

Revisión de tema

Revisión anatomofuncional de las articulaciones de la columna vertebral y la caja torácica.

Anatomofunctional review of the articulations of the vertebral column and the thoracic wall.

Paula-Andrea Solano^{1,a}, David Sánchez-Quintero^{1,a}, Madeleine Santrich^{1,a}, Estefania Montoya-Cobo^{2,a}

1. Estudiante de Medicina, Semillero de Innovadores en Salud ISSEM.
 2. Fisioterapeuta, magister en Ciencias Biomédicas, Profesora Departamento de Ciencias Básicas de la Salud.
- a. Facultad de Ciencias de la Salud de la Pontificia Universidad Javeriana Cali (Colombia).

CORRESPONDENCIA

Paula Andrea Solano
ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-9557-6621>
Facultad de Ciencias de la Salud
Pontificia Universidad Javeriana Cali (Colombia).
E-mail: psolanodazzarola18@gmail.com

CONFLICTO DE INTERESES

Las autoras del artículo hacen constar que no existe, de manera directa o indirecta, ningún tipo de conflicto de intereses que pueda poner en peligro la validez de lo comunicado.

RECIBIDO: 04 de julio de 2022.

ACEPTADO: 30 de noviembre de 2022.

RESUMEN

Introducción: Un alto porcentaje de alteraciones de la caja costal se deben a factores como la conformación morfológica, cambios por envejecimiento y los hábitos posturales, los cuales promueven factores negativos como la rigidez articular, deformidades estructurales y pérdida de flexibilidad afectando en gran medida, la columna vertebral y el sistema respiratorio. Así mismo, existen variaciones anatómicas que pueden potenciar y acelerar su aparición, razón por la cual su conocimiento debe ser ampliamente abordado. **Objetivo:** Comprender las características anatómicas funcionales de las articulaciones del tórax y la columna vertebral. **Métodos:** Se realizó una revisión bibliográfica de 33 artículos en bases de datos como PubMed y Scopus; utilizando términos normalizados y ecuaciones de búsqueda. Además se consultaron cinco libros guía, los cuales cumplían con los criterios de inclusión y exclusión definidos. **Resultados:** Las articulaciones del tórax presentan variaciones anatomofuncionales poco mencionadas que contribuyen a confusiones en los conceptos y descripciones de las clasificaciones articulares, arcos de movilidad y finalmente desencadenan patologías en otros sistemas debido al funcionamiento inadecuado de las estructuras osteoartromusculares a nivel axial, en muchos casos con requerimientos quirúrgicos para su corrección. **Conclusión:** Es fundamental comprender que la anatomía del tórax cobra importancia clínica no solo en la fisioterapia y rehabilitación de pacientes con patologías respiratorias, sino también para la prevención de factores predisponentes de alteraciones musculoesqueléticas.

Palabras clave: Tórax, pared torácica, articulaciones, anatomía, histología, articulaciones esternocostales, variación, terapia respiratoria, costillas, esternón.

ABSTRACT

Introduction: A high percentage of alterations of the rib cage are due to factors such as morphological conformation, aging changes and postural habits, which promote negative factors such as joint stiffness, structural deformities and loss of flexibility, affecting to a great extent, the spine and respiratory system. Likewise, there are anatomical variations that can enhance and accelerate its appearance, which is why its knowledge must be broadly addressed. **Objective:** To understand the anatomical functional characteristics of the thorax and spine joints. **Methods:** A bibliographic review of 33 articles was carried out in databases such as PubMed and Scopus; using standard terms and search equations. In addition, 5 guide books were consulted, which met the defined inclusion and exclusion criteria. **Results:** The thorax joints show little anatomical and functional variations mentioned that contribute to confusion in the concepts and descriptions of joint classifications, mobility arches and finally trigger pathologies in other systems due to the inadequate functioning of the osteoarthri muscular structures at the axial level, in many cases with surgical requirements for their correction. **Conclusion:** It is essential to understand that the anatomy of the thorax acquires clinical importance not only in physiotherapy and rehabilitation of patients with respiratory diseases, but also for the prevention of predisposing factors for musculoskeletal disorders.

Key words: Thorax, thoracic wall, joints, anatomy, histology, sternocostal joints, variation, respiratory therapy, ribs, sternum.

Solano PA, Sánchez-Quintero D, Santrich M, Montoya-Cobo E. Revisión anatomofuncional de las articulaciones de la columna vertebral y la caja torácica *Salutem Scientia Spiritus* 2022; 8(4):39-45.



