câmeras, posicionadas três à frente do paciente e duas atrás, com freqüência de amostragem igual a 60Hz. Sendo duas câmeras de vídeos digitais da marca Panasonic® (modelo PV-GS15LB-S) e outras três câmeras marca JVC® (modelo GR-DVL9500), cinco tripés, e cinco iluminadores posicionados acima de cada câmera. Uma lanterna foi utilizada para fornecer um sinal luminoso, registrado simultaneamente nas diferentes câmeras, permitindo realizar a correspondência entre os frames.

Os marcadores associados a cada um dos pontos de interesse no tronco do sujeito foram confeccionados a partir de esferas plásticas de aproximadamente 5mm de diâmetro, revestidas com fita retrorefletiva e fixadas sobre uma base plástica flexível recoberta por tecido preto, e fixados no sujeito por uma fita dupla face. (Figura 7).

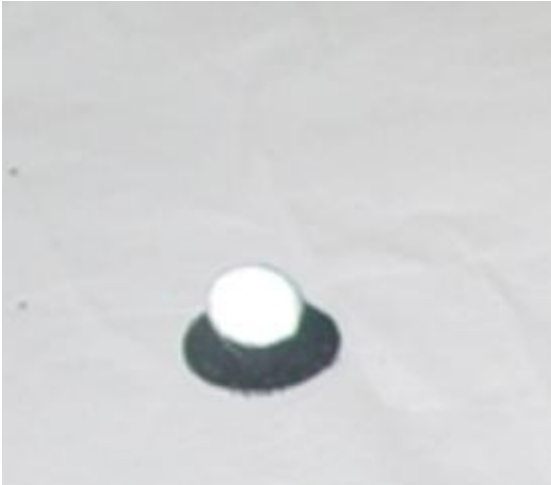

Figura 7: Marcador retrorefletivo de 5mm de diâmetro.

5.4 REGISTRO DAS SEQÜÊNCIAS DE IMAGENS

O registro das seqüências de imagens de cada câmera foi feito em fita mini DV a 30Hz, no formato AVI e transferidas para o computador. Posteriormente foi feito o desentrelaçamento das linhas pares e ímpares seguido de interpolação das linhas vazias, fornecendo uma nova seqüência de imagem a 60 Hz para cada câmera. Este procedimento de desentrelaçamento foi realizado no Sistema Dvideo® (FIGUEROA *et al.*, 2003). As câmeras foram ajustadas todas nas mesmas condições, com tempo de abertura de 1/500s, e o foco e o ajuste de branco foram definidos automaticamente em cada câmera e bloqueados durante a filmagem.

5.5 POSIÇÃO DOS MARCADORES

Para construção do modelo de representação da movimentação do tronco foram utilizados 30 marcadores esféricos retrorefletivos de 5mm de diâmetro, posicionados em referências anatômicas do paciente. Os pontos anatômicos e geométricos são utilizados para a definição dos vértices de cada compartimento, a saber, tórax superior (TXS), tórax inferior (TXI), abdômen superior (ABS) e abdômen inferior (ABI), conforme a figura 8.

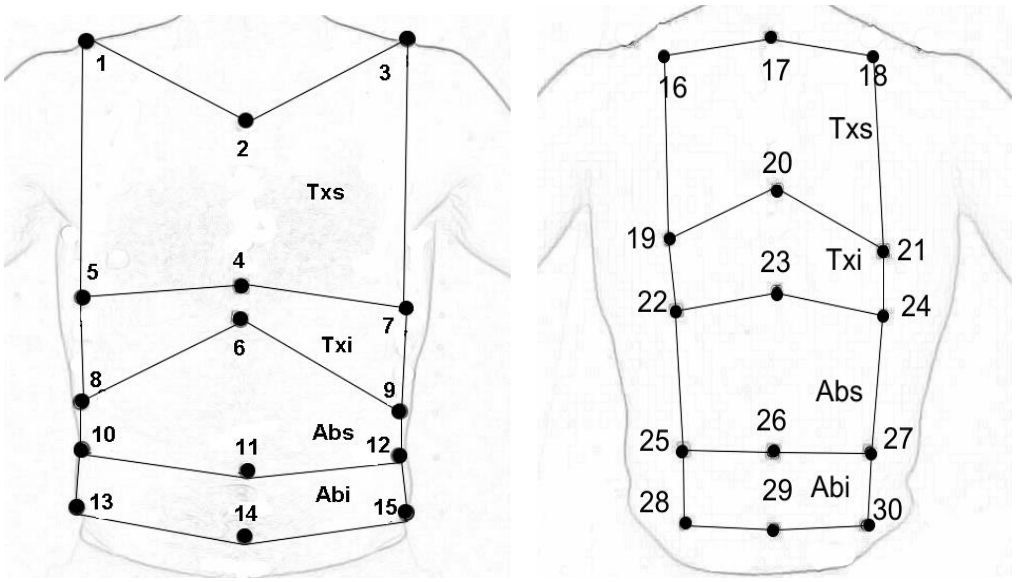

Figura 8: Referências anatômicas: 1. Extremidade acromial da clavícula direita; 2. Manúbrio do esterno; 3.Extremidade acromial da clavícula esquerda; 4. Região do esterno correspondente a 5º costela 5. Região lateral da 7º costela direita; 6. Região do esterno correspondente a 6º costela 7. Região lateral da 7º costela esquerda; 8. Região lateral da 10º costela direita; 9. Região lateral da 10º costela esquerda; 10. Intersecção do plano que passa por L3 com a linha axilar anterior direita; 11. Intersecção da linha média do abdômen com o plano horizontal que passa pelos pontos 10 e 12; 12. Intersecção do plano que passa por L3 com a linha axilar anterior esquerda; 13. Intersecção do plano que passa por L5 com a linha axilar anterior direita; 14. Ponto médio entre as espinhas ilíacas Antero superiores; 15. Intersecção do plano que passa por L5 com a linha axilar anterior

esquerda; 16. Ângulo superior da escápula esquerda; 17. Processo espinhoso de T1; 18. Ângulo superior da escápula direita; 19. Ângulo inferior da escápula esquerda; 20. Processo espinhoso de T5; 21. Ângulo inferior da escápula direita; 22. Ponto mais lateral ao processo espinhoso de T11 à esquerda; 23. Processo espinhoso de T10; 24. Ponto mais lateral ao processo espinhoso de T11 à direita; 25. Intersecção entre o ponto 22 e o processo espinhoso de L3.; 26. Processo espinhoso de L3; 27. Intersecção entre o ponto 24 e o processo espinhoso de L3.; 28. Intersecção entre o ponto 25 e o processo espinhoso de L5.; 29. Processo espinhoso de L5; 30. Intersecção entre o ponto 27 e o processo espinhoso de L5. Fonte: (SILVATTI, 2009).

5.6 SISTEMA DE CALIBRAÇÃO DAS CÂMERAS

O sistema de calibração das câmeras consiste em um volume de interesse, que envolva o volume onde os pontos serão medidos, com pelo menos oito marcadores com posições conhecidas. Para o sistema de calibração foram usadas quatro hastes verticais de material rígido, totalizando 20 pontos, de 2 cm cada ponto, definidos por uma fita branca.(Figura 9).

As coordenadas 3D dos marcadores foram descritas em relação a um sistema global, determinadas a partir das distâncias entre os marcadores do sistema de calibração, medidas manualmente utilizando uma fita métrica.

Foi definida uma origem e a direção dos eixos coordenados do sistema de referência global do laboratório. A vertical para cima foi definida como o eixo z, a horizontal da direita para a esquerda do sujeito, como eixo y, e a direção horizontal póstero-anterior como sendo o eixo x. O volume calibrado destinado para execução da filmagem foi um espaço com 0.48 m de largura, por 0.43 de comprimento e 0.64m de altura em relação ao ponto zero que está a 0.81m do chão. A filmagem do sistema de calibração foi realizada por cada câmera antes que o sujeito realizasse o procedimento necessário. A Figura 9 apresenta uma vista frontal do sistema de referência, e a Figura 10 um esquema do sistema de referência definido.

Figura 9: Vista frontal das hastes verticais para sistema de calibração.

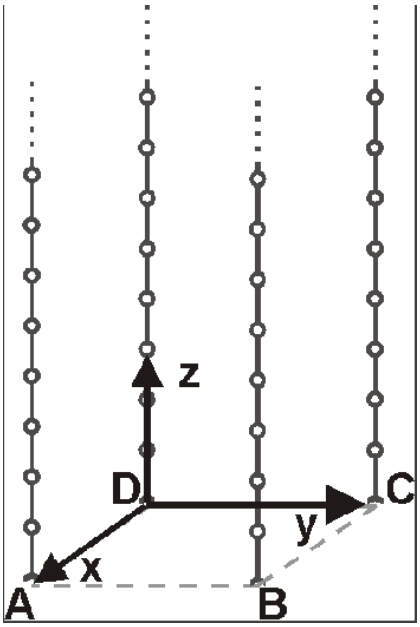

Figura 10: Sistema de referência utilizado para calibração.

