

Revisão

Cabó SL, Sá CSC, Carvalho RP. Desenvolvimento da caixa torácica e suas implicações na respiração de crianças típicas e com paralisia cerebral: revisão de literatura. *Temas sobre Desenvolvimento* 2014; 20(109):90-6.

Artigo recebido em 19/09/2014. Aceito para publicação em 04/01/2015.

desenvolvimento da caixa torácica e suas implicações na respiração de crianças típicas e com paralisia cerebral: revisão de literatura

soraia libório cabó¹
cristina dos santos cardoso de sá²
raquel de paula carvalho³

(1) Mestre em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de São Paulo / Campus Baixada Santista, Santos, SP.

(2) Doutora em Neurociências, Professora da Universidade Federal de São Paulo / Campus Baixada Santista, Santos, SP.

(3) Doutora em Fisioterapia, Professor Adjunto Universidade Federal de São Paulo / Campus Baixada Santista, Santos, SP.

Departamento de Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal de São Paulo / Campus Baixada Santista, Santos, SP.

CORRESPONDÊNCIA

Soraia Libório Cabó
soraia_lib@yahoo.com.br.

RESUMO

DESENVOLVIMENTO DA CAIXA TORÁCICA E SUAS IMPLICAÇÕES NA RESPIRAÇÃO DE CRIANÇAS TÍPICAS E COM PARALISIA CEREBRAL: REVISÃO DE LITERATURA: As crianças apresentam diferenças anatomofisiológicas em seu sistema respiratório em relação aos adultos, além de menores volumes e capacidades pulmonares. O sistema respiratório da criança com paralisia cerebral (PC) sofre influência direta e indireta dos distúrbios de tônus, postura e movimento. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão crítica da literatura acerca das características do sistema respiratório e do desenvolvimento da caixa torácica de crianças típicas e de crianças com PC. Durante a respiração, os músculos torácicos e abdominais agem para fixar a caixa torácica, facilitando uma contração mais completa do diafragma e aumentando, assim, o volume pulmonar. A fraqueza da musculatura abdominal comum às crianças com PC pode resultar em posicionamento inadequado das costelas, que tendem a se manter elevadas, o que gera desvantagem mecânica dos movimentos inspiratórios e prejudica a atuação do diafragma na respiração. Todos esses fatores, associados aos deficientes mecanismos de proteção das vias aéreas e ao debilitado sistema imunológico, podem fazer com que essas crianças se tornem mais propensas a desenvolver doenças respiratórias e suas complicações.

Descritores: Paralisia cerebral, Respiração, Mecânica respiratória, Caixa torácica, Crianças.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF THORACIC CAGE AND ITS IMPLICATIONS ON BREATHING OF TYPICALLY DEVELOPED CHILDREN AND CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: A REVIEW: Children show anatomic-physiological differences in their respiratory system in relation to adults, with smaller lung volumes and capacities. The respiratory system of children with cerebral palsy (CP) suffers direct and indirect influences of their disturbances of tone, posture and movement. The aim of this study was to critically review the literature about the characteristics of respiratory system and the development of thoracic cage in typically developed children and in children with CP. During breathing, the thoracic and abdominal muscles act to secure the rib cage, facilitating a more complete contraction of the diaphragm, increasing lung volume. The weakness of abdominal muscles in children with CP may result in inappropriate ribs in a higher position, resulting in mechanical disadvantage of inspiratory movements, impairing the performance of diaphragm during breathing. All these factors associated with impaired mechanisms of airway protection and weakened immune system may influence these children to develop respiratory diseases and their complications.

Keywords: Cerebral palsy, Breathing, Respiratory mechanics, Thorax, Children.

A respiração é um ato vital e pode ser definida fisiologicamente como o processo no qual o organismo vivo troca oxigênio e dióxido de carbono com o meio ambiente. Os conhecimentos dos aspectos funcionais e fisiológicos da respiração são fundamentais para o diagnóstico e controle evolutivo de diversas doenças.

O ato de inspirar e expirar depende da ação da musculatura do tronco que, a partir da expansão e retração do gradil costal, gera variações volumétricas que produzem pressão interna menor que a externa, fazendo com que o ar atmosférico entre nos pulmões¹. As diversas formas como o tronco se deforma durante as inspirações e expi-

rações caracterizam os padrões de comportamento ventilatório, ou padrões respiratórios². Indivíduos que possuem alterações posturais podem apresentar padrão respiratório característico com tendência a realizar respirações torácicas com escassa utilização do diafragma, movimentando pequena quantidade de ar³.

