

Movimento toracoabdominal e exercícios respiratórios: revisão da literatura

Thoracoabdominal movement and breathing exercises: literature review

Maria Ignêz Zanetti Feltrim⁽¹⁾
José Roberto de Brito Jardim⁽²⁾

RESUMO: A parede torácica, constituída pela caixa torácica e compartimento abdominal, movimenta-se em sincronia durante o ato respiratório e reflete a participação dos músculos inspiratórios na geração de volumes pulmonares. Com a evolução tecnológica os conceitos da participação muscular nas fases do ciclo respiratório e no comportamento do movimento torácico e abdominal foram se modificando. Atualmente, sabe-se que é possível estimar o volume corrente pulmonar por meio do conhecimento do deslocamento toracoabdominal, o que determina o tipo respiratório e atividade dos diferentes músculos respiratórios. Reconhece-se que os indivíduos respiram deslocando predominantemente o abdômen quando em posição supina e, predominantemente, o tórax em posição ereta. A Fisioterapia Respiratória dispõe de uma grande variedade de técnicas que interferem no comportamento da bomba ventilatória, dentre elas destacam-se os exercícios respiratórios, que modificam o grau de participação dos músculos respiratórios com a finalidade de influir na ventilação pulmonar. Os estudos sobre os exercícios respiratórios dos tipos diafragmático e intercostal analisam basicamente três aspectos: (1) normalização do movimento toracoabdominal (2) distribuição da ventilação (3) alteração do padrão respiratório e troca gasosa com alívio da dispnéia. Nos anos 80, Cuello introduziu

um novo esquema de exercícios respiratórios denominados de “padrões musculares respiratórios”, estudando seus efeitos na distribuição da ventilação e resultados clínicos. Embora largamente utilizado na prática fisioterapêutica, os exercícios respiratórios têm sido pouco estudados. O estudo do movimento toracoabdominal em associação aos exercícios respiratórios pode propiciar ampla investigação, verificando o impacto dessas técnicas na ação muscular respiratória e na geração de volume pulmonar.

DESCRITORES: Literatura de revisão. Exercícios respiratórios. Modalidades de movimento. Tórax. Abdome. Avaliação.

ABSTRACT: The chest wall is composed of the rib cage and the abdominal compartments, which move in synchrony during the breathing act. This movement reflects the participation of the inspiratory muscles that change the pulmonary volumes. The technological evolution and the concept of muscular participation during the phases of the breathing cycle and the thoracic and abdominal movement behavior was modified. Nowadays, we are aware that it is possible to estimate pulmonary flowing volume through thoracoabdominal displacement, which determines the respiratory pattern and the

⁽¹⁾ Fisioterapeuta. Doutora pela UNIFESP/EPM. Diretora do Serviço de Fisioterapia, Instituto do Coração (InCor) HC-FMUSP, Universidade de São Paulo, Brasil.

⁽²⁾ Médico. Prof. Dr. da Disciplina de Pneumologia da Universidade Federal de São Paulo/Escola Paulista de Medicina (UNIFESP/EPM), Brasil.

Endereço para correspondência: Maria Ignêz Z. Feltrim. Serviço de Fisioterapia. Instituto do Coração – HCFMUSP. Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 44 - 2o. andar. CEP: 05403-000 - São Paulo, SP, Brasil. e-mail: mi.feltrim@incor.usp.br

activity of different respiratory muscles. It is well established that, during breathing, subjects displaced predominantly the abdomen when in supine, and the thoracic cage when in upright position. Chest physiotherapy has a great variety of techniques that interfere in the ventilatory pump behavior. In particular, breathing exercises that modify the involvement of respiratory muscles, improve pulmonary ventilation. Breathing exercises studies that deal with diaphragmatic and intercostal exercises have been basically analyzed in three aspects: 1) normalization of the thoracoabdominal movement, 2) ventilation distribution, 3) modification of the respiratory pattern and gaseous exchange, which relieves dyspnea. In the 80's, Cuello introduced a new

scheme of breathing exercises denominated "respiratory muscular pattern". He also studied the effects of these exercises in the ventilation distribution as well as their clinical results. Although, breathing exercises are widely used as a physiotherapeutic resource, they have been seldom studied. The study of the thoracoabdominal movement in association with breathing exercises as well as the investigation of the impact of these techniques in respiratory muscular action and pulmonary volumes generation may lead to a better understanding of chest physiotherapy.

ABSTRACTS: Review literature. Breathing exercises. Modalities, moving. Thorax. Abdomen. Evaluation.

INTRODUÇÃO

O sistema respiratório é composto pelos pulmões, órgãos responsáveis pela troca gasosa entre o organismo e o meio ambiente, e a parede torácica, formada pelo conjunto tórax-abdome, cuja função é o bombeamento de ar para dentro e para fora das vias aéreas na denominada ventilação³¹.