5.7 PROCEDIMENTOS

Para iniciar a filmagem, as hastes do calibrador eram niveladas e o sistema filmado por dez segundos. Após isso, o sujeito era posicionado sentado na cadeira de modo confortável com os joelhos flexionados, pés apoiados no chão, com os ombros em abdução, deixando o tronco livre. Após o posicionamento adequado do paciente, iniciava o registro das imagens, pelo sinal luminoso visível em todas as câmeras, seguindo do registro do paciente respirando em volume corrente e capacidade vital.

- Volume Corrente (VC): o sujeito vai respirar normalmente e espontaneamente por alguns minutos para se adaptar ao ambiente do experimento, o sujeito não será avisado quando as aquisições das imagens forem realizadas para evitar aumento ou declínio do ritmo ou volume respiratório, sendo o mais natural possível. Sendo assim, será contado um minuto desta manobra.
- Capacidade Vital (CV): o sujeito realizará onze ciclos respiratórios em capacidade vital. Sendo que o paciente já está treinado a realizar esta manobra. O paciente será incentivado para que mobilize o maior volume de ar possível.

As manobras respiratórias foram ensinadas e treinadas previamente, sendo assim, avisado que não movimentasse a cabeça, os ombros e que não inclinassem o tronco durante a coleta.

5.8 MEDIÇÕES DAS COORDENADAS DE TELA E RECONSTRUÇÃO 3D DOS PONTOS DE INTERESSE

A medição das coordenadas de tela dos marcadores nas cinco seqüências de imagens foi feita no sistema Dvideo® (FIGUEROA *et al.*, 2003) por rastreamento semi-automático, em função da necessidade de intervenção do operador em determinados trechos. A reconstrução 3D das coordenadas dos pontos de interesse nos sujeitos também foi feita no sistema Dvideo®, utilizando as posições de tela nas cinco câmeras, baseado no método DLT (Direct Linear Transformation). (AZIZ e KARARA, 1971), e o sistema de calibração.

5.9 TRATAMENTO DOS DADOS

Todos os procedimentos de tratamento dos dados foram realizados no software MATLAB® Versão 7.6 (R2008a). As coordenadas 3D em função do tempo dos sessenta marcadores utilizados foram suavizadas utilizando um filtro digital do tipo *Butterworth*, passa-baixa, de 2ª ordem, com freqüência de corte de segunda ordem 3 Hz para eliminar os ruídos existentes, conforme Loula, (2005).

5.10 DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Construção do modelo da caixa torácica

A coleta de dados e a obtenção das coordenadas 3D dos marcadores foi realizada para um conjunto de 30 pontos, necessários para a construção do modelo de descrição da movimentação da caixa torácica, conforme modelo proposto por Loula *et al.*, (2004). Este modelo permite obter o volume total da caixa torácica em função do tempo, e os volumes parciais em função do tempo de até oito compartimentos. Neste trabalho serão realizadas análises do volume total e da caixa torácica dividida em quatro e oito compartimentos.

O cálculo do volume do tronco durante a ventilação é realizado a partir de 30 marcadores retrorefletivos posicionados na caixa torácica, dividindo o tronco em oito compartimentos: tórax superior (TXS), direito e esquerdo, tendo como limites superiores os acrômios e as sétimas costelas de ambos os lados como limites inferiores, tórax inferior (TXI), direito e esquerdo, definiu-se pelos limites superiores da sétima costela até a décima costela de ambos os lados como limites inferiores. O abdômen superior (ABS), direito e esquerdo, definido pela décima costela como limite superior e pelo ponto de encontro do plano que passa por L4 com a linha axilar anterior (direita e esquerda) como limites inferiores

e o abdômen inferior (ABI) teve como limite superior os pontos de encontro do plano que passa por L4 com a linha axilar anterior (direita e esquerda) e limites inferiores nos pontos de encontro do plano que passa por L5 com a linha axilar anterior (direita e esquerda).

Assim, será possível quantificar o volume de ar inspirado e expirado em cada compartimento em cada instante em função do tempo e, para obter o volume total dos compartimentos, basta realizarem a soma dos volumes dos compartimentos (LOULA, 2005). Na figura 8, citada anteriormente, apresenta um esquema representativo dos pontos utilizados na definição dos compartimentos utilizados.

Determinação do volume total e dos volumes parciais em cada *frame*

Cada um dos oito compartimentos da caixa torácica foi geometricamente definido como um dodecaedro irregular de oito vértices associados a pontos do modelo utilizado, definidos por referências anatômicas e geométricas do tronco, determinadas pelos marcadores (Figura 12). Para o cálculo do volume de cada um dos compartimentos, cada dodecaedro correspondente foi subdividido em seis tetraedros (Figura 13). A formação dos tetraedros é feita em uma seqüência previamente definida, de forma a garantir que a soma dos volumes dos tetraedros seja igual ao volume do dodecaedro (LOULA, 2005). A seqüência dos tetraedros foi proposta inicialmente por Ferrigno *et al*., (1994).

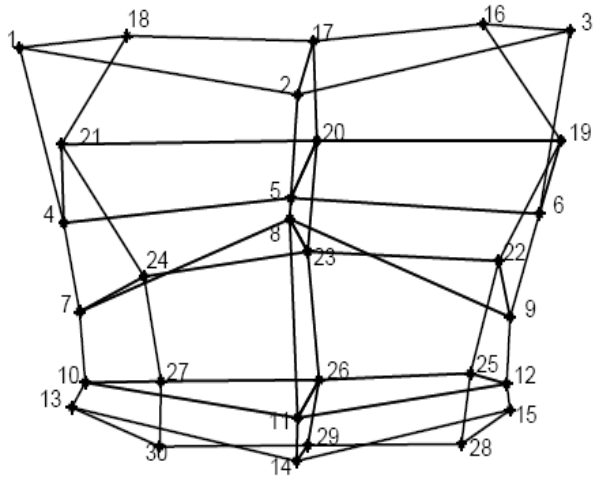

Figura 11: Modelo geométrico do tronco com 30 marcadores mostrando os 8 dodecaedros que definem cada um dos oito compartimentos da caixa torácica. Fonte: (Loula *et al.*, 2004).

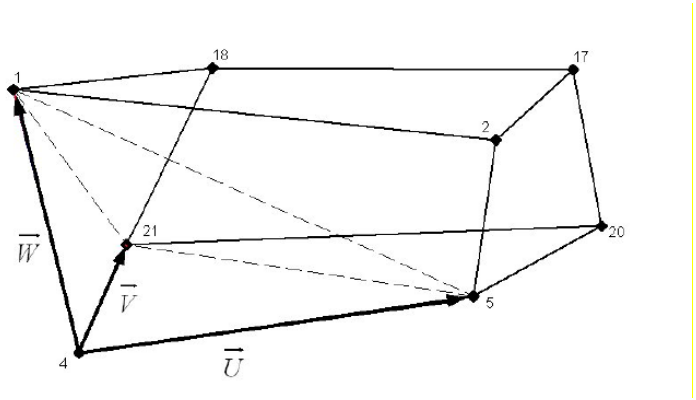

Figura 12: Modelo de um dodecaedro apresentando os vetores **u, v e w**, sendo **v** e **u** correspondente ao lado do tetraedro e **w** altura do tetraedro. Os vértices numerados representam os marcadores sobre o tronco. Fonte: (Loula *et al.*, 2004).

O volume total de cada compartimento é dado pela equação:

$$V_{dodecaedro} = \sum_{n=1}^{6} \frac{\left|\vec{W}_i \times \vec{U}_i \cdot \vec{V}_i\right|}{6}$$

Onde os vetores, W, U, V representam as arestas associadas ao vértice oposto a base do tetraedro. A figura 14 apresenta um esquema representativo dos oito compartimentos: tórax superior direito e esquerdo (TX-SD, TX-SDE), tórax inferior direito e esquerdo (TX-ID, TX-IE), abdômen superior direito e esquerdo (AB-SD, AB-SE), e abdômen inferior direito e esquerdo (AB-ID, AB-IE).