O sistema respiratório da criança com Paralisia Cerebral (PC) sofre influência direta e indireta dos distúrbios do tônus, da postura e do movimento característicos dessa população⁴. A PC designa um grupo de distúrbios cerebrais de caráter não progressivo que ocorrem durante o processo de maturação cerebral. Apresenta etiologias multifatoriais e diversidade quanto ao quadro clínico, e há, predominantemente, sintomatologia motora associada a diferentes sinais e sintomas⁵.

As curvaturas anormais da coluna e os distúrbios de tônus encontrados na maioria desses indivíduos podem provocar mudança na biomecânica corporal com deformidades da caixa torácica, podendo gerar alterações funcionais, sendo frequentes os distúrbios pulmonares restritivos⁶. Crianças com PC apresentam alta incidência de problemas respiratórios, sendo a bronquite e a pneumonia aspirativa de repetição as complicações mais comuns nessa população⁷.

Durante a respiração, os músculos torácicos e abdominais agem para fixar a caixa torácica. Essa fixação facilita uma contração mais completa do diafragma, o que aumenta o volume pulmonar. A fraqueza da musculatura abdominal comum às crianças com PC pode resultar em posicionamento inadequado das costelas, que tendem a se manter elevadas, gerando desvantagem mecânica dos movimentos de braço de bomba e de alça de balde durante a inspiração, e prejudicando a atuação do diafragma na respiração⁷. O movimento de “braço de bomba” é definido como o que ocorre durante a horizontalização das costelas superiores, quando as suas extremidades ventrais se movem para cima e para frente durante a inspiração, aumentando o diâmetro anteroposterior do tórax. Já o movimento denominado “alça de balde” caracteriza os movimentos lateral e para cima que ocorrem nas costelas inferiores na inspiração, aumentando, dessa forma, o diâmetro transversal da caixa torácica⁸.

Todos esses fatores, associados aos deficientes mecanismos de proteção das vias aéreas e ao debilitado sistema imunológico que apresentam, podem fazer com que essas crianças se tornem mais propensas a desenvolver doenças respiratórias e suas complicações^{1,3}. Assim, o objetivo desta revisão foi realizar uma análise crítica da literatura acerca das características do sistema respiratório e do desenvolvimento da caixa torácica de crianças típicas e de crianças com PC. Acreditamos que, com mais conhecimento sobre as particularidades do sistema respiratório da criança, os profissionais de saúde poderão instituir

precocemente protocolos de reabilitação respiratória para ganho de força muscular e melhora da mobilidade torácica, que beneficiariam a função respiratória de crianças com PC e preveniriam o desenvolvimento de deformidades torácicas e, como consequência, diminuiriam a morbidade e mortalidade por doença pulmonar.

Método

Foram realizadas consultas às bases de dados Pubmed, Medline, Scielo e Schollar Google, no período de janeiro a julho de 2014. Para a busca dos trabalhos, foram utilizadas as seguintes palavras-chave: *children, cerebral palsy, breathing, shape e mobility*. A princípio, foram incluídos somente trabalhos publicados nos últimos 10 anos; entretanto, devido à relevância de trabalhos publicados anteriormente e à sua importância para o enriquecimento do conteúdo desta revisão, foi necessária a extensão do período da pesquisa. Sendo assim, foram incluídos trabalhos em Inglês, Espanhol e Português, publicados no período de 1978 a 2014, com ênfase nos dez últimos anos. Foram selecionados apenas os artigos relevantes para responder ao objetivo proposto, os quais foram lidos cuidadosa e criticamente, e foram identificados seus pontos mais importantes.

Resultados

Foram encontrados 29 artigos relacionados ao tema desta revisão. A maior parte deles são artigos originais, incluindo revisões sistemáticas. Alguns conceitos bastante consolidados e publicados em artigos e livros reconhecidos pelos profissionais da área foram incluídos neste estudo com o propósito de subsidiar o conteúdo retirado dos artigos encontrados.

Princípios básicos da respiração

A respiração é um processo automático e rítmico da caixa torácica que gera movimentos de entrada e saída de ar nos pulmões. Regulada pelo Sistema Nervoso Central (SNC), depende da contração e do relaxamento dos músculos respiratórios para que ocorra a troca gasosa, que é feita por meio de difusão entre as diferentes concentrações de gases dentro e fora do sangue; o oxigênio fornecido ao sangue durante a inspiração é levado para todas as células do corpo, assegurando a manutenção das reações metabólicas necessárias para a nossa sobrevivência⁹.

Sabe-se que a quantidade de ar trocada durante a ventilação depende da força dos músculos respiratórios e da intensidade da contração muscular². A tarefa primária

dos músculos respiratórios é mover a caixa torácica durante a respiração, a fim de manter os gases do sangue arterial dentro dos limites ideais.

Os principais músculos em ação durante a inspiração de repouso são o diafragma, responsável por até 70% do Volume Corrente (VC), que é a quantidade de ar que entra e sai dos pulmões em cada respiração normal; os intercostais externos, que auxiliam na elevação e estabilização da caixa torácica; alguns músculos do pescoço, que estabilizam a cartilagem tireoideia; e os abdutores da laringe, que se contraem para mantê-la aberta. Os músculos acessórios da inspiração (trapézio, peitorais, escalenos, esternocleidomastoideos) atuam durante a inspiração forçada com a finalidade de elevar e fixar as primeiras costelas e o esterno⁹.

A expiração é realizada de forma passiva, mas quando se alcança acima de 70% da ventilação máxima, como, por exemplo, durante o exercício físico, todos os músculos acessórios da inspiração são ativados e todos os músculos abdominais se contraem. Os músculos abdominais, ao se contraírem, aumentam a pressão intra-abdominal, rebaixam as costelas e elevam a cúpula diafragmática, aumentando, assim, a pressão pleural, e reduzindo significativamente o volume pulmonar¹⁰.

Na expiração forçada são postos em ação os músculos oblíquos internos e externos, retos, transversos e abdominais, sendo os intercostais internos e abdominais os principais responsáveis por essa ação. As inspirações máximas envolvem uma ação muscular conjunta dos músculos inspiratórios. Particularidades anatômicas e de condicionamento físico de cada indivíduo podem provocar variações quanto à forma de realização dos movimentos ventilatórios².

Sistema respiratório de crianças

As crianças apresentam diferenças anatomofisiológicas em seu sistema respiratório em relação aos adultos, além de menores volumes e capacidades pulmonares. As diferenças anatômicas começam pelo formato da caixa torácica do recém-nascido (RN), que tem um aspecto circular, com esterno cartilaginoso e costelas cartilaginosas e horizontalizadas^{4,11}. Essa horizontalização das costelas impede o bom funcionamento dos músculos intercostais externos, e, assim, a respiração no RN é essencialmente diafragmática¹². Com o aumento da idade, a mudança na orientação das costelas torna biomecanicamente mais eficiente a respiração torácica¹³. À medida que a criança desenvolve sua postura ereta, o tórax vai sofrendo alterações, aumenta seu diâmetro transversal e se torna mais achatado, e as costelas se tornam oblíquas e mais fortes estruturalmente, proporcionando melhor desempenho torácico durante a inspiração¹⁴. A configura-

ção do tórax passa de uma forma arredondada para uma configuração mais retangular no plano anterior, e ganha o formato aproximado ao da caixa torácica de adultos.

Essa nova configuração melhora a zona da aposição do diafragma, o que aumenta a força de contração desse músculo e, conseqüentemente, a eficácia da ventilação. Após o nascimento, existem somente 25% de fibras não fatigáveis tipo I no diafragma do RN, enquanto que o diafragma do adulto normal é constituído de aproximadamente 55% de fibras musculares tipo I, que são fibras de metabolismo oxidativo e altamente resistentes à fadiga muscular¹⁰. Com o crescimento infantil, quando os músculos respiratórios possuem força e tônus normal, a sua interação com a gravidade e com a caixa torácica resultam em adequado desenvolvimento do tórax e pescoço na fase adulta¹⁵.

Conforme o bebê começa a desenvolver uma postura mais vertical, o controle de cabeça e de tronco se desenvolve normalmente, e aos poucos há uma mudança na relação de 90° entre as costelas e a coluna⁷. A postura ereta permite que a gravidade e os músculos abdominais tracionem e girem as costelas para baixo, alongando a parede torácica. Essa rotação é mais predominante nas costelas inferiores e permite maior desenvolvimento dos três principais grupos musculares da respiração: diafragma, abdominais e intercostais¹¹, melhorando a capacidade de expansão do tórax, na direção tanto anteroposterior (movimento de braço de bomba) quanto lateral (movimento de alça de balde).

A complacência da parede torácica da criança é de aproximadamente três vezes a complacência do adulto. Essa facilidade em distender a caixa torácica predispõe o aparecimento de movimentos paradoxais e a conseqüente deformação da caixa torácica durante a inspiração. Para um processo ventilatório efetivo durante a infância, é necessário que os músculos respiratórios estejam estáveis o suficiente para que haja estabilização do gradil costal durante a inspiração⁷. A pequena quantidade de colágeno e elastina ao nascimento faz com que a complacência pulmonar do RN seja diminuída. Com a menor presença desses componentes há menor capacidade de recolhimento elástico e maior tendência ao colapso alveolar, o que favorece a heterogeneidade das trocas gasosas e o desenvolvimento de atelectasias¹⁶.

As crianças também apresentam menores volumes e capacidades pulmonares quando comparadas aos adultos. O VC em adultos é de aproximadamente 500 ml, e menor e de acordo com o peso na criança (6 a 8 ml/kg). A Capacidade Residual Funcional (CRF) nas crianças é menor em relação aos adultos, o que predispõe à hipoxemia e ao colapso dinâmico das vias aéreas. A Capacidade Pulmonar Total (CPT), que é a quantidade de ar existente nos pulmões no final de uma inspiração forçada, é de aproxima-

damente 86 ml/kg em adultos e 63 ml/kg em RNs. O aumento da CPT é proporcional ao crescimento da criança¹⁷.

Paralisia Cerebral (PC)

A PC pode ser definida como um grupo de distúrbios permanentes do desenvolvimento do movimento e da postura, que causam limitações das atividades. Esses distúrbios são atribuídos a perturbações não progressivas que ocorreram no encéfalo fetal ou infantil em desenvolvimento¹⁸. Em uma grande proporção de indivíduos o comprometimento motor é acompanhado por problemas musculoesqueléticos secundários, epilepsia, distúrbios de sensação, percepção, cognição, comunicação e comportamento^{18,19}.

Em países desenvolvidos, a incidência da PC, também conhecida como encefalopatia crônica não evolutiva da infância (ECNI), mantém-se por volta de 2,5 em cada 1.000 nascidos vivos. Já nos países subdesenvolvidos, mesmo com avanços na assistência neonatal, essa taxa é de sete em cada 1.000 nascidos vivos. Apesar do aumento da sobrevivência de crianças expostas a complicações nesses países, os cuidados pós-natais nem sempre são adequados. No Brasil, estima-se que ocorram 30.000 a 40.000 novos casos por ano²⁰.

Considera-se que o tipo de comprometimento cerebral depende do momento da lesão, de sua duração e da sua intensidade. Quanto ao momento em que o agente etiológico incide sobre o SNC em desenvolvimento, distinguem-se os períodos pré-natal, perinatal e pós-natal^{21,22}. Evidências sugerem que 70% a 80% dos casos de PC sejam de origem pré-natal²³.

Quanto à natureza e o tipo de desordem motora predominantes, a PC é classificada em relação às alterações de tônus e/ou presença de movimentos involuntários, como PC espástica, discinética (que se diferencia em distonia, atetose e coreica) ou atáxica. Quando mais de um distúrbio estiver presente, especialistas recomendam classificar o tipo de tônus ou movimento predominante e relatar os outros distúrbios como secundários^{24,25}.

Em relação aos achados anatômicos ou à distribuição anatômica, a classificação topográfica mais utilizada no caso de PC espástica define que a espasticidade pode ser bilateral com envolvimento maior dos membros inferiores em relação aos membros superiores (diparesia espástica), espasticidade unilateral com envolvimento maior do membro superior (hemiparesia espástica) ou espasticidade bilateral com envolvimento igual de membros superiores e inferiores (quadriparesia espástica)²⁶. O quadro motor da PC também pode ser classificado por meio de escalas ou sistemas que considerem o nível funcional da criança, como o GMFCS - *Motor Function Classification System*²⁷, que distingue a função motora das crianças de

acordo com a atividade motora grossa específica para a sua idade e consiste de níveis que variam de I (crianças com pouca ou nenhuma disfunção relativa à mobilidade na comunidade) a V (crianças que são totalmente dependentes e precisam de ajuda para se locomover).

O sistema respiratório na criança com PC

Em relação à evolução do quadro motor da criança com PC, de maneira geral, no primeiro ano de vida a criança se apresenta hipotônica, evoluindo gradativamente para outra fase em que se observa quadro de distonia intermitente, com tendência ao opistótono quando estimulada. Nos casos mais graves, a criança pode permanecer num desses estágios por toda a sua vida, porém geralmente passa a exibir hipertonia espástica, inicialmente extensora e, finalmente, com graves retrações semiflexoras²⁸.

A posição horizontal das costelas observada em RN parece limitar a mobilidade do tórax, e sabe-se que a mudança na angulação das costelas é muito importante para a respiração, a fonação e a mobilidade do tronco e da caixa torácica. Essas mudanças parecem ocorrer com o início dos movimentos laterais e rotacionais da coluna torácica, os quais, na maioria das vezes, estão prejudicados na criança com PC²⁹. Em crianças com desenvolvimento típico, a permanência na postura prona, associada à extensão do tronco, promove o alongamento dos músculos abdominais e flexores de quadril, favorecendo o bom alinhamento de tronco. Problemas no desenvolvimento do tronco podem ser desencadeados pelo uso excessivo dos músculos flexores, tônus muito baixo ou muito alto que tendem à extensão²⁹. A hiperextensão presente em muitas crianças com PC não é equilibrada pela ação da musculatura flexora, e os músculos extensores se tornam firmes enquanto os músculos flexores, como os abdominais, ficam alongados e enfraquecidos. A falta do desenvolvimento normal dos abdominais pode desencadear sérias consequências, como falta de estabilidade da caixa torácica e da cintura pélvica, que conduz para o desenvolvimento de muitas compensações e interfere negativamente na dinâmica respiratória.

Além da postura prona, o decúbito lateral é uma importante posição para o desenvolvimento da caixa torácica do bebê. Ela contribui para dar formato à caixa torácica pela estabilização das costelas, ativa os músculos abdominais oblíquos e fornece *feedback* da sustentação de peso contra a gravidade. Geralmente o bebê com PC não consegue se manter nessa postura, demonstrando fraco equilíbrio entre os músculos flexores e extensores anti-gravitacionais e desenvolvimento precário das reações óptica e labiríntica de endireitamento. Dessa forma, não receberá estímulos táteis e proprioceptivos, e a caixa torácica não será achatada pela ação da gravidade como em crianças típicas²⁹.

Os distúrbios de movimento característicos da PC, juntamente com as modificações adaptativas do comprimento muscular, frequentemente têm como consequências deformidades ósseas. O tórax e a coluna vertebral, assim como os membros superiores e inferiores, também sofrem com a presença dessas deformidades¹¹. Quando as alterações posturais presentes nesses pacientes permanecem por longo período de tempo, os músculos e os ligamentos tendem a adaptar os seus comprimentos à posição habitual, o que pode levar a uma limitação ainda maior da função respiratória³⁰.

Na revisão da literatura sobre o assunto só encontramos um artigo específico sobre a conformação da caixa torácica de crianças com PC. Park *et al.*³¹ compararam, por meio de imagens de raios-x, a relação entre o diâmetro transversal da parte superior e a parte inferior do tórax de crianças com PC grave do tipo quadriparesia espástica e de crianças típicas. Os autores encontraram valores significativamente menores no grupo de crianças com PC e os atribuíram ao fato de crianças com PC, especialmente quadriparéticas, respirarem de forma incoordenada, utilizando mais a musculatura abdominal em detrimento da musculatura torácica. Os autores concluíram que a respiração superficial observada em crianças com PC grave, pela incapacidade de expandir a parede torácica superior, pode vir a afetar o seu desenvolvimento³¹.

Problemas posturais, inclusive problemas de controle de tronco, muito comuns nas crianças quadriparéticas, desempenham papel central na disfunção motora e respiratória das crianças com PC. Segundo Slutzky³⁰, as disfunções respiratórias resultantes da ventilação inadequada dos encefalopatas são pouco valorizadas. A desordem neuromotora proveniente da lesão encefálica pode promover alterações no nível do trato respiratório, que são decorrentes de problemas posturais por fatores restritivos⁷, dentre os quais as deformidades como as cifoescolioses, *pectus carinatum*, *pectus excavatum* e o tórax assimétrico.

O desempenho dos músculos respiratórios é dependente da força muscular respiratória específica e da força muscular sistêmica³². O equilíbrio gerado entre a força da gravidade e a força gerada pelas contrações dos músculos respiratórios é essencial para o desenvolvimento musculoesquelético do tórax. Músculos fracos que produzem resposta motora subnormal, apesar da máxima contração muscular, não têm a habilidade de equilibrar a influência da gravidade, alterando, assim, a importante relação entre essas duas forças¹¹.

Crianças com PC geralmente apresentam músculos respiratórios fracos. Essa fraqueza, associada à espasticidade, pode levar a desequilíbrio toracoabdominal e a comportamentos ventilatórios ineficientes durante a respiração. A fraqueza dos músculos abdominais também

dificulta a estabilização da caixa torácica, o que prejudica a aceleração do fluxo de ar na expiração e aumenta, assim, a CRF e diminui o VC^{33,34}.

Berg³⁵ avaliou volumes pulmonares dinâmicos e estáticos em crianças com PC e demonstrou que a Capacidade Vital (CV) do indivíduo com PC espástica era 67% menor do que o valor normal previsto para crianças típicas, e que nos indivíduos com atetose a CV era reduzida à metade.

Crianças com PC também apresentam menor aptidão física (condicionamento aeróbico) quando comparadas a crianças saudáveis³⁶⁻⁴¹, ou seja, apresentam menor capacidade de liberar oxigênio para os músculos e de utilizá-lo para gerar energia durante o exercício. De acordo com Fernhall e Pitetti⁴², esse comprometimento cardiorespiratório pode afetar tanto as atividades da vida diária como as atividades recreativas e pode ter implicações significativas para a saúde dessas crianças.

Alguns autores⁴³⁻⁴⁵ já relataram a presença de padrões respiratórios anormais em crianças com PC, tais como respiração paradoxal ou inversa (inversão do movimento ventilatório, no qual existe assincronia entre o movimento abdominal e o torácico), respiração rápida ou superficial e respiração com predomínio da musculatura acessória em detrimento da musculatura diafragmática.