La Revista *Salutem Scientia Spiritus* usa la licencia Creative Commons de Atribución – No comercial – Sin derivar:

Los textos de la revista son posibles de ser descargados en versión PDF siempre que sea reconocida la autoría y el texto no tenga modificaciones de ningún tipo.

INTRODUCCIÓN

La caja torácica comprende una región corporal de alta importancia clínica dada su función de protección para los órganos vitales y su mecánica coordinada durante la ventilación pulmonar,¹ sin embargo, también es sitio de múltiples defectos congénitos, especialmente los relacionados al desarrollo del esternón y los cartílagos costales como es el caso del *pectus excavatum* y el *pectus carinatum*; de allí que esta estructura sea objeto de varias investigaciones sobre sus centros de osificación y desarrollo. Aunque la anatomía de las estructuras que conforman la caja torácica se ha estudiado amplia y repetidamente, aún hay discrepancia sobre las características propias de algunas de las articulaciones del tórax, dificultando la comprensión de la mecánica costal y de sus procesos de cicatrización; conocimiento fundamental para profesionales de la salud como los cirujanos de tórax encargados de planear y dirigir procedimientos clínicos como la esternotomía y la toracotomía.²⁻⁴ Así mismo, el conocimiento detallado de la anatomía funcional del tórax comprende un factor clave para los fisioterapeutas y terapeutas respiratorios quienes deben diseñar y aplicar una adecuada rehabilitación cardiorrespiratoria que permita recuperar y mejorar la capacidad pulmonar y la movilidad armónica del tórax para el desempeño general del individuo.

La anatomía humana es un área ampliamente estudiada en la cual se reevalúa constantemente el conocimiento dado el crecimiento científico y los nuevos hallazgos anatómicos, es así como las clasificaciones articulares pueden variar en la literatura de acuerdo a sus funciones, arcos de movilidad, composición articular, entre otros. La comprensión de la interacción estructural y funcional de las estructuras de la pared torácica tanto anterior como posterior tiene especial importancia para el proceso de correlación clínica del paciente donde su estructura flexible permite no solo proteger los órganos sino también estabilizar la cintura escapular al tiempo que facilita el patrón respiratorio coordinando alrededor de 20.000 ventilaciones por día.^{3,4}

La caja torácica es una estructura ubicada entre el cuello y la cavidad abdominal, la cual se encuentra compuesta por múltiples estructuras que le permiten su función. Su pared se divide en anterior y posterior, dentro de la cual convergen tres cavidades (el mediastino y las dos cavidades pleurales). El tórax contiene 12 pares de costillas para un total de 24; de las cuales las siete primeras (I-VII) son llamadas costillas verdaderas o vertebrocostales, por tener fijación al esternón por medio de un cartílago propio. Las tres costillas siguientes (VIII-X) son denominadas falsas o vertebrocondrales por tener su cartílago unido al cartílago inmediatamente anterior y las costillas XI y XII son flotantes o libres por no tener ninguna unión distal.⁵ Las costillas se acomodan en forma de arco en dirección anteroinferior, presentan una cabeza, un cuello, un tubérculo y un cuerpo en donde se observan dos caras: interna y externa, dos bordes: superior e inferior y dos

extremos: posterior y anterior, a excepción de la I y II costilla que son denominadas atípicas. La reja costal se limita anteriormente por el esternón y los cartílagos costales, lateralmente por las costillas y los espacios intercostales y posteriormente por las 12 vértebras torácicas y sus discos intervertebrales, en la parte superior lo delimita la abertura torácica superior y la membrana suprapleural e inferiormente se ubica la abertura torácica inferior y el diafragma.¹ Adicionalmente, su estructura está unida por múltiples articulaciones como las costovertebrales, costotransversas, costocondrales, condroesternales y las intercondrales, además de las articulaciones manubrio esternal y xifoesternal.

La columna es una estructura compleja que se distribuye por segmentos, los cuales tienen múltiples funciones desde soporte, protección, servir de sitio múltiple de inserción muscular y ligamentosa, facilitar el movimiento y absorber los impactos, razón por la cual sus características funcionales influyen en el tórax. Su unidad es conocida como vértebra, la cual es un cilindro de tejido óseo esponjoso rodeado de una capa cortical conformando el sistema rígido y de soporte vertebral, posteriormente al cuerpo de encuentra el agujero vertebral confirmado por pedículos y láminas que son pequeñas estructuras óseas de donde van a formarse los procesos transversos y espinosos que servirán de anclaje y unidad dinámica de la columna. Entre cada vértebra desde C2 hasta L5 se encuentra un disco intervertebral que absorbe la energía y facilita el movimiento intervertebral, así mismo, las vértebras de cada segmento presentan características propias que facilitan o restringen la movilidad en cada segmento: en el segmento cervical se caracterizan por que C1 y C2 son atípicas, y de C3 a C7 son típicas con un cuerpo pequeño, un agujero vertebral grande y procesos espinosos bifidos. C7 es la vértebra más grande de las cervicales y su estructura se acerca a la de las vértebras torácicas.