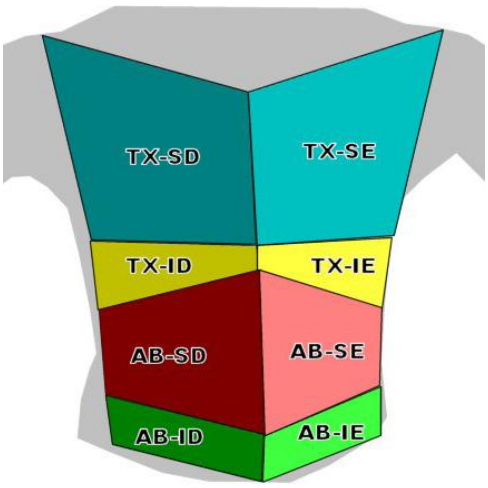

Figura 13: Compartimentos do tronco. Na figura o TX-SD corresponde ao tórax superior direito, o TX-SE ao tórax superior esquerdo, TX-ID ao tórax inferior direito, TX-IE ao tórax inferior esquerdo, AB-SD ao abdômen superior direito, AB-SE ao abdômen superior esquerdo. Fonte: (Loula *et al.*, 2005).

Uma vez obtido o volume de cada tetraedro pode-se obter os volumes de cada dodecaedro que representa cada um dos oito compartimentos, bem como os volumes parciais de outras divisões da caixa torácica. Foram calculados diferentes volumes da caixa torácica em função do tempo, em cada uma das manobras VC e CV. Inicialmente foi calculado o volume total e os volumes de gás trocados em cada um dos ciclos de cada manobra, e as respectivas médias e desvios-padrão. A seguir, forma calculados os volumes parciais em função do tempo com a caixa torácica dividida em dois compartimentos (direito e esquerdo), quatro compartimentos (tórax superior e inferior e abdômen superior e inferior) e oito compartimentos (tórax superior e inferior, direito e esquerdo e abdômen superior e inferior, direito e esquerdo).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta de dados teve uma duração total de 128.3s. Deste período foram extraídos os dados correspondentes a 33 ciclos na manobra de Volume Corrente (VC) e 11 ciclos na manobra de Capacidade Vital (CV). Inicialmente, são apresentados os gráficos do volume total da caixa torácica durante as manobras VC (Figura 14) e CV (Figura 15), a seguir:

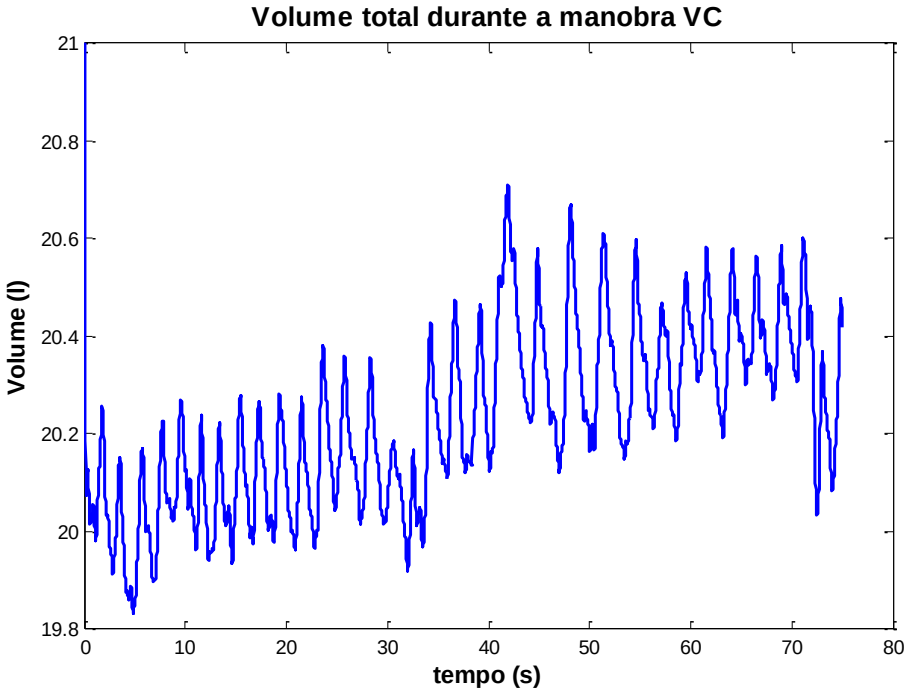

Figura 14: Gráfico do volume total da caixa torácica em função do tempo durante a manobra de Volume Corrente (VC).

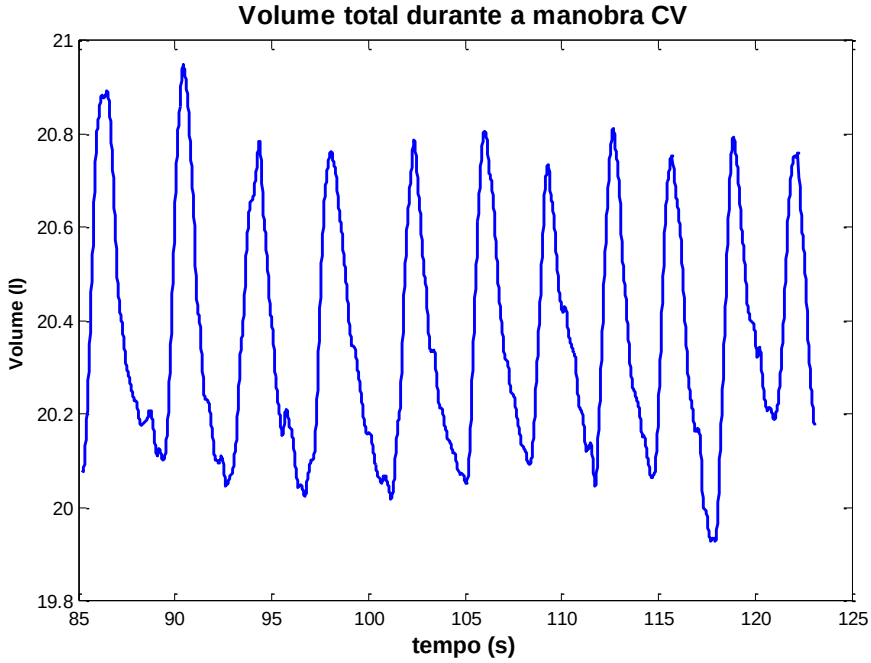

Figura 15: Gráfico do volume total da caixa torácica em função do tempo durante a manobra de Capacidade Vital (CV).

A tabela 1 apresenta os valores do volume trocado durante as 33 manobras em VC e a tabela 2 apresenta valores do volume trocado durante as 11 manobras em CV, com as respectivas médias e desvios-padrão.

Tabela 1: valores do volume de gás trocado durante as 33 manobras em VC.

Ciclo	v (l)	Ciclo	V (l)	Ciclo	v (l)
1	0.36	13	0.31	25	0.26
2	0.23	14	0.34	26	0.34
3	0.34	15	0.17	27	0.26
4	0.33	16	0.25	28	0.39
5	0.24	17	0.46	29	0.26
6	0.27	18	0.36	30	0.32
7	0.28	19	0.34	31	0.28
8	0.33	20	0.59	32	0.34
9	0.28	21	0.36	33	0.39
10	0.30	22	0.55		
11	0.31	23	0.44	**Média**	**0.34**
12	0.41	24	0.45	**DP**	**0.09**

Tabela 2: valores do volume trocado durante as 11 manobras em CV.

Ciclo	v (l)	Ciclo	v (l)
1	0.90	8	0.76
2	0.83	9	0.68
3	0.73	10	0.86
4	0.73	11	0.57
5	0.76		
6	0.75	**Média**	**0.75**
7	0.64	**DP**	**0.10**

Os dados obtidos podem ser comparados com dados apresentados por Loula *et al.* (2004), que determinou o volume total trocado durante cinco ciclos de respiração em sete sujeitos masculinos, com média de idade de 22.29 ± 2.7 anos. Apesar da diferença de idade entre o nosso sujeito e os sujeito do trabalho de Loula *et al.* (2004), não foram encontrado dados de sujeito normal próximos da idade do sujeito utilizado neste estudo. A média do volume trocado de todos os sujeitos foi de 0.41 ± 0.29 litros para a manobra VC e de 2.01 ± 0.54 litros para manobra de CV. Pode-se afirmar que a média do volume trocado do sujeito com DPOC em estudo, durante a manobra de VC (0.34 litros), está dentro da variabilidade da média encontrada por Loula *et al.* (2004) para sujeitos normais. Porém, a média do volume trocado durante a manobra de CV (0.75 litros) é muito mais baixa que a média dos sujeitos normais, o que não pode explicado apenas pela diferença de idade, mostrando a restrição do fluxo do sujeito portador de DPOC. A capacidade vital forçada é normalmente reduzida em pacientes com distúrbios restritivos e obstrutivos, como no caso da DPOC devido a redução da retração elástica pulmonar (SILVA *et al*., 2005).

