

Efectos de la reeducación muscular respiratoria en niños con lesión medular del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón Chihuahua

L.T.F. Ruth Flores Soto,* Dra. Yuriria Rufino Serraldo,** L.T.F. Luis Iván de la O Pérez*

RESUMEN

Introducción: La lesión medular es una de las discapacidades con mayor impacto personal, la cual conlleva cambios en el estilo de vida. Las complicaciones respiratorias son frecuentes en las personas con lesión medular y contribuyen de forma significativa en la morbilidad. Las complicaciones están condicionadas por la mecánica de tos ineficaz. **Objetivo:** Evaluar la función muscular respiratoria antes y después de un programa de reeducación respiratoria en los pacientes con lesión medular del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón Chihuahua. **Metodología:** Se realizó un estudio experimental, prospectivo y longitudinal, en el cual se incluyeron a 32 niños con diagnóstico de lesión medular. Se llevó a cabo un programa de 10 sesiones de reeducación respiratoria con una duración de 30 minutos, éste consistió en hacer ejercicios de reeducación respiratoria. Las mediciones de presión inspiratoria máxima, la presión espiratoria máxima y el pico flujo de tos se realizaron al inicio y al final del programa de reeducación respiratoria. **Resultados:** Presión inspiratoria máxima inicial 45.5 cmH₂O/final 50.6 cmH₂O ($p = 0.011$), presión espiratoria máxima inicial 44.7 cmH₂O/final 53.4 cmH₂O ($p = 0.017$) y pico flujo de tos inicial 192 (L/min)/final 224 (L/min) ($p = 0.004$). **Conclusiones:** La reeducación muscular respiratoria en los pacientes con lesión medular incrementa la función de los músculos respiratorios, y con ello, una alta probabilidad de disminuir las complicaciones respiratorias.

Palabras clave: Lesión medular, reeducación respiratoria, Pimax, Pemax, pico flujo de tos.

ABSTRACT

Introduction: The spinal cord injury is a complex condition that affects the quality of life of the people that are suffering from it the respiratory complications are the principle cause of death in the medical condition, there are diverse alternatives that are used to treat said problem. **Objective:** To evaluate the muscular respiratory function before and after a program of respiratory reeducation in patients with fundamental injury of the Centro de Rehabilitación Infantil Teletón Chihuahua. **Method:** 32 children's with spinal cord were studied while taking measurements of peak inspiratory pressure, peak expiratory pressure, peak cough flow before muscular respiratory treatment lasting 10 thirty minute sessions; after which measurements were taken again. **Result:** Are increase of peak inspiratory pressure (45.5 cmH₂O/50.6 cmH₂O) $p = 0.011$, increase of peak expiratory pressure (44.7 cmH₂O/53.4 cmH₂O) $p = 0.017$ and increase of peak cough flow (192 L/min/224 L/min) $p = 0.004$, was observed that is statically significant by which we know that with a muscle treatment we can avoid respiratory complications.

Key words: Spinal cord injury, respiratory reeducation, Pimax, Pemax, peak cough flow.

INTRODUCCIÓN

La lesión medular es una de las discapacidades con mayor impacto personal, familiar y social, debido a que conlleva cambios en el estilo de vida, y el efecto económico por sus complicaciones es considerable^{1,2}. Se postula que los pacientes con daño medular están más propensos a presentar complicaciones respiratorias, la cual es la causa de mayor mortalidad en estos pacientes, esto principalmente por la debilidad de los músculos intercostales y abdominales, junto con la disfunción parcial o total del diafragma³.

El nivel neurológico, el tipo y la duración de la lesión son un importante predictor de la función respiratoria del paciente y de las posibles complicaciones que pueda presentar, como son: la atelectasias, la neumonía, la insuficiencia

* Terapeuta Pulmonar.

** Médico Especialista en Rehabilitación Pulmonar.

Centro de Rehabilitación Infantil Teletón Chihuahua. Fundación Teletón México A.C.

