

EL PAPEL DE LA REHABILITACIÓN PULMONAR EN LA NEUMOPATÍA SECUNDARIA A ALTERACIONES DE LA CAJA TORÁCICA

Gabriela Luciana Mendoza Rosas, Ana Liliana Lugo Gutiérrez, Alejandra Mancilla Ramírez, Sabatha Schraivesande de la Macorra

*Eres quien dentro tuyo
quiere ya ser
otra
más tú.*

José Juan Sánchez Torres

RESUMEN

Las alteraciones de la caja torácica se asocian con la disfunción cardiopulmonar de grado variable en un amplio abanico de formas y síntomas. Este espacio, ubicado entre la columna vertebral, las costillas y el esternón, es el encargado de permitir el funcionamiento biomecánico adecuado para que los pulmones puedan variar su volumen y cubrir las necesidades ventilatorias del individuo. La insuficiencia torácica compete a un grupo de signos y síntomas como resultado de la pérdida de la armonía entre los distintos componentes involucrados en la ventilación; así, esta debe ser abordada por el área de Rehabilitación Pulmonar, donde tras un abordaje minucioso, consistente en una amplia exploración física-funcional y apoyada en la evaluación de auxiliares de diagnóstico –como pruebas de imagen y pruebas de función respiratoria– puede establecer un programa de tratamiento que cubra aquello que disminuya la funcionalidad del individuo o le genere síntomas que le impidan desempeñar sus actividades habituales de la vida diaria.

Mediante el diseño de programas individualizados de fisioterapia respiratoria y manejo de los síntomas que disminuyen la calidad de vida del paciente, es posible restablecer la integración y participación del individuo al medio y a las actividades en las que se desempeña.

INTRODUCCIÓN

La capacidad de mantener una función ventilatoria normal y un crecimiento pulmonar adecuados depende de la relación existente entre los pulmones, la caja torácica y la columna vertebral.¹ La caja torácica es el espacio ubicado entre la columna vertebral, las costillas y el esternón que permite el desarrollo del volumen del tórax, lo que requiere de tres componentes: altura (proporcionada por la columna vertebral), profundidad y anchura (dependientes del esternón y la columna vertebral). La relación adecuada entre estos componentes permite que la función biomecánica del tórax favorezca la habilidad de cambiar el volumen y soportar la ventilación adecuadamente.

Esta función biomecánica requiere de la interacción entre un diafragma estable y el movimiento coordinado y activo de las costillas durante la ventilación, que sucede a partir de la adecuada separación de estas, el funcionamiento normal de los músculos intercostales y de la caja torácica.² Por lo tanto, las alteraciones y/o deformidades de la caja torácica pueden causar disfunción cardiopulmonar variable, cursando en formas sintomáticas o asintomáticas (**figuras 1, 2 y 3**).³



Figura 1. Masculino de 16 años con diagnóstico de Pectum carinatum y atrofia muscular espinal tipo 3.

Fuente: cortesía de las autoras con autorización del paciente y del responsable legal.



Figura 2. Masculino de 9 años con diagnóstico de escoliosis toracolumbar y atrofia muscular espinal tipo 2.

Fuente: cortesía de las autoras con autorización del paciente y del responsable legal.



Figura 3. Femenina de 17 años con diagnóstico de rotoescoliosis toracolumbar, deformidades de arcos costales y basculación pélvica con ataxia de Friedreich.

Fuente: cortesía de las autoras con autorización del paciente y del responsable legal.

Tabla 1. Clasificación de las deformidades de la caja torácica

Alteraciones del desarrollo		Afectan la relación entre la columna vertebral, la caja torácica y los pulmones
Producto del desarrollo anormal de la caja torácica	Síndrome de Poland Displasia espondilotorácica Displasia espondilocostal Síndrome de Jeune Defectos de costillas y esternón	
Congénitas		
Son secundarias a una malformación estructural del pecho, son evidentes desde el nacimiento	<i>Pectum carinatum</i> <i>Pectum excavatum</i>	

Fuente: elaboración propia con información de Ramirez-Llunch et al., 2018.¹

Para confirmar si existe deformidad de la caja torácica se requieren estudios de imagen, una adecuada historia clínica y un examen físico compatible con alteraciones respiratorias (**Tabla 1**).¹