A respiração é um ato motor rítmico, que envolve várias estruturas integradas ao sistema respiratório e moduladas pelo sistema nervoso central. A ritmicidade apresenta, convencionalmente, as fases de inspiração e expiração, embora possam ser identificadas três: inspiração, pós-inspiração e expiração. Na inspiração, neurônios inspiratórios localizados na região bulbar recebem estímulos via nervo vago e aumentam sua descarga aos nervos frênico e intercostais, responsáveis pela contração dos músculos inspiratórios, dos quais o principal é o diafragma²⁹. A ação coordenada dos vários músculos provoca a redução da pressão pleural promovendo a insuflação dos pulmões. No final da inspiração, os neurônios inspiratórios recebem forte inibição, que finaliza o aumento da atividade neural inspiratória, fazendo com que, neste período de pós-inspiração, haja declínio da atividade de somente parte dos neurônios inspiratórios. Esta atividade está associada ao freamento ativo do fluxo de ar no início da expiração e parece ser um fator importante na duração total da expiração. Após esta fase, os neurônios inspiratórios são totalmente inibidos por neurônios de padrão de descarga expiratória e a pressão de retração elástica dos pulmões e da caixa torácica promove a saída do ar. O fluxo expiratório é modulado pelos músculos das vias aéreas superiores e outros músculos, principalmente os abdominais, que

podem atuar como complemento da força expulsiva do recolhimento do sistema respiratório⁶.

A caixa torácica e o abdome movem-se como uma unidade durante a respiração tranquila, na dependência das pressões desenvolvidas nesses compartimentos e de suas respectivas complacências. A complacência sofre influência da posição corporal, como resultado dos efeitos da gravidade sobre a mecânica respiratória e sobre o retorno sangüíneo venoso¹⁵.

Durante a inspiração, quando a tensão nas fibras musculares diafragmáticas aumenta, é aplicada uma força de orientação caudal sobre o centro tendíneo; como decorrência a cúpula do diafragma desce, a massa visceral abdominal é empurrada caudalmente, a pressão abdominal se eleva e a parede anterior ou ventral do abdome é deslocada para fora. Ao mesmo tempo, as fibras do diafragma, que se inserem nas margens costais das seis costelas inferiores, ao se contraírem geram uma força de orientação cranial nessa região, que eleva e roda as costelas para fora, expandindo a região costal basal. Outro mecanismo importante para a inspiração é a área de aposição, que é o espaço entre a superfície interna da caixa torácica e as fibras costais diafragmáticas, que correm cranialmente de suas inserções costais até a cúpula tendínea¹⁶. As inserções costais do diafragma estão limitadas às seis últimas costelas e a zona de aposição cobre somente 1/3 da caixa torácica, o que torna estes dois mecanismos inoperantes no tórax superior. Desta forma, é necessária a participação de músculos adicionais, como os intercostais internos paraesternais e os escalenos, para a expansão do tórax superior⁶.

ESTUDOS DO MOVIMENTO TORACO-ABDOMINAL

Uma das primeiras descrições do movimento toracoabdominal em indivíduos normais é de 1842 de Beau e Miassiat apud Mackenzie et al.³¹, na qual era referido que as mulheres têm um padrão respiratório predominantemente intercostal e os homens, abdominal.

No entanto, os primeiros estudos sobre a relação entre os movimentos da caixa torácica e do abdome só foram realizados no final do século passado e início deste por Sewall e Pollard e por Staehelin e Schütze apud Wade⁴⁶, que registraram os movimentos do abdome e do tórax durante a respiração tranqüila. Os autores observaram que o diafragma e os músculos costais não trabalham em proporção constante durante todo o tempo e que o diafragma é levemente mais ativo nos limites inspiratório e expiratório. Somente o primeiro resultado, no entanto, foi posteriormente confirmado por outros autores.

Após a introdução da radiologia, no início do século, tentou-se estudar o movimento diafragmático por esta técnica. No entanto, como alguns indivíduos moviam a coluna vertebral durante a manobra de inspiração profunda, a imagem da cúpula diafragmática encontrava-se em um nível mais alto do que durante a respiração tranqüila, o que dificultava a análise da extensão do movimento diafragmático^{13,27}.

Herxheimer²⁶, em 1949, investigou o papel do diafragma e dos músculos intercostais na ventilação pulmonar, registrando os movimentos torácicos com um aparelho toracográfico, idealizado por Verzar, em 1945. Desta forma, viabilizou-se verificar que as alterações na circunferência torácica podiam ser registradas simultaneamente ao volume de ar pulmonar o que permitia estimar o movimento desses músculos nas várias fases da respiração. Com os dados obtidos concluiu-se que havia dissociação dos movimentos da caixa torácica e do diafragma, que nas fases de inspiração e expiração o diafragma e os músculos intercostais trabalham juntos, porém em proporção e tempos diferentes; que na posição em pé a respiração tranqüila era muitas vezes puramente diafragmática, enquanto que em dorsal ou supino os músculos costais predominavam ao contrário do conhecimento atual; que durante a respiração tranqüila o deslocamento do diafragma, provocado pela pressão manual no abdome na posição em pé ou pela massa visceral na posição

dorsal, ocasionava o aumento na circunferência do tórax.