Abreviaturas:

CRIT: Centro de Rehabilitación Infantil Teletón

Pimax: Presión inspiratoria máxima

Pemax: Presión espiratoria máxima

PFT: Pico flujo de tos

Recibido para publicación: agosto, 2013.

Aceptado para publicación: septiembre, 2013.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/medicinafisica>

respiratoria, la hipoventilación alveolar, la apnea del sueño, etcétera⁴. Estas complicaciones estarán condicionadas por la parálisis de los músculos inspiratorios y/o espiratorios que conllevan a una disminución del volumen pulmonar y a una mecánica de tos ineficaz, como resultado del aclaramiento mucociliar inadecuado y de la disminución de la movilidad de la caja torácica⁵.

AFECTACIÓN RESPIRATORIA POR NIVELES DE LESIÓN

Lesiones cervicales

Las lesiones a nivel cervical usualmente tienen como resultado una tetraplejía total o parcial.

- C3 y superiores: pérdida de la función del diafragma con repercusión en la respiración, emisión vocal, tos y expectoración; ameritan ventilación mecánica para preservar la función respiratoria.
- C4: conserva la movilidad diafragmática; puede presentarse respiración paradójica por incoordinación respiratoria, condicionando hundimiento de la caja torácica durante la inspiración y reducción del volumen pulmonar, disminuyendo la fuerza para toser y la capacidad de expectoración, además de disminuir la emisión vocal.
- C5, C6 y C7: presentan compromiso para mantener un adecuado manejo de secreciones por mecánica de tos inadecuada⁶.

Lesiones torácicas

Las lesiones a nivel torácico e inferior tienen como resultado la paraplejía.

- T1 a T8: presentan control de manos, pero se carece de control sobre los músculos abdominales y erectores del tronco, por lo que el control motor del tronco es deficiente; existe compromiso en la mecánica de tos por afectación a músculos espiratorios y accesorios de la inspiración.
- T9 a T12: permite control del tronco y función parcial de músculos abdominales, comprometiendo la fase espiratoria de la tos⁷.

Lesiones lumbares y sacras

Los efectos de una lesión en la región lumbar o sacra de la médula espinal son la disminución del control de las piernas y de la cadera, así como del sistema urinario y del ano; sin implicación de la mecánica respiratoria y mínimo riesgo de complicaciones respiratorias.

MÚSCULOS RESPIRATORIOS

La función principal de los músculos respiratorios es movilizar un volumen de aire para aportar oxígeno a los diferentes tejidos tras un intercambio gaseoso apropiado. Para realizar, dicha función, existe un equilibrio y una interdependencia entre los diversos músculos respiratorios que funcionan coordinadamente; es por tanto, esta función de bomba ventilatoria la que va a condicionar la estructura, anatomía, adaptación e interrelación de los diferentes grupos musculares^{8,9}.

El diafragma y los otros músculos inspiratorios están inervados por una amplia red de neuronas motoras que van desde C1 hasta L2 y L3. El ciclo ventilatorio consta de una fase de inspiración y una de espiración, dicho ciclo está regulado y coordinado a nivel central, manteniendo una ventilación rítmica^{8,9}.

MÚSCULOS PRODUCTORES DE LA FASE INSPIRATORIA

El diafragma es considerado el principal músculo de la inspiración que delimita la cavidad torácica y la abdominal, tiene forma de cúpula y cuenta con dos sitios de origen: uno es la porción esternal en el dorso de la apófisis xifoides y el otro es una porción lumbar en la cara anterior de los cuerpos vertebrales de las primeras tres a cuatro vértebras lumbares. Por medio de los pilares musculares su inserción es central, pero no es ósea y está inervado por el nervio frénico que proviene de las raíces C3, C4 y C5. Durante su contracción aumenta el diámetro longitudinal, transversal y anteroposterior de la caja torácica, lo cual produce un incremento del volumen intratorácico con una caída en la presión intrapleurales, conllevando a un aumento del volumen pulmonar y con una disminución en el diámetro de la cavidad abdominal¹⁰⁻¹².

Los músculos intercostales externos son músculos que actúan de manera sinérgica con el diafragma; su principal función es elevar las costillas ubicadas en su punto de inserción, el cual está localizado en el borde superior de la costilla inferior y, si tomamos como punto fijo su origen, que está localizado en el borde inferior de la costilla correspondiente; ambos se inervan por las raíces dorsales correspondientes (D1-D12)¹³.

Existen otros músculos que se consideran como accesorios en la función respiratoria. El esternocleidomastoideo se origina en la apófisis mastoideas y tiene una doble inserción en el manubrio esternal en la porción medial y en el tercio interno de la clavícula en la porción lateral, el cual está inervado por el XI par craneal¹⁴. Los escalenos están formados por tres vientres musculares: el anterior, el medio y el posterior, durante su contracción aumentan el volumen intratorácico elevando la primera y segunda costilla durante la inspiración. Se originan en las apófisis transversas de la segunda a la séptima vértebra cervical y se insertan en la cresta superior, en el tubérculo escaleno y en el surco subclavio de la primera costilla y en la

superficie externa de la segunda costilla, están innervados por los nervios cervicales de C3 a C8¹⁵. El pectoral mayor eleva el tórax durante la inspiración forzada que se origina en la superficie anterior del esternón, en el borde medial anterior de la clavícula, en los cartílagos intercostales de las seis o siete costillas y en la aponeurosis del músculo oblicuo externo y se inserta en la cresta del trocúter que está innervado por los nervios cervicales de C5 a D1¹⁶.

MÚSCULOS FACILITADORES DE LA FASE ESPIRATORIA

La fase espiratoria se realiza de forma pasiva y es producida por la retracción elástica del pulmón a la que se suma la tensión superficial alveolar; existen músculos que facilitan dicha fase del ciclo respiratorio.

Los músculos abdominales, como el recto anterior del abdomen y los oblicuos interno y externo, tienen una acción como músculos respiratorios durante la fase espiratoria. Durante su contracción, estos músculos producen un aumento de la presión abdominal que causa un desplazamiento superior del diafragma, esto da como resultado un incremento en la presión pleural y una reducción en el volumen pulmonar, los cuales están innervados por los nervios torácicos de T5 a T12¹⁷.

PRUEBAS PULMONARES DE MEDICIÓN DE LA FUERZA DE LOS MÚSCULOS RESPIRATORIOS

Las presiones inspiratorias máximas (Pimax) y las presiones espiratorias máximas (Pemax) son medidas directas de la fuerza de los músculos inspiratorios y espiratorios, respectivamente. Se utilizan para determinar la afección en la fuerza muscular respiratoria para identificar posibles problemas pulmonares²⁵. Las medidas de las presiones espiratorias máximas son pruebas que reflejan la fuerza muscular respiratoria y su utilidad radica en el diagnóstico y manejo de los pacientes con enfermedades obstructivas crónicas o en aquellos con enfermedades neuromusculares que comprometan los músculos respiratorios^{18,19}.

La fuerza muscular puede ser cuantificada por la medición de las presiones respiratorias estáticas máximas; estas presiones se generan contra una vía aérea ocluida durante un esfuerzo respiratorio máximo y se miden mediante transductores de presión. La Pemax se mide cuando los músculos espiratorios se hallan en su máxima longitud, es decir, cerca del volumen residual. La Pimax se mide cuando los músculos inspiratorios están en su punto máximo de tensión después de una inspiración máxima, es decir, cerca de la capacidad pulmonar total. La Pimax, en sujetos adultos sanos, tiene un valor normal de - 125 cmH₂O y la Pemax de + 200 cmH₂O, si los valores son menores de - 60 cmH₂O para la Pimax indica

incapacidad para realizar inspiraciones profundas y menor de + 60 cmH₂O para la Pemax indica una incapacidad para espirar y toser adecuadamente¹⁹⁻²⁰.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo y longitudinal, en el cual se incluyeron a 32 pacientes con diagnóstico de lesión medular congénita o traumática, de 6 a 18 años de edad, con un nivel de lesión motor por debajo de C5, lesiones completas y de más de tres años de evolución, atendidos en el servicio de rehabilitación pulmonar del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón Chihuahua.

Se realizó una medición de los parámetros de la Pimax, una Pemax y un pico flujo de tos (PFT) en los niños a estudio previo a un programa de reeducación respiratoria de 10 sesiones, con duración de 30 minutos; en el cual se implementaron ejercicios de inspiración sumada, espiración lenta y prolongada con técnica de labios fruncidos, patrón diafragmático dirigido y reeducación de tos. Después del cual se volvieron a tomar mediciones de los parámetros de Pimax, Pemax y PFT (Cuadro 1).

RESULTADOS

El análisis estadístico se hizo con promedios, medias y χ^2 . En la figura 1 se presentan los resultados obtenidos de las mediciones de Pimax, Pemax y PFT, pre y post a la reeducación de la musculatura respiratoria, y observamos un incremento en todas las mediciones con Pimax inicial 45.5 cmH₂O/final 50.6 cmH₂O ($p = 0.011$), Pemax inicial 44.7 cmH₂O/final 53.4 cmH₂O ($p = 0.017$) y pico flujo de tos inicial 192 (L/min)/final 224 (L/min) ($p = 0.004$).

Se realizó una división por niveles de lesión en torácicos altos (TA) de C5-T6, torácicos bajos (TB) de T7 a T12 y lumbares, para poder comparar los resultados, según la afectación de la musculatura respiratoria involucrada.

Cuadro 1. Datos demográficos del grupo en estudio.

	Número	Porcentaje
Hombre	6	21
Mujer	23	79
Congénita	25	86
Traumática	4	14
C3-C5	1	3
Torácicas	16	50
Lumbares	15	47
Total	29	100

En el *cuadro 2* se presentan los resultados obtenidos pre y post al entrenamiento de la musculatura por los niveles de lesión; en los niveles de TA, todos los resultados fueron significativos; en los TB la Pimax y PFT fueron significativos, mientras que la Pemax no mostró una diferencia significativa en los niveles lumbares. Todos los resultados fueron estadísticamente significativos.

DISCUSIÓN

Basado en la literatura actual, no hay pruebas suficientes para apoyar firmemente que el entrenamiento de la musculatura respiratoria pueda mejorar la función pulmonar en los pacientes con lesión medular. Existe alguna evidencia de la eficacia de estos entrenamientos, pero no es concluyente.

Antecedentes bibliográficos como los reportados en el estudio realizado por Sheel Aw y colaboradores de la Universidad de Toronto, en el 2005, en el cual mencionan que el entrenamiento de los músculos inspiratorios en el paciente adulto con lesión medular no tiene un efecto positivo sobre la fuerza y disnea²¹. En contraste, un estudio realizado en Cuba

por la Dra. Yolanda Torres Delis y su grupo, publicado en el 2002, el cual consistió en ejercicios de entrenamiento de la musculatura respiratoria, patrón respiratorio, inspiración sumada y reeducación de la tos en 24 pacientes adultos con lesión medular alta; sus resultados reportan un aumento en la fuerza de los músculos respiratorios, aumento de la capacidad tusígena y aumento en la estabilidad del tronco²².

Nuestros resultados obtenidos en los pacientes con lesión medular concuerdan con los de Yolanda Torres Delis; ya que obtuvimos en ellos una mejoría en Pimax con una $p = 0.011$, Pemax con $p = 0.000$ y PFT con $p = 0.000$, siendo todos estos valores estadísticamente significativos.

Analizando los resultados por niveles de lesión, encontramos algunos datos importantes que no correlacionan con lo encontrado en la literatura en cuanto a la afectación de la musculatura, ya que no se esperaba tener un aumento en Pemax y PFT por la implicación de los músculos espiratorios²³. En los pacientes con lesión medular alta entre C5 y T6 logramos obtener un aumento de Pimax $p = 0.0038$, se observa un incremento en la Pemax $p = 0.000$ y pico flujo de tos $p = 0.000$, ya que se logra realizar un aumento del flujo espiratorio con ayuda de los músculos pectorales, se logra una tos con compresión torácica, y con esto, aumentó el flujo espiratorio, esto concuerda con los resultados de Padín H²⁴.

En los pacientes con lesiones lumbares se observó un aumento de Pimax $p = 0.0198$, un aumento en la Pemax $p = 0.0184$ y en el PFT $p = 0.00$, el cual no se esperaba, ya que en estos pacientes no existe un compromiso respiratorio por que la musculatura no se encontraría afectada, observamos que esto se debe a que presentan un patrón restrictivo, dado por la postura del paciente, un incorrecto patrón respiratorio y no por el compromiso muscular por la lesión medular^{25,26}.

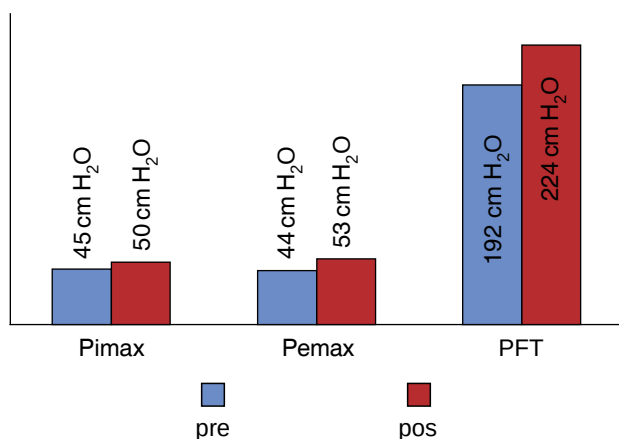


Figura 1. Resultados del total de la muestra de Pimax, Pemax y PFT; pre y post a la reeducación de la musculatura respiratoria.

CONCLUSIONES

La reeducación muscular respiratoria en pacientes con lesión medular incrementa la función de los músculos respiratorios, independientemente del nivel de lesión.

De acuerdo con el nivel de la lesión, esperaríamos encontrar una mejor respuesta en lesiones bajas que en las lesiones

Cuadro 2. Comparación de Pimax, Pemax y PFT por niveles de lesión medular pre y post al programa de reeducación respiratoria.

	Pimax pre	Pimax post	p	Pemax pre	Pemax post	p	PFT pre	PFT post	p
Torácicos altos (TA)	-40 cmH ₂ O	-50 cmH ₂ O	0.0032	40 cmH ₂ O	50 cmH ₂ O	0.000	180 L/m	216 L/m	0.000
Torácicos bajos (TB)	-48 cmH ₂ O	-50 cmH ₂ O	0.927	43 cmH ₂ O	50 cmH ₂ O	0.000	192 L/m	230 L/m	0.000
Lumbares	-46 cmH ₂ O	-51 cmH ₂ O	0.0198	47 cmH ₂ O	54 cmH ₂ O	0.0180	196 L/m	223 L/m	0.000

altas. Sin embargo, en nuestros resultados obtenidos, aunque positivos en general, no fue así; ya que la mecánica respiratoria está dada por músculos o grupos musculares que interactúan entre sí para llevarla a cabo.

Por lo tanto, no obstante el nivel de lesión medular, la reeducación muscular respiratoria es una herramienta importante para formar parte del tratamiento de rehabilitación y para poder mejorar la mecánica ventilatoria, aumentar la capacidad de expectoración y con esto reducir las infecciones respiratorias para tener una alta probabilidad de disminuir complicaciones respiratorias, gastos hospitalarios y mejorar la calidad de vida de estos pacientes.