El principal objetivo de la detección y tratamiento oportunos de las deformidades de caja torácica es evitar las condiciones que restringen la capacidad del tórax para mantener la función ventilatoria normal y el crecimiento pulmonar adecuado,^{1,2} como sucede con el síndrome de insuficiencia torácica, cuyo carácter puede ser progresivo y condicionar neopatías de tipo restrictivo (**Tabla 2**).^{1,2}

También debe considerarse el desacondicionamiento y la baja tolerancia al ejercicio, condiciones ambas que se asocian con el miedo a lesionarse o la pobre participación e integración en actividades deportivas, en relación con los problemas de percepción de esquema corporal con los que puede cursar.⁴ El cambio de la morfología y la estructura torácica modifica la alineación de las fibras de los músculos empleados en la ventilación, con lo que se afecta la actividad del paciente; no hay condiciones para que la relación longitud/tensión suceda y esto repercute de manera directa en la capacidad para generar fuerza, de distensibilidad y en la rigidez de la cavidad torácica, lo que predispone a su vez a la presencia de insuficiencia respiratoria global.⁴

La consecuencia funcional es un incremento de la frecuencia respiratoria con la consiguiente disminución del volumen corriente; es decir, una respiración rápida y superficial que disminuye el volumen corriente y aumenta el espacio muerto. El aumento del trabajo

Tabla 2. Etiología del síndrome de insuficiencia torácica

Mecanismo	Estructuras afectadas	Ejemplos
Deformidad de columna	Distorsión de caja torácica que afecta el volumen y la función	Escoliosis o cifosis de desarrollo precoz
Deformidad a nivel global de tórax	Costillas, esternón y columna vertebral	Displasia espondilotorácica Displasia espondilocostal Osteogénesis imperfecta Acondroplasia Síndrome de Jeune
Disfunción neuromuscular	Afectación del funcionamiento normal del tórax	Parálisis cerebral Lesión cerebral adquirida Distrofia muscular Atrofia muscular Defectos de cierre de tubo neural Lesión medular

Fuente: elaboración propia con información de Ramirez-Llunch et al., 2018.¹

respiratorio tiene un costo energético elevado, además de que afecta la respuesta ventilatoria a la hipoxia, lo que puede condicionar limitación del desarrollo del parénquima pulmonar.⁵ Tampoco es rara la presencia de microatelectasias secundarias a la inmovilidad de algunas zonas de la caja torácica.⁶ La capacidad inspiratoria se ve limitada en reposo, lo que reduce significativamente la capacidad y tolerancia al ejercicio y se manifiesta con la aparición de disnea y desaturaciones.⁴

La presencia de alteraciones de la caja torácica tiene un efecto desfavorable en el sueño de los individuos con este abanico de condiciones que predispone a la hipoventilación. La ventilación durante el sueño de los individuos sanos tiene ciertas características que no causan anormalidades del intercambio gaseoso, entre las cuales se incluyen:^{5,6}

- Respuesta disminuida de los quimiorreceptores centrales a la entrada de impulsos mecánicos y químicos, particularmente durante el sueño de movimientos oculares rápidos (MOR), que implica que la respuesta ventilatoria a la hipoxia y a la hipercapnia está disminuida.
- La función de los músculos respiratorios está reducida durante el sueño y aún más durante la fase MOR.

- La posición supina conduce a la disminución del volumen corriente como resultado de que el contenido abdominal empuja al diafragma dentro de la cavidad torácica.

Mientras que en los individuos con alteraciones de caja torácica la hipoventilación alveolar asociada con fatiga muscular progresiva está condicionada por la hipoxemia e hipercapnia crónica, con la consecuente presencia de poliglobulia y con la existencia de estas condiciones no sólo durante la noche, sino con presencia diurna.^{5,6} Todos los anteriores son factores a evaluar para la prescripción del programa de rehabilitación pulmonar y la referencia oportuna para la atención inter- y multidisciplinaria del paciente.