En el segmento torácico, las vértebras se caracterizan por cuerpos ovalados anteroposteriormente y procesos espinosos largos y de posición longitudinal, factor que sumado a la unión de las costillas restringe aún más la extensión. Las vértebras lumbares presentan cuerpos robustos y agujeros vertebrales muy pequeños y de forma triangular, además presentan salientes óseas adicionales como las apófisis mamilares y las accesorias, sin restringir la movilidad de la zona. En conjunto, la estructura de la columna posee desde una vista sagital tres curvaturas fisiológicas: dos lordosis en la región cervical y lumbar y dos cifosis en la región torácica y a nivel sacro coccigeo en la cual no existe movilidad intervertebral.⁶

Múltiples patologías traumáticas que comprometen el tórax, incluyendo tejidos blandos, huesos, articulaciones, componentes neurovasculares y el mismo funcionamiento tienen la capacidad de generar diversas lesiones como fibrosis, configuración anormal o anquilosis de las articulaciones,⁷ lo que aumenta el riesgo de comorbilidades, es tal la importancia que a nivel quirúrgico el trauma de tórax debe ser manejado prontamente y se ha determi-

nado, que es relevante intervenir para corregir cualquier tipo de alteración posible. Dicho esto, es de suma importancia conocer por parte del personal de salud, el adecuado funcionamiento y clasificación de las articulaciones de la caja torácica con el fin de poder caracterizar las estructuras con objetivos primarios de diagnóstico, orientar un tratamiento y reconocer las indicaciones y posibles dificultades quirúrgicas,^{8,9} así como enfocar de manera adecuada y oportuna la terapia respiratoria en estos pacientes. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de esta investigación es comprender las características anatómicas funcionales de las articulaciones del tórax y de la columna vertebral.

MÉTODOS

Se realizó una revisión de la literatura en bases de datos como, Embase (PubMed) y Scopus utilizando términos MeSH y DeCS establecidos para la búsqueda de literatura: *Thoracic wall, joints, anatomy and histology, joints, variation, ribs, sternum*. El algoritmo de búsqueda utilizado en Pubmed fue: (((thoracic wall) AND (anatomy and histology)) AND (joints)) AND (sternum)) AND (ribs) y para Scopus se usó: (TITLE-ABS-KEY (thoracic AND wall) AND TITLE-ABS-KEY (joints) AND TITLE-ABS-KEY (anatomy) AND TITLE-ABS-KEY (variation)), también se revisaron libros de texto tradicionales en anatomía humana.

Es pertinente mencionar que no todos los artículos encontrados bajo el uso de la terminología propuesta fueron incluidos en el artículo dado los criterios de inclusión y exclusión establecidos, los cuales respondieron a documentos que incluyeran la anatomía de la reja costal y la anatomía y/o histología de las articulaciones del tórax y fueron excluidos los artículos de procedimientos quirúrgicos y tratamientos que no aportan al objetivo de la revisión. Se incluyeron artículos de revisión sistemática de la literatura, revisiones de tema, artículos originales y reportes de casos en un rango de tiempo de publicación entre el año 1980 y 2021, en idioma inglés y/o español.

Finalmente se encontraron 75 documentos de interés mediante los algoritmos de búsqueda antes descritos, 17 fueron eliminados por duplicados y 20 fueron excluidos debido a que no cumplían con todos los criterios de inclusión, por lo tanto, fueron incluidos en la revisión 33 artículos y 5 libros de texto.

RESULTADOS

Conocer la anatomía de los componentes que conforman la caja torácica se hace indispensable principalmente en el contexto quirúrgico debido a la complejidad de estos procedimientos, de ahí la gran cantidad de literatura orientada hacia el conocimiento de la anatomía del tórax en todos los grupos etarios, sin embargo, se encuentran discrepancias entre sus clasificaciones articulares y es necesario comprender su funcionamiento para concertar

estas dudas ya que varias afectaciones pueden comprometer esta región corporal: en la población adulta se pueden encontrar las enfermedades neoplásicas sobretodo de tipo pulmonar, revascularizaciones cardíacas post infarto agudo de miocardio, procesos patológicos como consecuencia de enfermedades crónicas e inclusive el trauma de tórax, el cual alcanza el 80% de los casos de lesión y alrededor del 20% de ellos requieren de intervención quirúrgica debido al riesgo de lesión de las estructuras vitales que se encuentran en este segmento anatómico.¹⁰⁻¹²