Estes achados de Herxheimer²⁶ foram contestados anos mais tarde por Wade⁴⁶ que utilizou transdutores de borracha para medir as alterações no volume do tórax. Ele descreveu que a mudança corporal de ereto para dorsal aumenta o movimento do diafragma e diminui o da caixa torácica. Porém, observou que o movimento vertical da caixa torácica ocorre, em alguns casos, principalmente no final da inspiração profunda e acentuadamente na posição em pé. Relacionou este fato ao movimento de flexo-extensão da coluna vertebral, com pequena participação dos músculos intercostais na ventilação pulmonar, conceito que foi contestado e modificado em trabalhos posteriores. Concluiu-se, pelos seus registros, não haver evidências de que os movimentos do diafragma e do tórax fossem dissociados e os indivíduos tivessem qualquer controle voluntário sobre o diafragma, de acordo com o pensamento de alguns médicos e fisioterapeutas da época.

Attinger et al.² estudaram a mecânica respiratória utilizando pressões intra-esofágica (Pes) e pleural (Ppl) em diferentes posições corporais e observaram que o padrão das curvas da pressão pleural e da pressão esofágica era similar, que os valores na Ppl eram levemente maiores do que os da Pes e que esta era, no final da expiração, geralmente menos negativa do que a Ppl.

Avanço maior foi realizado por Agostoni e Rahn¹, em 1960, que desenvolveram o método da medida de pressão transdiafragmática (Pdi), utilizando medidas de pressão gástrica (Pg) e esofágica (Pes). Isto permitiu a mensuração direta das pressões desenvolvidas pelo diafragma, seja por contração ativa ou por estiramento passivo, determinando a pressão necessária para deslocar o abdome (Pab) e a atuante na superfície interna da caixa torácica (Ppl). Relatarem que a contribuição do diafragma para o movimento toracoabdominal depende da ação da gravidade e, em particular, do conteúdo abdominal. Mostraram também que, em dorsal, a complacência no compartimento abdominal é maior do que na posição ereta e atribuíram esta diferença à ação hidráulica do conteúdo abdominal. Em relação à complacência da caixa torácica, estaria diminuída em relação à posição sentada por causa da diminuição do volume pulmonar. Por fim, mostraram que a posição dorsal

favorece o movimento do diafragma em direção caudal com predomínio do deslocamento abdominal.

Stigol e Cuello⁴³, utilizando o método de Agostoni e Rahn¹, estudaram o comportamento das pressões intrapleurais e gástrica durante a realização de respiração diafragmática e intercostal em três fisioterapeutas altamente treinados nas manobras e em cinco indivíduos não treinados. Os autores constataram que um dos treinados podia inspirar voluntariamente sem contrair seu diafragma, ao contrário das afirmações anteriormente feitas por Wade⁴⁶. Nenhum dos outros indivíduos, porém, foi capaz de inspirar ativamente sem aumentar a Pdi. Os resultados, em dois dos indivíduos treinados para a manobra, foram comparáveis àquele que obteve sucesso no controle do diafragma, nos demais casos, o insucesso foi atribuído à falta de experiência prévia na manobra, o que levou Campbell et al.⁵ a argumentarem que o controle voluntário do diafragma é possível, porém excepcionalmente.

Embora várias técnicas e modelos para verificar a participação dos deslocamentos do abdome e da caixa torácica tenham sido propostos, somente após a introdução do método descrito por Konno e Mead²⁸, em 1967, é que foi possível estudar com exatidão a relação entre o movimento toracoabdominal e o volume deslocado durante a respiração. O método de registro, inicialmente, com transdutor diferencial linear e, posteriormente, com magnetômetro, com eletromagnetos colocados nas regiões anterior e posterior do tórax e abdome, foi aplicado em indivíduos saudáveis nas posições sentada e dorsal. Presumiram que a parede torácica tem duas partes que se movem cada qual como uma unidade, havendo considerável independência de movimentos entre elas. Assim, durante a respiração tranqüila este sistema é considerado aberto, uma vez que a caixa torácica e o abdome podem acomodar volume de modo independente, como num modelo em paralelo, apresentando dois graus de liberdade de movimento. Quando boca e nariz são ocluídos, o sistema é considerado fechado e a parede torácica torna-se um sistema com duas partes e um grau de liberdade. Neste instante, qualquer alteração no volume da caixa torácica deverá ser igual e oposta à alteração no abdome. Eles também descreveram que o deslocamento das regiões ao nível médio do esterno e ao nível do umbigo são os melhores pontos para representar a relação movimento volume do tórax e abdome, respectivamente. Estes deslocamentos, do

tórax e do abdome, podem ser expostos em um sistema cartesiano e, neste diagrama, o deslocamento da parede torácica pode ser relacionado ao volume pulmonar.

A combinação dos trabalhos de Agostoni e Rahn¹, com as medidas de pressões, e de Konno e Mead²⁸, com as medidas de volumes, permite medir as propriedades elásticas da caixa torácica e do abdome separadamente. Desta forma, pode-se constatar que na posição ereta o abdome é menos complacente do que o tórax, devido à ação da gravidade sobre o conteúdo abdominal ocasionando uma ação de estiramento sobre a parede abdominal, ao contrário da posição dorsal, quando a complacência abdominal aumenta consideravelmente. Assim, o movimento abdominal durante a respiração é mais proeminente em dorsal do que na posição ereta^{15,17,20}.