El síndrome de insuficiencia torácica requiere de un protocolo de estudio en pacientes que refieren síntomas respiratorios (taquipnea, disnea, percepción aumentada de esfuerzo tanto para actividades básicas de la vida diaria, como para actividades lúdicas o deportivas e infecciones respiratorias de repetición) o con un examen físico que demuestre deformidad del tórax, el cual puede ser pequeño y rígido, además de hallazgos anormales radiográficos y/o en tomografía computarizada de tórax acompañados de alteración en la función pulmonar o en otros estudios de la función respiratoria² (Tabla 3). Los pacientes también pueden manifestar desórdenes en el sueño como ronquidos, apneas o somnolencia excesiva durante el día a causa directa de la anomalía respiratoria. Conforme las alteraciones ventilatorias progresan, los pacientes pueden llegar a requerir uso de oxígeno suplementario o de ventilación mecánica no invasiva como terapia de sueño.

El grupo de escoliosis requiere una mención particular, ya que es una de las causas más frecuentes de alteraciones de caja torácica. Se refiere a un grupo de patologías heterogéneas con impacto funcional muy variable,⁷ en las que el deterioro de la función respiratoria tiene correlación con la severidad de la escoliosis e hipocifosis.⁸ La escoliosis es la angulación que sucede en sentido lateral, mientras que la cifoescoliosis se refiere a la deformidad de columna en angulación anteroposterior y al desplazamiento o curvatura lateral. Otro

Tabla 3. Estudios de imagen en síndrome de insuficiencia torácica

Modalidad	Proyección / estudio	Estructuras para valorar
Radiografía	Proyecciones anteroposteriores, laterales de tórax y de columna vertebral	Ángulo de Cobb Disminución en el espacio disponible para el pulmón Anomalías en costillas: fusiones, ausencias
Tomografía computarizada	Tórax Abdomen Columna vertebral	Pérdida de volumen en hemitórax (tienen margen de error)

Fuente: elaboración propia con información de Ramírez et al., 2020.²

parámetro importante para pronosticar la severidad es el número de vértebras involucradas y el segmento de la columna a la que pertenecen.⁵

La determinación radiográfica del ángulo de Cobb permite proporcionar el grado de severidad de la curvatura^{4,5} y, con ello, establecer la sintomatología esperada en la persona, así como las áreas de intervención en su tratamiento. Si es $>100^\circ$, desarrollan insuficiencia respiratoria crónica y cor pulmonale, así como restricción torácica, reducción de compliancia torácica y pulmonar; si es $>80^\circ$, desarrollan insuficiencia respiratoria si además se trata de curvaturas largas (torácicas y cervicales altas), además de esperarse la presencia de escoliosis de inicio temprano (en la infancia). Con $60-70^\circ$, hay alteración de la función diafragmática con mayor afectación de músculos accesorios y atelectasias. Aquellos con $25-60^\circ$ muestran disminución de volumen pulmonar y reducción en la capacidad para realizar ejercicio o desacondicionamiento, no propiamente limitación ventilatoria; con $40-60^\circ$ sin involucro de cifosis existe poca probabilidad de ocasionar problemas y si es $<25^\circ$ no disminuye la función respiratoria ni la tolerancia al ejercicio.

PRUEBAS DE FUNCIÓN PULMONAR

En pacientes con alteraciones en la caja torácica, los resultados de las pruebas de función pulmonar se caracterizan por mostrar reducción en la capacidad funcional residual y en la capacidad vital debido a la disminución del volumen torácico, también por un aumento en el volumen residual debido a la incapacidad de mantener una función exhalatoria adecuada, con lo que se desarrollan mecanismos de una enfermedad pulmonar restrictiva.²

Las pruebas requeridas son: espirometría, pletismografía corporal y baby pletismografía, que permiten clasificar los hallazgos como leves, moderados o severos e implican pérdida progresiva de la función respiratoria con la consecuente alteración en los volúmenes y capacidades. También se cuenta con la forcimetría, que mide las presiones inspiratorias máximas de los músculos espiratorios ($P_{e_{max}}$) o las presiones máximas de los músculos inspiratorios ($P_{i_{max}}$).

Cuando las alteraciones son severas, puede encontrarse hipertensión pulmonar, hipercapnia, alteraciones del patrón respiratorio, trastornos ventilatorios durante el sueño y niveles elevados de hemoglobina, entre otros.