REFERENCIAS

1. Barnes J. Repercusión biológica, psicológica y socioeconómica de la lesión medular espinal. *Medicine*. 2005; 28: 365-367.
2. Middleton VW. Patterns of morbidity and rehospitalisation following spinal cord injury. *Spinal cord*. 2004; 42: 359-367.
3. Brown R, DiMarco AF, Hoit JD, Garshick E. Disfunción respiratoria y la gestión de lesión de la médula espinal. *Respir Care*. 2006; 51: 853-868.
4. García D, Castillo J. Complicaciones respiratorias de la tetraplejia: una mirada a las alternativas terapéuticas actuales. *Rev Chil Enf Respir*. 2007; 23: 106-116.
5. Baydur A, Adkins RH, Milic EJ. La mecánica pulmonar en personas con lesión medular: efectos de nivel de la lesión y la postura. *J Appl Physiol*. 2001; 90: 405-411.
6. Andrada L. Evaluación funcional respiratoria en pacientes con lesión medular alta. *Medicina*. 2001; 61: 529-534.
7. Torres y Vergara P. Fisioterapia respiratoria en el lesionado medular. *Rev Cubana Ortop Traumatolog*. 2001; 15: 43-45.
8. Ling L, Fuller D, Bach K, Kinkead R, Olson E, Mitchell S. Chronic intermittent hypoxia elicits serotonin-dependent plasticity in the central neural control of breathing. *J Neurosci*. 2001; 21: 5381-5388.
9. De Troyer A, Estenne M. Coordination between rib cage muscles and diaphragm during quiet tidal breathing in humans. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1984; 57: 899-906.
10. Rochester D. The diaphragm: contractile properties and fatigue. *J Clin Invest*. 1985; 75: 1397-1402.
11. Minh V, Dolan GF, Korrappa RF et al. Effect of hyperinflation on inspiratory function of the diaphragm. *J Appl Physiol*. 1976; 40: 67-73.
12. Mead J, Loring SL. Analysis of volume displacement and length changes of the diaphragm during breathing. *J Appl Physiol*. 1982; 53: 750-755.
13. De Troyer A, Heilporn A. Respiratory mechanics in quadriplegia: the respiratory function of the intercostals muscles. *Am Rev Respir Dis*. 1980; 122: 591-600.
14. Moxham J, Wiles C, Newham D et al. Sternomastoid muscle function and fatigue in man. *Clin Sci*. 1980; 59: 463-468.
15. Raper A, Taliaferro-Thompson W, Shapiro W et al. Scalene and sternomastoid muscle function. *J Appl Physiol*. 1966; 21: 497-502.
16. Estenne M, Knoop C, Vanvaerenbergh J et al. The effect of pectoralis muscle training in tetraplegic subjects. *Am Rev Respir Dis*. 1999; 139: 1218-1222.
17. De Troyer A, Estenne M, Heilporn A. Mechanism of active expiration in tetraplegic subjects. *N Engl J Med*. 1986; 314: 740-744.
18. Black L, Hyatt R. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis*. 1969; 99: 696-702.
19. Maillard J, Burdet L, Van Melle G, Fitting J. Maximal inspiratory and expiratory pressure. *Eur Respir J*. 1998; 11: 901-905.
20. Contreras I, Vidal F, Caussade S, Sánchez I, Montalvo D, Pineda N et al. Valores normales de presión inspiratoria y presión espiratoria máxima en niños y adolescentes chilenos sanos. *Neumología Pediátrica*. 2007; 56: 206-210.
21. Sheel A. Effects of exercise training and inspiratory muscle training in spinal cord injury. *Medulla spinal*. 2008; 31: 500-508.
22. Torres Y. Programa de fisioterapia respiratoria en el lesionado medular. *Ortop traumatol*. 2002; 16: 769-781.
23. Roth E. Respiratory muscle training in spinal cord injury. *Arch Phys Rehabil*. 2010; 91: 857-861.
24. Padín MC. Repercusión de la rehabilitación respiratoria en el paciente con lesión medular alta. *Rev Mex Neuroci*. 2002; 56-59.
25. Van Houtte S. Respiratory muscle training in person with spinal cord injury: a systematic review. *Respir Med*. 2006; 100: 1886-1895.
26. Astorino TA, Tyerman N. Efficacy of a new rehabilitative device for individuals with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2008; 32(5): 586-591.

Dirección para correspondencia:
L.T.F. Ruth Flores Soto
Blvd. Juan Pablo II Núm. 4101,
Fracc. Zona Industrial Robinson, 31074,
Chihuahua, Chih.
Tel: 01 (614) 429-5354, ext. 5427
E-mail: ruth_fls@hotmail.com
flores@teleton-chh.org.mx