Em 1973, Campbell et al. apud Jones et al.²⁵ organizaram um simpósio intitulado “Os efeitos das cargas mecânicas na respiração”. Nele, Mead e Goldman enfatizaram que os humanos saudáveis, em repouso e na posição ereta, respiram movendo a parede torácica próxima à sua configuração de relaxamento e que sua expansão resulta, exclusivamente, da contração do diafragma²⁵. A hipótese de Goldman-Mead foi um marco, mas estudos posteriores mostraram que o movimento toracoabdominal é de fato um processo complexo, integrado que envolve muitos músculos, não simplesmente o diafragma³⁰.

O desenvolvimento de aparelhos de monitorização ventilatória não invasiva tem permitido a realização de estudos do padrão respiratório e do movimento toracoabdominal por períodos prolongados. Caracterizam-se por apresentarem respostas de frequência suficiente para registrar alterações rápidas na respiração, com registros precisos durante alterações da posição corporal e exercício, e são adaptáveis para monitorização ambulatorial e livres de perigos eletromecânicos. Os magnetômetros, inicialmente empregados por Konno e Mead²⁸, apresentavam muitos desses critérios, mas não mantinham calibração precisa com a mudança corporal e não podiam ser prontamente adaptados para uso ambulatorial. Uma alternativa foi a introdução do sistema de pletismografia respiratória por indutância ou pletismografia indutiva respiratória por Cohn et al.⁸. Este aparelho é composto de transdutores constituídos de fios isolantes, um envolvendo o tórax e outro o abdome, os quais são excitados por oscilações de alta

freqüência que podem alterar a sua auto-indutância pelos movimentos respiratórios. Sua vantagem é medir toda a área seccional do tórax e abdome e ser menos susceptível às distorções do que os magnetômetros. Desta forma, os estudos de padrão respiratório e configuração toracoabdominal puderam ser realizados em diferentes tipos de pacientes em situações de repouso e de exercício. Além disso, na fisioterapia respiratória, tem sido possível estudar diferentes técnicas de expansão pulmonar^{7,34}.

A configuração toracoabdominal determina o tipo respiratório e a atividade dos diferentes músculos respiratórios. Desde os estudos de Konno e Mead²⁸, vem se reconhecendo que a maior parte dos indivíduos respira predominantemente com o abdome na posição dorsal e predominantemente com o tórax na posição ereta. Essas diferenças na configuração toracoabdominal refletem o predomínio do uso do diafragma em dorsal e do recrutamento dos intercostais em ereto e isto tem sido interpretado baseando-se nas alterações da complacência abdominal com a postura.

Para Decramer e De Troyer¹⁴, a ação muscular inspiratória é também um outro mecanismo complementar. Eles demonstraram que os músculos intercostais paraesternais agem como agonistas da inspiração e não simplesmente como fixadores e ativamente contribuem para a expansão da caixa torácica. Constataram que tais músculos encurtam menos de 10% do seu comprimento de repouso durante uma inspiração a partir do volume residual até a capacidade pulmonar total, com pequena variação entre as posições ereta e dorsal. Por outro lado, as fibras diafragmáticas encurtam entre 30% e 40% durante esta manobra, na posição dorsal^{3,36}. Essa diferença no comprimento dos músculos inspiratórios implica na influência do volume pulmonar em seu recrutamento.

Wolfson et al.⁴⁸ estudaram indivíduos normais, nas posições sentada e dorsal, quando respiravam a partir de altos volumes expiratórios finais. Os achados mostram que nesta situação a contribuição do abdome no volume corrente diminui. Para explicar este fato os autores sugerem que, com o aumento de volume, a vantagem mecânica dos músculos intercostais/acessórios foi menos alterada do que a do diafragma. Para De Troyer e Estenne¹⁶ e Willeput⁴⁷, estes dados corroboram com a idéia de que os músculos intercostais paraesternais operam em uma porção mais favorável das suas características de tensão x comprimento

na posição ereta ou em volumes elevados, enquanto que o diafragma tem uma maior vantagem mecânica na posição dorsal.

Exercícios respiratórios

A fisioterapia respiratória dispõe de grande variedade de técnicas reputadas como capazes de influenciar a mecânica respiratória, sobretudo a bomba ventilatória. Dentre elas, destacam-se as técnicas de exercícios respiratórios, que objetivam modificar o grau de participação dos músculos respiratórios com a finalidade de influir na ventilação pulmonar.

A denominação “exercício respiratório” é um nome genérico, usado comumente para descrever os vários tipos de respirações controladas e voluntárias. Vários autores^{18,19,37} têm questionado o termo “exercício respiratório”, uma vez que essa modalidade terapêutica visa muito mais o controle respiratório do que o aumento do trabalho respiratório conforme seria esperado como efeito do exercício. Assim, outros termos têm sido propostos como “controle respiratório”, “retreinamento respiratório” e “respiração controlada”.