En el tórax se encuentran tres tipos de articulaciones de acuerdo al tipo de tejido de unión: fibrosas, cartilaginosas y sinoviales. Desde la pared posterior del tórax, podemos encontrar las articulaciones entre las láminas y los procesos espinosos y entre los procesos transversos y el cuerpo vertebral son de tipo fibroso (sutura), lo que implica que no tienen movimiento alguno; las que se encuentran entre los cuerpos vertebrales son cartilaginosas secundarias o tipo sínfisis debido a la presencia del disco intervertebral que le confiere una movilidad limitada, y las que se encuentran entre los procesos articulares superiores e inferiores de las vértebras son sinoviales planas, debido a la forma de sus caras articulares, generando el mayor rango de movimiento de manera deslizante.¹³

Según Latarjet¹⁴ y Drake¹⁵ el valor clínico y funcional de tórax se puede definir de acuerdo al conjunto de articulaciones torácicas: En el primer grupo se encuentran las articulaciones entre las costillas y las vértebras, el segundo involucra los cartílagos costales con el esternón y en el tercer grupo se encuentran las articulaciones propias de las costillas: costillas-cartílagos costales y entre cartílago-cartílago.

El primer grupo cuenta con dos articulaciones: costovertebrales y costo transversales. Las articulaciones costovertebrales corresponden a la unión de la cabeza de la costilla con las fositas costales ubicadas en una o dos vértebras contiguas, en este último caso, estas carillas costales estarán separadas por el disco intervertebral y se clasifican como sinovial plana lo que significa que poseen una cápsula articular delgada y pequeña. Entre el tubérculo costal y la apófisis transversa de la vértebra correspondiente, se encuentra la articulación costotransversa, la cual también corresponde a una sinovial plana, que se encuentra ausente en la costilla número 11, 12, 14 y 15.

En el segundo grupo se encuentran las articulaciones esterno condrales (esternocostales) ubicadas entre los cartílagos costales superiores y el esternón: la articulación de la primera costilla y el manubrio del esternón es de tipo fibrocartilaginosa y de la segunda costilla a la séptima son sinoviales, las dos articulaciones inter esternales conocidas como sínfisis manubrio-esternal y sínfisis xifo-esternal desaparecen con la edad por osificación de los medios de unión, por lo que se clasifican como cartilaginosas tipo sincondrosis y no sínfisis.^{14,15} Sin embargo, algunos autores

como William *et al* y Moore, han considerado que, aunque la articulación manubrioesternal es tipo sínfisis puede tener también características sinoviales debido a las variaciones en su desarrollo anatómico, en el cual se puede observar en algunos casos una verdadera cavidad central con líquido, razón por la cual le han llamado articulación diartroanfiartrosis como la transición entre un tejido cartilaginoso y sinovial.^{16,17} Ashley por su parte confirma que el proceso de sinostosis que sufre por lo general esta articulación para fusionar el manubrio y el cuerpo del esternón es clara evidencia de su constitución como sincondrosis.¹⁸

La articulación costocondral entre la costilla y el cartílago costal presenta en la cara medial de la costilla una fosa elipsoidea donde se posiciona la extremidad del cartílago y es de tipo fibrosa, la articulación intercondral es el resultado del desarrollo de la fosa oval visualizado como un ensanchamiento en el borde superior e inferior del séptimo cartílago para unirse superiormente con el sexto e inferiormente con el octavo cartílago, los cartílagos noveno y décimo se incurvan hacia arriba y se unen a los otros formando el arco costal considerando sus uniones de tipo sinovial.¹⁵