TRATAMIENTO

La severidad en las alteraciones de la caja torácica condiciona que el tratamiento sea conservador o quirúrgico; por lo tanto, hay que considerar que el número de intervenciones podría ser elevado, esto dependiendo de la complejidad de cada paciente.

Ahmad enfatiza la carencia de programas fisioterapéuticos estandarizados para el manejo de los pacientes operados por alteraciones de caja torácica. Además, en experiencia de las auto-

ras, es posible mencionar que esta carencia también abarca el manejo preoperatorio e, incluso, el preventivo. Se han conducido pocos estudios bien diseñados con suficiente evidencia científica para sustentar su utilidad, aunque la rehabilitación pulmonar y la fisioterapia respiratoria han sido recientemente recomendadas por la Sociedad Europea de Cirugía Torácica, la Sociedad Respiratoria Europea y el Colegio Americano de Médicos del Tórax.⁹

Los objetivos principales del tratamiento son:^{1,9,10}

- Restaurar la función ventilatoria: manejo del dolor, higiene bronquial, ejercicios respiratorios, fortalecimiento de músculos respiratorios.
- Restaurar el volumen torácico: drenaje postural, maniobras de expansión torácica, favorecer arcos de movilidad de miembros torácicos, hombros y escápulas, ejercicios de apertura de caja torácica.
- Mantener las correcciones durante todas las etapas del crecimiento: manejo postural, programas en casa.

FISIOTERAPIA RESPIRATORIA Y FÍSICA

El programa de fisioterapia está encaminado a proporcionarle al paciente una mejor adaptación a las condiciones que el tipo de alteración de caja torácica le confiere; por lo tanto, debe estar enfocado en las necesidades particulares de cada paciente. Sin embargo, en términos generales pueden sugerirse ejercicios y actividades para reducir los síntomas que comparten la mayoría de las alteraciones de caja torácica: ventilatorios, dolor musculoesquelético, limitación en la funcionalidad de las actividades de la vida diaria e intolerancia a la actividad física.

EJERCICIOS RESPIRATORIOS

Tienen por objeto mejorar el control y el manejo de los distintos componentes de la caja torácica, que permitirán optimizar o mantener los diferentes volúmenes de aire; en este escenario, la educación del paciente desempeña un papel importante en su motivación y participación constantes. Es importante ejecutar el entrenamiento en las distintas posiciones funcionales que el paciente puede tolerar: decúbito supino, decúbito prono, decúbito laterales, sedestación y posiciones intermedias; por ejemplo, la respiración diafragmática es considerada una de las más importantes ya que se pretende optimizar la acción muscular del diafragma para alcanzar ventilaciones profundas que, se ha sugerido, favorecen la adaptabilidad de la persona a los diferentes volúmenes que le aporten una ventilación adecuada a la situación de actividad o reposo en que se encuentre.

Las respiraciones costo basales, por su parte, favorecerán el control muscular de las paredes laterales del tronco y continuarán con el trabajo respiratorio, buscando favorecer un patrón respiratorio armónico mediante la intervención de los músculos intercostales. La técnica de respiración sumada tendrá impacto en el reclutamiento alveolar, en la compliancia torácica y pulmonar y favorecerá la disminución de zonas de atelectasia pulmonar.

Además, las técnicas de hiperinsuflación pueden utilizarse para la reeducación respiratoria de pacientes que presenten dificultad en el seguimiento de instrucciones, para las técnicas de apilamiento de volumen que favorecen el reclutamiento alveolar y el aumento de volumen inspiratorio, así como para la asistencia de la tos, que si bien es una técnica que puede realizarse de forma manual, la bolsa de reanimación permite realizar la asistencia instrumentada, cuya finalidad es favorecer el volumen inspiratorio para una tos más efectiva y una retracción elástica del diafragma, favoreciendo el aclaramiento de las vías respiratorias.