Foram calculados os volumes parciais da caixa torácica em função do tempo, inicialmente dividida em quatro compartimentos, Tórax superior (TXS), Tórax inferior (TXI), Abdômen superior (ABS) e Abdômen inferior (ABI), a fim de compararmos com os valores do Grupo controle (GC) e Grupo de nadadores (GN), obtidos por Silvatti (2009). A Figura 16 apresenta o gráfico dos volumes parciais em função do tempo dos quatro compartimentos citados do sujeito com DPOC, em manobra de VC e o gráfico da figura 17 apresenta os volumes parciais em função do tempo dos quatro compartimentos citados do sujeito com DPOC, em manobra de CV. A seguir, a Figura 18 mostra os mesmos gráficos de um sujeito do GC (a e b) e um do GN (c e d), que foram selecionados pelos autores para representarem um comportamento típico das variações dos volumes parciais. Nestes gráficos podemos visualizar a participação de cada compartimento para o volume total do tronco.

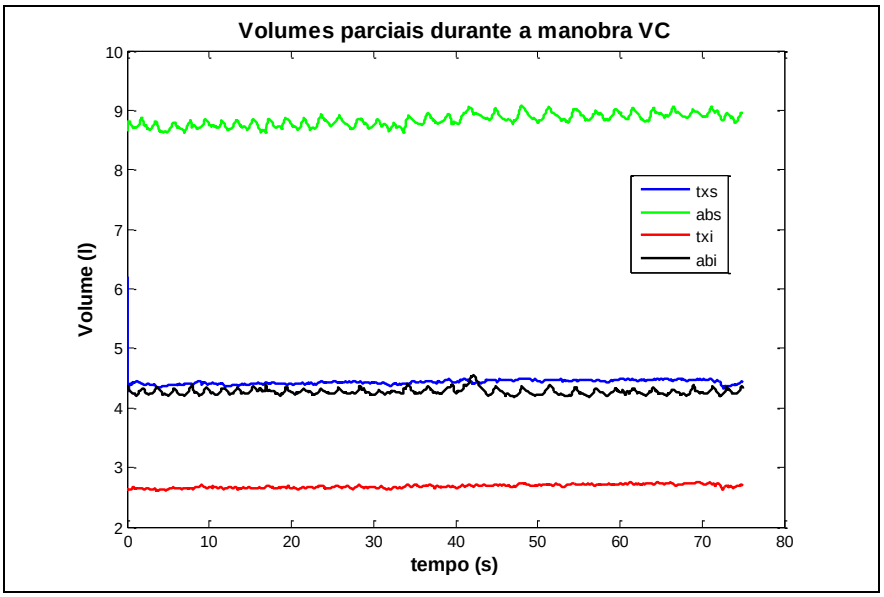

Figura 16: Gráfico dos volumes parciais em função do tempo dos quatro compartimentos citados do sujeito com DPOC, em manobra de VC.

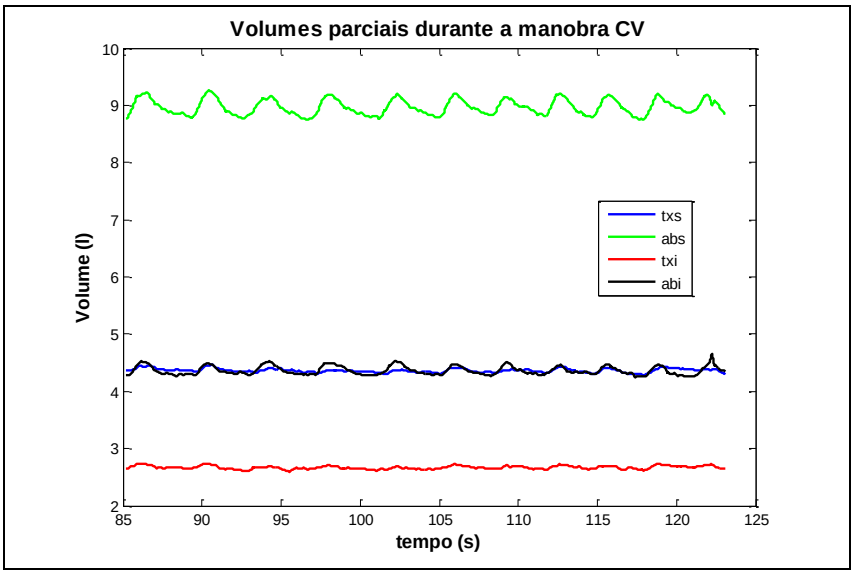

Figura 17: Gráfico dos volumes parciais em função do tempo dos quatro compartimentos citados do sujeito com DPOC, em manobra de e CV.

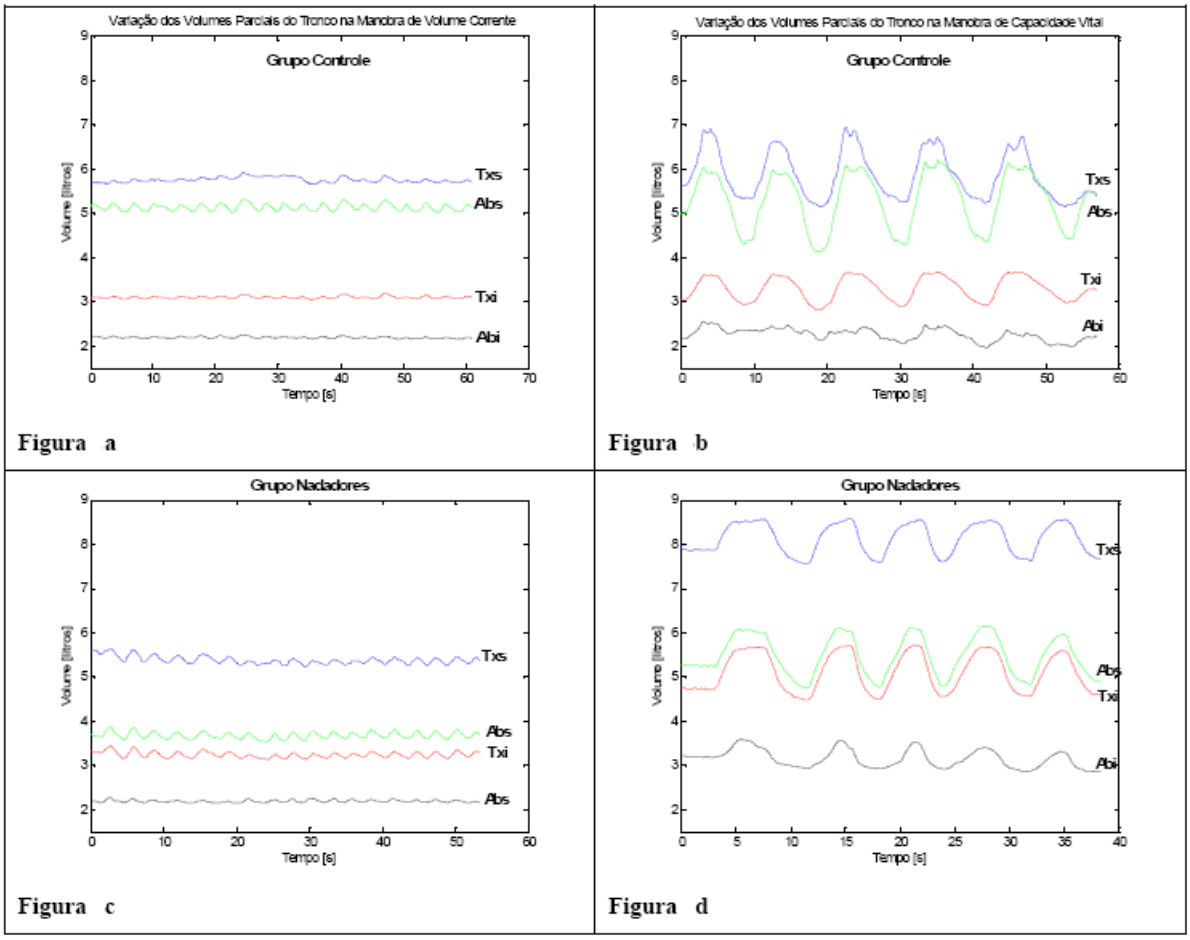

Figura 18: As Figuras a e c são exemplos da variação relativa dos volumes parciais do Tórax superior (azul), Tórax inferior (vermelha), Abdômen superior (verde) e Abdômen inferior (preta) em função do tempo apresentado por um dos voluntários do grupo do controle (a) e um do grupo de nadadores (c) em volume corrente (VC). As Figuras b e d são exemplos da variação relativa dos volumes parciais do Tórax superior (azul), Tórax inferior (vermelha), Abdômen superior (verde) e Abdômen inferior (preta) em função do tempo apresentado por um dos voluntários do grupo controle (b) e um do grupo dos nadadores (d) na manobra de capacidade vital (CV). Fonte: (SILVATTI, 2009)

Pode-se observar na figura 16, que o paciente com DPOC usa mais o abdômen superior do que o grupo de sujeitos normais e nadadores, e isso caracteriza seu padrão respiratório. Segundo Barreto (2002), a expiração do paciente com doença pulmonar obstrutiva, encontra-se limitado mesmo numa respiração espontânea. Ou seja, o DPOC usa a musculatura acessória, pois, a expiração no paciente DPOC não é passiva como nos sujeitos normais, então, ele usa a musculatura abdominal, como musculatura acessória, para fazer a expiração, sendo sua expiração limitada ao fluxo aéreo, é então forçada para conseguir expirar o ar. Mesmo a expiração passiva pode ser interrompida pela inspiração seguinte, ou seja, haverá inicio da inspiração antes que a diferença de pressão através do sistema respiratório passivamente alcance a zero (PEEPi- pressão positiva de final de expiração intríseca), a capacidade residual funcional aumentará significadamente por mecanismos elásticos e dinâmicos, ou seja, redução da retração elástica e principalmente por mecanismos dinâmicos de limitação de fluxo aéreo – hiperinsuflação dinâmica (Barreto, 2002).

