



**FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE**

**ANNA CLAUDIA PEREIRA BATISTA**

**O USO DO *THRESHOLD IMT* NO FORTALECIMENTO  
DA MUSCULATURA INSPIRATÓRIA: Uma Revisão**

ARIQUEMES - RO

2016

**Anna Claudia Pereira Batista**

**O USO DO *THRESHOLD IMT* NO FORTALECIMENTO  
DA MUSCULATURA INSPIRATÓRIA: Uma Revisão**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Fisioterapia da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial a obtenção do grau de bacharelado em Fisioterapia.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Esp. Patricia Caroline Santana.

Ariquemes - RO

2016

**ANNA CLAUDIA PEREIRA BATISTA**

**O USO DO *THRESHOLD IMT* NO FORTALECIMENTO  
DA MUSCULATURA INSPIRATÓRIA: Uma Revisão**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Fisioterapia da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial a obtenção do grau de bacharelado em Fisioterapia.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Esp. Patricia Caroline Santana.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Orientadora e Especialista: Prof<sup>ª</sup>. Patricia Caroline Santana.  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

---

Professora e Especialista: Jéssica Castro dos Santos  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

---

Professora e Mestre: Michele Thais Fávero  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Ariquemes, 25 de Agosto de 2016

Dedico esta monografia a minha mãe por todo trabalho e dedicação para comigo, por ter sido a peça fundamental para meu estudo e responsável por eu ter me tornado a pessoa que hoje sou.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelas grandes coisas que tem feito em minha vida, a minha família muito obrigada por todo apoio, pela paciência e dedicação, por ter me apoiado e ajudado a realizar esse sonho, sem vocês eu não teria conseguido;

Agradeço a minha querida mãe Cleonice Pereira, mãe obrigada por estar sempre do meu lado me apoiando me colocando para cima, por todas as vezes que eu pensei em desistir a senhora não me deixou desistir, e se não fosse pela senhora meu sonho não teria sido possível muito obrigada por tudo mãe.

Aos amigos que fiz durante o curso, pelas amizades que construímos, mas em particular a Wanessa Ribeiro Lima, Nielly Cristiny, que estavam sempre ao meu lado me ajudando sempre que precisei, muito obrigada pela amizade de vocês tenho certeza que vou levar para a vida toda, a todos os colegas que estiveram do meu lado durante o período de estágio obrigada por todos os momentos que passamos durante esses cinco anos meu especial agradecimento. Sem vocês essa trajetória não seria tão prazerosa;

Agradeço também ao meu amor Valdeir Reis, pelo seu apoio e amor e incentivo que em muitos momentos não me deixou desistir;

A professora e mestre Ana Claudia Petrini, cuja foi a primeira orientadora deste trabalho e com seu ensinamento e dedicação, me orientando sempre que possível fez o que estava em seu alcance para a concretização deste trabalho e devido a sua saída da faculdade não pode mais me orientar;

Agradeço em especial a minha Querida Orientadora Professora Especialista Patricia Caroline, que aceitou me ajudar, mesmo sendo muito em cima da hora e mesmo eu estando já com a ideia formada, rapidamente se prontificou a me ajudar com suas correções e opiniões não sei como nem agradecer pelo que fez por mim.

Agradeço também a professora Flaviany Alves Braga, mesmo não fazendo mais parte do corpo docente da faculdade participou de uma forma especial com sua experiência e foi de muita valia seu conhecimento no meu trabalho só tenho a agradecer de coração.

A todos os professores durante o curso de fisioterapia, pelos ensinamentos dentro e fora da sala de aula, pela paciência, dedicação, cada um de forma especial

contribuiu para a conclusão desse trabalho e conseqüentemente para minha formação ética e profissional.

'Tu, Senhor, guardarás em perfeita paz  
aquele cujo propósito está firme,  
Porque em ti confia. '

Isaías 26:3

## RESUMO

O sistema respiratório é responsável pelas trocas gasosas entre o ambiente externo e o organismo. E esse sistema permite que ocorra um contato entre o gás inspirado e o fluxo capilar pulmonar, permitindo que ocorra a reposição de oxigênio e a remoção do gás carbônico presente no sangue. Os músculos respiratórios contribuem para o processo de ventilação, pois eles auxiliam na mecânica para que o ar entre e saia dos pulmões de uma forma rítmica e coordenada. Estes músculos possuem características como maior resistência à fadiga, maior perfusão sanguínea, maior capacidade oxidativa e densidade capilar mais elevada. Podem ser classificados em músculos inspiratórios e expiratórios. Uma outra classificação seria em músculos principais e acessórios da respiração. O *Threshold IMT* é um aparelho incentivador respiratório ou de treinamento muscular inspiratório, com carga pressórica linear ou fluxo-independente, o qual tem como objetivo melhorar a força e a performance dos músculos inspiratórios. Este estudo tem como objetivo Identificar a ação *Threshold IMT* no fortalecimento da musculatura inspiratória, foram pesquisados artigos publicados nos últimos 16 anos nas plataformas indexadas digitais: Biblioteca Virtual em Saúde (BVS); PubMed; Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e Google Acadêmico além de obras de acervos pessoais e da Biblioteca Júlio Bordignon da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, na cidade de Ariquemes - RO. Verificou-se através dos autores estudados que o *Threshold IMT* tem se mostrado muito eficaz no fortalecimento muscular inspiratório, e estudos abordam uma melhora significativa na pressão inspiratória máxima após o uso deste aparelho.

**Palavras-chave:** Músculos Respiratórios; Força Muscular; Modalidades de Fisioterapia.

## ABSTRACT

The respiratory system is responsible for the gas exchange between the external environment and the body. That system allow a contact to occur between the inspired gas and pulmonary capillary flow occurs allowing the replacement of oxygen and removal of carbon dioxide present in the blood. The respiratory muscles contribute to the ventilation process, because they allow air into and out of the lungs of a rhythm and coordinated. These muscles have characteristics such as increased fatigue resistance, increased blood perfusion, greater oxidative capacity and higher capillary density. They can be classified into inspiratory and expiratory muscles. Another classification in major muscles and accessories breath. The Threshold IMT is an incentive spirometry device or inspiratory muscle training with linear pressure load or flow-independent, which aims to improve the strength and performance of the inspiratory muscles. This study aims to conduct a literature that reported the use of IMT Threshold set on strengthening inspiratory muscles were researched articles published in the last 16 years in digital indexed platforms: Biblioteca Virtual em Saúde (BVS); PubMed; Scientific Eletronic Library Online (SCIELO) and Google Schollar as well as personal collections of works and Library Julio Bordignon, Faculty of Education and Environment - FAEMA at Ariquemes - RO. It was found by the authors studied the Threshold IMT has proven very effective in inspiratory muscle strengthening, and studies address a significant improvement in maximum inspiratory pressure after using this device.

**Keywords:** respiratory muscles; muscle strength; physical therapy modalities.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Traqueia.....	18
Figura 2 – Caixa Torácica .....	19
Figura 3 – Pulmões.....	20
Figura 4 – Músculos da Respiração.....	22
Figura 5 – Músculo Diafragma.....	23
Figura 6 –Volumes e Capacidades.....	28
Figura 7– Manuvacuômetro.....	29
Figura 8 – Aparelho P-Flex.....	34
Figura 9 – Aparelho Voldyne.....	35
Figura 10 – Aparelho Respirom.....	36
Figura 11 – Aparelho <i>Threshold IMT</i> .....	37
Figura 12 – Componentes do <i>Threshold IMT</i> .....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C6	6ª Vertebra Cervical
CTpul	Caixa Torácica Pulmonar
CTab	Caixa Torácica Abdominal
CT	Caixa Torácia
cmH <sub>2</sub> O	Centímetros de Água
P <sub>máx</sub>	Pressão Inspiratória Máxima
P <sub>Emáx</sub>	Pressão Expiratória Máxima
CRF	Capacidade Residual Funcional
CVF	Capacidade Vital Forçada
CPT	Capacidade Pulmonar Total
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
TMI	Treinamento Muscular Inspiratório
VM	Ventilação Mecânica
VR	Volume Residual
TMI	Treinamento Muscular Inspiratório
mm	milímetro

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	15
<b>4REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
4.1 SISTEMA RESPIRATÓRIO.....	16
<b>4.1.1 Tratos Respiratórios Superior e Inferior</b> .....	17
<b>4.1.2 Torax</b> .....	19
<b>4.1.3 Músculos Respiratórios</b> .....	21
4.2 AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR INSPIRATÓRIA.....	28
4.3 FORTALECIMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO.....	32
4.4 FORTALECIMENTO UTILIZANDO <i>THRESHOLD IMT</i> .....	36
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	40
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	41

## INTRODUÇÃO

O sistema respiratório é responsável pelo mecanismo de troca gasosa com o ar atmosférico para garantir que a concentração de oxigênio seja mantida no sangue. Além de realizar trocas gasosas, o sistema respiratório também ajuda na regulação da temperatura corporal e na manutenção do pH sanguíneo. O mecanismo de hematose pulmonar é fundamental para manter o equilíbrio acidobásico do sangue. O sistema respiratório é constituído pelo nariz, cavidade nasal, faringe, laringe, traqueia, brônquios, alvéolos pulmonares e pulmões. Classicamente, o sistema respiratório é dividido em vias aéreas superiores e vias aéreas inferiores. As vias aéreas superiores são formadas por órgãos que se situam externamente à caixa torácica, nariz externo, cavidade nasal, faringe e laringe. As vias aéreas inferiores são constituídas pelos órgãos localizados na caixa torácica, traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos pulmonares e pulmões. (KISNER; COLBY, 2009).

A avaliação muscular respiratória é de extrema importância na análise das possíveis disfunções respiratórias apresentadas em algumas patologias, respiratórias ou não, que possam resultar na fraqueza muscular respiratória. Nessa avaliação por não serem invasivas e de fácil utilização, a medida da força muscular inspiratória e expiratória através da Pressão Inspiratória máxima (PI<sub>máx</sub>) e da Pressão Expiratória máxima (PE<sub>máx</sub>). (ALVES; BRUNETTO, 2006).

O Treinamento Muscular Inspiratório (TMI), como em outros programas de treinamento muscular deve ser feito individualizado. Um programa deve ser bem estabelecido com o tipo de exercício, o grau de intensidade e o número ou o tempo de repetições. (SARMENTO, 2005).

A Fisioterapia tem se destacado no treinamento dos músculos respiratórios, e tem atuado de forma cada vez mais participativa na reabilitação pulmonar de pacientes com doenças que afetam direta ou indiretamente o aparelho respiratório, fazendo uso de diversos recursos como as manobras manuais e os incentivadores respiratórios destinados à higiene brônquica, favorecendo a melhora da ventilação pulmonar. (GALVÃO, 2006).