Os exercícios respiratórios têm sido utilizados desde o século passado. Em 1915, MacMahon³² descreveu o uso de exercícios respiratórios e motores em pacientes feridos de guerra, portadores de lesões pulmonar, pleural ou diafragmática. Quatro anos mais tarde, publicou o relato sobre a aplicação desses exercícios em pacientes com ferimentos torácicos provocados por arma de fogo, considerando a importância desta técnica na recuperação da capacidade respiratória³³. Um marco na história da Fisioterapia Respiratória ocorreu em 1934, quando a fisioterapeuta Linton do Brompton Hospital de Londres introduziu os exercícios respiratórios localizados ou segmentares no tratamento de pacientes de cirurgia torácica³¹. Assim, a inclusão da programação de exercícios respiratórios para os pacientes submetidos à Fisioterapia Respiratória não é nova. Outrossim, estão presentes em quase todos os procedimentos da área, embora pouca atenção tenha sido dispensada para a análise dos efeitos específicos deste tipo de tratamento²².

Os manuais de fisioterapia respiratória atribuem vários objetivos aos exercícios respiratórios como restaurar o padrão respiratório normal; controlar a respiração com mínimo esforço; participar na mobilização de secreções brônquicas e auxiliar a eficiência da

tosse; reexpandir tecido pulmonar colapsado; mobilizar a caixa torácica; melhorar a força e “endurance” dos músculos respiratórios; aumentar o volume corrente; promover relaxamento^{18,19,31,37}.

Várias são as formas pelas quais os exercícios respiratórios podem ser realizados. Os exercícios mais amplamente utilizados na rotina de trabalho dos fisioterapeutas são aqueles dos tipos *diafragmático* e *de expansão torácica*, este também conhecido como segmentar ou torácico localizado, que, quando realizado estimulando a região torácica inferior bilateralmente, denomina-se de *costal basal*. Ambos são sempre acompanhados de expiração labial.

A partir dos anos 80, na América do Sul, além dos exercícios respiratórios clássicos, os fisioterapeutas têm adotado o uso de uma série de exercícios respiratórios idealizados e difundidos por Cuello et al.¹², fisioterapeuta argentino, que os denominou de “padrões musculares respiratórios”. Os exercícios empregados com a finalidade de aumentar o volume pulmonar são o tipo *suspiros ou soluções inspiratórios*, com inspirações breves, sucessivas, até atingir a capacidade pulmonar total (CPT) e o tipo *respiração ou expiração abreviada*, com a inspiração entrecortada com expirações curtas atingindo a CPT, em três tempos (Cuello, comunicação pessoal). Uma variação dessa técnica, denominada de *inspiração máxima*, consiste em uma inspiração profunda até a CPT, uma expiração de pequeno volume com nova inspiração máxima, repetindo-se por três vezes. Um padrão para ser utilizado durante os quadros de broncoespasmo, conhecido como “*exercício de pingue-pongue*”, recentemente renomeado de *tempos respiratórios equivalentes*, consiste em respirar pequenos volumes correntes, mantendo uma relação inspiração/expiração (I:E) de 1:1 e elevada frequência respiratória (Cuello, comunicação pessoal).

Nestes exercícios respiratórios, o fisioterapeuta impõe, com o comando verbal, o cadenciamento e a modulação do exercício; o paciente é orientado a se posicionar confortavelmente, colocando sua mão ou a do terapeuta na região a ser exercitada. Em todos esses exercícios a inspiração é nasal e a expiração é labial, mobilizando a região estimulada.

A maioria dos estudos realizados sobre os exercícios respiratórios analisa o *diafragmático* e o *intercostal* basicamente em três aspectos:

1) *normalização do movimento toracoabdominal*: estudos sobre o movimento toracoabdominal, em pacientes portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), têm mostrado que, durante a realização do exercício diafragmático, o compartimento abdominal aumenta sua participação no volume total, passando de 40%, obtido no repouso, a 67% com aumento da excursão cefálica do músculo²¹. Também em pacientes com DPOC, respirações diafragmáticas produzem grandes excursões no movimento abdominal com pequena variação no movimento torácico⁴¹. Recentemente, Gosselink e Wagenaar²³ publicaram uma metanálise sobre a respiração diafragmática em pacientes com DPOC e asma, concluindo que não existem estudos com suficiente evidência científica sobre a eficácia desses exercícios. Provavelmente, essa inquietude é que os tenha levado a estudar o movimento toracoabdominal em pacientes com DPOC de graus moderado e grave, submetidos a um período de treinamento com respiração diafragmática. Observaram que os pacientes são capazes de aumentar o movimento abdominal, porém com piora na sincronia da relação toracoabdominal, com menor eficiência mecânica e com aumento da dispnéia²⁴.

2) *distribuição da ventilação*: em indivíduos saudáveis, a execução do exercício diafragmático a partir do volume residual desvia a ventilação do ápice para a base pulmonar; no entanto, em pacientes com DPOC não ocorre o mesmo fenômeno, sugerindo que, neste caso, o exercício diafragmático tem pouca influência na distribuição da ventilação, apesar da boa excursão da parede abdominal⁴¹. Em pessoas normais, Roussos et al.³⁹ observaram que durante a respiração diafragmática o gás inalado se distribui para as zonas dependentes, enquanto que na respiração intercostal a distribuição é preferencialmente para zonas não-dependentes. Assim, estes autores mostraram que pelo uso voluntário de diferentes grupos musculares, em diferentes posições corporais, pode-se alterar a distribuição do gás inalado. Brach et al.³, estudando indivíduos saudáveis e pacientes com DPOC, atribuíram maior efeito do exercício respiratório diafragmático à alteração no padrão respiratório, caracterizado por volume corrente lento e profundo, do que à redistribuição da ventilação.