A capacidade vital do paciente DPOC é diminuída, ou seja, a troca gasosa máxima é menor, isto pode ser observado claramente no gráfico quando comparamos com os outros dois grupos. No tórax inferior, o menos usado segundo os gráficos das Figuras, 16 e 17, se encontram os músculos intercostais internos e externos que são os músculos responsáveis pela expiração e inspiração normal, sem esforço, no paciente com DPOC. Esses músculos encontram-se enfraquecidos, fadigados, então, ele utiliza os músculos acessórios do tórax superior, pode ser observado no gráfico que na manobra de CV ele força um pouco mais essa região, embora, ainda não esteja realizando uma boa troca gasosa, pois estes músculos acessórios geralmente são encurtados, dificultando uma boa ventilação. Em comparação com os nadadores, as curvas dos volumes parciais tanto na CV e no VC mostram-se mais coordenadas neste grupo, sugerindo um sincronismo na respiração, que não acontece no paciente com DPOC. No grupo controle de Silvatti, 2005, o compartimento mais usado é o TXS, e em segundo ABS, sugerindo um padrão respiratório apical ou misto, como foi visualizado no grupo de nadadores, comparando este dois grupos é possível visualizar, que os nadadores possuem uma maior CV do que o grupo controle, sugerindo que a prática da natação desenvolve um aumento das capacidades respiratórias e volumes pulmonares.

O gráfico a seguir apresenta os volumes parciais direitos e esquerdos, em função do tempo, durante as manobras de VC, (Figura 19), e de (CV), (Figura 20).

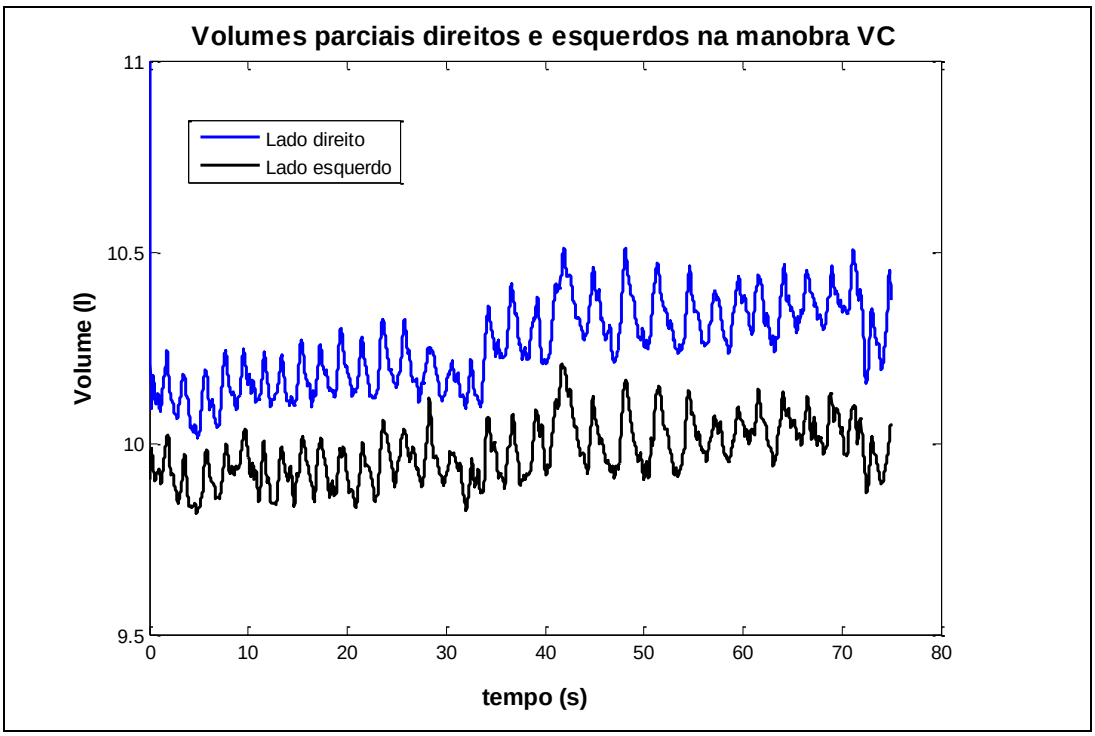

Figura 19: Gráfico dos volumes parciais direitos e esquerdos na manobra de VC, no DPOC.

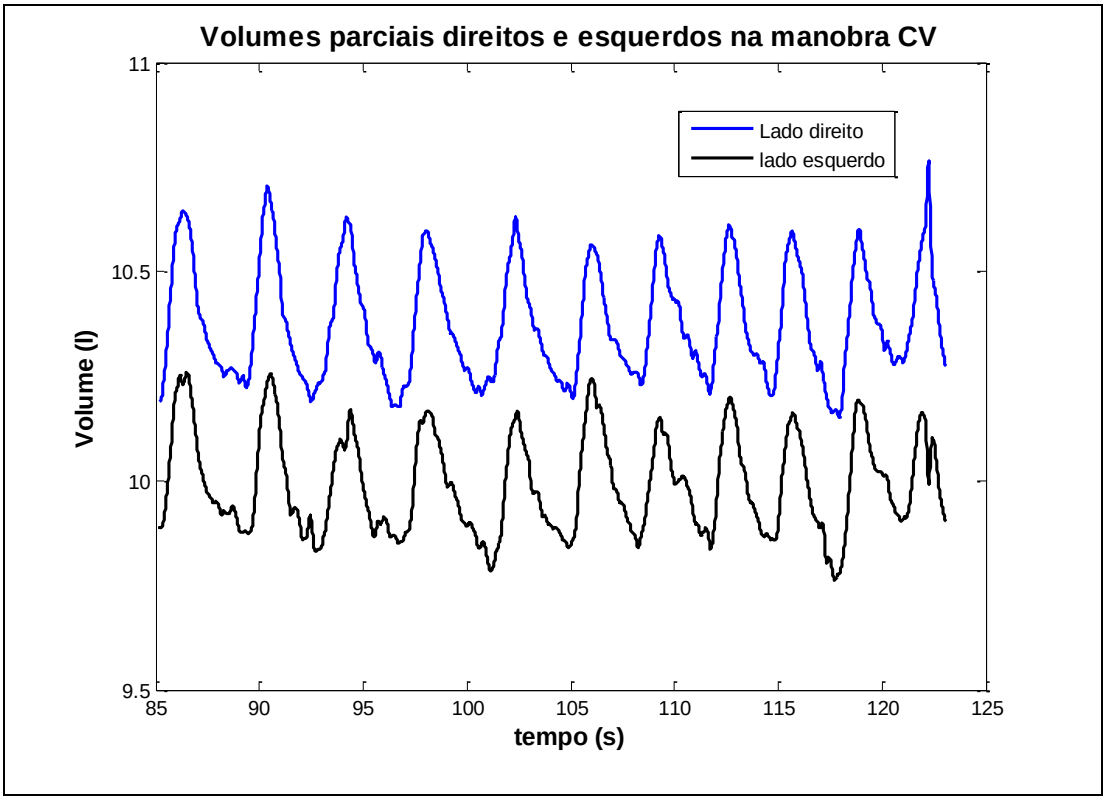

Figura 20: Gráfico dos volumes parcias direitos e esquerdos na manobra de CV, no DPOC.

Pode-se observar uma diferença no volume da caixa torácica quando comparamos o lado direito e esquerdo, tanto em VC quanto em CV, porém, pouca diferença quanto ao volume de gás trocado. Os coeficientes de correlação entre os volumes direito e esquerdo são de 0.83 para VC e 0.95 para CV, sugerindo uma maior sincronização entre os dois lados da caixa torácica nesta manobra. Não foi possível verificar maior comprometimento de um dos pulmões pelos volumes em função do tempo quando a caixa torácica foi dividida em dois compartimentos correspondentes aos dois pulmões. Talvez esta diferença do volume pulmonar do pulmão direito ou esquerdo poderia ser maior, se este paciente estivesse com crise respiratória ocasionada por uma pneumonia em algum dos pulmões, por exemplo. Segundo Barreto (2002), nas doenças obstrutivas os volumes estão aumentados de forma desproporcionada, sendo natural da doença, tendo como mecanismos responsáveis, obstrução de vias aéreas, perda de retração elástica e adaptações musculares e esqueléticas da parede torácica.

