

Evaluación de un programa de rehabilitación respiratoria en niños con escoliosis

Angela Solache-Carranco,* María Guadalupe Sánchez-Bringas**

Resumen

Introducción: la escoliosis torácica es la curvatura lateral de la columna vertebral asociada con defectos pulmonares restrictivos que se manifiestan como decremento de las pruebas de función respiratoria. **Objetivo:** evaluar el efecto de un programa de rehabilitación respiratoria sobre la función pulmonar de niños con escoliosis.

Material y métodos: estudio prospectivo de intervención deliberada que incluyó a 25 pacientes consecutivos de 6 a 18 años, con escoliosis torácica. El programa de rehabilitación respiratoria fue estructurado en dos fases: institucional y domiciliaria. **Estadística:** descriptiva, pruebas de t pareada, rangos con signo de Wilcoxon y coeficiente de correlación de Spearman; valor estadísticamente significativo: $p < 0.05$.

Resultados: la escoliosis idiopática estuvo presente en 52% de los pacientes, con curva dorsal derecha en 72%. El promedio del ángulo de Cobb fue de $50.6 \pm 29.7^\circ$. Asimismo, se reporta por primera vez una correlación negativa entre el ángulo de Cobb de la curvatura izquierda y la función pulmonar. Los principales síntomas respiratorios al ingreso fueron disnea con pobre tolerancia al esfuerzo en 52% de los pacientes. Despues del tratamiento 88% de los pacientes quedaron asintomáticos y solo 4% manifestó pobre tolerancia al esfuerzo. La saturación de oxígeno y el porcentaje de capacidad vital forzada se incrementaron significativamente después del programa.

Conclusión: la rehabilitación respiratoria tiene un efecto positivo en la función pulmonar de niños con escoliosis.

Palabras clave: escoliosis, rehabilitación respiratoria, función pulmonar, espirometría, disnea.

Abstract

Background: Thoracic scoliosis is a lateral curvature of the spine associated with restrictive lung defects, manifested by a decrease in respiratory function tests. We undertook this study to evaluate the effect of a respiratory rehabilitation program over lung function in children with scoliosis.

Methods: We carried out a prospective and deliberate intervention study including 25 consecutive patients, aged 6 to 18 years, diagnosed with thoracic scoliosis. The respiratory rehabilitation program was structured into two phases: institutional and private residence. Statistical analysis was carried out using descriptive parameters and paired t-test and Wilcoxon signed-ranks test. Spearman correlation was used to measure intensity of association among variables. Statistical significance was considered when $p < 0.05$.

Results: Idiopathic scoliosis was present in 52% of patients, with right dorsal curvature in 72%. Cobb angle average was $50.6 \pm 29.7^\circ$. Most importantly, we found a negative correlation between this angle on left curvature and lung function. Initially, the main respiratory symptoms were dyspnea with poor effort tolerance in 52%. After treatment, 88% of patients were asymptomatic and only 4% presented poor effort tolerance. Oxygen saturation and forced vital capacity percentage had a significant increment after the program.

Conclusion: Respiratory rehabilitation has a positive effect on increasing pulmonary function of children with scoliosis.

Key Words: Scoliosis, respiratory rehabilitation, lung function, spirometry, dyspnea.

* Médica adscrita al Servicio de Rehabilitación Pulmonar, Instituto Nacional de Rehabilitación.

** Investigadora en Ciencias Médicas adscrita al Servicio de Cirugía de Columna Vertebral en el Instituto Nacional de Rehabilitación.