3) *alteração do padrão respiratório e troca gasosa com alívio da dispnéia*: os exercícios

respiratórios diafragmáticos e as expirações labiais foram estudados e divulgados nos anos 60 e 70 por melhorar o padrão respiratório e a troca gasosa. Müller et al.³⁵ estudaram pacientes com DPOC, em repouso e no exercício, e observaram que durante o exercício em esteira, ao realizar expiração labial, o volume corrente (VC) aumenta e a frequência respiratória (f) diminui, sem alteração nos níveis de oxigenação e de gás carbônico; e que no repouso, entretanto, a expiração labial, além de melhorar o padrão respiratório, com aumento do VC e diminuição da f, melhoram também os níveis das pressões parciais de oxigênio (PaO₂) e de gás carbônico (PaCO₂), e a saturação arterial de oxigênio (SaO₂). Tjep et al.⁴⁴ obtiveram resultados semelhantes e enfatizaram a importância da expiração labial em promover a melhora na oxigenação, como estratégia a ser empregada pelos pacientes hipoxêmicos para evitar o pânico, reforçar a auto-estima e melhorar a qualidade de vida. Recentemente, Spahija e Grassino⁴², ao analisar o efeito da expiração labial no padrão respiratório e na mecânica respiratória em indivíduos saudáveis, reafirmaram que esta técnica promove um padrão respiratório mais lento e mais profundo, com prolongamento dos tempos expiratório e total, tanto em repouso como no exercício e o aumento da resistência expiratória, criado pela expiração labial, é vencido pelo recrutamento dos músculos expiratórios.

O grupo de Vitacca et al.⁴⁵ estudaram pacientes portadores de DPOC grave com hipercapnia em recuperação de episódio agudo de insuficiência respiratória e observaram que, durante a realização de exercícios respiratórios diafragmáticos, houve melhora nos gases sanguíneos arteriais, com aumento no volume corrente e diminuição na frequência respiratória, o que resultou em significativo aumento no volume minuto, porém com piora na sensação de dispnéia, atribuída ao aumento no esforço muscular inspiratório, observado nas oscilações da Pes.

Cuello et al.¹², baseando-se no trabalho de Roussos et al.³⁹, em que a distribuição da ventilação pode ser alterada por contrações seletivas dos músculos inspiratórios, estudou o efeito do seu esquema de exercícios respiratórios ou “padrões musculares respiratórios” sobre a ventilação pulmonar. Utilizando o gás xenônio (Xe¹³³) em pacientes com bronquite crônica e pneumonia intersticial, observaram que, nas respirações denominadas de *soluções ou suspiros inspiratórios* e nas do *tipo abreviada*, havia maior flu-

xo de radioisótopo para as zonas dependentes. Igualmente, ao realizar o padrão de *tempos respiratórios equivalentes*, em paciente com crise asmática e aprisionamento aéreo, obteve aumento na distribuição da ventilação em regiões apicais, médias e basais^{9,12}. O grupo de Cuello demonstrou em suas publicações que os padrões respiratórios musculares, dentre os quais os *exercícios diafragmáticos, suspiros inspiratórios e respiração abreviada*, aumentam a força muscular respiratória (P_{imáx} e P_{emáx}) e a ventilação voluntária máxima (VVM) quando utilizados em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca^{10,11}. Ainda que outras terapias respiratórias empregadas, como pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP), inspirometria de incentivo e resistência inspiratória e expiratória, também alcançassem resultados expressivos nas medidas espirométricas e na força muscular respiratória, os autores concluíram que os padrões musculares respiratórios contribuem significativamente para a recuperação da musculatura respiratória.

Embora largamente utilizados na prática fisioterapêutica, o conhecimento sobre a eficácia dos exercícios respiratórios ainda baseia-se muito mais nos vários benefícios observados, como a manutenção de baixa frequência respiratória, diminuição do trabalho respiratório, redução da atividade da musculatura respiratória acessória com alívio da dispnéia e melhora nos gases sanguíneos do que em fortes evidências científicas³⁸.

Há um século tem sido empregado o exercício diafragmático em pacientes portadores de DPOC e, somente à luz dos trabalhos realizados nos últimos 25 anos, pode-se sugerir que, embora o exercício proporcione melhora no padrão respiratório e na troca gasosa, não altera a distribuição da ventilação pulmonar regional, além de que a estimulação da atividade diafragmática decorrente do exercício possa piorar a sensação de dispnéia. Esta é uma das poucas afirmações que se pode inferir dos estudos realizados, apesar do que se continua com a sensação de que há necessidade de confirmações. Porém, este exercício também é realizado, bem como vários outros, em outros tipos de alterações pulmonares e nada se tem documentado.