Os compartimentos da caixa torácica tórax superior e inferior (Figura 21) e abdômen superior e inferior (Figura 23) foram divididos em direito e esquerdo, conforme modelo proposto também por Loula *et al.* (2004) e são apresentados a seguir.

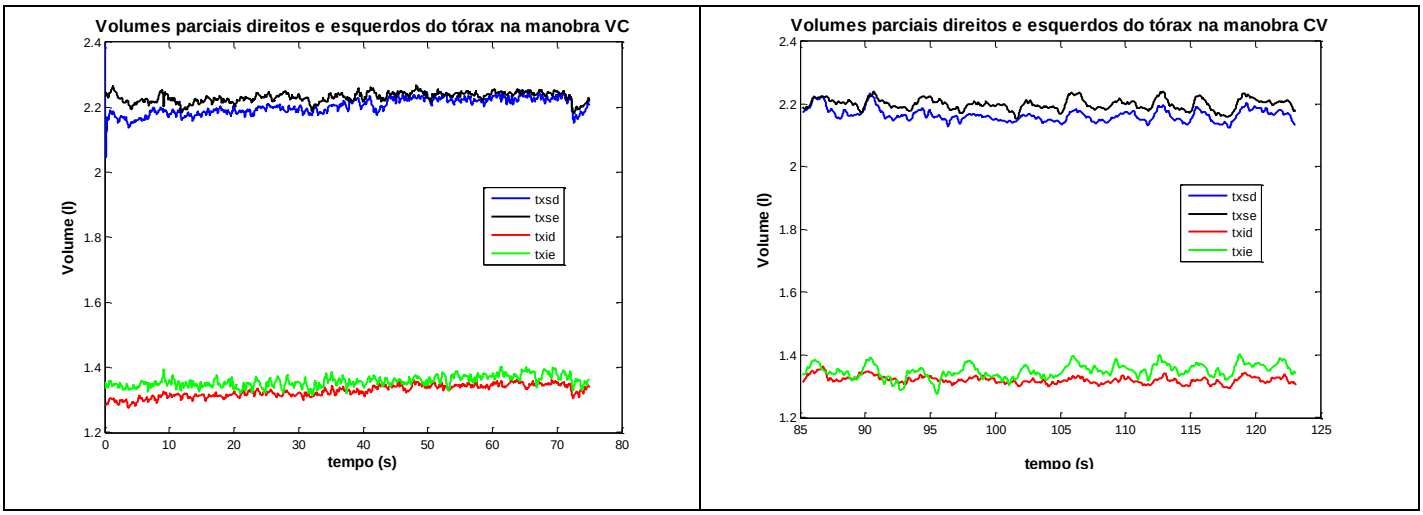

Figura 21: Gráficos dos volumes parciais em função do tempo dos quatro compartimentos do Tórax do sujeito com DPOC, em manobra de VC (esquerda) e CV (direita).

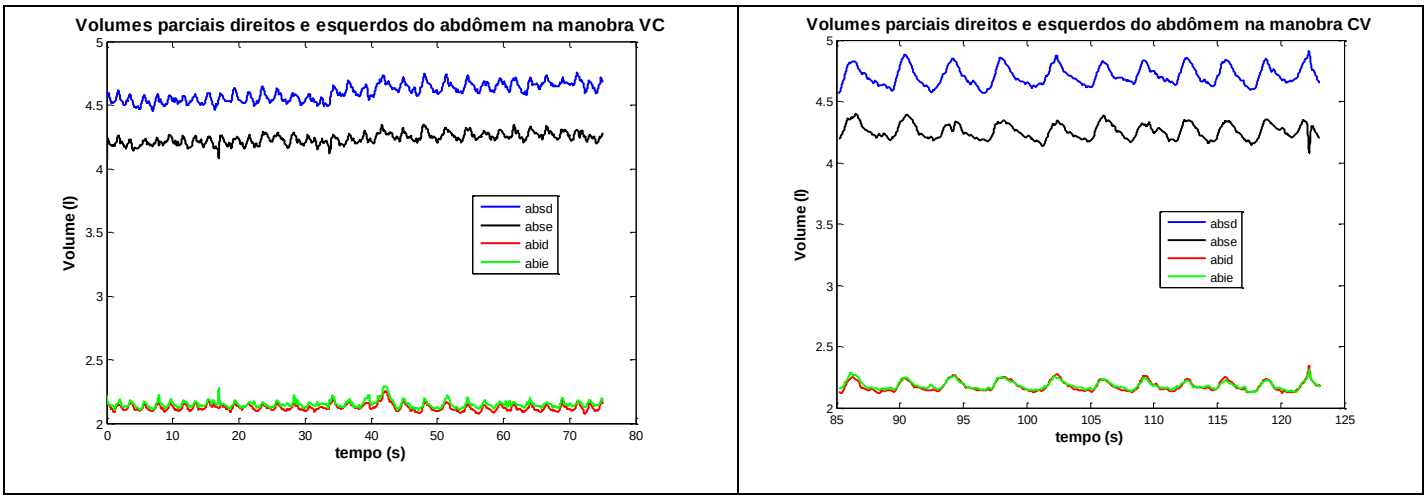

Figura 22: Gráficos dos volumes parciais em função do tempo dos quatro compartimentos do Abdômen do sujeito com DPOC, em manobra de VC (esquerda) e CV (direita).

Nos gráficos acima é possível observar que houve variação significativa de volume entre os compartimentos, explicando a respiração assincrônica do DPOC. No primeiro gráfico da Figura 22, na manobra de VC, pode-se observar que no compartimento do txid (cor vermelha) há menos volume pulmonar do que no compartimento do txie (cor verde), e no txsd (cor azul) comparando-se com o txse (cor preta), começa respirando com um volume maior no txse, e no final do período em VC, os valores do volume mantém-se próximos, sugerindo o padrão respiratório do DPOC. No segundo gráfico da figura 18, na manobra de CV, observamos que no compartimento do txid (cor vermelha) e txie (cor verde), começa a manobra de CV com valores próximos, mas no final da manobra o volume no txi é maior. Comparando o volume do txsd (cor azul) com o txse (cor preta), o txsd mantém-se com menos volume do que no txse. Nos gráficos da figura 22, o compartimento abdid (cor vermelha) e o compartimento abie (cor verde) mantêm-se em volumes iguais tanto na manobra de VC como na manobra de CV, sugerindo uma sincronia nos dois lados do compartimento abdômen inferior. No compartimento do abse (cor preta), observamos menor volume do que no absd (cor azul), em ambas as manobras respiratórias.

Para analisar a sincronia e a coordenação entre os compartimentos durante as manobras realizadas foi calculado o coeficiente de correlação, dois a dois, entre os volumes parciais de todos os compartimentos, separadamente para cada manobra respiratória (VC e CV). Os valores do coeficiente de correlação (r), podem variar de 1 a -1. Valores iguais ou próximos a 1 indicam uma alta correlação positiva. Para a nossa análise, significam uma sincronia na movimentação realizada pelos compartimentos do tronco analisados durante as manobras respiratórias realizadas pelo sujeito. Valores iguais ou próximos a -1 indicam uma alta correlação negativa, significando o oposto do caso anterior, ou seja, os compartimentos

do tronco apresentam uma movimentação assíncrona durante a respiração, por exemplo; enquanto um compartimento aumenta a variação relativa do volume do tronco o outro diminui. Inicialmente foi calculado o coeficiente de correlação (r), entre os compartimentos da caixa torácica dividida em quatro compartimentos, apresentados na Tabela 3, para comparação com os valores obtidos por Silvatti *et al.* (2009), apresentados na Tabela 4.

Tabela 3: Valores do coeficiente de correlação do Txs versus Txi, Txs versus Abs, Txs versus Abi, Txi versus Abs, Txi versus Abi e Abs versus Abi em volume corrente e capacidade vital para o sujeito portador de DPOC.

	Txs x Txi	**Txs x Abs**	**Txs x Abi**	**Txi x Abs**	**Txi x Abi**	**Abs x Abi**
VC	0.50	0.42	0.01	0.77	0.06	0.40
CV	0.72	0.73	0.55	0.79	0.63	0.88

Tabela 4 - Valores médios (± desvio-padrão) do coeficiente de correlação do Txs versus Txi, Txs versus Abs, Txs versus Abi, Txi versus Abs, Txi versus Abi e Abs versus Abi em volume corrente e capacidade vital para o grupo de nadadores e grupo controle.