Las articulaciones esternoclaviculares también son importantes, ya que a través de sus puntos de unión en el manubrio del esternón y de fusión con los cartílagos costales permiten la fijación inicial de la caja torácica.^{19,21} Así mismo se considera la única articulación entre el miembro superior y el esqueleto axial, considerada como sinovial compuesta ya que presenta un disco de fibrocartilago interpuesto entre las caras articulares. La variabilidad encontrada en la literatura estima que esta articulación es considerada como sinovial silla de montar vs sinovial plana y esto puede ser asumido desde la orientación de las carillas articulares, teniendo en cuenta que la clavícula es el primer hueso que inicia su formación pero uno de los últimos que completa su osificación. El extremo esternal de la clavícula se forma a través de la osificación endocondral y el extremo acromial a través de osificación intramembranosa, aunque sufren diferentes procesos de osificación, su estructura se remodela para formar un hueso laminar, de esta manera, la articulación acromioclavicular si bien pertenece al miembro superior, no queda exenta de las variaciones: Cuellar *et al*,¹⁹ mencionan que entre las dos carillas articulares se encuentra interpuesto un tejido de característica meniscal que no se encuentra en todos los casos, dado que su formación se produce alrededor de los tres años de vida a partir de un fibrocartilago, sin embargo, esta estructura se reduce gradualmente después de la segunda década de vida disminuyendo su función de congruencia y transmisión de fuerzas hasta desaparecer posiblemente en la cuarta década de vida,^{22,23} sus caras articulares pueden presentar variabilidad en la disposición; la más común es donde el acromion se dispone anterior, craneal y medial, mientras que la carilla articular de la clavícula se orienta hacia posterior, caudal y lateral, pero esta descripción sólo acoge el 49% de los casos y el porcentaje restante se encuentra distribuido de la siguiente manera: el 3% tiene una

disposición contraria, siendo el acromion caudal y el extremo acromial de la clavícula craneal, en el 27% no hay inclinación de ningún extremo y en el 21% no hay congruencia articular.¹⁹

Con respecto a las articulaciones de la columna, las atlantooccipitales y atlantoaxial media son sinoviales tipo condílea y pivote respectivamente; aunque no pertenecen directamente a la región del tórax, su amplia movilidad interviene indirectamente en la mecánica de esta región.¹³ La articulación atlantooccipital permite realizar movimientos de extensión de 20°-25° y flexión de 10°-30°. La articulación atlantoaxial en comparación, permite movimientos de extensión, flexión, flexión lateral y rotación; gracias a la articulación media que contiene dos cavidades sinoviales, una sobre la superficie posterior y otra sobre la anterior del atlas en frente del proceso odontoides.

Gran parte de la rotación ocurre por la articulación media mientras que los demás movimientos son por las articulaciones laterales. La mitad de la rotación ocurre por la articulación atlantoaxial media sin el uso de otras vértebras; el rango de movilidad puede variar ligeramente entre personas, pero tiene un rango de 30°-90° para cada lado, la amplitud de la rotación depende de la cápsula, por lo cual los ligamentos (alar y transversos) deben estar lo suficientemente fuertes para soportar el movimiento. La flexión tiene un rango de 2°-5° y la extensión de 9°-10°.¹³

Las articulaciones ubicadas por debajo de C2 son las responsables de contribuir a los movimientos de flexión, extensión, flexión lateral (inclinaciones) y rotación. El rango de flexión de las articulaciones de C2-C7 es de 33°-48° y la extensión de 36°-59° debido a los procesos espinosos que limitan el movimiento. No obstante, se ha llegado a un acuerdo en donde se estima que los grados de flexión y extensión total es de 117° hasta 155° correspondientes; la flexión lateral de 30°-73° y la rotación total de 142°. Kottke y Mundale concuerdan con que la mayor parte del movimiento cervical se da entre C5-C6 mientras que Jones sustenta que desde C4-C5.¹³

DISCUSIÓN

Las diferentes clasificaciones que se pueden encontrar en algunas de las articulaciones del tórax generan confusión y afectan la comprensión funcional no solo del complejo torácico sino también de su movilidad conjunta con la columna vertebral. Los hallazgos en la literatura han permitido definir la importancia de la caja torácica como estructura anatómica compuesta por costillas, cartílagos, vertebrales, músculos intercostales y esternón.²⁴ Múltiples uniones facilitan un correcto funcionamiento de la caja torácica y la columna vertebral; desde la articulación atlantooccipital, hasta las esternocostales, costovertebrales y costotransversas principalmente con el objetivo de proteger los órganos vitales ante fenómenos traumáticos, pero también para

contener en su interior estructuras vasculares y nerviosas que permiten el funcionamiento armónico del sistema.²⁵

Una de las articulaciones que más discrepancia presenta es la sínfisis manubrioesternal, debido a que su nombre implica que corresponde a una articulación cartilaginosa secundaria (sínfisis) pero sus descripciones anatómicas la catalogan como una primaria (Sincondrosis) y esto podría estar asociado según Del Sol *et al*, a las variaciones que cursa el tejido durante su desarrollo, siendo en el recién nacido uniones óseas mediante cartílago hialino formando una articulación cartilaginosa primaria pero posteriormente la placa de cartílago se transforma en fibrocartílago variando su estructura en una articulación cartilaginosa secundaria o sínfisis. Este autor hace énfasis en el crecimiento intrínseco del disco de fibrocartílago y en el crecimiento de las placas de cartílago hialino como factores principales para su caracterización debido a las descripciones de William sobre el efecto proliferativo de las placas de cartílago hialino que son infiltradas por los centros de osificación del manubrio y de la primera esternebra, sin embargo, deben ser tenidas en cuenta la edad del individuo y las eventuales variaciones anatómicas de desarrollo.²⁶