Quando Cuello et al.¹² propuseram sua série de exercícios respiratórios, imediatamente foram incorporados no arsenal de recursos terapêuticos, baseando-se em poucos e parciais resultados obtidos

somente pelo autor. Ao divulgar um pacote de exercícios sob o nome de padrões musculares respiratórios, o autor indica para cada alteração pulmonar um tipo de exercício, fundamentando-se em seus trabalhos com xenônio. Embora altamente elaborados, os resultados foram obtidos em poucos pacientes e cada um deles apresentava complicações pulmonares diferentes, o que sem dúvida não garante a generalização dos dados verificados. Por outro lado, os fisioterapeutas são os primeiros a verificar melhora após a aplicação dos exercícios respiratórios. O benefício é visível e os resultados são traduzidos pelo prolongamento da atividade física, sensação de bem-estar, diminuição da morbidade, entre outros. No entanto, repetem-se os mesmos exercícios documentados por MacMahon^{32,33}, desde 1915.

Os fisioterapeutas têm documentado muito

pouco o impacto desses exercícios sobre os resultados obtidos na recuperação de volumes e capacidades respiratória; pouco se sabe sobre a interferência dos exercícios respiratórios na ação muscular respiratória e na configuração toracoabdominal; praticamente não há nada descrito sobre a hipótese do estímulo manual potencializar a contração muscular localizada; a literatura é escassa sobre a interferência do aprendizado prévio e o treinamento sistematizado no melhor aproveitamento do exercício e, finalmente, poucos relatos existem sobre a influência da postura corporal durante os exercícios respiratórios. Assim, esta área de estudo pode propiciar ampla investigação, verificando o impacto dos exercícios respiratórios na ação muscular respiratória, expressa pelo movimento toracoabdominal e pelo deslocamento de volume.

REFERÊNCIAS

1. Agostoni E, Rahn H. Abdominal and thoracic pressures at different lung volumes. *J Appl Physiol*. 1960;15:1087-92.
2. Attinger EO, Monroe GR, Segal MS. The mechanics of breathing in different body positions. I. In normal subjects. *J Clin Invest*. 1956;35:904-11.
3. Brach BB, Chao RP, Sgroi VL, Minh VD, Ashburn WL, Moser KM. ¹³³Xenon washout patterns during diaphragmatic breathing studies in normal subjects and patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest*. 1977;71:735-9.
4. Braun NMT, Aurora NS, Rochester DF. Force-length relationship of the normal human diaphragm. *J Appl Physiol*. 1982;53:403-12.
5. Campbell EJM, Agostoni E, Newsom-Davis J. The respiratory muscles: mechanics and neural control. 2nd. ed. Philadelphia: Saunders; 1970.
6. Cherniack NS, Pack AI. Control of ventilation. In: Fishman AP. Pulmonary diseases and disorders. New York: McGraw-Hill; 1988. p.131-44.
7. Chuter TAM, Weissman C, Starker PM, Gump FE. Effect of incentive spirometry on diaphragmatic function after surgery. *Surgery*. 1989;105:488-93.
8. Cohn MA, Rao ASV, Broudy M, Birch S, Watson H, Atkins N, et al. The respiratory inductive plethysmograph: a new non-invasive monitor. *Bull Eur Physiopathol Respir*. 1982;18:643-58.
9. Cuello AF, Acordaci CS. Bronco obstrução. São Paulo: Editora Panamericana; 1987.
10. Cuello AF, Muhr EM, Diaz Moreno R, Masciantonio L, Luque L, Cuello GA, et al. Técnicas para incrementar la función muscular respiratória. *Kinesiologia Cient*. 1986;1:21-9.
11. Cuello AF, Muhr E, Diaz Moreno R, Masciantonio L, Luque L, Cuello GA. Evaluacion espirometrica de cuatro modalidades terapeuticas en el posoperatorio de cirugía cardiovascular. *Med Intensiva*. 1990;7:25-31.
12. Cuello GA, Masciantonio L, Cuello AF. Patrones respiratorios en distintas afecciones. *Corde*. 1982;3:48-60.
13. Dall, JFH. An enquiry into the physiological mechanisms of respiration with special reference to the movement of the vertebral column and diaphragm. *J Anat (Lond)*. 1908;ser 3,4:93-141.
14. Decramer M., De Troyer A. Respiratory changes in parasternal intercostal length. *J Appl Physiol Respir Environ Exercise Physiol*. 1984;57:1254-60.
15. Derenne JPH, Macklem PT, Roussos CH. The respiratory muscles: mechanics, control and pathophysiology. *Am Rev Respir Dis*. 1978;118:119-33.
16. De Troyer A, Estenne M. Functional anatomy of the respiratory muscles. In: Belman MJ. Respiratory muscles: function in health and disease. *Clin Chest Med*. 1988;9:175-93.
17. Druz WS e Sharp JT. Activity of respiratory muscles in upright and recumbent humans. *J Appl Physiol*. 1981;51:1552-61.
18. Frownfelter DL. Chest physical therapy and pulmonary rehabilitation. Chicago: Year Book; 1978.
19. Gaeskell DV, Webber BA. Fisioterapia respiratória: guia do Brompton Hospital. 4a ed. Rio de Janeiro: Colina; 1984.
20. Grassino AE, Roussos C. Statics properties of the lung and chest wall. In: Crystal RG, West JB. The lung. 2nd. ed. Philadelphia: Raven Publishers; 1997.
21. Grimby G, Oxhøj H, Bake B. Effects of abdominal breathing on distribution of ventilation in obstructive lung disease. *Clin Sci Mol Med*. 1975;48:193-9.
22. Gosselink HAAM, Chadwick-Straver RVM. Physiotherapy