	Grupo Nadadores					
	Txs versus Txi	Txs versus Abs	Txs versus Abi	Txi versus Abs	Txi versus Abi	Abs versus Abi
Volume Corrente	0,85(0,2)	0,73(0,3)	0,61(0,3)	0,89 (0,1)	0,71(0,2)	0,86(0,1)
Capacidade Vital	0,93(0,2)	0,92(0,3)	0,86(0,3)	0,99(0,1)	0,94(0,2)	0,95(0,1)
	Grupo Controle					
	Txs versus Txi	Txs versus Abs	Txs versus Abi	Txi versus Abs	Txi versus Abi	Abs versus Abi
Volume Corrente	0,86(0,1)	0,81(0,1)	0,53(0,3)	0,93(0,03)	0,63(0,3)	0,71(0,3)
Capacidade Vital	0,94(0,1)	0,86(0,15)	0,65(0,3)	0,92(0,03)	0,63(0,3)	0,84(0,3)

Fonte: (Silvatti, 2009).

Comparando as Tabelas 3 e 4, foi possível observar que, no grupo de nadadores, grupo controle do estudo realizado por Silvatti, 2005, e o paciente DPOC, os compartimentos que tiveram maior correlação foi o de Txi X Abs , sendo Txi X Abs (0,77) para o paciente com DPOC, Txi X Abs (0.89) nos nadadores, e nos grupo controle Txi X Abs (0,93) na manobra de VC, sugerindo uma coordenação entre estes compartimentos. Já na manobra de CV, podemos observar que no grupo controle, o compartimento que teve maior correlação também foi o Txi X Abs, no grupo de nadadores o compartimento que teve maior correlação foi o Txs X Txi, e no paciente DPOC, o compartimento que apresentou maior foi o Abs X Abi. Na manobra de CV, os pacientes com DPOC usam ainda mais a musculatura acessória, visto que, há uma maior dificuldade em expirar o ar, não sendo uma expiração passiva e sim forçada utilizando a musculatura abdominal como acessória.

A Tabela 5 de dupla entrada, a seguir, apresenta os coeficientes de correlação entre os oito compartimentos, tórax superior direito e esquerdo, tórax inferior direito e esquerdo, abdômen superior direito e esquerdo, e abdômen inferior direito e esquerdo, na manobra VC.

Tabela 5: Coeficientes de correlação entre os oito compartimentos, tórax superior direito (Txsd) e esquerdo (Txse), tórax inferior direito (Txid) e esquerdo (Txie), abdômen superior direito (Absd) e esquerdo (Abse), e abdômen inferior direito (Abed), e esquerdo (Abie), na manobra VC no paciente portador de DPOC.

VC	Txsd	Txse	Txid	Txie	Absd	Abse	Abid	Abie
Txsd	1.00	0.38	0.38	0.31	0.34	0.24	-0.03	0.02
Txse	0.38	1.00	0.57	0.52	0.52	0.52	0.03	0.07
Txid	0.38	0.57	1.00	0.65	0.76	0.66	-0.01	0.07
Txie	0.31	0.52	0.65	1.00	0.65	0.57	0.03	0.13
Absd	0.34	0.52	0.76	0.65	1.00	0.85	0.37	0.37
Abse	0.24	0.52	0.66	0.57	0.85	1.00	0.39	0.37
Abid	-0.03	0.03	-0.01	0.03	0.37	0.39	1.00	0.88
Abie	0.02	0.07	0.07	0.13	0.37	0.37	0.88	1.00

A Tabela 6, também de dupla entrada, apresenta os coeficientes de correlação entre os mesmos compartimentos para a manobra de CV.

Tabela 6: Coeficientes de correlação entre os oito compartimentos, tórax superior direito (Txsd) e esquerdo (Txse), tórax inferior direito (Txid) e esquerdo (Txie), abdômen superior direito (Absd) e esquerdo (Abse), e abdômen inferior direito(Abed), e esquerdo (Abie), na manobra CV.

CV	Txsd	Txse	Txid	Txie	Absd	Abse	Abid	Abie
Txsd	1.00	0.77	0.78	0.53	0.60	0.74	0.47	0.57
Txse	0.77	1.00	0.63	0.49	0.61	0.72	0.50	0.52
Txid	0.78	0.63	1.00	0.41	0.50	0.64	0.43	0.54
Txie	0.53	0.49	0.41	1.00	0.73	0.67	0.58	0.55
Absd	0.60	0.61	0.50	0.73	1.00	0.85	0.91	0.87
Abse	0.74	0.72	0.64	0.67	0.85	1.00	0.75	0.77
Abid	0.47	0.50	0.43	0.58	0.91	0.75	1.00	0.94
Abie	0.57	0.52	0.54	0.55	0.87	0.77	0.94	1.00

Observando a tabela 5, afirmamos que os compartimentos mais sincrônicos foram os compartimentos do abdômen inferior e superior na manobra de VC.

Na tabela 6, observamos então, que a maior correlação também ocorre nos compartimentos abdômen inferior e superior na manobra de capacidade vital. Isso corresponde, ao gráfico do volume corrente e capacidade vital (Figura 18 e 19), onde a maior troca de gases ocorre no abdômen superior.

As Tabelas 5 e 6 exemplifica claramente a respiração paradoxal do paciente DPOC, onde a movimentação de um compartimento em relação ao outro é irregular, tendo assim a disfunção muscular respiratória (TOBIN et al., 1983; ALIVERTI, et al., 2007). Nas duas Tabelas o paciente usa mais a musculatura abdominal, tendo a respiração irregular no tórax com abdômen, mas a grande justificativa é o aprisionamento de ar, usa-se mais então a musculatura abdominal acessória para expirar o ar.

7 CONCLUSÃO

Durante a execução deste trabalho, foi observado que o método utilizado permitirá calcular os volumes pulmonares parciais do indivíduo portador de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, nas manobras respiratórias de volume corrente e capacidade vital conforme o objetivo proposto inicialmente.

Foi possível comparar os volumes totais pulmonares do paciente DPOC nas manobras de volume corrente a capacidade vital. O método foi útil para realizar uma melhor avaliação individual do paciente, fornecendo dados como os volumes parciais dos 8 compartimentos, verificando as assimetrias do paciente com DPOC.

Foi possível uma comparação dos volumes totais médios do paciente DPOC e de indivíduos saudáveis e de nadadores, analisando o padrão respiratório de cada sujeito.

Para a realização de trabalhos futuros pode-se sugerir um maior número de pacientes, e indivíduos saudáveis, ou mesmo pacientes com outra patologia respiratória. Sugiro também, que seja realizada a análise da movimentação da caixa torácica pelas distâncias intercostais, transversais, ântero–posteriores e a correlação dessas variáveis com os volumes pulmonares.

Tendo todas essas variáveis, será possível relacionar o resultado do volume pulmonar de um compartimento com a distância das costelas daquele mesmo compartimento, se está correlacionado ou não. Tendo mais pacientes será possível uma análise melhor do padrão respiratório de cada paciente nesta doença, podendo classificá-los no estágio da doença em leve, moderado e grave, comparando com outras doenças, como a asma, podendo apontar diferenças e semelhanças entre estas duas doenças.

REFERÊNCIAS

ALIVERTI, A., KAYSER, B. and MACKLEM, P. T., A human model of pathophysiology of chronic obstructive pulmonary disease. **Respirology**, v. 12, p. 478-485, 2007.

ALIVERT, A., Ghidoli, G., Dellaca, R.L., Pedotti, A., Macklem, P.T. Chest wall kinematic determinants of diafragm length by optoelectronic plethysmography and ultrasonografy. **J Appl Physiol,** v.94, p.621-630, 2003.

ABDEL-AZIZ, Y. I. and KARARA, H. M. Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates. **Proc. ASP/UI Symposium on Close-Range Photogrammetry,** v. n. p. 1971.

BARRETO, S. M., CALVALAZZI, A. C. Determinação dos volumes pulmonares Métodos de mensuração dos volumes pulmonares. **J Pneumol** .v.28, n.3, p.95-100, 2002.

BARROS, R. M. L., BRENZIKOFER, R., LEITE, N. J., and FIGUEROA, P. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 15, n, 1-2, p.79-86, 1999.

COSTA, D., **Fisioterapia Respiratória Básica**. São Paulo: Atheneu, 1999.

DE TROYER, A. The mechanism of the inspiratory expansion of the rib cage. Thoracic Diseases Research Unit. **J Lab Clin Med**, v. 114, n. 2, p. 97-104, 1989.

FIGUEROA, P. J., LEITE, N. J. and BARROS, R. M. L. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. **Computer Methods and Programs in Biology,** v. 72, n. 2, p. 155- 65, 2003.