La articulación esternoclavicular también genera gran discrepancia porque, aunque es claro que presenta una cápsula fibrosa y un disco de fibrocartílago, la forma de sus caras articulares puede ser variable dificultando su clasificación en un solo tipo. Latarjet y Moore, describen esta articulación como sinovial tipo sillar porque indican que sus caras articulares son cóncavo convexas, sin embargo, esta descripción asumiría que se mueve en dos planos de movimiento para permitir la elevación, el descenso, la protracción y la retracción,^{14,17} sin embargo, funcionalmente no se podría decir que esta articulación este en capacidad de realizar dichos movimientos, debido a que su rango de movilidad es limitado por la unión acromioclavicular, permitiendo pensar que su clasificación realmente corresponde a una sinovial plana, la cual puede moverse en todos los planos pero con rangos limitados que aseguran acompañar los movimientos de la articulación glenohumeral y de disociación escapulotorácica mediante deslizamientos.

En cuanto a la movilidad vertebral, los rangos de movilidad difieren de acuerdo a la región anatómica; es decir, la región cervical, torácica, lumbar y sacra tienen diferente capacidad de movimiento y arcos de movilidad con sus respectivos valores lo que le confiere la capacidad de movimiento al ser humano. Los autores han descrito distintas razones por las cuales puede haber variaciones entre los individuos y esto dependerá en gran parte de la configuración anatómica de cada persona y de características inherentes al ser humano como edad, el sexo, la densidad muscular y la flexibilidad articular entre otros.

La región cervical le confiere al hombre la capacidad de realizar movimientos de rotación, extensión, flexión y flexión lateral;

cada uno con diferentes grados de movimiento dependiendo de la región anatómica en la que se encuentre la vértebra (región cervical, torácica, lumbar y sacra). En cada una de estas regiones, la movilidad es relativamente limitada; no obstante, al evaluarse de forma global la configuración espinal podría considerarse que el hombre tiene una movilidad considerable que repercute en gran medida con la postura para la respiración y la movilidad costal. Los dos aspectos principales que intervienen en la movilidad son la densidad del disco intervertebral y la dirección de las facetas vertebrales; aquellas que se encuentran en un plano más horizontal permite mayor rotación, aquellas en un plano sagital confieren mayor flexión y extensión; y finalmente aquellas que se encuentran en un plano coronal permiten un movimiento de flexión lateral más amplio. También se debe tener en cuenta la concomitancia con otras patologías propias de la edad como osteoporosis, fracturas, entre otros.

Cuando las patologías de columna comprometen las funciones del tórax como sucede en la escoliosis, la cual es una alteración vertebral caracterizada por una o varias curvaturas laterales con un ángulo mayor a 10°, ²⁷⁻³⁰ se desencadena el deterioro de la función pulmonar y cardíaca especialmente cuando está curvatura excede los 60° y estos cambios pueden ser por múltiples razones como: la alteración en la mecánica respiratoria debido a la deformación de la columna que genera un efecto de compresión hacia el lado cóncavo, alterando la posición de las costillas, mientras al lado contralateral convexo ocurre lo opuesto, la alteración de las costillas altera su ángulo, causando un defecto de acoplamiento de la musculatura y de la caja torácica, con la disminución de la mecánica adaptativa respiratoria a los cambios bruscos, debido a la disminución de los volúmenes pulmonares como la capacidad vital, la capacidad pulmonar total y el volumen de reserva.^{8,27,31-33}

Históricamente, las enfermedades de tipo respiratorio han sido causa importante de mortalidad alrededor del mundo, para el año 2017 se identificó a través de un estudio que 544,9 millones de personas padecían de una enfermedad respiratoria crónica como asma y enfermedad pulmonar intersticial, con una tasa de mortalidad del 51,23% por cada 100,000 habitantes,^{5,32-34} cifra que teniendo en cuenta las otras enfermedades respiratorias y el contexto actual de pandemia por COVID-19, al año 2021 debe ser significativamente más alta debido el alto número de pacientes que requieren terapia en su proceso recuperación donde las secuelas asociadas a este virus conllevan a que el 14% de los pacientes requieren hospitalización, oxígeno y terapia respiratoria con el fin de restablecer la función respiratoria a través de la adaptación de los músculos y articulaciones de la caja torácica.³⁵⁻³⁷