- and mucociliary clearance. In: Demedts M, Van de Woestijne KP, Lacquet LM, Decramer M. Respiratory rehabilitation. Proceedings of International Symposium in honor of Prof. Dr. L. Billiet. Leuven; 1990. p.29-45.
23. Gosselink HAAM, Wagenaar RC. Efficacy of breathing exercises in chronic obstructive pulmonary disease and asthma; a meta-analysis of literature. *J Rehabil Sci.* 1993;6:105-13.
 24. Gosselink HAAM, Wagenaar RC, Rijswijk H, Sargeant AJ, Decramer MLA. Diaphragmatic breathing reduces efficiency of breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995;151:1136-42.
 25. Jones NL, Killian KJ. Breathlessness. Hamilton: The Campbell Symposium, McMaster University; 1992.
 26. Herxheimer H. Some observations on the co-ordination of diaphragmatic and rib movement in respiration. *Thorax.* 1949;4:65-72.
 27. Keith A. A method of indicating the position of the diaphragm and estimating the degree of visceroptosis. *J Anat (Lond.).* 1907;ser 3,3:26-9.
 28. Konno K, Mead J. Measurement of the separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing. *J Appl Physiol.* 1967;22:407-22.
 29. Levitzky MG. Pulmonary physiology. 3rd. ed. New York: McGraw-Hill; 1991.
 30. Macklem PT. The respiratory muscles. In: Fishman P. Pulmonary diseases and disorders. New York: McGraw-Hill; 1988. p 2269-86.
 31. Mackenzie CF, Ciesla N, Imle C, Klemic N. Fisioterapia respiratória em U.T.I. São Paulo: Editora Panamericana; 1988.
 32. MacMahon C. Breathing and physical exercises for use in cases of wounds in the pleura, lung and diaphragm. *Lancet.* 1915;2:769-70.
 33. MacMahon CJ. Some cases of gunshot wounds and other affections of the chest treated by breathing and physical exercises. *Lancet.* 1919;1:697-9.
 34. Melendez JA, Alagesan R, Reinsel R, Weissman C, Burt M. Postthoracotomy respiratory muscle mechanics during incentive spirometry using respiratory inductance plethysmography. *Chest.* 1992;101:432-6.
 35. Mueller RE, Petty TL, Filley GF. Ventilation and arterial blood gas changes induced by pursed lips breathing. *J Appl Physiol.* 1970;28:784-9.
 36. Newman SL, Road J, Bellemare F, Clozel JP, Lavigne CM, Grassino A. Respiratory muscle length measured by sonomicrometry. *J Appl Physiol.* 1984;56:753-64.
 37. Orlandi O, Perino B, Testi R. Old and new in chest physiotherapy. *Eur Respir J. Suppl.* 1989;2(7):595-8.
 38. Rankin J, Dempsey JA. Respiratory muscles and mechanisms of breathing. *Am J Phys Med.* 1967;46:198-244.
 39. Roussos CS, Fixley M, Genest J, Cosio M, Kelly S, Martin RR, et al. Voluntary factors influencing the distribution of inspired gas. *Am Rev Respir Dis.* 1977;116:457-67.
 40. Roussos C, Macklem PT. Response of the respiratory muscles to fatiguing loads. *Am Rev Respir Dis.* 1976;133:200-6.
 41. Sackner MA, Silva G, Banks JM, Watson DD, Smoak WM. Distribution of ventilation during diaphragmatic breathing in obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis.* 1974;109:331-7.
 42. Spahija JA, Grassino A. Effects of pursed-lips breathing and expiratory resistive loading in healthy subjects. *J Appl Physiol.* 1996;80:1772-84.
 43. Stigol LC, Cuello AF. Voluntary control of the diaphragm in one subject. *J Appl Physiol.* 1966;21:1911-2.
 44. Tiep BL, Burns M, Kao D, Madison R, Herrera J. Pursed lips breathing training using ear oximetry. *Chest.* 1986;90:218-21.
 45. Vitacca M, Clini E, Bianchi L, Ambrosino N. Acute effects of deep diaphragmatic breathing in COPD patients with chronic respiratory insufficiency. *Eur Respir J.* 1998;11:408-15.
 46. Wade OL. Movements of the thoracic cage and diaphragm in respiration. *J Physiol.* 1954;124:193-212.
 47. Willeput R. Muscles et mouvements respiratoires [monografia]. Belgique: Boehringer Ingelheim; 1997.
 48. Wolfson DA, Kingman OS, Dimarco AF, Altose MD. Effects of an increase in end-expiratory volume on the pattern of thoracoabdominal movement. *Respir Physiol.* 1983;53:273-83.

Recebido para publicação: 21/07/03

Aceito para publicação: 25/05/04