FERRIGNO, G., CARNEVALI, P., ALIVERTI, A., MOLTENI, F., BEULCKE, G. and PEDOTTI, A. Threedimensional optical analysis of chest wall motion. **Journal of Applied Physiology,** v. 77, n. 3, p. 1224-31, 1994.

FUJIMOTO, K., KITAGUCHI, Y., KUBO, K., HONDA, T. Clinical analysis of chronic obstructive pulmonary disease phenotypes classified using high-resolution computed tomography. **Respirology**, v.11, p.731-740, 2006.

HOJE é dia mundial de luta contra a DPOC. **Jornal de Brasília**. Brasília, 11 de janeiro de 2006. Disponível em: <http://www.saude.df.gov.br/003/00301009.asp?ttCD_CHAVE=28107> Acesso em: 1 de julho de 2008.

KHALTAEV,N., LENFANT.C., *et al.*, **GOLD, ESTRATÉGIA GLOBAL PARA DIAGNÓSTICO, A CONDUTA E PREVENÇÃO DA DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA**. São Paulo: Associação Latino-americana de Tórax. Instituto Nacional do Coração, Pulmão e Sangue, Janeiro, 2002.

KONDO, T., KOBAYASHI, I., TAGUCHI, Y., OHTA, Y. and YANAGIMACHI, N. A dynamic analysis of chest wall motions with MRI in healthy young subjects. **Respirology,** v. 5, n. 1, p. 19-25., 2000.

KONNO, K. and MEAD, J. Measurement of the separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing. **Journal of Applied Physiology,** v. 22, n. 3, p. 407-22., 1967.

KURASHIMA, K.,TAKAYANAGI,N., SATO,N., KANAUCHI, T. HOSHI T.,TOKUNAGA, D., UBUKATA,M., YANAGISAWA,T., SUGITA, Y., KANAZAWA,M. High resolution CT and bronchial reversibility test for diagnosing COPD. **Respirology,** v.10, p.316-322, 2005

LOULA, A. M. C. **Análise de volumes parciais do tronco durante a respiração por videogrametria**. Dissertação de Mestrado. Campinas: Faculdade de Educação Física - Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2005.

LOULA, A. M. C. , PACHÊCO, L. A., SARRO, K. J. , BARROS, R. M. L. Análise de volumes parciais do tronco durante a respiração por videogrametria. **Brazilian Journal of Biomechanics** .v. 9, n. 5,p. 21-27, 2004.

MALLOZI, M. C. **Valores de referência para espirometria em crianças e adolescentes, calculados a partir de uma amostra da cidade de São Paulo.** Dissertação de Doutorado. São Paulo: Escola Paulista de Medicina. p.116 , 1995.

PEREIRA, C. A. C., BARRETO, S. P., SIMÕES, J. G. Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira adulta. **J Pneumol**, v.18, p.10 – 22, 1992.

OHARA,T., TOYOHIRO, H., SATO ,S., SATO, A., NISHIOKA, M., MURO,S., MISHIMA.M. Comparison of airwaiy dimensions in different anatomic locationson chest CT in patients with COPD. **Respirology**, v.11, p.579-585, 2006.

SARRO, K. J. **Metodologia para análise da movimentação da caixa torácica durante a respiração**. Dissertação de Mestrado. Campinas: Faculdade de Educação Física – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2003.

SARRO, K. J., SILVATTI A. P. , BARROS R. M. L. Coordination between ribs motion and thoracoabdominal volumes in swimmers during respiratory. **Journal of Sports Science and Medicine.** v.7, p.195 – 200, 2008.

SARRO, K. J., SILVATTI AP, BARROS RML. Separate trunk volumes and ribs motion correlations in swimmers. *In:* **XXIV International Symposium on Biomechanics in Sports**, p. 108 – 111, 2006.

SILVA, L. C. C., RUBIN, A. S., SILVA, L. M. C., FERNANDES, J. C. **Espirometria na prática médica.** Revista AMRIGS, Porto Alegre, v. 49, n. 3, p. 183-194, 2005.
.

SILVATTI, A.P. **Metodologia para análise cinemática de volumes respiratórios parciais de nadadores.** Dissertação de Mestrado. Campinas: Faculdade de Educação Física - Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2009.

SILVATTI, AP, SARRO, KJ, BARROS, RML **Análise de alterações de padrões de movimentação e volumes parciais do tronco em nadadores**. In: XI Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2005.

TOBIN, J. M., CHADHA, S. T., JENOURI, G., BIRCH, B. S., GAZEROGLU, B. H., SACKNER, M. A. Breathing Patterns – Diseased Subjects. **Chest,** v. 84, n. 3, p. 286-294, 1983.

APENDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O projeto de pesquisa "Comparação da movimentação da caixa torácica de indivíduos normais e portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, durante as manobras respiratórias de volume corrente e capacidade vital", tem como objetivo de analisar e comparar as variáveis cinemáticas da movimentação da caixa torácica em função do tempo para diferenciar os sujeitos normais e os portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica.

Os voluntários participarão de uma anamnese e sessão de perguntas e de filmagens com a utilização de marcadores fixados em pontos anatômicos conhecidos do tronco, utilizando fitas apropriadas anti-alérgicas. As sessões não implicam em nenhum risco ou possibilidade de dor.

Esta pesquisa será desenvolvida seguindo rigorosamente as normas dos órgãos oficiais que regulamentam a pesquisa científica, assegurando sigilo de todos os dados pessoais e imagens obtidas, que serão utilizados apenas para fins científicos. A sua participação é voluntária, podendo o participante desistir a qualquer momento.

Esse documento será impresso em duas vias de igual teor, sendo que uma ficará com o voluntário e uma com os pesquisadores.

Em qualquer momento da aplicação desta pesquisa o voluntário poderá contatar para prestar quaisquer esclarecimento que sejam necessários:

- Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos (Campus I da Universidade de Mogi das Cruzes – prédio 2 – sala 2121 – 4798-7085).
- Pesquisadores responsáveis, Prof. Dr. Luciano A. Mercadante (4798-7107 ou 81365551) ou Ft. Maria Carolina Ferreira de Lima Mauro (9491-0067).

Sendo assim, caso concorde em participar desta pesquisa, expresse sua autorização assinando este termo logo abaixo:

Assinatura:_____

R.G:_____Mogi das Cruzes, ___/___/___

_____	_____
Ft. Maria Carolina F. L. Mauro	Prof. Dr. Luciano Allegretti Mercadante
mariacarolinamauro@yahoo.com.br	lucianomerc@yahoo.com.

ANEXO A – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA

APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA

CEP UMC COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS – CEP/UMC

Projeto de Pesquisa: COMPARAÇÃO DA MOVIMENTAÇÃO DA CAIXA TORÁCICA DE INDIVÍDUOS NORMAIS E PORTADORES DE DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA, DURANTE AS MANOBRAS RESPIRATÓRIAS DE VOLUME CORRENTE E CAPACIDADE VITAL
Área de conhecimento: 3.13 – Engenharia Biomédica. **Grupo III**
Responsável pelo projeto: Luciano Allegretti Mercadante
Autora: Maria Carolina Ferreira de Lima Mauro
Processo CEP: 135/2008
CAAE: 0134.0.237.000-08

Em reunião de 06 de Abril de 2009 o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos aprovou o parecer que segue aqui descrito.

Resumo

O Projeto se propõe à estudar a diferença de movimentação da caixa torácica entre um sujeito sadio e um paciente portador de doença pulmonar obstrutiva crônica. O método usado pretende usar videogrametria para análise da movimentação da caixa torácica, pela posição em função do tempo de marcadores associados às costelas, a partir de seqüências de imagens obtidas por câmeras digitais e processo de reconstrução 3D da posição destes pontos.

Parecer

As solicitações e sugestões emitidas por este Comitê foram atendidas. Todavia, o cronograma do projeto não foi atualizado.

Conclusão

Projeto Aprovado com recomendação de acordo com as normas estabelecidas pela Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Obs.: O Comitê de Ética em Pesquisa - CEP, de acordo com suas atribuições definidas na Resolução CNS 196/96, solicita ao pesquisador responsável que encaminhe o relatório final (em CD ou disquete) **ou** cópia da publicação do artigo ou resumo (em papel) referentes a este projeto no mês de **JULHO de 2009** com carta de encaminhamento ao Coordenador do CEP-UMC. Caso contrário, deve ser entregue uma justificativa para que não haja complicações na entrega de projetos posteriores.

Mogi das Cruzes, 06 de Abril de 2009.

Prof. Dr. Carlos Marcelo Gurjão de Godoy
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa
envolvendo Seres Humanos

Av. Cândido Xavier de Almeida Souza, 200 – Prédio II – Sala 21-21 - CEP 08780-911 - Mogi das Cruzes - São Paulo - Brasil
Tel./Fax: (011) 4798-7085 e-mail: cep@umc.br

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo