

Atividade mioelétrica dos músculos respiratórios em crianças asmáticas durante manobra inspiratória máxima

Myoelectrical activity of the respiratory muscles in asthmatic children during the maximum inspiratory maneuver

Maria do Socorro Brasileiro-Santos ¹
 Anna Myrna Jaguaribe de Lima ²
 Manuela Barros da Silveira Hunka ³
 Thayse Silva Neves ⁴
 Maria do Amparo Andrade ⁵
 Amilton da Cruz Santos ⁶

^{1,6} Laboratório de Estudos do Treinamento Físico Aplicado a Saúde. Departamento de Educação Física. Universidade Federal da Paraíba. Campus Universitário I. Cidade Universitária. João Pessoa, PB, Brasil. CEP: 58.051-900. E-mail: sbrasilero@pq.cnpq.br

² Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, Brasil.

³ Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, Brasil.

⁴ Faculdade Integrada do Recife. Recife, PE, Brasil.

⁵ Departamento de Fisioterapia. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, Brasil.

Abstract

Objectives: to evaluate the activity of the scalene and sternocleidomastoid muscles at the baseline and during the maximum inspiratory pressure maneuver (P_Imax) in children with asthma.

Methods: fifteen children were divided into an asthma (n=8) and a control group (n=7). Lung functioning was investigated and the P_Imax using spirometry and manovacuometry respectively. The myoelectrical activity of the scalene and sternocleidomastoid muscles was measured using surface electromyography at the baseline and during the P_Imax maneuver.

Results: the baseline surface electromyography for the scalene muscle was greater in the asthma group than in the control. However, the base surface electromyography for the sternocleidomastoid muscles showed no statistically significant difference between the two groups. The percentage of electromyographs of the scalene muscles and the sternocleidomastoid muscles was higher in the asthma group than in the controls.

Conclusions: the baseline electromyographs for scalene muscles is heightened in children with asthma. The electromyographic activity of the sternocleidomastoid muscles for the baseline was similar in both groups. The electromyographs for the sternocleidomastoid and scalene muscles on the generation of intrathoracic pressure, during the P_Imax maneuver give higher values among children with asthma.

Key words Asthma, Child, Electromyography, Respiratory muscles, Respiratory function tests

Resumo

Objetivos: avaliar a atividade dos músculos escalenos e esternocleidomastóideo (ETMD) no período basal e durante manobra de pressão inspiratória máxima (P_Imax) em crianças asmáticas.

Métodos: foram estudadas 15 crianças, divididas em grupo asma (n=8) e grupo controle (n=7). Foi realizada a análise da função pulmonar e da P_Imax através da espirometria e da manovacuometria, respectivamente. A atividade mioelétrica dos músculos escaleno e ETMD foram realizadas pela eletromiografia de superfície durante período basal e manobra de P_Imax.

Resultados: a eletromiografia de superfície (EMGs) basal do músculo escaleno é maior no grupo asma quando comparado ao grupo controle. Diferentemente, a EMGs basal do músculo ETMD não apresentou diferença significativa nos grupos estudados. O percentual da EMGs dos músculos escaleno e ETMD durante manobra de P_Imax foi maior no grupo asma quando comparado ao grupo controle.

Conclusões: EMGs do escaleno durante o período basal está aumentada em crianças asmáticas. A atividade eletromiográfica do músculo ETMD no período basal é similar em ambos os grupos estudados. A EMGs dos músculos ETMD e escaleno na geração de pressão intratorácica, durante a manobra de P_Imax, está aumentada em crianças asmáticas.

Palavras-chave Asma, Criança, Eletromiografia, Músculos respiratórios, Testes de função respiratória

Introdução

A asma é definida como uma doença inflamatória crônica caracterizada principalmente por hiper-responsividade das vias aéreas inferiores e por limitação do fluxo aéreo.¹ Atualmente, sabe-se que essa afecção respiratória afeta de 7 a 10% da população mundial, atingindo principalmente crianças com idade inferior aos 12 anos. Segundo o International Study for Asthma and Allergies in Childhood,² a estimativa de prevalência da asma no Brasil situa-se em torno de 20%, levando grande número de internações hospitalares por ano.