Otra enfermedad de alto impacto en la población es el EPOC (Enfermedad pulmonar obstructiva crónica) caracterizada por la reducción persistente del flujo de aire.³⁸⁻⁴⁰ Se ha convertido en una de las enfermedades más comunes en el mundo⁴¹⁻⁴⁴ caracterizada

por la adaptación del tórax donde se horizontaliza las costillas formando un tórax en barril o tonel, se aplanan los hemidiafragmas, se aumenta la frecuencia de los músculos accesorios como los intercostales, los escalenos y los esternocleidomastoideos,^{45,46} lo que en conjunto provoca mayores riesgos para fracturas y facilidad a desarrollar deformidades óseas que alteran el funcionamiento de la caja torácica y por consiguiente los órganos ubicados en esta región.⁴⁷⁻⁴⁹

CONCLUSIONES

El tórax y la columna vertebral son estructuras de alta relevancia clínica dada su función complementaria en la acción postural y respiratoria, de allí que su anatomía requiere mayor nivel de profundización que permita correlacionar adecuadamente su estructura dinámica y funcional.

Las descripciones anatómicas del sistema osteoarticular siempre han presentado discrepancias en el sistema locomotor, especialmente lo que concierne a la clasificación morfofuncional de las articulaciones. En este caso, las estructuras que conforman el tórax no son la excepción debido a las variaciones de osificación de los huesos y a la función articular en conjunto; lo que implica analizar funcionalmente estas articulaciones de acuerdo a su rol respiratorio y postural y no solo por la forma de sus caras articulares.

Con respecto a la discrepancia en la literatura sobre los arcos de movilidad de algunas articulaciones de la columna vertebral y tórax, es importante destacar que su pertinencia se debe analizar desde la correlación de dichos valores de acuerdo a la patología y clínica del paciente. Se requiere profundizar en trabajos de investigación que permitan conocer con mayor detalle la conformación morfológica no solo las articulaciones principales sino también aquellas como las esternales, intercondrales y finalmente las costocondrales que también aportan a la mecánica torácica.

REFERENCIAS

- Hussain A, Burns B. Anatomy, Thorax, Wall. [Updated 2021 Jul 31]. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535414/>
- Bayarogullari H, Yengil E, Davran R, Ađlagül E, Karazincir S, Balci A. Evaluation of the postnatal development of the sternum and sternal variations using multidetector CT. *Diagn Interv Radiol.* 2014; 20(1):82-9. DOI: 10.5152/dir.2013.13121.
- Clemens MW, Evans KK, Mardini S, Arnold PG. Introduction to chest wall reconstruction: anatomy and physiology of the chest and indications for chest wall reconstruction. *Semin Plast Surg.* 2011; 25(1):5-15. DOI: 10.1055/s-0031-1275166
- Malathi L, Das S, Nair JTK, Rajappan A. Chest wall reconstruction: success of a team approach-a 12-year experience from a tertiary care institution. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020; 36(1):44-51. DOI: 10.1007/s12055-019-00841-y.
- Díaz-Rojas CA, Sierra IJ, Milanés-Escobar SA, Velosa-Moreno AF, Díaz-Cujar RA. Anatomía básica en la radiografía de tórax. *Rev. Médica Sanitas.* 2017; 20(2):116-23.
- Smiljanić I, Kovac V, Cimić M. Changes in pulmonary functional parameters after surgical treatment of idiopathic scoliosis. *Coll Antropol.* 2009; 33 Suppl 2:145-52.
- Sutro CJ, Sutro WH. Articulations of the ribs: a pictorial review. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst.* 1981;41:1-18.
- Carrier G, Fréchet E, Ugalde P, Deslauriers J. Correlative anatomy for the sternum and ribs, costovertebral angle, chest wall muscles and intercostal spaces, thoracic outlet. *Thorac Surg Clin.* 2007; 17(4):521-8. DOI: 10.1016/j.thorsurg.2007.04.003
- Safarini OA, Bordoni B. Anatomy, Thorax, Ribs. [Updated 2021 Jul 13]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
- Felipe Undurraga M, Patricio Rodríguez D, David Lazo P. Trauma de tórax. *Rev médica Clín Las Condes [Internet].* 2011;22(5):617-22. DOI: 10.1016/s0716-8640(11)70473-4
- Matus Jiménez J, Carbajal Aguilar G, Alonso Macías JF, Domínguez Sosa M, Molina Medinilla M, Henríquez Avalos C. Tratamiento de tórax flotante. Presentación de caso [Treatment in unstable thorax. Case report]. *Acta Ortop Mex.* 2008; 22(1):55-8.
- Obermeyer RJ, Goretzky MJ. Chest wall deformities in pediatric surgery. *Surg Clin North Am.* 2012;92(3):669-84. DOI: 10.1016/j.suc.2012.03.001.
- Kent BE. Anatomy of the trunk. A review: part I. *Phys Ther.* 1974; 54(7):722-44. DOI: 10.1093/ptj/54.7.722
- Latarjet M. ARL. Anatomía Humana. 5ta. Bogotá DC, Colombia: Panamericana Editorial Ltda; 2019: 833-836.
- Drake R, Vogl AW, Mitchell A. Gray anatomía básica 3ra. Elsevier; 2013:148-150.
- Williams PL, Warwick R, Dyson M, Bannister LH. Gray Anatomía. Trigésima séptima edición. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1995.
- Moore KL. Anatomía con orientación clínica. Tercera edición. Madrid, Panamericana, 1997.
- Ashley A, Testut L, Latarjet A. Tratado de anatomía humana. Novena edición. Barcelona, Salvat, 1968. V. 1.
- Cuéllar Ayestarán A, Cuéllar Gutierrez R. Anatomía y función de la articulación acromioclavicular. *Rev esp artrosc cir articular [Internet].* 2015; 22(1):3-10. DOI: 10.1016/j.reaca.2015.06.005
- Stine IA, Vangness CT Jr. Analysis of the capsule and ligament insertions about the acromioclavicular joint: a cadaveric study. *Arthroscopy.* 2009; 25(9):968-74. DOI: 10.1016/j.arthro.2009.04.072.
- Renfree KJ, Wright TW. Anatomy and biomechanics of the acromioclavicular and sternoclavicular joints. *Clin Sports Med.* 2003; 22(2):219-37. DOI: 10.1016/s0278-5919(02)00104-7.
- Petesson CJ. Degeneration of the acromioclavicular joint. A morphological study. *Acta Orthop Scand.* 1983; 54(3):434-8. DOI: 10.3109/17453678308996597.