O *Threshold IMT* é um aparelho que pode ser utilizado para o fortalecimento da musculatura inspiratória, esse aparelho é um incentivador respiratório ou de treinamento muscular inspiratório, com carga pressórica linear ou fluxo-independente, que tem como objetivo melhorar a força e a performance dos músculos inspiratórios. O *Threshold IMT* possui uma válvula a qual permite que seja regulável a pressão gerada sobre a membrana de abertura inspiratória, obtida através de uma mola presente no aparelho. O fluxo de ar é gerado, quando uma pressão inspiratória preestabelecida é executada pelo paciente. (GUEDES et al., 2014).

O presente estudo justifica-se devido ao crescimento no índice de algumas patologias, respiratórias ou não, que podem ocasionar como consequência a fraqueza muscular respiratória, interferindo assim diretamente na mecânica respiratória dos pacientes acometidos. E o aparelho *Threshold IMT*, é um aparelho de carga linear que tem se demonstrado de grande eficácia no treinamento dos músculos inspiratórios.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar a ação *Threshold IMT* no fortalecimento da musculatura inspiratória.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar as estruturas anatômicas do sistema respiratório;
- ✓ Descrever os métodos de avaliação da força muscular inspiratória;
- ✓ Relatar a importância do fortalecimento da musculatura inspiratória.

### 3 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica, coerente e atual na qual buscou sobre o uso do aparelho *Threshold IMT* no fortalecimento da musculatura inspiratória.

As fontes bibliográficas pesquisadas foram nas plataformas indexadas digitais: Biblioteca Virtual em Saúde (BVS); PubMed; Scientific Eletronic Library Online (SCIELO) e Google Acadêmico além de obras de acervos pessoais e da Biblioteca Júlio Bordignon da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, na cidade de Ariquemes - RO, utilizando as seguintes palavras chave: Músculos Respiratórios (*respiratory muscles*); Força muscular (*muscle strength*) Modalidades de Fisioterapia (*physical therapy modalities*).

Foram determinados os seguintes critérios de inclusão: trabalhos científicos nos idiomas da língua Portuguesa e Inglesa publicados nos anos de 2000 a 2016, pertinentes ao tema e que fossem de livre acesso, porém ressalva-se que obras clássicas com anos anteriores foram consideradas devido a sua importância para o enriquecimento do estudo. Os critérios de exclusão foram trabalhos publicados que não correspondiam com ano de publicação e o idioma supracitado, além de artigos que estivessem restritos sem livre acesso.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 SISTEMA RESPIRATÓRIO

O sistema respiratório é responsável pelo mecanismo de troca gasosa (hematose) com o ar atmosférico para garantir que a concentração de oxigênio seja mantida no sangue. Além das trocas gasosas, o sistema respiratório também auxilia na regulação da temperatura corporal e na manutenção do pH sanguíneo. O mecanismo de hematose pulmonar é fundamental para manter o equilíbrio acidobásico do sangue. O sistema respiratório é constituído pelo nariz, cavidade nasal, faringe, laringe, traqueia, brônquios e pulmões. Classicamente, o sistema respiratório é dividido em trato respiratório superior e trato respiratório inferior. O trato respiratório superior é formado por órgãos que se situam externamente à caixa torácica, nariz externo, cavidade nasal, faringe e laringe. Já o trato respiratório inferior é constituído pelos órgãos localizados na caixa torácica, traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos pulmonares e pulmões. (KISNER; COLBY,2009).

Hematose é um mecanismo fisiológico vital de trocas gasosas nos alvéolos pulmonares. Os alvéolos pulmonares são estruturas saculares microscópicas, localizados no final dos bronquíolos. A hematose, ou troca gasosa, ocorre durante a respiração orgânica do ser vivo e corresponde ao processo em que o oxigênio é conduzido dos alvéolos pulmonares para a corrente sanguínea e conseqüentemente ser conduzido pelas hemácias e futuramente entrar nas células e ocasionar a respiração aeróbia na presença da glicose. A hematose possibilita a transformação de sangue venoso, rico em gás carbônico, em sangue arterial, oxigenado. A grande eficiência das trocas gasosas nos seres humanos ocorre devido à grande área de superfície alveolar, à sua parede extremamente fina e à sua ampla rede de vasos capilares sanguíneos alveolares. (WEST,2002).

O sistema respiratório pode ser representado, simplificadaamente, por uma membrana com enorme superfície em que, de um lado existe o ar atmosférico e do outro lado o sangue venoso. Através da membrana, ocorrem as trocas gasosas. Quando o ar passa pelo nariz, ocorrem três funções distintas nas

cavidades nasais: o ar é aquecido pelas superfícies dos cornetos e do septo, logo após ar é umedecido quase por completo, mesmo antes de passar além do nariz em seguida o ar é filtrado. Essas funções, em conjunto, denominam-se condicionamento do ar das vias respiratórias superiores. (KISNER; COLBY, 2009).

#### **4.1.1 Trato Respiratório Superior e Inferior**

As estruturas do trato respiratório superior são: cavidade nasal, nasofaringe, faringe, laringe. O trato respiratório inferior é formado pelas seguintes estruturas: parte inferior da traquéia, brônquios principais direito e esquerdo, brônquios lobares, brônquios segmentares, bronquíolos respiratórios, bronquíolos terminais, ductos alveolares e alvéolos, limite entre esses dois tratos é a cartilagem cricóide. (SCANLAN; WILKINS; STOLLER, 2000; KISNER; COLBY, 2009).

A traqueia (Figura 1), é um tubo cartilaginoso e membranoso com o tamanho cerca de 10 cm de comprimento que se estende de C6, em direção descendente oblíqua, até o nível do ângulo da segunda costela e T6 onde se divide em brônquio principal esquerdo e brônquio principal direito, os brônquios se ramificam em pequenos brônquios lobares ou de segunda ordem, que por sua vez se ramificam em brônquios segmentares ou de terceira ordem e por fim se ramificam em bronquíolos. (HAYASHI, 2004, KISNER; COLBY, 2009).

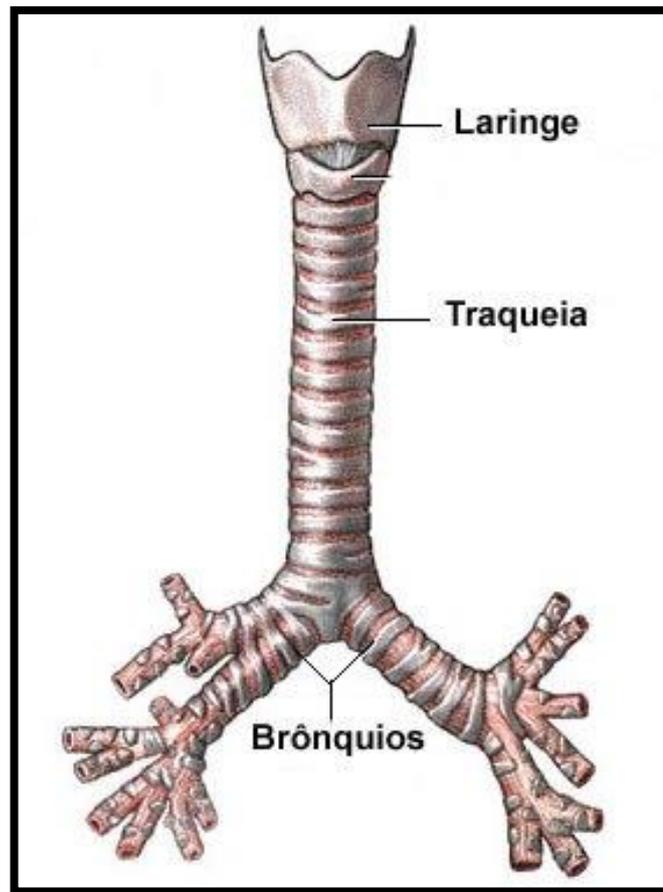


Figura 1- Traquéia

Fonte: Anatomia online (2016).

O sistema respiratório também pode ser dividido do ponto de vista funcional em zona de condução e zona respiratória. A zona de condução é composta pelas estruturas do trato respiratório superior, parte inferior da traqueia, brônquios e bronquíolos terminais. A zona respiratória começa a partir dos bronquíolos respiratórios e se estende até os alvéolos (PALOMBINI et al., 2001; POWERS; HOWLEY, 2000).

A zona de condução tem como função conduzir os gases, serve como mecanismo de defesa para os pulmões, umidificando e aquecendo o ar inspirado. Com essa umidificação e aquecimento do ar, impedem que haja o ressecamento do tecido pulmonar e o desequilíbrio térmico. A zona respiratória está diretamente relacionada com as trocas gasosas, que ocorrem através dos 300 milhões de alvéolos presentes nos pulmões. A ação da zona de condução e da zona respiratória está relacionada com a filtração do ar inspirado sendo importante na

prevenção da lesão pulmonar decorrente do acúmulo de partículas inaladas (POWERS; HOWLEY, 2000).

#### 4.1.2 Tórax

O tórax (Figura 2), é formado por doze pares de costelas, onde sete se articulam de forma direta com o esterno, três são consideradas costelas falsas que se articulam indiretamente com o esterno e duas flutuantes que se articulam apenas com a coluna. Essa estrutura óssea da caixa torácica tem como função principal a proteção dos órgãos internos e também de gerar diferenças de pressão que capacitam a entrada e saída de ar dos pulmões. Isso é possível devida a interação entre os ossos torácicos e os músculos, que aumentam e diminuem o volume torácico. (SCANLAN; WILKINS; STOLLER, 2000; SANTOS, 2009).

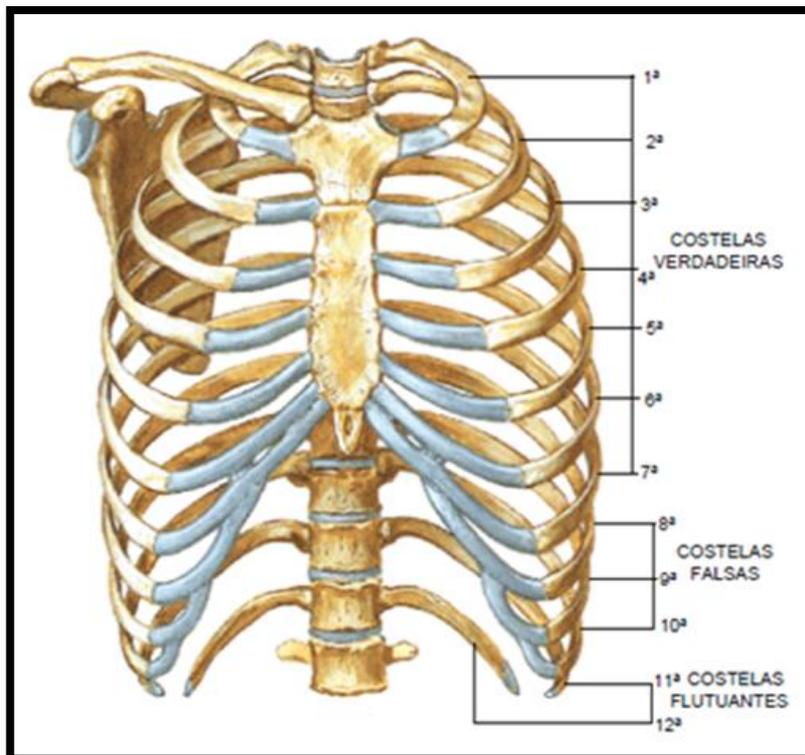


Figura 2: Caixa torácica

Fonte: Anatomia em Foco (2016).

O tórax é formado por três compartimentos sendo estes o mediastino e as cavidades pleurais direita e esquerda. O mediastino está localizado na região central do tórax, e nele está presente a traqueia, esôfago, coração e grandes vasos do sistema circulatório. Nas cavidades pleurais direita e esquerda se encontram os pulmões (SCANLAN; WILKINS; STOLLER, 2000; HAYASHI,2004).

A caixa torácica que fica aposta aos pulmões pode ser denominada como Caixa Torácica Pulmonar (CTpul), e a região que esta aposta sobre o abdômen é denominada como Caixa Torácica Abdominal (CTab), as duas partes da caixa torácica podem ser consideradas compartimentos diferentes devido as diferenças anatômicas e a ação de distintos músculos entre as mesmas. (MACHADO,2007).

O pulmão (Figura 3), direito divide-se em lobo superior, lobo médio e lobo inferior, já o pulmão esquerdo é dividido em lobo superior e lobo inferior. A parte superior do pulmão é denominada de ápice, a parte inferior se chama base. A superfície pulmonar próxima às costelas é denominada face costal. A face mediastinal, que é a superfície medial do pulmão adjacente ao mediastino, contém uma abertura que é denominada como hilo. As estruturas que passam pelo hilo são as vias aéreas, vasos sanguíneos, vasos linfáticos e nervos. Existe ainda a face diafragmática, que é a superfície pulmonar que entra em contato com o músculo diafragma. (HAYASHI,2004).

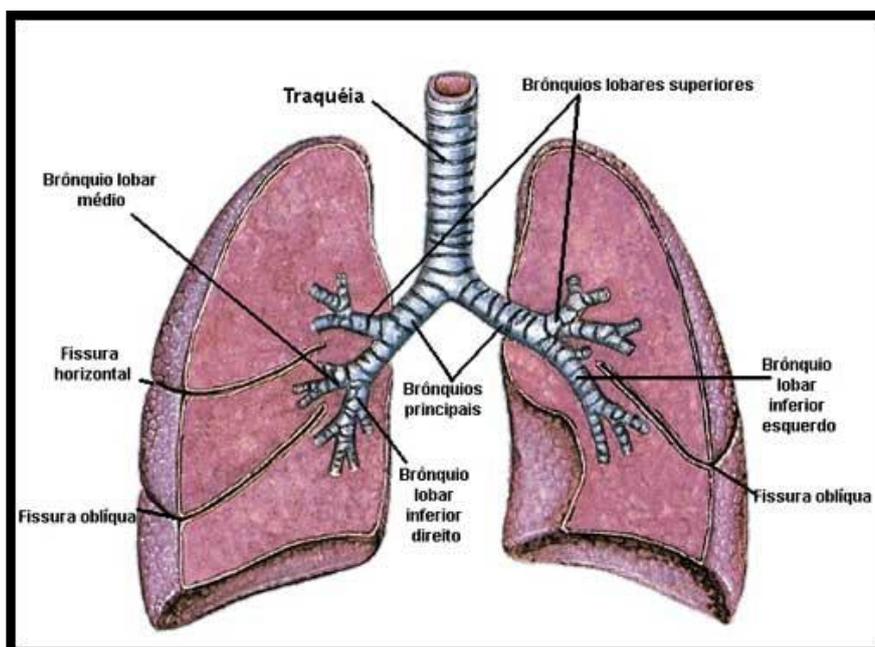


Figura 3: Pulmões

Fonte: Unifesp (2015).

Cada lobo é suprido pelas subdivisões dos brônquios principais. O brônquio principal direito origina o brônquio lobar superior, que por sua vez se subdivide em brônquio lobar médio e inferior. O brônquio principal esquerdo origina os brônquios lobares superior e inferior. Os brônquios lobares se dividem em brônquios segmentares, estes em bronquíolos terminais e por fim em bronquíolos respiratórios (SCANLAN; WILKINS; STOLLER, 2000).

A superfície dos pulmões e o interior da parede torácica são revestidos por uma camada fina chamada pleura também conhecida como pleura visceral. Essa membrana fica aderida em toda a superfície de cada pulmão. Ela é formada por um tecido de revestimento contínuo, sendo classificada conforme as estruturas com as quais tem contato. A pleura visceral é o tecido pleural que reveste os pulmões e a parietal reveste a parede interna do tórax e o mediastino (SCANLAN; WILKINS; STOLLER, 2000; KISNER; COLBY, 2009).

Entre as duas pleuras se encontra a cavidade pleural, que é ocupada por líquido seroso, denominado líquido pleural. Esse líquido possibilita a lubrificação e o deslizamento das pleuras, permitindo também que as forças produzidas na parede torácica pela atuação dos músculos respiratórios sejam levadas aos pulmões. A pressão existente na cavidade intrapleural é inferior a pressão atmosférica, tornando-se ainda menor durante a inspiração, permitindo com que o ar gere a insuflação dos pulmões (POWERS; HOWLEY, 2000).

#### **4.1.3 Músculos Respiratórios**

Os músculos respiratórios (Figura 4), contribuem para o processo de ventilação, pois eles auxiliam que o ar entre e saia dos pulmões de forma rítmica e coordenada. Estes músculos possuem características como maior resistência à fadiga, maior perfusão sanguínea, maior capacidade oxidativa e densidade capilar mais elevada. Podem ser classificados em músculos inspiratórios e expiratórios.(BERNER et al., 2004; HAYASHI, 2004, MACHADO, 2007).

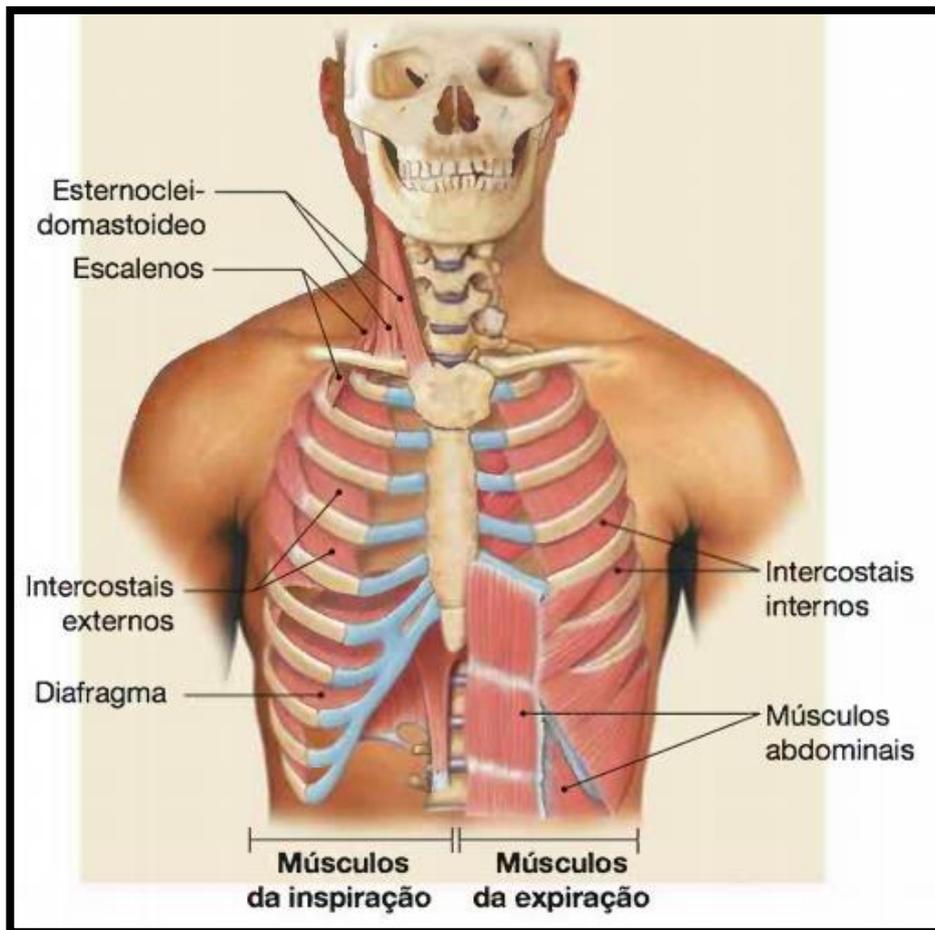


Figura 4: Músculos da respiração

Fonte: SILVERTHORN (2010)

O principal músculo responsável pela ventilação é o diafragma (Figura 5), o qual consiste em uma lamina muscular fina, em forma de cúpula, é um músculo delgado do tipo musculotendinoso, sendo considerado o músculo inspiratório mais importante. Ele é responsável por aproximadamente 70% das alterações do volume torácico que ocorre durante a respiração (SCANLAN; WILKINS; STOLLER, 2000, MACHADO, 2007, WEST, 2002).

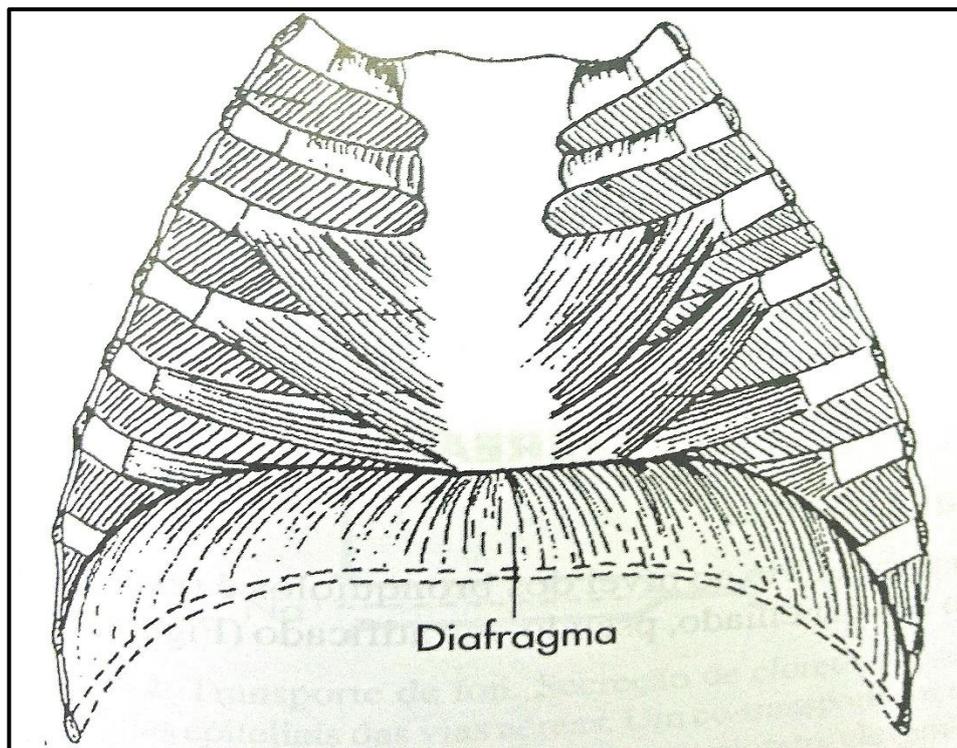


Figura 5: Músculo Diafragma.

Fonte: BERNE et al. (2004)

O Diafragma é constituído por duas cúpulas de ventre musculares e um centro frênico formado por uma aponeurose central. O centro frênico contém forames por onde passam grandes vasos sanguíneos e o esôfago. A cúpula diafragmática direita está localizada um pouco acima em relação à cúpula esquerda, por causa da posição do fígado (BERNER et al., 2004; MACHADO, 2007).

A contração das cúpulas diafragmáticas ocasiona um aumento de diâmetro láterolateral, ântero-posterior e longitudinal do tórax. Durante a inspiração, o músculo se contrai, as cúpulas descem, aumentando o volume torácico e diminuindo a pressão da cavidade torácica; por outro lado, diminui o volume abdominal e aumenta a pressão da cavidade abdominal (MACHADO,2007; WEST, 2002).

O rebaixamento das cúpulas é limitado pelas vísceras abdominais. Na expiração, o diafragma relaxa e as cúpulas se elevam, diminuindo o volume torácico e aumentando a pressão da cavidade torácica, enquanto aumenta o

volume abdominal e diminui a pressão da cavidade abdominal. (MACHADO, 2007).

O diafragma pode ser definido pelas origens de suas fibras musculares. As fibras originárias das vértebras lombares constituem a parte crural do diafragma e as fibras originárias das últimas seis costelas constituem a parte costal. Essas fibras costais e crurais se convergem num tendão central, formando a inserção do diafragma. (HAYASHI, 2004).

A inervação do musculo diafragma parte da medula espinhal nas raízes anteriores do terceiro ao quinto segmentos cervicais e descende pelo nervo frênico, e são responsáveis pela sua vascularização a artéria mamária interna, intercostais, frênica inferior e superior. O sistema venoso leva o sangue à veia cava inferior e veias mamárias internas. Em relação à rede linfática, a trama linfática torácica se anastomosa com a trama abdominal. Numerosos coletores implantados em torno da base do pericárdio, levam a linfa aos gânglios do mediastino. (WEST, 2002; HAYASHI, 2004).

O músculo diafragma contém fibras brancas e vermelhas, porém há um predomínio das fibras vermelhas, que são mais resistentes a fadiga, justificando sua ação ininterrupta do nascimento à morte. Outros músculos inspiratórios são os intercostais internos e externos, que são músculos curtos presentes em todos os espaços intercostais. Estes que são responsáveis pela elevação do gradil costal, espaçando uma costela da outra, gerando um aumento do diâmetro transversal e ântero-posterior da caixa torácica. São responsáveis pela inervação desses músculos os nervos intercostais que são derivados do 1º ao 12º segmento torácico (MACHADO, 2007; WEST, 2002).

O trabalho mecânico dos músculos intercostais externos é muito significativo durante a inspiração pois eles puxam as costelas para cima e para frente durante a inspiração, isto faz com que haja um aumento nos diâmetros lateral e ântero-posterior do tórax. Estes músculos são inervados pelos nervos intercostais, que emergem no mesmo nível da medula espinhal. (BERNE et al., 2004).

Músculos intercostais internos originam-se da superfície interna das costelas e cartilagens costais e se inserem nas bordas superiores das costelas adjacentes inferiores. Durante a expiração controlada, os músculos intercostais

internos e externos apresentam uma função muito importante que é a “ação frenadora”, que diminui a retração estática dos pulmões e da parede torácica, porém a somatória do trabalho de todos eles, em conjunto com o diafragma, supre satisfatoriamente as necessidades ventilatórias do organismo. (KENDALL, 2007).

Os músculos acessórios da inspiração não se apresentam ativos durante a inspiração basal, mas são recrutados quando há maior demanda ventilatória como na dispneia. Nesse grupo incluem-se os músculos esternocleidomastoídeo, peitorais, escalenos, e serrátil anterior. (MACHADO, 2007; WEST, 2002; HAYASHI, 2004).

A expiração é considerada passiva. Os músculos expiratórios atuam somente quando há necessidade de um processo ativo como na tosse. Esses músculos são os intercostais paravertebrais, oblíquos internos e externos, reto abdominal, transverso do abdômen e triangular do esterno. Os intercostais são inervados pelos nervos intercostais e os abdominais são inervados por fibras nervosas originárias dos últimos seis segmentos torácicos e primeiro lombar da medula espinhal. (HAYASHI, 2004).

Os músculos expiratórios acessórios são: serrátil pósterio-inferior, quadrado lombar, grande dorsal e iliocostal lombar. Eles atuam durante o exercício, altos níveis de ventilação, na obstrução moderada a grave das vias aéreas e fadiga. (WEST, 2002; HAYASHI, 2004).

O pulmão e o tórax são compostos por fibras elásticas e de colágeno, que proporcionam a eles, a propriedade da elasticidade (propriedade da matéria que provoca seu retorno à posição inicial de equilíbrio após ter sido distendida por alguma força externa). No pulmão, a distensão ocorre devido à insuflação, onde por sua vez sofre oposição das forças elásticas. (STOLLER, 2000; HAYASHI, 2004).

A retração pulmonar é uma combinação da elasticidade tecidual e das forças de tensão superficial nos alvéolos. A tensão superficial é a força criada pela atração entre as moléculas de água da superfície interna dos alvéolos, que age como uma tensão elástica. Durante a insuflação é necessária uma pressão adicional para que ocorra a superação das forças da tensão superficial. (BETHLEM, 2000; SCANLAN; WILKINS; STOLLER, 2000).

Uma outra força tem relação com a fricção dos tecidos que se movem durante a inspiração, essa força apresenta dois componentes: resistência viscosa tecidual e resistência das vias aéreas. A resistência viscosa tecidual é a impedância do movimento causado pelo deslocamento dos tecidos durante a ventilação. A energia para deslocar as estruturas se compara com a impedância determinada pelo atrito em qualquer sistema dinâmico. (BETHLEM, 2000).

Os músculos inspiratórios precisam vencer também a resistência ao fluxo aéreo através da árvore traqueobrônquica. A resistência gerada pelas vias aéreas é proporcional a pressão de propulsão responsável pelo movimento gasoso em relação ao fluxo de gás. Essa resistência está diretamente relacionada com número, comprimento, calibre das vias aéreas, tipo de fluxo e composição dos gases. O fluxo de ar pode estar aumentado quando houver um aumento do gradiente de pressão no sistema pulmonar ou diminuição da resistência das vias aéreas. (BETHLEM, 2000; POWERS; HOWLEY, 2000; HAYASHI, 2004).

As forças contráteis dos músculos inspiratórios têm relação com a massa celular, comprimento da fibra e sua velocidade de encurtamento, do número de unidades contráteis ativadas, da frequência de disparo do neurônio motor e da presença ou ausência de fadiga muscular. A geração dessas forças permite o fluxo de gás pela árvore traqueobrônquica, como consequência à expansão pulmonar e torácica. Onde esse processo é chamado ventilação. (BETHLEM, 2000; EMMERICH, 2001; SCANLAN; WILKINS; STOLLER, 2000).

A ventilação é um processo mecânico automático, rítmico e regulado pelo sistema nervoso central. É uma atividade cíclica que possui duas fases: a inspiração e a expiração. O volume de gás (volume corrente) que transita pela árvore traqueobrônquica ocorre durante essas fases. A respiração retira o dióxido de carbono e fornece oxigênio para suprir as necessidades metabólicas do organismo. (HAYASHI, 2004).

Os testes de função pulmonar são instrumentos propedêuticos auxiliares no diagnóstico de condições que comprometem o desempenho funcional das vias aéreas, do parênquima pulmonar e da caixa torácica. A espirometria é o teste funcional mais utilizado na prática clínica e se propõe a avaliar as condições mecânicas e dinâmicas do aparelho respiratório, podendo ser realizada por meio de manobras respiratórias forçadas ou lentas. A manobra expiratória forçada,

desencadeia um aumento pronunciado das pressões alveolares, que tendem a expulsar o ar, e também da pressão pleural, que, envolvendo as vias aéreas tendem a fechá-las. Os dois processos praticamente se cancelam em um determinado segmento das vias aéreas (ponto de igual pressão), assim, a pressão que sobra para eliminar o ar é a pressão de recuo elástico dos pulmões. A consequência lógica é a obtenção, nessa circunstância, do fluxo máximo possível para um determinado volume pulmonar. Na expiração forçada, a taxa de fluxo aéreo é constante em um dado volume pulmonar, o que torna os parâmetros espirométricos reprodutíveis e analisáveis. Já na manobra expiratória lenta, não há compressão das vias aéreas e os fluxos são altamente variáveis. Em compensação, todo ar previamente inspirado consegue ser exalado, fornecendo valores mais acurados de capacidade vital. (BETHLEM, 2000).

Ao descrever os eventos no ciclo pulmonar dos volumes e capacidades pulmonares (Figura 6), algumas vezes é desejável considerar a combinação de dois ou mais volumes. A capacidade inspiratória é igual ao volume corrente mais o volume de reserva inspiratória. É a quantidade de ar cerca de 3.500 mililitros, que uma pessoa pode respirar, começando num nível expiratório normal e distendendo os pulmões a uma quantidade máxima. A capacidade residual funcional é igual o volume de reserva expiratório mais o volume residual. É a quantidade de ar que permanece nos pulmões ao final de uma expiração normal. A capacidade vital é igual ao volume de reserva inspiratório mais o volume corrente mais o volume de reserva expiratório, é a quantidade máxima de ar que uma pessoa pode expelir dos pulmões, após primeiramente enche-los a sua extensão máxima e então expirar também a sua extensão máxima. A capacidade pulmonar total é o volume máximo em que os pulmões podem ser expandidos com o maior esforço. (GUYTON; HALL, 2006).

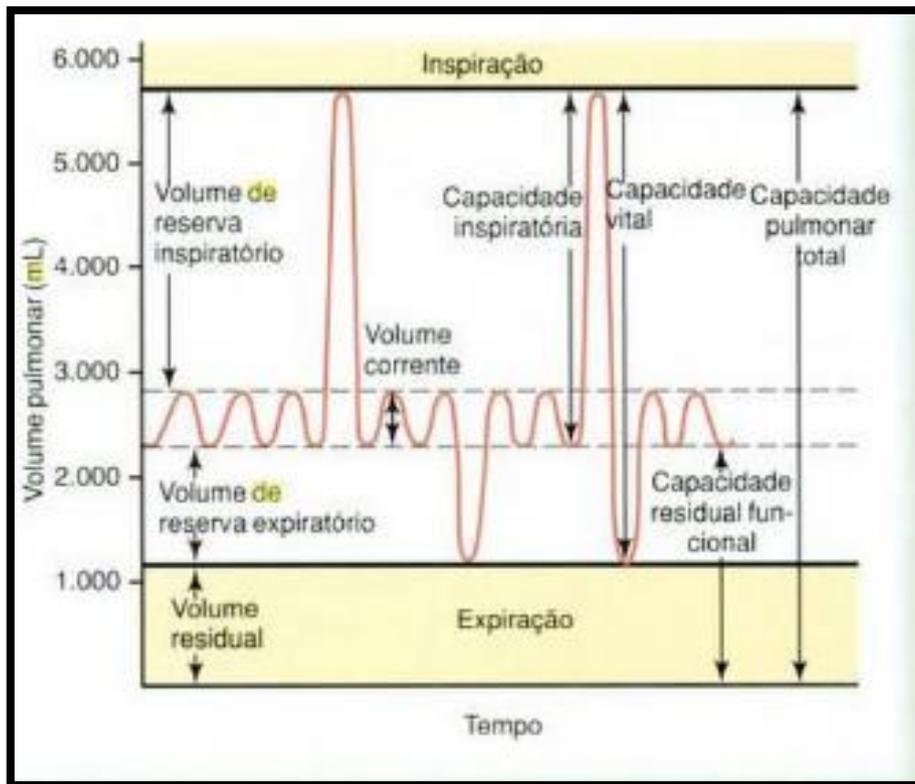


Figura 6: Volumes e capacidades pulmonares

Fonte: Guyton e Hall (2006).

#### 4.2 AVALIAÇÃO DA FORÇA DOS MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS

A força dos músculos inspiratórios pode ser avaliada pelo Manovacômetro. O Manovacômetro (Figura 7), é um dispositivo que mede pressões negativas e positivas graduadas em  $\text{cmH}_2\text{O}$ . Em conjunto, deve ser utilizado um bocal com uma de suas extremidades achatadas e uma traquéia-conector com um orifício de 1 mm de diâmetro interno, para permitir um pequeno vazamento, com a finalidade de prevenir o fechamento da glote durante a manobra da  $P_{\text{Imáx}}$ . Isso também reduzirá o uso dos músculos faciais durante a manobra da  $P_{\text{Emáx}}$ . Todo esse conjunto deverá ser acoplado a uma peça rígida contendo outro orifício que deverá ser ocluído quando for solicitado o esforço respiratório. (ALVES; BRUNETTO, 2006, SOUZA, 2002).



Figura 7: Manovacuômetro MV 120.

Fonte: Fernandes (2007).

É um dispositivo analógico que contém em seu manômetro um ponteiro vermelho e um preto. Quando a manobra é solicitada, esses ponteiros se movimentarão no sentido do esforço respiratório, permitindo ao indivíduo uma noção sobre o seu desempenho. (FERNANDES, 2007).

Após a realização das manobras, dois resultados podem ser obtidos: o ponteiro vermelho representa a pressão de pico que é a maior pressão atingida, usada geralmente em indivíduos que têm dificuldade para sustentar o máximo de tempo exigido; o outro ponteiro, de cor preta, representa a pressão sustentada em pelo menos um segundo. Estudos sugerem que o valor obtido seja aquele sustentado por um segundo e não o valor de pico, pois se acredita que há superestimação da força dos músculos respiratórios (SOUZA, 2002; GREEN et al., 2002, ALVES; BRUNETTO, 2006).

São avaliadas a PImáx e a PEmáx. A PImáx pode ser medida a partir da posição de expiração máxima, quando o volume de gás contido nos pulmões é o Volume Residual (VR), ou pode ser medida a partir do final de uma expiração lenta, quando o volume de gás contido nos pulmões é a Capacidade Residual Funcional (CRF). A medida mais fidedigna se obtém a partir da CRF, pois exclui a influência das forças de retração elástica do pulmão e seu valor é habitualmente expresso em  $\text{cmH}_2\text{O}$ , sendo precedido de sinal negativo. A PEmáx pode ser medida a partir da posição de inspiração máxima até alcançar sua Capacidade

Pulmonar Total (CPT), em seguida efetua um esforço expiratório máximo contra a via aérea ocluída. Seu valor é habitualmente expresso em cmH<sub>2</sub>O, sendo precedido de sinal positivo e quando o seu valor é medido se refere à soma da pressão dos músculos expiratórios que é positiva. (AZEREDO, 2002; ALVES; BRUNETTO, 2006; CADER et al., 2007).

Essas manobras são dependentes da colaboração do indivíduo e da motivação do examinador, portanto quando realizadas adequadamente, tornam-se um método fidedigno da medida das pressões respiratórias estáticas máximas. A medida das pressões respiratórias estáticas pode ser útil para a avaliação funcional dos músculos respiratórios. O Manovacuômetro é o instrumento frequentemente utilizado, que permite a avaliação não-invasiva de uma forma simples, rápida, além de possibilitar uma quantificação da força destes músculos (VALLE, 2001; SOUZA, 2002; AZEREDO, 2002).

As contra-indicações da aplicação da manovacuumetria são divididas em absolutas e relativas. As absolutas são: infarto agudo do miocárdio ou angina instável recente, hipertensão arterial sistêmica grave e sem controle, aneurisma de aorta, pneumotórax, fístulas pleurocutâneas ou pulmonares, cirurgia ou traumatismo recentes sobre vias aéreas superiores, tórax ou abdome, hérnias abdominais, problemas agudos de ouvido médio, glaucoma ou descolamento de retina, hidrocefalia, meningocele, processos neurológicos que favoreçam alteração funcional das amídalas, e estado geral de deteriorização física ou mental que impeça a colaboração do paciente. Já as relativas são: pouca colaboração do paciente, traqueostomia, paralisia facial, hemorroidas sangrantes, história de síncope tossígena e doenças da coluna vertebral. (KOTZ, 2005).

A avaliação muscular respiratória está associada ao estado de saúde, aptidão física e níveis de mortalidade e morbidade pós-cirúrgicos, tendo também um papel importante de diagnóstico e prognóstico de doenças neuromusculares e pulmonares e é um dos fatores que predispõem ao sucesso do desmame ventilatório e da retirada da prótese ventilatória. (AZEREDO, 2002; CADER et al., 2007).

Segundo Souza (2002), as mensurações da pressão respiratórias máximas dependem da compreensão das manobras a serem executadas, da cooperação do indivíduo, e também da realização dos movimentos e esforços realmente

máximos. A força não depende apenas da força dos músculos, depende também do volume pulmonar em que foi feita a mensuração e do correspondente valor da pressão de retração elástica do sistema respiratório. A força é exercida em dois sentidos, na inspiração e na expiração, produzindo, respectivamente a pressão negativa ou pressão inspiratória máxima e positiva ou pressão expiratória máxima. A  $P_{lmáx}$  é mensurada a partir do volume residual, isto é, após uma expiração profunda.

A força muscular inspiratória em adultos tem seu valor normal nas faixas de pressão inspiratória entre -90 a -120 cmH<sub>2</sub>O. Em ambos os sexos, após os 20 anos, há um decréscimo anual de 0,5 cmH<sub>2</sub>O. (AZEREDO, 2002).

Os músculos inspiratórios podem ainda ser avaliados por outra técnica, denominada mensuração manual da força muscular. Esta técnica subjetiva de avaliação necessita de alguns itens que tornem este teste mais eficaz, como o relaxamento dos músculos abdominais na fase da inspiração, a correta introdução das mãos ou dos dedos nas proximidades das inserções costais do diafragma, uma sensibilidade tátil suficiente nas mãos e o correto posicionamento do indivíduo a ser avaliado. (COSTA, 1999; AZEREDO, 2002).

Durante a execução do exame para avaliar a força diafragmática, o indivíduo é colocado em decúbito dorsal, com os braços paralelo ao corpo. Então o avaliador introduz a região hipotenar e a região externa do dedo mínimo por debaixo do rebordo costal, durante a expiração. Feito isto, o voluntário é condicionado a direcionar o ar inspirado para o abdômen, empurrando a mão do examinador. (COSTA, 1999).

A partir da observação do avaliador durante o ato inspiratório, a força do diafragma poderá ser classificada como: boa, regular, ruim ou zero, agregando-se os valores, conforme quadro 1 abaixo:

Bom (grau 4) quando o abdome do paciente consegue expulsar a mão do examinador
Regular (grau 3) quando se sente a contração muscular e uma tentativa de expulsão da mão do avaliador
Ruim (grau 2) quando se percebe a contração, mas não há expulsão da mão do examinador
Zero (grau 1) quando não há expulsão da mão do avaliador nem se sente

contração alguma
------------------

Fonte: COSTA (1999).

Quadro 1: Classificação do grau de força muscular Diafragmático.

#### 4.3 FORTALECIMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO

O Treinamento Muscular Inspiratório (TMI), como em qualquer outro programa de treinamento muscular deve ser feito individualizado. Um programa deve ser bem estabelecido o tipo de exercício, o grau de intensidade e o número ou o tempo de repetições. (SARMENTO, 2005).

A Fisioterapia tem se destacado no treinamento dos músculos respiratórios, e tem atuado de forma cada vez mais participativa na reabilitação pulmonar de pacientes com doenças que afetam direta ou indiretamente o aparelho respiratório, fazendo uso de diversos recursos como as manobras manuais e os incentivadores respiratórios destinados à higiene brônquica, favorecendo a melhora da ventilação pulmonar. (GALVÃO, 2006).

O treinamento dos músculos respiratórios pode ser realizado de forma específica ou inespecífica. No treinamento específico, incrementa-se diretamente o trabalho dos músculos ventilatórios, fazendo com que os indivíduos respirem através de resistores que impõem uma carga inspiratória pressórica de maneira linear ou alinear durante o ciclo respiratório (TARANTINO, 2002).

Os equipamentos que possuem resistência alinear são chamados de dependentes de fluxo aéreo porque a pressão inspiratória preestabelecida só é alcançada se o paciente mantiver um fluxo aéreo alto através do orifício de entrada de ar. No treinamento muscular inspiratório com carga linear, são utilizados equipamentos conhecidos como dependentes de pressão, os quais mantêm o orifício para a entrada do ar inspirado fechado com uma válvula unidirecional, a qual se desloca e permite a entrada do ar somente quando uma pressão preestabelecida é alcançada. A carga pressórica utilizada para treinamento corresponde a 40 – 60% da pressão inspiratória máxima. (TARANTINO, 2002; KNOBEL, 2002).

Para o treinamento específico dos músculos inspiratórios aonde os mesmos são sobrecarregados utilizando um resistor de carga linear ou um sistema de carga resistiva que possa proporcionar um aumento da  $P_{lm\acute{a}x}$ . Quando um sistema de carga resistiva é utilizado, a carga inspiratória depende do diâmetro do orifício e do padrão respiratório do paciente, o que não permite que cargas constantes sejam atingidas. No entanto, quando o treinamento da musculatura inspiratória é realizado utilizando-se um resistor de carga linear, é provável estabelecer uma carga inspiratória constante que é graduada em  $cmH_2O$ , uma vez que o fluxo inspiratório ocorre somente se o paciente produzir uma pressão maior do que a ajustada, o que abre a válvula. Alcançado o limiar, a resistência permanece constante independentemente do fluxo inspiratório. (SILVEIRA et al., 2010).

Os benefícios como resultados desse treinamento, o qual é geralmente associado a cargas altas, depende tanto da intensidade quanto da duração. Porém, o treinamento dos músculos inspiratórios com cargas muito altas é mais difícil de ser realizado e pode causar fadiga muscular. (SARMENTO, 2005; SILVEIRA et al., 2010).

O treinamento da musculatura respiratória tem como principal objetivo habilitar a função músculos específicos a realizarem com maior desempenho a função para qual estão desempenhados, objetivando tanto força muscular quanto endurance (SASAKI; KUROSAWA; KOHZUKI, 2005).

Desta forma é necessário que estes músculos se apresentem em boas condições fisiológicas, como condução nervosa íntegra e circulação adequada (KNOLBEL, 2004).

Os métodos de fortalecimento inspiratório nos trabalhos que foram utilizados são: o uso de cargas que representam uma porcentagem da pressão inspiratória, nasal ou transdiafragmática máxima, treinamento com hiperventilação normocapnica, treinamento de resistências lineares ou não lineares, testes de respiração espontânea e treinamento global. (SARMENTO, 2005).

P- Flex (Figura 8), é um dos sistemas desenvolvidos para treinamento da musculatura inspiratória, geralmente indicado para pacientes que requeiram trabalho para aumentar a força ou *endurance* dos músculos inspiratórios. Ele é composto por um conjunto de seis orifícios que são selecionados pelo terapeuta,

baseando se nas condições clínicas desses pacientes e pela manovacuômetria para oferecer uma determinada resistência durante a inspiração. (CUNHA; SANTANA; FORTES, 2008).

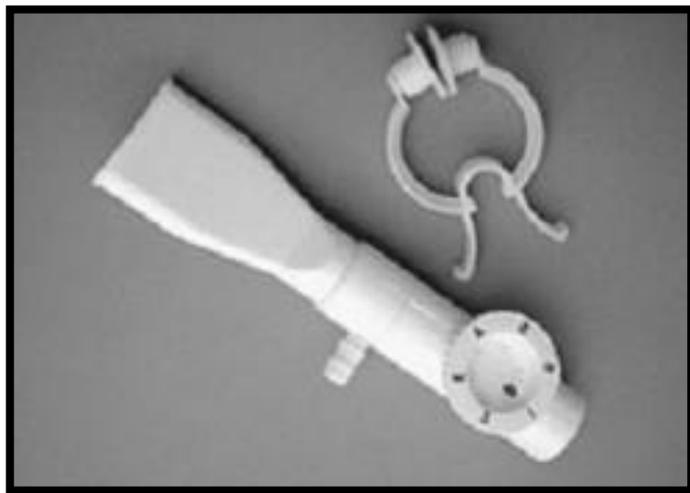


Figura 8: Aparelho P-Flex

Fonte: Globalmed (2005)

No estudo realizado por Hayashi (2004), verificou-se a eficácia do incentivador respiratório a volume *Voldyne* (Figura 9), no ganho de força dos músculos inspiratórios, avaliado através da manovacuometria e do teste muscular manual. Participaram do estudo 20 voluntários sadios, com idade entre 20 e 41 anos, de ambos os sexos. O protocolo foi executado com frequência de 2 sessões semanais, composto por 2 séries de 20 inspirações e 4 séries de 10 inspirações, efetuadas em diversos decúbitos e associada a mobilização dos membros superiores, por 10 semanas. Foi possível verificar que houve ganho estatisticamente significativo no grupo tratado. O *Voldyne* 5000, possuem uma câmara (que abriga um disco) com marcações que permitem visualizar o volume que deve ser atingido, quando o indivíduo gera um fluxo médio ou lento.



Figura 9: Aparelho Voldyne 500

Fonte: Físio Fernandes (2016).

O incentivador respiratório do tipo Respirom (Figura 10) é um incentivador respiratório de carga pressórica alinear a fluxo, são compostos por câmaras plásticas que abrigam uma pequena esfera em cada câmara, móvel e colorida. Quando o paciente inspira em fluxos suficientemente altos, as esferas elevam-se sucessivamente, à medida que o fluxo inspiratório aumenta, pela pressão negativa gerada na extremidade superior do compartimento das esferas, fornecendo-lhe incentivo visual. (HAYASHI, 2004).



Figura 10: Aparelho Respirom

Fonte: Físio Fernandes (2016).

#### 4.4 FORTALECIMENTO UTILIZANDO *THRESHOLD IMT*

A avaliação muscular respiratória é de extrema importância na análise das possíveis disfunções respiratórias apresentadas em algumas doenças, respiratórias ou não, que possam resultar na fraqueza muscular respiratória. Nessa avaliação por não serem invasivos e de fácil utilização, a medida da força muscular inspiratória e expiratória através da Pressão Inspiratória Máxima (PI<sub>máx</sub>) e da Pressão Expiratória Máxima (PE<sub>máx</sub>) e a avaliação da resistência dos músculos inspiratórios por teste de carga contínua ou incremental utilizando um sistema de carga linear inspiratória tipo *Threshold IMT* (Figura 11). (ALVES; BRUNETTO, 2006).

A estratégia mais utilizada para o treinamento da musculatura inspiratória, devido ao fato de se tratar de uma carga linear que se mantém de forma constante, independente do fluxo gerado pelo paciente. O aparelho disponível para esse tipo de treinamento é o aparelho *Threshold IMT*, de fácil utilização e baixo custo. (BRITTO; BRANT; PARREIRA, 2014).

A P<sub>Imáx</sub> e P<sub>Emáx</sub> se dá pela avaliação pressórica, por meio do aparelho manovacuômetro que tem como finalidade mensurar essas duas pressões, o qual pode ser do tipo analógico ou digital e tem como finalidade medir pressões positivas (manômetro) e pressões negativas (vacuômetro), onde os valores são dados em escala de cmH<sub>2</sub>O, (NIERO, 2010).

O *Threshold IMT* (Figura 12) é um cilindro de plástico, com cerca de 1,5 cm de diâmetro interno, possui uma válvula interna reguladora de pressão, controlada pela tensão da mola. Para que se possa iniciar o treinamento com o *Threshold IMT* é necessário definir a resistência que será plicada em cmH<sub>2</sub>O e o indivíduo deve utilizar um clipe nasal, e inspirar através do bocal e gerar uma pressão subatmosferica capaz de abrir a válvula. Quando a pressão gerada for maior que a pressão exercida pela mola, o ar é inspirado através do aparelho. (BRITTO; BRANT; PARREIRA, 2014).

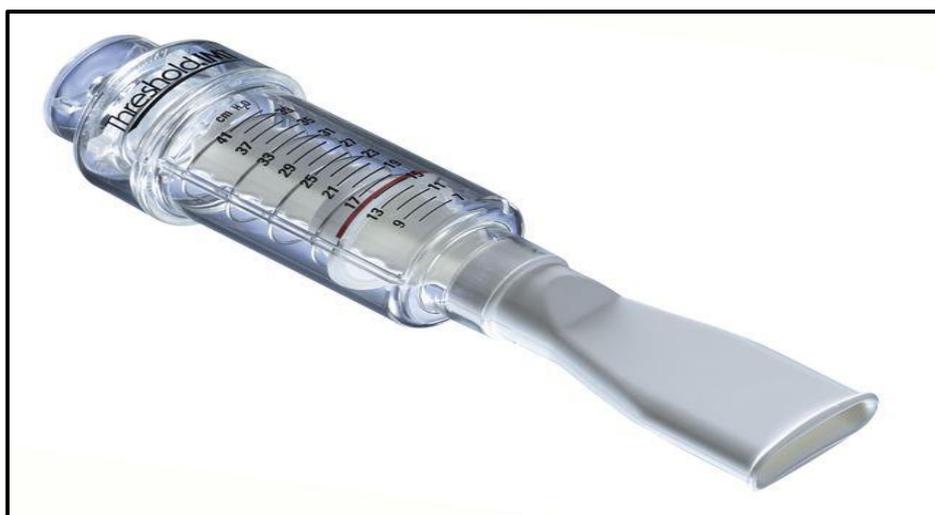


Figura 11: Aparelho *Threshold IMT*

Fonte: Shopfisio (2015).

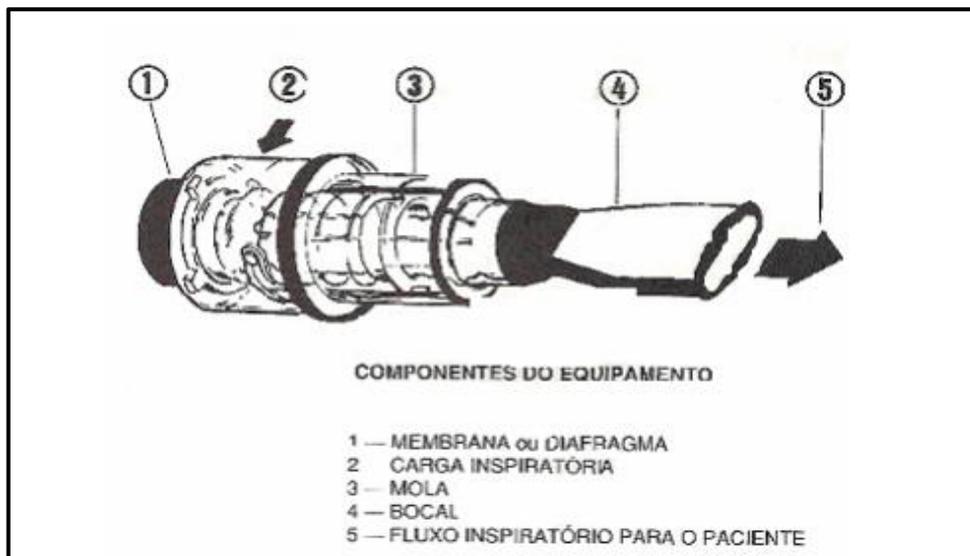


Figura 12: Componentes do *Threshold IMT*

Fonte: AZEREDO (2002).

No estudo de Parreira et al. (2007), foi comparado os valores preditos das pressões máximas com os valores encontrados em indivíduos saudáveis, e observaram que a  $P_{Imáx}$  das mulheres apresentou valores menores em relação aos homens; já a  $P_{Emáx}$  não apresentou alterações significativas.

Já no estudo Fonseca e Contato (2010), a comparação dos valores preditos com os valores encontrados, não foi separada por sexo, mas foi observada uma diferença significativa nas duas pressões máximas, na capacidade inspiratória e no pico de fluxo expiratório máximo, metade da população do estudo era hígida (saudáveis), a média da  $P_{Imáx}$  observada no primeiro dia de tratamento foi de  $73,8 \pm 31,6$  e após o terceiro dia houve um aumento significativo para  $85,1 \pm 29,0$ . Já o valor encontrado da  $P_{Emáx}$  foi menor, o que nos faz acreditar que a causa desta diferença seja o provável escape de ar durante a mensuração da pressão expiratória máxima pelo manovacuômetro.

Moreno et al. (2005), analisaram que após o uso do *Threshold IMT* os pacientes apresentaram uma maior tolerância à fadiga, ainda apresentaram uma maior capacidade ao exercício físico. Porém não foram encontradas diferenças significativas das pressões máximas após o tratamento com o treinador muscular, como no atual estudo, que aumentou inclusive o pico expiratório máximo mensurado através do *Peak Flow*.

Sprague (2003), realizou uma pesquisa a qual foi utilizado o treinamento muscular com o *Threshold IMT* em seis pacientes pós-cirúrgicos submetidos à Ventilação Mecânica, com tempo médio de internação de 72 dias e diagnosticados como “falhos para o desmame”. O protocolo foi realizado uma vez ao dia, por seis a sete dias na semana, utilizando-se quatro séries de seis repetições, com descanso de cinco a dez minutos entre as séries. Obteve sucesso no desmame com um tempo médio de Ventilação mecânica de dezessete dias, nos quais a  $Pl_{máx}$  aumentou de 22,5 para 54  $cmH_2O$ .

Marchesan, Krug e Krug (2008), estudaram onze pacientes com insuficiência renal crônica, que realizavam Hemodiálise, na cidade de Cruz Alta – RS. Destes, seis constituíram o grupo controle e cinco o grupo experimental. O treinamento muscular respiratório foi realizado com o grupo experimental utilizando-se um manovacuômetro. O mesmo foi prescrito a partir dos valores individuais obtidos na prova de manovacuumetria. A intensidade progrediu a cada 15 sessões de treinamento, tendo iniciado com 50% da carga máxima; passando para 55% até a 30ª sessão e a partir da 31ª a 45ª sessão foi utilizado 60% da carga máxima. O treinamento foi realizado durante a hemodiálise. Esse estudo foi realizado em um período de 15 semanas, em que os pacientes realizaram trinta manobras inspiratórias ( $Pl_{máx}$ ) e trinta manobras expiratórias ( $PE_{máx}$ ), com frequência de três vezes na semana e duração de aproximadamente 20 minutos. Os autores encontraram aumento significativo da  $Pl_{máx}$  para o grupo experimental, comparado com o grupo controle.

Galvão (2006), realizou um estudo com treze pacientes diagnosticados com fibrose cística, no qual o mesmo foi dividido em duas partes com duração total de 8 semanas. Na primeira parte do estudo cada paciente comportou-se como controle dele mesmo e, já na segunda parte, cada paciente recebeu o TMI. Foram realizadas 3 avaliações, uma inicial, outra após 4 semanas de controle e uma terceira após 4 semanas de TMI. A segunda parte da pesquisa foi iniciada a partir da segunda avaliação e constou de TMI com uso do incentivador inspiratório *Threshold IMT*, com cargas de até 50% da  $Pl_{máx}$ , com o tempo de 15 minutos por dia, 5 vezes por semana, em 4 semanas no total. Logo após o período de TMI os pacientes foram avaliados pela terceira vez. A  $Pl_{máx}$  e a  $PE_{máx}$  tiveram

aumento significativo após período de TMI em relação aos valores da primeira e segunda avaliações, nos quais não houve intervenção.

Huang et al. (2011), realizou um estudo com uma amostra composta por pacientes com diagnosticados com DPOC, utilizando o *Threshold IMT*, durante seis semanas consecutivas, cinco vezes por semana, embora com cargas mais elevadas (75%-85% da P<sub>Imáx</sub>) e duração da terapia inferior a dez minutos, encontraram como resultado, o aumento de 39% da P<sub>Imáx</sub>.

No estudo de Souza et al. (2014), realizado com um grupo de idosas hipertensas com fraqueza muscular inspiratória, o treinamento foi realizado sete vezes por semana, durante 30 minutos diários, por cinco semanas consecutivas, utilizando o *Threshold IMT*, com a carga pressórica utilizada era correspondente a 30% da P<sub>Imáx</sub>, sendo ajustada semanalmente por meio de nova manovacuometria, onde foi observado um aumento da força muscular inspiratória, visto que houve elevação significativa da P<sub>Imáx</sub> média, após cinco semanas consecutivas de treinamento.

Como em outros tratamentos, o treinamento muscular respiratório pode apresentar complicações, que dentre elas estão: fadiga, excesso de treinamento (*overtraining*), geralmente conhecida por atletas quando o programa de treinamento desenvolvido é excessivo, e pode levar a piora do desempenho muscular, e lesão estrutural, nos casos de cargas elevadas em pacientes críticos, provocando lesões físicas nas fibras musculares gerando um dano que pode ser permanente ou temporário. (SARMENTO, 2005).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio desse estudo pode-se considerar que:

- O sistema respiratório e suas estruturas desempenham uma função vital no corpo humano;
- As formas de avaliações dos músculos inspiratórios são cruciais, pois através dessa avaliação vai ser possível traçar a forma adequada de se realizar o fortalecimento dessa musculatura específica.
- O fortalecimento muscular inspiratório tem como função habilitar músculos específicos a realizarem com maior facilidade a função para qual estão desempenhados.
- O uso do treinador muscular respiratório *Threshold IMT* tem se demonstrado eficaz em alguns estudos demonstrando um aumento significativo das duas pressões máximas. Com o aumento destas pressões, pode-se perceber uma maior tolerância à fadiga, o que leva à prevenção de possíveis patologias e a uma melhora da vida do paciente em questão.
- Sugere-se novas pesquisas para comprovação da utilização do *Threshold IMT* para o fortalecimento da musculatura inspiratória.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Luiz Antonio; BRUNETTO, Antônio. Fernando. Adaptação do *Threshold IMT* para teste de resistência dos músculos inspiratórios. **Rev. Bras. Fisioter.** v.10, n. 1, p. 105-112, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141335552006000100014](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141335552006000100014)> Acesso em: 09 novembro 2015.

ANATOMIA EM FOCO. **Caixa Torácica.** 2016. Disponível em: <http://anatoemfocobiologia2016.blogspot.com.br/2016/06/1biolicvbalissonhenriqueerri-o-que.html>> Acesso em: 23 junho 2016.

AZEREDO, Carlos Alberto Caetano. **Fisiologia Respiratória Moderna.** São Paulo: Manole, 2002.

BERNE, Robert M. KOEPPEN, Bruce M. LEVY, Matthew N. / STANTON, Bruce A. **Fisiologia.** 5ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2004.

BETHLEM, Newton. **Pneumologia.** 4 ed. São Paulo: Ed. Atheneu, 2000.

BRITTO, Raquel Rodrigues; BRANT, Tereza Cristina Silva; PARREIRA, Verônica Franco. **Recursos manuais e instrumentais em fisioterapia respiratória.** 1ª edição, Barueri: Manole, 2009.

CADER, S.; SILVA, E. B.; VALE, R.; BACELAR, S.; MONTEIRO, M. D.; DANTAS, E.; Efeito do treino dos músculos inspiratórios sobre a pressão inspiratória máxima e a autonomia funcional de idosos asilados. **Motricidade,** 2007. Disponível em: <<http://revistas.rcaap.pt/motricidade/article/view/682>>. Acesso em: 05 de novembro de 2015.

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

CUNHA, Cleize Silveira; SANTANA, Elber Rodrigues Manso; FORTES, Rodney Alonso. Técnicas de fortalecimento da musculatura respiratória auxiliando o desmame do paciente em ventilação mecânica invasiva. **UniFOA.** v.06, p.80-86.

2008. Disponível em: < <http://web.unifoa.edu.br/cadernos/edicao/06/80.pdf>>  
Acesso em: 06 novembro 2015.

EMMERICH, João Claudio. **Monitorização Respiratória: fundamentos**. 2.ed. Rio de Janeiro. Revinter, 2001.