A obstrução grave das vias aéreas afeta a mecânica pulmonar, resultando em um importante aumento do trabalho dos músculos acessórios da respiração, com a finalidade de sobrepujar a resistência ao fluxo de ar. Nessa doença respiratória, a expiração torna-se mais ativa que passiva, com taxas de fluxos baixas e tempos expiratórios progressivamente mais prolongados. Desta forma, a respiração apresenta-se com volumes pulmonares mais elevados para facilitar o fluxo expiratório, produzindo hiperinsuflação dinâmica e retenção de gás.³ Esse aumento no volume residual desempenha importante efeito sobre o padrão de recrutamento dos músculos respiratórios, podendo alterar a mobilidade da parede torácica e a atividade dos músculos inspiratórios.⁴

Pacientes asmáticos possuem distorção do volume expiratório final, provavelmente gerado por ações coordenadas dos músculos respiratórios, destacando-se a contração pós-inspiratória dos músculos intercostais, que são responsáveis pelo aumento no volume da caixa torácica em justaposição aos pulmões. Também contribuem para esse quadro, a retração dos músculos abdominais, que limita o aumento do compartimento abdominal e a contração pós-inspiratória do músculo diafragma.⁵ O relaxamento incompleto desses músculos respiratórios pode causar limitação no fluxo de ar expirado levando a prejuízo no volume pulmonar.⁶

Estudo prévio⁷ verificou que indivíduos asmáticos apresentam maior força e resistência nos músculos respiratórios, provavelmente, isso se deve ao trabalho respiratório intermitente presente nessa afecção respiratória. Portanto, torna-se importante testar a hipótese que os músculos acessórios da inspiração de crianças asmáticas apresentam maior recrutamento de unidades motoras quando submetidos a manobra de pressão inspiratória máxima. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a atividade dos músculos acessórios da respiração no período basal e durante manobra de força muscular

inspiratória em crianças asmáticas.

Métodos

Foram avaliadas 15 crianças, pareadas por sexo, idade e índice de massa corporal (Tabela 1), as quais foram divididas em dois grupos de estudo: a) Grupo Controle (n=7) – sem diagnóstico clínico de asma e, b) Grupo Asma (n=8) – com diagnóstico clínico de asma leve/moderada. As crianças do grupo asma se encontravam em acompanhamento no Serviço de Fisioterapia Respiratória da Central de Alergologia do Recife. Dessas, seis crianças utilizavam regularmente corticosteróides inalatórios e duas faziam uso de drogas beta-2-agonistas para o controle de sintomas asmáticos. O diagnóstico de asma foi realizado por médico pneumologista.

O projeto de pesquisa foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco de acordo com a resolução nº 196/96 do CNS (protocolo nº 130/06 – CPE/CCS). O estudo foi iniciado após a leitura e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido dos pais ou responsáveis da criança. Como critérios de exclusão foram estabelecidos: crise asmática, obesidade, outra doença respiratória, cardiopatia congênita ou adquirida, *diabetes mellitus* e neuropatias autonômicas periféricas.

O estudo foi realizado no Laboratório de Eletromiografia da Clínica Escola da Faculdade Integrada do Recife (FIR). Antes de iniciarmos o protocolo de estudo, foi preenchida uma ficha individual, na qual constava a idade, gênero, uso de medicação, peso e a altura das crianças.

Para a realização da espirometria, foram seguidas as normas da American Thoracic Society (ATS)⁸ e do Consenso Brasileiro sobre Espirometria.⁹ Foi utilizado o espirômetro MIR SPIROLAB (Medical International Research, Italian) onde foram avaliados: capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), fluxo expiratório forçado entre 25% e 75% (FEF 25-75%), pico de fluxo expiratório (PFE) e relação VEF₁/CVF. Para o cálculo dos valores pulmonares foram utilizadas as equações de Polgar e Promadhat.¹⁰ Os valores médios espirométricos estão apresentados na Tabela 1.

As medidas da pressão inspiratória máxima (PImax) e a pressão expiratória máxima (PEmax) foram mensuradas através do manovacuômetro analógico (M120 - Comercial Médica- Brasil). A PImax representa a força muscular inspiratória e foi obtida a partir da capacidade residual funcional

Tabela 1

Características gerais e função pulmonar nos grupos estudados.

Parâmetros	Grupo Controle (N=7)	Grupo Asma (N=8)	p
	$\bar{X} \pm DP$	$\bar{X} \pm DP$	
Idade (anos)	10,3 ± 0,3	9,9 ± 0,2	0,183
Peso (Kg)	31,7 ± 1,4	29 ± 1,0	0,183
Altura (cm)	137,6 ± 1,5	136,7 ± 1,3	0,180
IMC (Kg/cm ²)	16 ± 0,4	15 ± 0,4	0,170
CVF-L (% predito)	2,4 ± 0,1 (91 ± 1,6)	2,3 ± 0,1 (101 ± 1,4)	0,343 (0,104)
VEF ₁ -L (% predito)	2,2 ± 0,1 (90 ± 1,9)	1,9 ± 0,1 (90 ± 1,3)	0,167 (0,217)
VEF ₁ /CVF% (% predito)	90,9 ± 0,6 (100 ± 0,8)	85,9 ± 0,6 * (90 ± 0,5)	0,042 (0,153)
FEF25-75%-L/s (% predito)	2,6 ± 0,1 (92 ± 3,7)	2,1 ± 0,1 (80 ± 2,3)	0,103 (0,236)
PEF-L/s (% predito)	4,5 ± 0,1 (84 ± 2)	4 ± 0,1 (80 ± 2,3)	0,084 (0,465)
PI _{max} -cmH ₂ O (% predito)	-83,3 ± 3,2 (130 ± 5,7)	-88,7 ± 3,1 (140 ± 5,0)	0,182 (0,182)
PE _{max} -cmH ₂ O (% predito)	71,3 ± 3,2 (80 ± 3,6)	75,3 ± 3,1 (90 ± 3,0)	0,182 (0,182)

Dados apresentados como Média e DP. IMC = índice de massa corpórea; CVF = capacidade vital forçada; VEF₁ = volume expiratório forçado no primeiro segundo; VEF₁/CVF = Índice de Tiffeneau; FEF25-75% = fluxo expiratório forçado médio entre 25% e 75% da CVF; PEF = pico de fluxo expiratório; PI_{max} = pressão inspiratória máxima; PE_{max} = pressão expiratória máxima. * p ≤ 0,05.

(CRF) e a PE_{max}, representa a força muscular expiratória e foi determinada a partir da capacidade pulmonar total (CPT). Para a realização da manovacuometria, as crianças permaneceram sentadas em uma cadeira, com a coluna apoiada e os membros superiores apoiados na região proximal das pernas, os pés apoiados no chão, de modo a se sentirem confortáveis e relaxadas. Durante a execução da manobra foi utilizado o clipe nasal. Foram realizadas três medidas da PI_{max} e PE_{max}, onde se considerou o maior valor como parâmetro, tanto para a PI_{max} quanto para a PE_{max}. Os valores obtidos foram comparados com os parâmetros de normalidade por meio das equações de predição de Wilson *et al.*¹¹ Os valores médios da manovacuometria estão apresentados na Tabela 1. Associada a avaliação da força muscular inspiratória foi realizada a aquisição da atividade muscular através da eletromiografia de superfície (EMGs).

Para o registro eletromiográfico foi utilizado módulo condicionador de sinais analógico-digital (Modelo CAD 12/32, da marca EMG System do Brasil LTDA), placa conversora A/D 12bits com frequência de amostragem de 1000 Hz, faixa de entrada de ±5 mV, ganho interno de 1000, razão do modo de rejeição comum >120 dB e filtros internos passa-alta (20 Hz) e passa-baixa (500 Hz). Foram utilizados eletrodos de superfície bipolares ativos de cloreto de prata (Ag/AgCl; 3M Korea LTDA), constituídos de suporte de espuma e gel sólido, distanciadas aproximadamente 2 cm entre si.¹²

Previamente à colocação dos eletrodos, à pele foi limpa com álcool a 70%. Para auxiliar na redução do ruído de aquisição foi utilizado um eletrodo de referência fixado no processo estilóide da ulna. Para capturar os sinais mioelétricos do esternocleidomastoide e escaleno os eletrodos foram colocados no ventre muscular a cinco centímetros do processo mastoide e na porção ântero-inferior do pescoço, respectivamente.^{13,14} Todos os eletrodos foram fixados no lado direito das crianças com fita micropore e a elas foi solicitado que permanecessem na posição sentada, com as mãos descansando sobre suas pernas, evitando se mover ou falar durante a coleta do sinal EMG durante o protocolo experimental. A utilização do equipamento para a coleta e processamento dos sinais de ativação muscular seguiu as recomendações da International Society of Electrophysiology and Kinesiology (ISEK) e da Surface Electromyography for Noninvasive Assesment of Muscles (SENIAM).

Para redução de ruídos foi utilizado eletrodo de referência de aço inoxidável (30 mm x 45 mm x 1 mm). O tratamento matemático foi via o *software* Aqdados, com processamento do sinal no domínio do tempo através da obtenção automática do valor RMS (Root-Mean-Square). Após os registros simultâneos da atividade elétrica durante as manobras de PI_{max}, foram selecionados trechos equivalentes aos três últimos segundos do pulso eletromiográfico, referentes à melhor manobra da PI_{max} para a análise dos sinais. Também foi desta-

cado um trecho referente à atividade basal, de mesma duração para normalização do sinal, para qual foi utilizada a seguinte equação: $RMS\% = RMSPI_{max} / RMS_{basal}$.¹³ O protocolo experimental utilizado nesse estudo seguiu o modelo proposto por Dornelas de Andrade *et al.*¹³

Os dados estão apresentados como média e desvio padrão. A verificação da normalidade dos dados foi testada pelo teste de *Shapiro-Wilk*. Os dados aderem a uma distribuição normal com valores de $Z > 0,871$ e $p > 0,188$. As variáveis da função pulmonar, eletromiografia e características

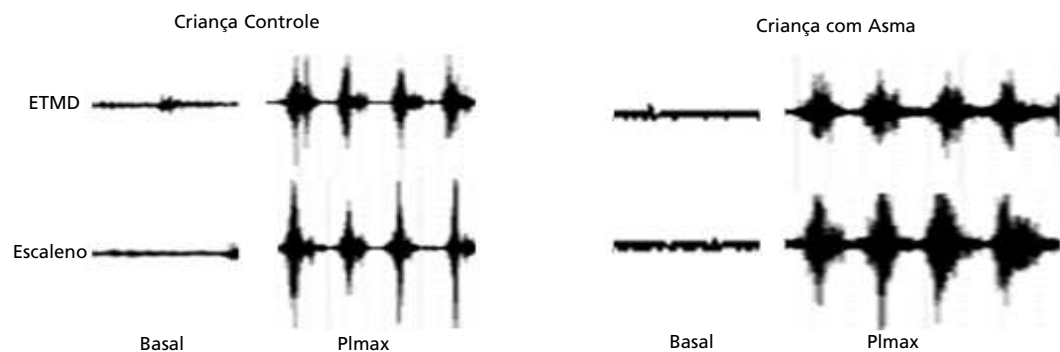
antropométricas da amostra foram analisadas através do teste *t de Student* para dados não pareados. O nível de significância aceito foi de $p < 0,05$.

Resultados

Na Figura 1 observa-se trechos dos registros eletromiográficos de uma criança do grupo asma e do grupo controle, demonstrando o incremento da atividade muscular dos músculos escaleno e esternocleidomastoideo (ETMD) com o aumento do esforço respiratório imposto com a manobra de PImax.

Figura 1

Registro eletromiográfico dos músculos esternocleidomastoideo e escaleno durante a respiração basal e manobra de pressão inspiratória máxima em criança do grupo controle e do grupo asma.



ETMD = músculos esternocleidomastoideo; PImax = pressão inspiratória máxima.

Na Tabela 2 podemos verificar no período basal a atividade eletromiográfica dos músculos escalenos e esternocleidomastoideo nos grupos estudados. A atividade eletromiográfica do músculo escaleno é maior no grupo asma quando comparado ao grupo controle ($p=0,043$). No entanto, não observamos diferença estatística na atividade eletromiográfica basal do músculo esternocleidomastoideo nos grupos estudados. A atividade eletromiográfica do músculo escaleno durante manobra de pressão inspiratória máxima foi maior no grupo asma quando comparada ao grupo controle ($RMS\%1: 9,5 \pm 0,7$ versus $2,0 \pm$

$2,1$ [$p=0,006$]; $RMS\%2: 8,5 \pm 2,4$ versus $1,2 \pm 0,7$ [$p=0,001$]; $RMS\%3: 16,7 \pm 22,4$ versus $3,0 \pm 2,1$ [$p=0,046$]). Similarmente, também se observa que o percentual da atividade eletromiográfica durante manobra de pressão inspiratória máxima do músculo esternocleidomastoideo (ETMD) foi maior significativamente no grupo asma quando comparado ao grupo controle ($RMS\%1 = 11,6 \pm 6,4$ versus $0,9 \pm 0,1$ [$p=0,001$]; $RMS\%2 = 9,0 \pm 0,8$ versus $2,1 \pm 2,1$ [$p=0,014$]; $RMS\%3 = 14,9 \pm 8,8$ versus $2,2 \pm 2,1$ [$p=0,002$]).

Tabela 2

Atividade eletromiográfica basal e durante manobra de pressão inspiratória máxima dos músculos esternocleidomastoideo e escaleno nos grupos controle e asma.

Atividade mioelétrica	ETMD		p^*	ESC		p^*
	Grupo Controle (N=7)	Grupo Asma (N=8)		Grupo Controle (N=7)	Grupo Asma (N=8)	
	$\bar{X} \pm DP$	$\bar{X} \pm DP$		$\bar{X} \pm DP$	$\bar{X} \pm DP$	
RMS, basal	8,8 ± 2,8	9,6 ± 5,6	0,94	3,3 ± 6,3	6,9 ± 6,4	0,043
RMS % 1	0,9 ± 3,3	11,6 ± 6,4	0,001	2,0 ± 2,1	9,5 ± 0,7	0,006
RMS % 2	2,1 ± 2,1	9,0 ± 0,8	0,014	1,2 ± 0,7	8,5 ± 2,4	0,001
RMS % 3	2,2 ± 2,1	14,9 ± 8,8	0,002	3,0 ± 2,1	16,7 ± 22,4*	0,046

Dados apresentados como média e DP. RMS%= percentual de RMS; ETMD= esternocleidomastoideo; ESC= escaleno; *teste *t* de Student.

Discussão

Este trabalho avaliou a atividade eletromiográfica dos músculos respiratórios esternocleidomastoideo e escalenos no período basal e durante manobra de força muscular inspiratória em crianças asmáticas.

Previamente a análise da atividade eletromiográfica, nós realizamos a avaliação da função pulmonar pela espirometria. Sabe-se que medidas espirométricas, que requerem cooperação ativa para manobras forçadas, não devem ser usados em lactentes e crianças jovens, devido à sua incapacidade para realizar estes testes com confiabilidade.¹⁴ No entanto, em nosso estudo avaliamos crianças com idade entre nove e dez anos.

Quando comparamos a obstrução das vias aéreas, o VEF₁ nas crianças asmáticas não foi diferente daquele obtido nas crianças do grupo controle. Por outro lado, a relação VEF₁/CVF mostrou-se maior nas crianças asmáticas, apontando para um distúrbio ventilatório discreto e indicando que as crianças apresentavam asma controlada e em estágio leve.^{15,16}

Outro importante parâmetro na interpretação do desempenho ventilatório são as pressões respiratórias máximas, já que elas refletem a força dos músculos respiratórios e a pressão de recuo elástico dos pulmões e da parede torácica.¹⁶ Existem controvérsias a respeito da caracterização da força muscular respiratória em asmáticos. Marks *et al.*¹⁷ estudaram as P_{Imax} e P_{E_{max}} em indivíduos saudáveis e asmáticos e verificaram que a P_{E_{max}} foi similar nos grupos avaliados, por outro lado, a P_{Imax} mostrou-se maior em 48% dos pacientes com asma em relação aos indivíduos saudáveis. Também, estudando indivíduos asmáticos, Stell *et al.*,¹⁸ veri-

ficaram redução da força muscular inspiratória em indivíduos asmáticos quando comparada aos indivíduos controle normais. Em nosso estudo, não observamos diferenças significativas nas P_{Imax} e P_{E_{max}}, achado que é corroborado pelo estudo de Laviets *et al.*,¹⁹ que investigaram os músculos respiratórios de indivíduos com asma, utilizando a manobra de P_{Imax}, não encontrando evidências de redução da força dos músculos inspiratórios. Desta maneira, no nosso estudo, realizado em crianças com asma leve e controlada, o desempenho ventilatório não pareceu ser afetado, sugerindo assim que o estágio da asma e o controle da doença, podem influenciar no padrão mecânico respiratório.

Prévios estudos^{13,20,21} já têm avaliado os músculos respiratórios em adultos e crianças com doenças respiratórias, especialmente a asma, através da EMGs em situação basal ou com manobra de ativação muscular. Sabe-se que o uso de eletrodos de superfície ainda é criticado devido a possível contaminação do sinal eletromiográfico pela atividade de outros músculos adjacentes (*Cross talk*) e por possíveis efeitos da variação na postura. No entanto, foi demonstrado em estudos anteriores que a atividade elétrica do diafragma detectado por eletrodos de superfície é comparável à atividade obtida por eletrodos esofagianos, que são considerados fiéis na obtenção do sinal mioelétrico.^{22,23} Para evitar estas possíveis contaminações, as crianças do nosso estudo foram colocadas na posição sentada com as mãos descansando sobre suas pernas, sendo também solicitado que não se movessem ou falassem durante a coleta do sinal EMG durante o protocolo experimental.

Em nosso estudo, ao avaliarmos a atividade dos músculos escaleno e esternocleidomastoideo, obser-

vamos aumento da atividade mioelétrica com o incremento do esforço respiratório, imposto com a manobra de P_{Imax}. Provavelmente, esse resultado pode estar relacionado à obstrução das vias aéreas observado nas crianças asmáticas. Estes resultados são semelhantes aos relatados por Yokoba *et al.*,²⁴ que utilizaram a EMG com eletrodos de agulha em indivíduos saudáveis para examinar a ativação dos músculos escaleno, esternocleidomastoideo, trapézio e transversos do abdômen, durante as manobras de P_{Imax} e P_{E_{max}}. De acordo com os resultados obtidos, eles concluíram que havia um recrutamento progressivo dos músculos escaleno, esternocleidomastoideo e trapézio durante a manobra de P_{Imax}.

Adicionalmente, Ratnovsky *et al.*²⁵ estudaram quatro músculos respiratórios, o esternocleidomastoideo, intercostal externo, reto abdominal e oblíquo externo, em indivíduos saudáveis e concluíram que a atividade muscular respiratória também se eleva com o incremento do esforço respiratório. Esse achado nos permite sugerir que, em nosso trabalho, existe uma correlação direta entre a atividade eletromiográfica e o esforço respiratório realizado através da manobra de P_{Imax} no grupo asma. No presente estudo, apesar de ter sido observado aumento da atividade muscular em ambos os grupos, o grupo asma apresentou uma maior elevação dessa atividade no decorrer da manobra de P_{Imax}. Isto pode ser explicado, em parte, pelos episódios recorrentes de hiperreatividade e inflamação brônquica, que fazem com que indivíduos asmáticos utilizem mais a musculatura acessória da respiração.^{26,27}

Além disso, a obstrução das vias aéreas e a hiperinsuflação pulmonar aumentam a resistência à passagem do ar e dificultam o desempenho dos músculos acessórios da respiração em exercer sua função.²⁶ Consequentemente, o indivíduo asmático pode apresentar um aumento da resistência das vias

aéreas, o que leva a um maior recrutamento da musculatura respiratória, que se encontra em desvantagem mecânica devido à hiperinsuflação.²⁸ Este maior recrutamento dos músculos respiratórios pode ter efeito similar a um treinamento muscular, podendo em, alguns indivíduos asmáticos, induzir ao aumento da força e da resistência dos músculos respiratórios.⁷

Também, foi possível observar neste trabalho que ocorreu maior atividade eletromiográfica do músculo escaleno durante respiração basal no grupo asma quando comparado ao grupo controle. Por outro lado, a atividade eletromiográfica do músculo esternocleidomastoideo foi similar nos grupos avaliados no período basal. Esse achado é confirmado pelo estudo de De Troyer *et al.*²⁹ que encontraram silêncio eletromiográfico no músculo esternocleidomastoideo e ativação no escaleno durante respiração espontânea em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica grave. Portanto, esse achado sugere que o escaleno tem função importante na respiração.

A partir dos resultados obtidos, podemos concluir que a atividade mioelétrica do músculo escaleno no período basal está aumentada em crianças asmáticas e, além disso, a atividade eletromiográfica do músculo esternocleidomastoideo é similar nos grupos estudados. Quando as crianças foram submetidas à manobra de pressão inspiratória a atividade eletromiográfica dos músculos esternocleidomastoideo e escalenos está aumentada nas crianças asmáticas. Por fim, estes resultados sugerem que crianças asmáticas com obstrução leve já são candidatas a participar de programas de reabilitação respiratória, para tratar os possíveis desequilíbrios dos músculos da respiração que são os responsáveis pela mecânica ventilatória.

Referências

1. IV Diretrizes Brasileiras para o Manejo da Asma. J Bras Pneumol. 2006; 32 (Supl. 7): S447-74. Disponível em: http://www.jornaldepneumologia.com.br/PDF/Suple_114_3_9_textoasma.pdf
2. Asher MI, Keil U, Anderson HR, Beasley R, Crane J, Martinez F, Mitchell EA, Pearce N, Sibbald B, Stewart AW, Strachan D, Weiland SK, Williams HC. International study for asthma and allergies in childhood (ISAAC): rationale and methods. Eur Respir J. 1995; 8: 483-91.
3. De Troyer A. Effect of hyperinflation on the diaphragm. Eur Respir J. 1997; 10: 708-13.
4. Decramer M. Hyperinflation and respiratory muscle interaction. Eur Respir J. 1997; 10: 934-41.
5. Gorini M, Iandelli I, Misuri G, Bertoli F, Filippelli M, Mancini M, Duranti R, Gigliotti F, Scano G. Chestwall hyperinflation during acute bronchoconstriction in asthma. Am J Respir Crit Care Med. 1990; 160: 808-16.
6. Boczkowski J, Murciano D, Pichot MH, Ferretti A, Pariente R, Milie-Emili J. Expiratory flow limitation in stable asthmatic patients during resting breathing. Am J Respir Crit Care Med. 1997; 156: 752-7.
7. McKenzie DK, Gandevia SC. Strength and endurance of inspiratory, expiratory and limb muscles in asthma. Am Rev Respir Dis. 1986; 134: 999-1004.
8. American thoracic society. Standardization of spirometry. Am J Respir Crit Care Med. 1995; 152: 1107-36.

9. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. I Consenso Brasileiro de Espirometria. *J Pneumol.* 1996; 22: 105-64.
10. Polgar G, Promadhat V. Pulmonary function testing in children: techniques and standards. Philadelphia: Saunders; 1971. p. 273.
11. Wilson SH, Cooke NT, Edwards RH, Spiro SG. Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. *Thorax.* 1984; 39: 535-8.
12. Hermens J, Freriks B, Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;14: 361-74.
13. Dornelas de Andrade A, Silva TN, Vasconcelos H, Marcelino M, Rodrigues-Machado MG, Galindo Filho VC, Moraes NH, Marinho PEM, Amorim CF. Inspiratory Muscular activation during threshold therapy in elderly healthy and patients with COPD. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005; 15: 631-9.
14. Chiti L, Biondi G, Morelot-Panzini C, Raux M, Similowski T, Hug F. Scalene muscle activity during progressive inspiratory loading under pressure support ventilation in normal humans. *Respir Physiol Neurobiol.* 2008; 164: 441-8.
15. Moraes LSL, Barros MD, Takano OA, Assami NMC. Fatores de risco, aspectos clínicos e laboratoriais da asma em crianças. *J Pediatr.* 2001; 77: 447-54.
16. Trippia SMG, Rosário NA, Ferrari FP. Aspectos clínicos da asma na criança: análise de 1009 pacientes de um ambulatório especializado. *Rev Bras Alerg Imunopatol.* 1998; 21: 75-82.
17. Marks J, Pasterkamp H, Tal A, Leahy F. Relationship between respiratory muscle strength, nutritional status, and lung volume in cystic fibrosis and asthma. *Am Rev Respir Dis.* 1986; 133: 414-7.
18. Stell IM, Polkey MI, Rees PJ, Green M, Moxham J. Inspiratory muscle strength in acute asthma. *Chest.* 2001; 120: 757-64.
19. Laviertes MH, Grocela JA, Maniatis T, Potulski F, Ritter AB, Sunderam G. Inspiratory muscle strength in asthma. *Chest.* 1988; 93: 1043-48.
20. Maarsingh EJ, Oud M, van Eykern LA, Hoekstra MO, van Aalderen WM. Electromyographic monitoring of respiratory muscle activity in dyspneic infants and toddlers. *Respir Physiol Neurobiol.* 2006; 150: 191-9.
21. Sprickelman AB, Van Eykern LA, Lourens MS, Heymans HSA, Van Aalderen WMC. Respiratory muscle activity in the assessment of bronchial responsiveness in asthmatic children. *J Appl Physiol.* 1998; 84: 897-901.
22. Gross D, Grassino A, Ross WRD, Macklem PT. Electromyogram pattern of diaphragmatic fatigue. *J Appl Physiol.* 1979; 46: 1-7.
23. Sieck GC, Mazar A, Belman MJ. Changes in diaphragmatic EMG spectra during hyperpneic loads. *Respir Physiol.* 1985; 61: 137-52.
24. Yokoba M, Abe T, Katagiri M, Tomita T, Easton PA. Respiratory muscle electromyogram and mouth pressure during isometric contraction. *Respir Physiol Neurobiol.* 2003; 137: 51-60.
25. Ratnovsky A, Zaretsky U, Shiner RJ, Elad D. Integrated approach for in vivo evaluation of respiratory muscles mechanics. *J Biomech.* 2003; 36: 1771-84.
26. Lemanske RF, Buss WW. Allergic disorders: Asthma. *J Allergic Clin Immunol.* 2003; 111: 502-19.
27. Murray NP, McKenzie DK, Gandevia SC, Butler JE. Effect of airway inflammation on short-latency reflex inhibition to inspiratory loading in human scalene muscles. *Respir Physiol Neurobiol.* 2012; 181: 148-53.
28. Tobin MJ. Respiratory muscle in disease. *Clin Chest Med.* 1988; 9: 263-86.
29. De Troyer A, Peche R, Yernault JC, Estenne M. Neck muscle activity in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 1994; 150: 41-7.

Recebido em 23 de março de 2011

Versão final apresentada em 6 de junho de 2012

Aprovado em 2 de julho de 2012