EJERCICIOS PARA LAS LIMITACIONES FUNCIONALES Y LA TOLERANCIA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA

La restricción de la movilidad de la caja torácica y la subsecuente repercusión sobre su biomecánica serán las constantes de la limitación funcional, por lo que favorecer el rango de movimiento es un paso necesario e indispensable. Se sugiere realizar movilizaciones activo-asistidas para las extremidades superiores y para el tronco, atendiendo así los movimientos específicos de la cintura escapular. En este punto es importante mencionar que la combinación de las movilizaciones en diferentes segmentos, más las diversas técnicas respiratorias, favorecerán el trabajo en conjunto con el paciente y le permitirán crear una gama de movimientos que podrá aplicar en sus actividades diarias.^{9,10}

A continuación se exponen algunos ejemplos de ejercicios que se aplican a los pacientes una vez que se ha determinado cuáles son las estructuras más involucradas y cuáles son los objetivos para trabajar a nivel óseo, articular, muscular, propioceptivo y ventilatorio, entre otros, cuya determinación resulta de la evaluación conjunta por el médico especialista en rehabilitación pulmonar y el fisioterapeuta con entrenamiento en fisioterapia respiratoria. Al ser únicamente ejemplos, no pueden aplicarse a todos los pacientes con alteraciones en la caja torácica, ni se consideran los únicos existentes. La prescripción del ejercicio requiere conocimientos anatómicos funcionales y biomecánicos, así como de fisiología del ejercicio y fisiología ventilatoria y cardíaca.

Ejercicio 1. Se le pide al paciente que se siente en un banco sin respaldo y sin descansabrazos con las extremidades superiores en firmes. Al inhalar, levantar el brazo derecho hasta que quede cerca de la cabeza en línea. De inmediato, colocar la mano contraria en la rodilla derecha sin sacar el aire y al inclinar el tronco al lado izquierdo comenzar a soplar el aire lentamente por la boca. Una vez terminado el movimiento, regresar despacio a la posición de inicio. En este ejercicio puede observarse cómo se busca movilizar la caja torácica en combinación con las acciones respiratorias. Es importante mencionar que los alcances realizados con las extremidades superiores son útiles para actividades de alcance por arriba de la cabeza, como vestirse, desvestirse, bañarse o peinarse (**Figura 4**).

Ejercicio 2. En posición sedente con las piernas abiertas y los brazos cruzados a la altura del pecho, el paciente comienza a inhalar lentamente, y al exhalar debe flexionar el tronco hacia el frente, tratando de llevarlo hacia las piernas. Esta posición permite practicar la colocación de los zapatos, el amarre de las agujetas y alcanzar objetos en el suelo (**Figura 5**).



Figura 4. Ejercicio 1: levantar el brazo derecho hasta que quede cerca de la cabeza en línea. De inmediato, colocar la mano contraria en la rodilla derecha sin sacar el aire y al inclinar el tronco al lado izquierdo exhalar lentamente por la boca.
Fuente: imágenes modificadas de Cheun, 2005.¹⁰

Ejercicio 3. Los ejercicios pueden combinarse con actividades de coordinación; por ejemplo, desde la posición de pie identificar la diagonal formada por el brazo derecho con la pierna izquierda. Se colocará la mano derecha en la rodilla izquierda y viceversa.

Prescripción: como meta, se trabajarán de siete a 15 repeticiones de manera constante, lo que podrá ayudar a conservar rangos de movimiento para las actividades de la vida diaria. Las posibilidades de combinaciones y el número de repeticiones dependerán de la valoración del fisioterapeuta, quien debe considerar los principios de sobrecarga y resistencia máxima.



Figura 5. Ejercicio 2: con los brazos cruzados en el pecho, exhalar lentamente mientras se flexiona el tronco hacia delante, llevándolo hacia las piernas.
Fuente: imágenes modificadas de Cheun, 2005.¹⁰

Otro aspecto importante corresponde a los ejercicios de fuerza, que podrán ejecutarse con ayuda del peso del paciente, pelotas o bandas de resistencia. Será necesario abarcar movimientos que incluyan a los músculos pectorales, transverso y recto del abdomen, oblicuos, romboides, dorsal ancho, cuadrado lumbar, serrato anterior y posterior. En caso de que al paciente se le dificulte realizar los ejercicios, se le puede sugerir combinarlos con técnicas de ahorro de energía: el esfuerzo físico mayor se realizará mientras se exhala el aire por la boca con los labios fruncidos. Es decir, si en posición sedente el esfuerzo radica en levantar los brazos por arriba de la cabeza sujetando una banda de resistencia, el paciente espirará con labios fruncidos al levantar los brazos e inhalará cuando regrese los brazos a su posición inicial.