Fothergill⁴⁶, em um estudo pneumográfico com 13 crianças com quadriparesia espástica, 17 crianças com PC atetóide e 20 crianças típicas, demonstrou que o grupo de crianças com PC apresentava movimentos respiratórios irregulares de tórax e abdome quando comparado ao grupo-controle.

Ersöz *et al.*⁴⁷ avaliaram a expansibilidade da caixa torácica de 56 crianças com PC por meio da cirtometria (medição por fita métrica) e demonstraram que elas apresentaram diminuição da expansibilidade torácica quando comparadas a crianças típicas, e que a expansibilidade torácica diminuiu ainda mais com o aumento da idade. Porém, dos 56 pacientes, apenas dois andavam sem dispositivos de assistência e todos tinham atividades físicas muito limitadas ou nulas. A imobilidade presente nesses pacientes pode ocasionar alterações respiratórias como diminuição do VC, volumes minuto e capacidade respiratória máxima. Fisiologicamente, pode ocorrer diminuição do movimento diafragmático e da excursão torácica com posterior perda da função muscular⁴⁸.

Os movimentos do tórax nos diâmetros anteroposterior e transversal são inseparáveis; o diafragma, os intercostais externos e os músculos acessórios da inspiração trabalham juntos para expandir o tórax, aumentando o volume de ar trazido para os pulmões na inspiração. Bach e Kang⁴⁹ afirmam que a fraqueza muscular dificulta a realização, principalmente, de respirações forçadas, e

que, assim, o bom funcionamento dos músculos respiratórios é essencial para a dinâmica da parede torácica e para a mobilidade das costelas. Tabith⁵⁰ descreveu que o aumento do tônus da musculatura torácica e abdominal percebido em crianças com PC, tanto na inspiração quanto na expiração, pode gerar fraqueza importante desses músculos e incoordenação dos movimentos do tórax durante a respiração, o que interfere na sua função pulmonar.

Em estudo de caso realizado com um indivíduo com PC⁵¹, observou-se que os movimentos da caixa torácica e do abdome foram tão desorganizados que não houve constatação de um padrão respiratório consistente. Em outra pesquisa⁵², os autores analisaram, por meio da pletismografia, a respiração durante o repouso, a mastigação e a deglutição de crianças saudáveis e de crianças com PC e demonstraram frequência respiratória (FR) significativamente menor e maior VC em crianças típicas, em comparação com crianças com PC. Os autores concluíram que todas as crianças com PC respiravam mais rapidamente e com menor profundidade (padrão respiratório superficial), quando comparadas com as crianças típicas. Seus resultados ilustram também a capacidade prejudicada de crianças com PC em planejar e coordenar a deglutição e a ventilação.

Wang et al.⁵³ avaliaram a força respiratória de crianças com PC por meio das medidas de pressão inspiratória e expiratória máximas e observaram, além dos resultados inferiores em comparação às crianças com desenvolvimento típico, que a menor força estava diretamente relacionada ao menor desempenho nas funções de autocuidado e função social, avaliadas pelo *Pediatric Evaluation of Disabilities Inventory* (PEDI). Em resumo, músculos respiratórios enfraquecidos podem levar ao desenvolvimento de posturas inadequadas da caixa torácica durante todo o ciclo respiratório. Essa postura, associada ao aumento da CRF e à diminuição da CV, pode gerar desequilíbrio entre o tórax e o abdome, prejudicando, assim, a eficácia ventilatória nesses pacientes.

De acordo com a literatura, o desenvolvimento da caixa torácica e dos músculos respiratórios de crianças com PC podem estar prejudicados. Como a respiração decorre primariamente da movimentação da caixa torácica e existe escassez de estudos sobre essa movimentação em crianças com PC, torna-se importante revisar trabalhos realizados até o momento para que sejam levantadas questões pertinentes relacionadas ao assunto, que resultem em modelos de intervenções que beneficiem essa população. Atualmente, a grande maioria das crianças com PC realizam apenas fisioterapia motora visando à aquisição dos marcos motores e ao ganho da funcionalidade, e a fisioterapia respiratória é instituída apenas após o diagnóstico de alguma alteração respiratória. Acreditamos que a institui-

ção precoce de protocolos de fisioterapia respiratória para ganho de força muscular e melhora da mobilidade torácica beneficiariam a função respiratória dessas crianças, prevenindo, assim, o desenvolvimento de deformidades torácicas e, como consequência, diminuindo a morbidade e mortalidade por doença pulmonar.