FERNANDES, Fernanda Eugênia. Efeito do treinamento muscular respiratório por meio do manovacuômetro e do Threshold pep em pacientes hemiparéticos hospitalizados. Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica. **Mogi das Cruzes**, SP. 2007. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp060775.pdf>  
> Acesso em: 25 fevereiro 2016.

FISIO FERNANDES. **Respiron**. 2016. Disponível em  
:[https://www.google.com.br/search?q=respiron&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi\\_u4Hph7XOAhVKDpAKHdQADioQ\\_AUICSgC&biw=1366&bih=623#imgrc=tOAzmr4t8ZLJxM%3a](https://www.google.com.br/search?q=respiron&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi_u4Hph7XOAhVKDpAKHdQADioQ_AUICSgC&biw=1366&bih=623#imgrc=tOAzmr4t8ZLJxM%3a). Acesso em: 25 julho 2016.

FISIO FERNANDES. **Voldyne Adulto**. 2016. Disponível em:  
<http://www.fisiofernandes.com.br/voldyne-adulto-5000ml.html>> Acesso em: 13 junho 2016.

FONSECA, Natalia Trajano; CONTATO, Cristiane. Análise da mecânica respiratória antes e após o uso do *Threshold IMT* em indivíduos idosos. **Revista Mineira de Ciências da Saúde**. Patos de Minas: v.02, p.101-108, 2010. Disponível  
em:[file:///C:/Users/SAMSUNG/Downloads/analise\\_mecanica\\_respiratoria\\_ante\\_e\\_apos%20\(9\).pdf](file:///C:/Users/SAMSUNG/Downloads/analise_mecanica_respiratoria_ante_e_apos%20(9).pdf)>. Acesso em: 09 novembro 2015.

GALVÃO, Fabio. Avaliação dos efeitos do treinamento muscular inspiratório em pacientes com fibrose cística através do uso do *Threshold IMT*. Trabalho de Conclusão de Curso. Obtenção do título de Mestre em Saúde da Criança e do Adolescente, área de concentração em Saúde da Criança e do Adolescente Campinas. **UNICAMP**, 2006. Disponível em: <  
<http://www.luzimarteixeira.com.br/wp-content/uploads/2010/08/fibrose-cistica-reabilitacao1.pdf>> Acesso em: 05 novembro 2015.

GREEN, Malcolm. et al. Tests of Respiratory Muscle Strength. In: American Thoracic Society/European Respiratory Society. Ats/Ers Statement on Respiratory muscle testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v.166, p. 528-542, 2002. Disponível em:  
<https://www.thoracic.org/statements/resources/pft/respmuscle.pdf>> Acesso em: 13 Abril 2016.

GUEDES, Marcello Barbosa Otoni Gonçalves et al. A Utilização Do *Threshold Int* Em Pacientes Com Sequela De Acidente Vascular Encefálico. **Revista Cultural e Científica do UNIFACEX**. v.12, n.01, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.unifacex.com.br/Revista/article/view/589/130>> Acesso em: 08 novembro, 2015.

GUYTON, Arthur Clifton; HALL, John E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11 ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2006.

HAYASHI, Simone. Satico. A eficácia do incentivador respiratório a volume Voldyne como fortalecedor dos músculos inspiratórios. Trabalho de Conclusão de Curso. **Graduação em Fisioterapia**. Cascavel: UNIOESTE, 2004. Disponível em: <http://www.unioeste.br/projetos/elrf/monografias/2004-2/pdf/simone.PDF>> Acesso em: 05 novembro 2015.  
<https://translate.google.com.br/translate?hl=ptBR&sl=en&u=http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929664611600788&prev=search>> Acesso em: 05 agosto 2016.

HUANG, Chien Hui et al., Comparison of inspiratory muscle strength training effects between older subjects with and without chronic obstructive pulmonary disease. **J Formos Med Assoc**. v.8 n. 110, p.518-526, 2011. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21783021>> Acesso em : 23 agosto 2015.

KENDALL, Florence Peterson; et al. **Músculos Provas e Funções com Postura e Dor**. 5.ed. Barueri. Editora Manole. 2007.

KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. 5. ed. São Paulo: Editora Manole, 2009.

KNOBEL, Elias. **Condutas no paciente grave**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2004.

KOTZ, Jane Cristina. Estudo comparativo do efeito dos incentivadores respiratórios voldyne ® e respiron ® sobre a força dos músculos inspiratórios em indivíduos saudáveis. Trabalho de Conclusão de Curso. **Graduação em Fisioterapia**. Cascavel. UNIOESTE, 2005. Disponível em: <<http://www.unioeste.br/projetos/elrf/monografias/2005/pdf/jane.pdf>> Acesso em 03 Dezembro 2015.

LEAL, Renata Calsaverini. Uso Alternativo Do *Threshold IMTE* em Pacientes com Broncoespasmo. **HB Científica**, vol. 7, n. 03, setembro, 2000. Disponível em: [http://ucbweb2.castelobranco.br/webcaf/arquivos/12803/6535/Treinamento\\_muscular\\_inspiratorio.pdf](http://ucbweb2.castelobranco.br/webcaf/arquivos/12803/6535/Treinamento_muscular_inspiratorio.pdf) >. Acesso em: 04 novembro 2015.

MACHADO, Maria da Glória Rodrigues. **Bases da Fisioterapia Respiratória: Terapia intensiva e reabilitação**. 1ª. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2008.

MARCHESAN, Moane; KRUG, Rodrigo de Rosso; KRUG, Marília de Rosso. Contribuições de um programa de treinamento de força muscular respiratória em pacientes com insuficiência renal crônica submetidos à hemodialise: um estudo fenomenológico. **Revista Digital Buenos Aires** v.13, n.119, fev., 2008. Disponível em: <http://docplayer.com.br/docview/26/8853414/HTTP://efdeportes.com#file=/storage/26/8853414/8853414.pdf> > Acesso em: 05 novembro 2015.

MORENO, Marlene Aparecida.; SILVA, Ester da.; GONÇALVES, Mauro. O efeito das técnicas de facilitação neuromuscular proprioceptiva - Método Kabat - nas pressões respiratórias máximas. **Revista Fisioterapia em Movimento**, v.18, n.2, p. 53-61, 2005. Disponível em: <http://www2.pucpr.br/reol/pb/index.php/rfm?dd1=543&dd99=view&dd98=pb> < Acesso em: 20 junho 2016.

NETTER, Frank H.. **Atlas de Anatomia Humana**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

NIERO, Natalia Crocetta. Avaliação Dos Efeitos e Análise Biomecânica da Musculatura Inspiratória acessória de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica submetido ao treinamento com Threshold® Imt E Epap – Uma Análise Comparativa. Trabalho de Conclusão de Curso. **Graduação em Fisioterapia**. Criciúma. 2010. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/239/1/Nat%C3%A1lia%20Crocetta%20Niero.pdf> < Acesso em 13 novembro 2015.

PALOMBINI, Bruno Carlos., et al. **Doenças das vias aéreas**. 1 ed. Rio de Janeiro: Ed. Revinter, 2001.

PARREIRA, Verônica Franco. et al. Pressões respiratórias máximas: valores encontrados e preditos em indivíduos saudáveis. **Revista Brasileira de fisioterapia**, v 11, n 5, 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141335552007000500006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141335552007000500006) >. Acesso em: 08 novembro 2015.

POWERS, Scott. K.; HOWLEY, Edward. T. **Fisiologia do Exercício**. 3.ed. São Paulo: Manole, 2000.

SARMENTO, George Jerre Vieira. **Fisioterapia Respiratória no paciente crítico**: Rotinas Clínicas. Brasil, Manole,2005.

SASAKI, Makoto ;KUROSAWA,Hajime; KOHZUKI,Masahiro. Effects of inspiratory and expiratory muscle training in normal subjects. **Journal of the Japanese Physical Therapy Association**. v 8,n.1,p.29-37.2005.Disponível em: <<https://translate.google.com.br/translate?hl=ptBR&sl=en&u=http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4316503/&prev=search>> Acesso em: 11 novembro 2015.

SCANLAN, Craig. L.; WILKINS, R. L.; STOLLER, J. K. **Fundamentos da Terapia Respiratória de Egan**. 7. ed. São Paulo: Manole, 2000.

SHOPFISIO. **Aparelho Threshold IMT**. 2015. Disponível em::<http://www.shopfisio.com.br/threshold-imt-treinador-muscular-inspiratorio-philips-respironics-p1064337>> acesso em 20 setembro 2015.

SILVEIRA, Janne Marques et al. Treinamento de músculos inspiratórios em pacientes com quadriplégica. **J Bras Pneumol**, v.36, n.3, p.313-319, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-37132010000300008](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132010000300008)> Acesso em: 15 julho 2016.

SOUZA, Lilian Meirelly Cunha et al. Influência do treinamento muscular inspiratório em idosas hipertensas com fraqueza muscular inspiratória. **ConScientiae Saúde**, v. 13, n. 1, p. 86-92,2014. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92930146011> > Acesso em: 15 agosto 2016.

SOUZA, Roberto Bravo. Pressões respiratórias estáticas máximas. **J Pneumol**, v. 28, n. 3, p.155-165, 2002. Disponível em: <[http://www.jornaldepneumologia.com.br/PDF/Suple\\_137\\_45\\_88%20Press%C3%B5es%20respirat%C3%B3rias%20est%C3%A1ticas%20m%C3%A1ximas.pdf](http://www.jornaldepneumologia.com.br/PDF/Suple_137_45_88%20Press%C3%B5es%20respirat%C3%B3rias%20est%C3%A1ticas%20m%C3%A1ximas.pdf)> Acesso em: 08 janeiro 2016.

SPRAGUE, Hopkins PD. Use of inspiratory strength training to wean six patients who were ventilator-dependent. **Phys Ther.** ; v 83, n.2, p.171-81, 2003.

Disponível: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12564952> >. Acesso em: 05 novembro 2015.

TARANTINO, Affonso Berardinelli. **Doenças pulmonares**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

UNIFESP. **Anatomia dos Pulmões**. 2015. Disponível em: <http://www2.unifesp.br/dmorfo/histologia/ensino/pulmao/anatomia.htm>> Acesso em: 25 agosto 2015.

VALLE, Paulo Heraldo Costa. Treinamento muscular respiratório específico e não específico em indivíduos normais e portadores de patologias respiratórias. São Paulo. **Dissertação de doutorado** – Universidade Federal de São Carlos, 2001. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBAFS/article/view/885> > Acesso em: 31 agosto 2015.

WEST, John Burnard. **Fisiologia Respiratória**. São Paulo: Manole, 2002.