En el apartado de tolerancia a la actividad física puede comenzarse con actividades sencillas, como subir y bajar escaleras durante tres o cuatro minutos o bailar una canción y repetirlo hasta tres veces con su respectiva pausa entre cada serie. Las actividades exteriores, como caminar cerca del domicilio o pasear a la mascota, favorecerán la respuesta al ejercicio. Se busca que el paciente evite el sedentarismo y participe en las actividades de la casa, como ayudar a ordenar la alacena o en la limpieza, además de actividades recreativas como andar en bicicleta o hacer algún deporte.

DOLOR MUSCULOESQUELÉTICO

Para reducir el dolor musculoesquelético resultan útiles los estiramientos de la caja torácica y de los músculos del cuello; estos últimos son importantes porque es donde se realizan algunas de las acciones accesorias de la respiración. Se recomienda practicar estiramientos de flexión-extensión, rotaciones e inclinaciones en combinación con respiraciones lentas y controladas para mejorar el uso de la musculatura. Para comenzar se recomienda, en general, mantener el movimiento durante 10 segundos; por ejemplo, en posición sedente se flexionará el cuello llevando la barbilla hacia el pecho, manteniendo la postura durante 10 segundos mientras se inhala y exhala lentamente. Terminando el tiempo, se regresará a la posición inicial con gentileza y se realizarán cinco repeticiones, cada una atenta a favorecer la relajación y la tolerancia del paciente, sin generarle incomodidad. Otra opción para reducir el dolor musculoesquelético puede ser la aplicación de electroterapia analgésica, la cual deberá ser administrada únicamente por un fisioterapeuta entrenado en esta área.

La propuesta de manejo previo está sometida a cambios en función de las necesidades del paciente, ya que pueden llegar a necesitarse adaptadores de posicionamiento como cuñas, almohadas y rollos. Además, la determinación de las repeticiones y series de cada ejercicio y actividad estarán sometidas a la valoración del fisioterapeuta, siendo las necesidades y preferencias del paciente determinantes para establecer los objetivos de la terapia.

Finalmente, el manejo pre- y postquirúrgico requerirá una combinación de todos los elementos ya mencionados, más la consideración de los tiempos necesarios para la recuperación de los tejidos, sobre todo durante el periodo postquirúrgico.

FUENTES CONSULTADAS

1. Ramírez-Llunch N, Acevedo-Echevarría JM. Deformidad de la caja torácica. *Rev Chil Cir.* 2018;70(4):373-381.
2. Ramírez N, Devaris A, Arroyo S et al. Síndrome de insuficiencia torácica. *Acta Ortop Mex.* 2020;34(4):254-260.
3. Wu HP, Wu TY, Hou CJY, Hou C. Acquired restrictive thoracic dystrophy induced cor pulmonale. *Acta Cardiol Sin.* 2010;26:312-315.
4. Bott J, Blumenthal S, Buxton M et al. Guidelines for the physiotherapy management of the adult, medical, spontaneously breathing patient. *Thorax.* 2009;64(Suppl1):i1-51.
5. Gómez Mendieta MA, Santiago Recuerda A, Romera Cano D. Enfermedades neuromusculares y de la pared torácica, en XVII Patología respiratoria en las enfermedades sistémicas. Neuromadrid, 2011
6. Pamidi SA, Mokhlesi B. Chapter 20. Nocturnal Ventilation in chronic hypercapnic respiratory diseases. En Barkoukis TJ, Matheson JK, Ferber R, Doghrami K, *Therapy in sleep medicine*, Elsevier, 2012:254-269.
7. Vialle R, Thévenin-Lemoine, Mary P. Neuromuscular scoliosis. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013;99(Suppl1): S124-139.
8. Otremski H, Widmann RF, Di Maio MF, Ovadia D. The correlation between spinal and chest wall deformities and pulmonary function in Marfan syndrome. *J Child Orthop.* 2020;14(4):343-348.
9. Ahmad AM. Essentials of Physiotherapy after thoracic surgery: what physiotherapists need to know. A narrative review. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;51(5): 293-307.
10. Cheung SYK. Exercise therapy in the correction of pectus excavatum. *J Paediatr Respirol Crit Care.* 2005;1(2):10-13.