Vários estudos⁵⁴⁻⁵⁶ que propõem a reabilitação pulmonar em crianças asmáticas ou com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) mostram que protocolos de reabilitação pulmonar com exercícios físicos direcionados à mobilidade da caixa torácica e ao fortalecimento da musculatura abdominal levam à melhora da expansibilidade torácica como um todo e ao aumento da mobilidade torácica inferior, e sugerem, assim, melhor trabalho diafragmático, aumento da qualidade de vida e da capacidade de exercício nessas crianças. Assim, crianças com PC também se beneficiariam desse tipo de protocolo.

Referências

1. Scanlan CL, Wilkins RL, Stoller JK. Fundamentos da terapia respiratória de Egan. São Paulo: Manole; 2007.
2. Loula CMA, Pacheco AL, Sarro KJ, Barros RML. Análise de volumes parciais do tronco durante a respiração por videogrametria. Rev Bras Biomecânica 2004; 5:21-7.
3. West JB. Fisiologia respiratória moderna. São Paulo: Manole; 2003.
4. Barbosa S. Fisioterapia respiratória: encefalopatia crônica da infância. Rio de Janeiro: Revinter; 2002.
5. Rotta NT. Paralisia cerebral, novas perspectivas terapêuticas. J Pediatr 2002; 78:48-54.
6. Badaró AF, Ribeiro EC, Trevisan ME, Magalhães SG, Arend C. Efeitos da escoliose sobre função pulmonar. Fisioter Mov 1995; 8:25-31.
7. Ferreira HC. Características do sistema respiratório na encefalopatia crônica não progressiva da infância. Rev Neuroc 2012; 20:101-8.
8. Kapandji A. Fisiologia articular: tronco e coluna vertebral. São Paulo: Médica Panamericana; 2000.
9. Johnston AC, Zanetti NM. Fisioterapia pediátrica hospitalar. São Paulo: Atheneu; 2011.
10. Jardim JRB, Beppu OS. Alterações da musculatura respiratória. In: Carvalho WB, Hirschheimer MR, Matsumoto T [eds]. Terapia intensiva pediátrica. 3. ed. São Paulo: Atheneu; 2006.
11. Massery M. Chest development as a component of normal motor development: implications for pediatric physical therapists. Pediatr phys ther 1991; 3:3-8.
12. De Troyer A, Kirkwood PA, Wilson TA. Respiratory action of the intercostal muscles. Physiol Rev 2005; 85:717-56.
13. Bastir M, Martínez DG, Recheis W, Barash A, Coquerelle M, Rios L et al. Differential growth and development of the upper and lower human thorax. Plos One 2013; 8:E75128.
14. Simon KM, Carpes MF. Avaliação da mobilidade torácica em crianças saudáveis do sexo masculino pela medição do perímetro torácico. Fisiot Pesq 2006; 13:6-12.
15. Fronza FCAO, Teixeira LR. Alterações torácicas e respiração: exercícios podem ser tratamentos conservadores resolutivos? Rev Bras Presc Fisiot Exerc 2011; 3:450-55.
16. Tavano PT. Anatomia do recém nascido e da criança: características gerais. Ens Cienc 2008; 12:63-76.
17. Caruana-Montaldo B, Gleeson K, Zwillich CW. The control of breathing in clinical practice. Chest J 2000; 117:205-25.

18. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein, M, Bax, M, Damiano, D et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2007; 109(Suppl):8-14.
19. Cooley WC. Providing a primary care medical home for children and youth with cerebral palsy. *Pediatr* 2004; 114:1106-13.
20. Zanini G, Cemin NF, Peralles SN. Paralisia cerebral: causas e prevalências. *Fisioter Mov* 2009; 22:375-81.
21. De Melo-Souza SOE. Tratamento das doenças neurológicas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
22. La K, Smith BP, Shilt JS. Cerebral palsy. *Lancet* 2004; 363:1619-31.
23. Blitz R, Wechtel RC, Blackmon I, Berenson-Howard J. Neurodevelopmental outcome of extremely low birth weight infants in Maryland. *Md Med J* 1997; 46:18-24.
24. Cans C. Surveillance of cerebral palsy in europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Dev Med Child Neurol* 2000; 42:816-24.
25. Rethlefsen SA, Ryan DD, Kay RM. Classification systems in cerebral palsy. *Orthop Clin North Am* 2010; 41:457-67.
26. Nelson KB, Ellenberg JH. Children who 'outgrew' cerebral palsy. *Pediatr* 1982; 69:529-36.
27. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997; 39:214-23.
28. Leite J, Prado GF. Paralisia cerebral: aspectos fisioterapêuticos e clínicos. *Rev Neurocienc* 2004; 12:41-5.
29. Bly L, Ariz TN. Motor skills acquisition in the first year, an illustrated guide to normal development. *Ped Phys Ther* 1995; 7:81-86.
30. Slutzky L. Fisioterapia respiratória nas enfermidades neurológicas. Rio de Janeiro: Revinter; 1997.
31. Park ES, Park JH, Rha DW, Park Chang I, Park CW. Comparison of the ratio of upper to lower chest wall in children with spastic quadriplegic cerebral palsy and normally developed children. *Yonsei Med J* 2006; 47:237-42.
32. Shaffer TH, Wolfson MR, Bhutani K. Respiratory muscle function, assessment, and training. *Phys ther* 1981; 61:1711-23.
33. Borges MBS, Galigali AT, Assad RA. Prevalência de distúrbios respiratórios em crianças com paralisia cerebral na clínica escola de fisioterapia da universidade católica de Brasília. *Fisioter Mov* 2005; 18:37-7.
34. Feroldi MM, Mira RB, Sasseron, PF. Efeito de um protocolo fisioterapêutico na função respiratória de crianças com paralisia cerebral. *Rev Neurocienc* 2011; 19:109-14.
35. Berg K. Effect of physical training of school children with cerebral palsy. *Acta Paed* 1970; 59:27-33.
36. Lundberg Å. Maximal aerobic capacity of young people with spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1978; 20:205-10.
37. Hoofwijk M, Unnithan V, Bar-Or O. Maximal treadmill performance of children with cerebral palsy. *Pediatr Exerc Sci* 1995; 7:305-13.
38. Verschuren O, Takken T. Aerobic capacity in children and adolescents with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* 2010; 31:1352-7.
39. Keefer DJ, Tseh W, Caputo JL, Apperson K, McGreal S, Morgan DW. Comparison of direct and indirect measures of walking energy expenditure in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2004; 46:320-4.
40. Unnithan VB, Dowling JJ, Frost G, Bar-Or O. Role of co-contraction in the O₂ cost of walking in children with cerebral palsy. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28:1498-504.
41. Fowler EG, Kolobe THA, Damiano DL, Thorpe DE, Morgan DW, Brunstrom JE et al. Promotion of physical fitness and prevention of secondary conditions for children with cerebral palsy: section on pediatrics research summit proceedings. *Phys Ther* 2007; 87:1495-510.
42. Fernhall B, Pitetti K. Limitations to work capacity in individuals with intellectual disabilities. *Clin Exerc Physiol* 2001; 3:176-85.
43. Mccool FD, Tzelepis GE. Inspiratory muscle training in the patient with neuromuscular disease. *Phys Ther* 1995; 75:1006-14.
44. Palmer MF. Speech therapy in cerebral palsy. *J Pediatr* 1952; 40:514-24.
45. Solot CB. Promoting function: communication and feeding. In: Dormans JP, Pellegrino L. *Caring for children with cerebral palsy*. Baltimore: Paul H. Brookes; 1998.
46. Fothergill, P. An investigation of breathing patterns in a selected cerebral palsy population [tese]. Los Angeles: University of Southern California; 1950.
47. Ersoz M, Selçuk B, Gündüz R, Kurtaran A, Akyuz M. Decreased chest mobility in children with spastic cerebral palsy. *Turkish J Pediatr* 2006; 48:344-50.
48. Amatuzy MM, Greve J. *Medicina de reabilitação aplicada à ortopedia e traumatologia*. São Paulo: Roca; 1999.
49. Bach JR, Kang SW. Disorders of ventilation weakness, stiffness, and mobilization. *Chest J* 2000; 117:301-03.
50. Júnior AT. *Foniatría: disfonias, fissuras lábio-palatais, paralisia cerebral*. São Paulo: Cortez: Autores associados; 1980.
51. Miyasaka K, Hoffman H, Froese A. The influence of chronic cerebellar stimulation on respiratory muscle coordination in a patient with cerebral palsy. *Neurosurg* 1978; 2:262-5.
52. Mcpherson KA, Kenny DJ, Koheil R, Bablich K, Sochaniwskyj A, Milner M. Ventilation and swallowing interactions of normal children and children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1992; 34:577-88.
53. Wang HY, Chen CC, Hsiao SF. Relationships between respiratory muscle strength and daily living function in children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* 2012; 33:1176-82.
54. Paulin E, Brunetto AF, Carvalho CRF. Efeitos de programa de exercícios físicos direcionado ao aumento da mobilidade torácica em pacientes portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica. *J Pneumol* 2003; 29:287-94.
55. Roceto LDS, Takara LS, Machado LZL, Zambon L, Saad IAB. Eficácia da reabilitação pulmonar uma vez na semana em portadores de doença pulmonar obstrutiva. *Rev Bras Fisioter* 2007; 11:475-80.
56. Holloway E, Ram F. Breathing exercises for asthma. *Cochrane Database Syst Rev* [online] 2004; 3. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10908489>.