Correspondencia:

Dra. Ángela Solache Carranco
Instituto Nacional de Rehabilitación
Calzada México Xochimilco 289
Col. Arenal de Guadalupe, Tlalpan
14389, México, D.F.
Tel.: 59991000, Ext.: 13136
Correo electrónico: asolache@inr.gob.mx

Recibido para publicación: 26-11-2010

Aceptado para publicación: 27-04-2011

Introducción

La escoliosis es el término usado para describir la curvatura lateral de la columna vertebral con un ángulo mayor de 10° determinado por el método de Cobb; está asociada con la rotación de los cuerpos vertebrales y con la alteración estructural de estos. La escoliosis implicará deformidad del tórax si se produce en esa región.¹⁻³

Debido a las complejas interacciones entre la columna, el esternón y las costillas, el desplazamiento y rotación de las vértebras en la escoliosis tiene efectos significativos en la forma del tórax: limita sus posibilidades de expandirse.⁴ Este padecimiento se asocia con alteraciones de las funciones respiratoria y cardiovascular al restringir la distensibilidad toracopulmonar, lo que ocasiona zonas pulmonares mal desarrolladas con disminución del área de intercambio gaseoso. Esto condiciona también cambios en la vasculatura pulmonar secundarios a la hipoxemia crónica provocando hipertrofia ventricular derecha con progresión a la falla cardiaca.⁵ Generalmente se le asocia con el desarrollo de defectos pulmonares restrictivos que se manifiestan como decrementos en las pruebas de función respiratoria. La disminución del volumen pulmonar es multifactorial, está determinada primariamente por el ángulo de la escoliosis (>70°) y por el número de vértebras involucradas. La espirometría comprueba que los pacientes con escoliosis experimentan una disfunción respiratoria de tipo restrictivo con reducción de su capacidad vital forzada (FVC) y, en menor medida, del volumen inspiratorio forzado en el primer segundo (FEV1), ello debido a la compresión del parénquima pulmonar y a la disminución progresiva de los volúmenes pulmonares.⁶⁻⁸

Los pacientes con escoliosis presentan insuficiencia respiratoria crónica hipercápnica secundaria al fracaso de la bomba ventilatoria. Clínicamente, presentan disnea de esfuerzo, a veces limitante, y es frecuente que tengan además tos y expectoración crónica. Existen varios factores que explican estos signos y síntomas: a) la disminución de la distensibilidad pulmonar, b) la debilidad de los músculos respiratorios a causa de la rigidez y la distorsión de la caja torácica y c) la debilidad de los músculos esqueléticos por la escasa movilidad de los pacientes. La escoliosis interfiere con la capacidad funcional de la bomba diafragmática facilitando el desarrollo de insuficiencia y falla respiratoria.^{9,10} Existe un número reducido de informes sobre la eficacia de la rehabilitación respiratoria en pacientes con deformidades de la caja torácica. Algunos estudios demuestran que la aplicación de la ventilación dirigida alivia la disnea y mejora la condición muscular y la capacidad para realizar ejercicio.¹¹

Por lo anterior, el objetivo de este estudio es evaluar el efecto de la rehabilitación respiratoria sobre la función pul-

monar de niños con escoliosis atendidos por el servicio de rehabilitación pulmonar del Instituto Nacional de Rehabilitación.

Material y métodos

Se realizó un estudio exploratorio, prospectivo, de intervención, en panel antes y después. La población analizada fueron pacientes de consulta externa del servicio de Rehabilitación Pulmonar del Instituto Nacional de Rehabilitación en el periodo comprendido entre el 12 de mayo de 2006 y el 11 de noviembre de 2009. Se incluyeron sujetos de 6 a 18 años de edad con diagnóstico de escoliosis torácica congénita o idiopática, sin enfermedad pulmonar (aguda o crónica) o afección cardiaca, que aceptaron (ellos o sus representantes legales) ingresar al estudio y completar el seguimiento.

El programa de rehabilitación respiratoria se estructuró en dos fases: la primera consistió de cinco sesiones de terapia respiratoria que se realizaron en la institución con una duración de 60 minutos cada una y supervisadas por un terapeuta físico respiratorio calificado; la segunda etapa se llevó a cabo en los domicilios de los pacientes durante 6 meses.

Los aspectos terapéuticos desarrollados fueron: 1) movilización y prevención de la rigidez torácica y de los músculos esqueléticos mediante técnicas de educación respiratoria (ventilación abdominodiafragmática, movilizaciones torácicas, ventilación dirigida en reposo y en actividades de la vida diaria), 2) favorecer el transporte mucociliar y disminuir la resistencia de la vía aérea con técnicas de higiene bronquial (drenaje postural y vibraciones) y 3) disminución del trabajo respiratorio y control de la disnea mediante técnicas de relajación.

VARIABLES DE ESTUDIO. Se registraron las variables demográficas (edad, sexo) y antropométricas (peso, talla). Con estudios de rayos X en vistas anteroposterior y lateral se determinó el tipo de escoliosis y la dirección de la curva; asimismo, la deformidad espinal se obtuvo con la medición del ángulo de Cobb. Las variables de desenlace fueron los síntomas respiratorios (disnea, expectoración, pobre tolerancia al esfuerzo o combinaciones entre las mismas), la saturación de oxígeno registrada por oximetría de pulso y la función pulmonar, para la cual se utilizó un espirómetro eléctrico con neumotacógrafo (Spacelabs Burdick RS-232 flow sensor) atendiendo los requerimientos técnicos de la Sociedad Americana de Tórax. Se evaluaron los siguientes parámetros: 1) valor absoluto de la capacidad vital forzada y el porcentaje del valor predicho (FVC [L] y FVC%); 2) valor absoluto del volumen inspiratorio forzado en el primer segundo y el porcentaje del valor predicho (FEV 1 [L] y FEV1 %) y 3) porcentaje de la relación entre el valor ab-

soluto del volumen espiratorio forzado en el primer segundo y el porcentaje del valor predicho (FEV1%FEV1). La función pulmonar se registró en dos tiempos: antes de la intervención y al finalizar la etapa de la rehabilitación en el domicilio.

Se realizó la estadística descriptiva a través de medidas de tendencia central, dispersión y porcentajes. Para identificar posibles cambios entre los valores relacionados se utilizó la prueba de comparación de promedios de dos grupos apareados o, como alternativa no paramétrica, la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. La intensidad de asociación se estimó con el coeficiente de correlación de Spearman. Se consideró diferencia estadísticamente significativa a una $p < 0.05$. El análisis se llevó a cabo con el paquete estadístico SPSS para Windows® versión 15.0.

Resultados

Se incluyeron 25 pacientes, 48% fueron del sexo masculino (12/25) y 52% del femenino (13/25); la edad promedio fue de 12 ± 3 años (rango de 6 a 18 años). Se midieron los parámetros antropométricos de la muestra total obteniendo un peso promedio de 40.2 ± 11.6 kg y una talla promedio de 145 ± 16 cm (cuadro I). Los tipos de curvatura encontrados en la población estudiada fueron: idiopática en 52% (13/25) y congénita en 48% de los pacientes (12/25). La escoliosis dorsal derecha estuvo presente en 72% (18/25) de los pacientes y la izquierda en 28% (7/25). Asimismo, del total de pacientes estudiados en 16% (4/25) se observaron afecciones asociadas (cuadro II).

Cuadro I. Datos demográficos de los pacientes con escoliosis incluidos en el estudio

	Sexo % (frecuencia)	Edad promedio en años (rango)	Peso promedio (kg)	Talla promedio (cm)
Femenino	52 (13)	12 ± 3 (7 a 18)	37.7 ± 8.2	143.4 ± 13.2
Masculino	48 (12)	12 ± 3 (6 a 16)	42.8 ± 14.3	146.7 ± 19.2
Total	100 (25)			-

Cuadro II. Datos clínicos de los pacientes con escoliosis incluidos en el estudio

Dirección	Porcentaje	Tipo	Porcentaje	Otras alteraciones	Porcentaje
Derecha	72 (18)	Congénita	48 (12)	No tiene	84 (21)
Izquierda	28 (7)	Idiopática	52 (13)	Tórax en quilla	4 (1)
				Neurofibromatosis	4 (1)
				Diastematomelia	4 (1)
				Pectus excavatum	4 (1)

Los síntomas respiratorios al ingreso fueron, principalmente, disnea con pobre tolerancia al esfuerzo en 52% (13/25) de los pacientes mientras que 28% (7/25) fueron asintomáticos. Despues del tratamiento solo 4% (1/25) manifestó pobre tolerancia al esfuerzo y 88% (22/25) se encontraba asintomático (figura 1).

Prueba de función pulmonar

Al ingreso 84% de los pacientes (21/25) presentaron mediciones por debajo de 80% del porcentaje predicho de capacidad vital forzada (FVC) por lo que se les catalogó con restricción pulmonar. Sólo 4 pacientes (16%) tuvieron porcentaje de FVC igual o mayor a 80% y se les clasificó con función pulmonar normal. Al término del tratamiento 40% de los pacientes (10/25) presentaron restricción pulmonar y quince tuvieron función pulmonar normal (60%) (cuadro III).

En relación con la saturación de oxígeno (SaO_2) y con todos los parámetros estudiados en la espirometría, antes y después de la intervención, se encontró que existieron diferencias significativas al término del Programa de Rehabilitación Respiratoria. Las diferencias con mayor implicación funcional en los pacientes con escoliosis ocurrieron cuando el porcentaje del valor predicho de la capacidad forzada y el valor absoluto incrementaron de $64.2 \pm 17.2\%$ a 73.5 ± 21.2 ($p = 0.003$) y de 1.7 ± 0.7 a 1.9 ± 0.7 ($p = 0.003$), respectivamente (cuadros III y IV).

Con el objetivo de encontrar una posible relación entre el ángulo de Cobb y los parámetros de espirometría se midió

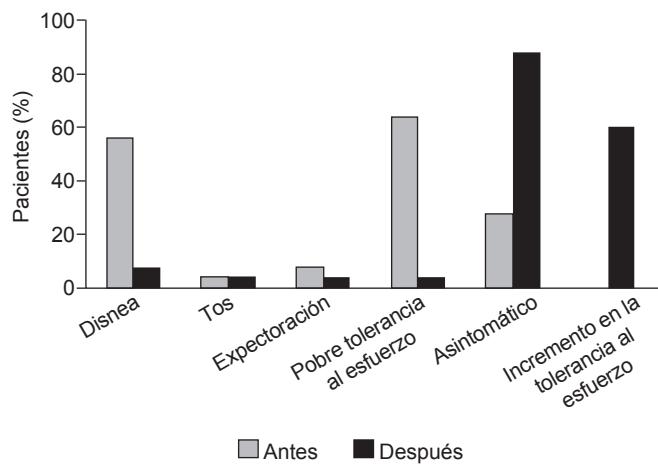


Figura 1. Síntomas respiratorios antes y después del programa de rehabilitación respiratoria en niños con escoliosis.

la intensidad de asociación de acuerdo con la dirección de la curva. La dirección de la curva hacia la izquierda mostró una fuerte correlación negativa ($\text{Rho} = -0.87$), lo que significa que a mayor ángulo de Cobb menor FVC(%) (cuadro V, figura 2).

Discusión

La rehabilitación respiratoria ha sido una intervención cuestionada por diferentes grupos de especialistas a pesar de que existen diversas enfermedades susceptibles de mejoría con este tipo de terapia.^{9,12,13} En el presente trabajo se demostró el efecto positivo de la rehabilitación respiratoria, sobre la capacidad pulmonar de niños con escoliosis, al encontrar diferencias significativas en relación con la saturación de oxígeno y con todos los parámetros estudiados en la espirometría, antes y después de la intervención.

Cuadro III. Valores de la espirometría de los 25 pacientes con escoliosis incluidos en el programa de rehabilitación respiratoria

Paciente	FEV1 (L) basal	FEV1 (L) final	FVC (L) basal	FVC (L) final	FEF ₂₅₋₇₅ (L) basal	FEF ₂₅₋₇₅ (L) final
1	1.58	2.02	1.65	2.32	2.05	2.34
2	2.23	2.37	2.23	2.37	3.32	3.9
3	0.52	0.97	0.52	1.12	0.87	1
4	1.97	2.96	2.36	3.2	1.97	3.38
5	1.6	1.81	1.82	1.82	1.75	2.56
6	1.55	2.05	1.56	2.21	2.37	2.58
7	1.09	1.42	1.26	1.53	1.21	1.8
8	1.19	1.03	1.39	1.12	1.44	1.48
9	0.57	0.57	0.61	0.64	1.01	0.8
10	0.98	1.6	1.1	1.6	1.5	2.29
11	1.7	1.99	1.97	2.29	1.98	2.34
12	1.14	2.15	1.86	2.3	2.39	2.67
13	1.08	1.1	1.2	1.28	1.25	1.22
14	0.93	1.02	0.96	1.12	1.35	1.41
15	2.98	3.32	3.01	3.46	4.18	4.79
16	1.61	1.54	1.61	1.68	2.94	2.18
17	1.22	0.92	1.44	1.18	1.02	0.79
18	1.76	1.68	1.76	1.68	3.47	4.71
19	1.83	1.93	1.9	2.1	2.74	2.61
20	2.28	2.28	1.81	2.32	3.33	3.33
21	2.55	2.8	3.21	3.11	2.48	3.16
22	2.16	1.99	2.24	2.21	2.79	2.79
23	1.36	1.45	1.4	1.47	2.2	1.94
24	0.93	1.02	0.96	1.12	1.35	1.41
25	2.4	2.52	2.64	2.78	2.71	3.07

FEV1 (L): valor absoluto (en litros) del volumen espiratorio forzado; FVC (L): valor absoluto (en litros) de la capacidad vital forzada; FEF₂₅₋₇₅ (L): valor absoluto (en litros) del flujo espiratorio promedio durante la media mitad de la capacidad vital forzada.

Cuadro IV. Promedios de la espirometría antes y después de un programa de rehabilitación respiratoria

Variable	Media ± DE inicial	Media ± DE final	Valor de <i>p</i>
Oximetría (Saturación de O ₂) %	93.8 ± 2.17	95.5 ± 1.71	0.001
FEV1/FVC%	101.2 ± 9.0	96 ± 7.7	0.006
FEV1%	69 ± 19.0	73.3 ± 22.5	0.006
FEV1 (L)	1.6 ± 0.6	1.8 ± 0.7	0.000
FVC%	64.2 ± 17.2	73.5 ± 21.2	0.003
FVC (L)	1.7 ± 0.7	1.9 ± 0.7	0.003
FEF ₂₅₋₇₅ %	78.6 ± 26.0	87.0 ± 31.1	0.033
FEF ₂₅₋₇₅ (L)	2.1 ± 0.9	2.4 ± 1.1	0.009

Saturación de O₂: porcentaje de saturación arterial de oxígeno; FEV1/FVC%: relación volumen espiratorio forzado en el primer segundo con el porcentaje del valor predicho de la capacidad vital forzada (FEV1%); FEV1L: porcentaje del valor predicho y valor absoluto (en litros) del volumen espiratorio forzado en el primer segundo, (FVC%); FVC: porcentaje del valor predicho y valor absoluto (en litros) de la capacidad vital forzada (FEF_{25-75%}); FEF₂₅₋₇₅L: porcentaje del predicho y valor absoluto (en litros) del flujo espiratorio promedio durante la media mitad de la capacidad vital forzada.

Cuadro V. Intensidad de asociación entre el ángulo de Cobb y el FVC o FEV1 de acuerdo con la dirección de la escoliosis

Dirección de la escoliosis	<i>n</i>	Ángulo de Cobb	FVC (%)	Rho AC vs FVC	FEV1 (%)	Rho AC vs FEV1
Derecha	18	43.8 ± 27.3	71.8 ± 22	-0.43 (<i>p</i> = 0.07)	65 ± 15	0.3 (<i>p</i> = 0.2)
Izquierda	7	55.9 ± 30.3	58.43 ± 10	-0.87 (<i>p</i> = 0.01)	79.14 ± 23.7	0.2 (<i>p</i> = 0.7)

Se muestra el índice de correlación de Pearson (Rho). Se consideró valor estadísticamente significativo cuando *p* < 0.05. AC: Ángulo de Cobb; FVC: porcentaje del valor predicho de la capacidad vital forzada; FEV1: porcentaje del valor predicho del volumen espiratorio forzado.

La mayoría de los estudios reportados en la literatura se dirigen a conocer la función pulmonar asociada con la deformidad de la columna¹⁴⁻¹⁶ o bien al efecto de la corrección quirúrgica sobre la función pulmonar de los pacientes con escoliosis.^{6,10,17-20} Sin embargo, y con el propósito de mejorar la calidad de vida de los pacientes, es fundamental implementar programas que mejoren la funcionalidad pulmonar en sujetos sometidos a las condiciones antes mencionadas.

Se estudió el tipo de escoliosis y la distribución de la población por sexo. El porcentaje de escoliosis congénita fue de 48% y el de escoliosis idiopática de 52%, con una proporción similar, en ambos tipos, entre hombres y mujeres.

Asimismo, el promedio de edad fue de 12 años; esto último coincide con lo reportado en la bibliografía.^{1-4,21}

Cuando analizamos la dirección de la curva encontramos que la escoliosis derecha se presenta en mayor porcentaje (72%), dato consistente con el hallado por otros grupos en donde los pacientes mayores de 6 años tienen curvaturas torácicas derechas con mayor frecuencia.^{1,15,21} Las curvas idiopáticas generalmente son torácicas derechas. La presencia de una curvatura torácica izquierda es denominada curvatura atípica^{1,22} y es más frecuente en edades tempranas de la vida.

Cabe señalar que el desarrollo del parénquima pulmonar termina a los 8 años de edad, por lo que, si el inicio de la

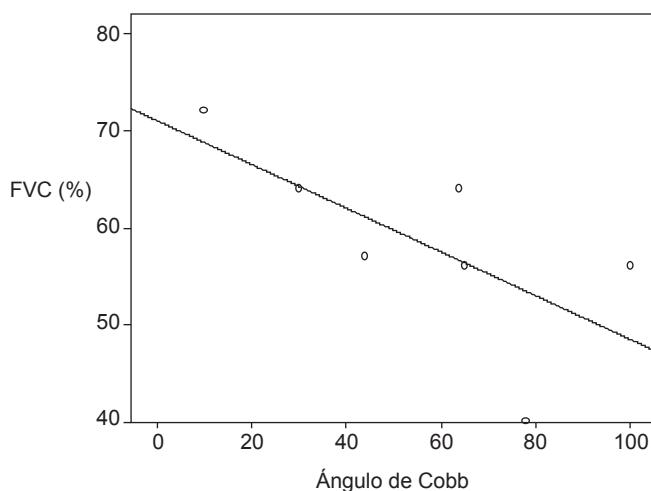


Figura 2. Correlación entre el ángulo de Cobb y el porcentaje de capacidad vital forzada (FVC) en pacientes con curvatura izquierda. Coeficiente de correlación de Spearman = -0.87.

deformidad es antes o durante este periodo podemos predecir una disminución de la capacidad respiratoria.^{2,4,22} En esta investigación se encontró que en pacientes con mayor ángulo de Cobb la función pulmonar se ve seriamente afectada, lo que corrobora resultados reportados anteriormente.^{3-8,10} Sin embargo, cuando analizamos la intensidad de asociación entre la función pulmonar y el ángulo de Cobb en la curvatura izquierda encontramos una correlación negativa ($\text{Rho} = -0.87$); este último hallazgo se reporta por primera vez en la literatura.

En este estudio quedó demostrada la disminución de los síntomas respiratorios después de recibir un programa de rehabilitación respiratoria. Este resultado se debe, principalmente, al incremento de capacidad vital forzada como consecuencia del mejoramiento en la distensibilidad pulmonar y de la caja torácica. Hay que hacer énfasis en que la escoliosis limita la función y la efectividad de los músculos respiratorios y, como consecuencia, reduce la capacidad del tórax para expandirse. La distorsión de la caja torácica disminuye la distensibilidad del tórax y del pulmón; lo que a su vez evoca un defecto pulmonar restrictivo que, asociado con hipoinflación y microatelectasias, conduce a una reducción del volumen pulmonar con incremento del trabajo respiratorio. Asimismo, la escoliosis es causa de desplazamiento y rotación de la tráquea intratorácica y de los bronquios, lo que provoca obstrucción mecánica de la vía aérea. Este proceso ocasiona que la capacidad para realizar ejercicio usualmente esté disminuida y que se presente la disnea como una de las principales manifestaciones clínicas de la escoliosis.^{4-10,23} Dwyer-Jama et al.²⁴ estudiaron el efecto de

ejercicios respiratorios asimétricos sobre la función respiratoria en niños con escoliosis (edad promedio: 12 años) y encontraron incrementos de la capacidad vital forzada y del volumen espiratorio forzado en el primer segundo después de un periodo de 24 días de ejercicios diarios. Estos datos son compatibles con nuestros hallazgos ya que con el programa de rehabilitación respiratoria se disminuyeron los síntomas respiratorios y se incrementó la capacidad vital forzada así como el volumen espiratorio forzado en el primer segundo en los niños con escoliosis incluidos en este estudio.

Por otro lado, se han reportado afecciones asociadas con la escoliosis congénita.²⁵⁻²⁷ En este estudio se encontró un porcentaje de 4% para la neurofibromatosis, la diastematomelia y el *pectum excavatum*, lo cual amerita una evaluación más detallada para conocer el impacto que estas alteraciones de la caja torácica tienen sobre la función pulmonar.

Conclusión

La rehabilitación respiratoria tiene un efecto positivo en la función pulmonar de niños con escoliosis al disminuir la restricción pulmonar expresada en el porcentaje del valor predicho de capacidad vital forzada (FVC) mediante espirometría. Encontramos evidencia de que, para el grupo de pacientes estudiados, el programa de rehabilitación respiratoria mejoró la funcionalidad pulmonar, disminuyó los síntomas respiratorios e incrementó la tolerancia al esfuerzo en pacientes con riesgo de presentar restricción pulmonar asociada con la escoliosis. Nuestros resultados refuerzan la pertinencia de implementar programas de rehabilitación respiratoria en el manejo integral de los niños con escoliosis.

Agradecimientos

Al doctor Álvaro Lomelí Rivas, Subdirector Médico de Rehabilitación, INR; a la Dra. Juana Zavala Ramírez, Jefa de la División de Rehabilitación Geriátrica y Cardiorespiratoria, INR. Este trabajo fue presentado, en cartel en el Congreso Internacional de Investigación en Rehabilitación. México, 27 de septiembre a 1 de octubre de 2010.

Referencias

1. Kim HJ, Blanco JS, Widman RF. Update on the management of idiopathic scoliosis. Curr Opin Pediatr 2009;21:55-64.
2. Molina A, Ramírez M, García-Casas O, Puig L, Cáceres-Palou E, Gea J, et al. Nuevas perspectivas en el tratamiento quirúrgico de las enfermedades graves de la caja torácica que cursan con la afectación respiratoria. Arch Bronconeumol 2003;39:507-513.

3. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet* 2008;371:1527-1537.
4. Koumbourlis AC. Scoliosis and the respiratory system. *Paediatr Respir Rev* 2006;7:152-160.
5. Colomina MJ, Godet C. Anestesia para la cirugía de la escoliosis. Estudio preoperatorio y selección de pacientes de riesgo en la cirugía de las deformidades raquídeas. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 2005;52:24-43.
6. Smiljanic I, Kovac V, Cimic M. Changes in pulmonary functional parameters after surgical treatment of idiopathic scoliosis. *Coll Antropol* 2009;33(suppl 2):145-152.
7. Redding G, Song K, Inscore S, Effmann E, Campbell R. Lung function asymmetry in children with congenital and infantile scoliosis. *Spine J* 2008;8:639-644.
8. McMaster MJ, Glasby MA, Singh H, Cunningham S. Lung function in congenital kyphosis and kyphoscoliosis. *J Spinal Disord Tech* 2007;20:203-208.
9. Güell R. Rehabilitación respiratoria en enfermedades respiratorias diferentes de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. In: Güell R, Lucas P. Tratado de Rehabilitación Respiratoria. Madrid: Ars Médica; 2005. pp. 255-261.
10. Vitale MG, Matsumoto H, Bye MR, Gomez JA, Booker WA, Hyman JE, et al. A retrospective cohort study of pulmonary function, radiographic measures, and quality of life in children with congenital scoliosis. An evaluation of patient outcomes after early spinal fusion. *Spine* 2003;33:1242-1249.
11. Avendaño M, Güell R. Rehabilitación en pacientes con enfermedades neuromusculares y con deformidad de la caja torácica. *Arch Bronconeumol* 2003;39:559-565.
12. American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. Guidelines for pulmonary rehabilitation programs/American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. 3^a ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2004. pp. 80-82.
13. Salcedo-Posadas A. Mesa redonda. Retos terapéuticos en neumología infantil. Rehabilitación respiratoria. *An Esp Pediatr* 2001;54(suppl 2):41-48.
14. Kotani T, Minami S, Takahashi K, Isobe K, Nakata Y, Takaso M, et al. An analysis of chest wall and diaphragm motions in patients with idiopathic scoliosis using dynamic breathing MRI. *Spine* 2004;29:298-302.
15. Takahashi S, Suzuki N, Asazuma T, Kono K, Ono T, Toyama Y. Factors of thoracic cage deformity that affect pulmonary function in adolescent idiopathic thoracic scoliosis. *Spine* 2007;32:106-112.
16. Barrios C, Pérez-Encinas C, Maruenda JI, Laguía M. Significant ventilatory functional restriction in adolescents with mild or moderate scoliosis during maximal exercise tolerance test. *Spine* 2005;30:1610-1615.
17. Pehrsson K, Danielsson A, Nachemson A. Pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis: a 25 year follow up after surgery or start of brace treatment. *Thorax* 2001;56:388-393.
18. Vedantam R, Lenke LG, Bridwell KH, Haas J, Linville DA. A prospective evaluation of pulmonary function in patients with adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical approach used for spinal arthrodesis. *Spine* 2000;25:82-90.
19. Segal LS, Vanderhave KL. Adolescent idiopathic scoliosis: current concepts of surgical management. *Curr Opin Orthop* 2006;17:493-498.
20. Nepple JJ, Lenke LG. Severe idiopathic scoliosis with respiratory insufficiency treated with preoperative traction and staged antero-posterior spinal fusion with a 2-level apical vertebrectomy. *Spine J* 2009;9:9-13.
21. Van Goethem J, Van Campenhout A, Van den Hauwe L, Parizel PM. Scoliosis. *Neuroimaging Clin North Am* 2007;17:105-115.
22. Campos MA, Weinstein SL. Pediatric scoliosis and kyphosis. *Neurosurg Clin North Am* 2007;17:515-529.
23. Chan G, Dormans JP. Update on congenital spinal deformities: pre-operative evaluation. *Spine* 2009;34:1766-1774.
24. Dyner-Jama I, Dobosiewics K, Niepsuj K, Niepsuj G, Jedrzejewska A, Czernicki K. Effect of asymmetric respiratory exercise therapy on respiratory system function; evaluation using spirometric examination in children with idiopathic scoliosis. *Wiad Lek* 2000;53(11-12):603-610.
25. Jiménez-Cosmes L, Palomino-Aguado B. Escoliosis congénita. *Rehabilitación* 2009;43:246-250.
26. Oskouian RJ, Sanzur CA, Shaffrey CI. Congenital abnormalities of the thoracic and lumbar spine. *Neurosurg Clin North Am* 2007;18:479-498.
27. Crawford AH, Herrera-Soto J. Scoliosis associated with neurofibromatosis. *Orthop Clin North Am* 2007;38:553-562.