23. Salter EG Jr, Nasca RJ, Shelley BS. Anatomical observations on the acromioclavicular joint and supporting ligaments. *Am J Sports Med.* 1987; 15(3):199-206. DOI: 10.1177/036354658701500301.
24. Wörsdörfer O, Magerl F. Funktionelle Anatomie der Wirbelsäule [Functional anatomy of the spine]. *Hefte Unfallheilkd.* 1980; (149):1-14.
25. del Sol M, Vasconcellos A, Olave E. Aspectos histológicos de la articulación manubriosternal. *Rev Chil Anat.* 17(2):211-216. DOI: 10.4067/S0716-98681999000200013.
26. 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 Anestesiología y Reanimación* 2005; 52:24-43.
27. Kim HJ, Blanco JS, Widmann RF. Update on the management of idiopathic scoliosis. *Curr Opin Pediatr.* 2009; 21(1):55-64. DOI: 10.1097/MOP.0b013e328320a929.
28. 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 afectación respiratoria. *Arch Bronconeumol.* 2003; 39(11):507-13. DOI: 10.1016/s0300-2896(03)75441-6
29. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet.* 2008;371(9623):1527-37. DOI: 10.1016/S0140-6736(08)60658-3.
30. Graeber GM, Nazim M. The anatomy of the ribs and the sternum and their relationship to chest wall structure and function. *Thorac Surg Clin.* 2007;17(4):473-89, vi. DOI: 10.1016/j.thorsurg.2006.12.010.
31. Redding G, Song K, Inscore S, Effmann E, Campbell R. Lung function asymmetry in children with congenital and infantile scoliosis. *Spine J.* 2008; 8(4):639-44. DOI: 10.1016/j.spinee.2007.04.020.
32. McMaster MJ, Glasby MA, Singh H, Cunningham S. Lung function in congenital kyphosis and kyphoscoliosis. *J Spinal Disord Tech.* 2007;20(3):203-8. DOI: 10.1097/01.bsd.0000211270.51368.43.
33. Li X, Cao X, Guo M, Xie M, Liu X. Trends and risk factors of mortality and disability adjusted life years for chronic respiratory diseases from 1990 to 2017: systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *BMJ.* 2020;19;368. DOI: 10.1136/bmj.m234.
34. Yao S, Hassani J, Gagne M, George G, Gilliar W. Osteopathic manipulative treatment as a useful adjunctive tool for pneumonia. *J Vis Exp.* 2014; (87):50687. Disponible en: DOI: 10.1136/bmj.m234.10.3791/50687.
35. Gil-Rodrigo A, Miró Ó, Piñera P, Burillo-Putze G, Jiménez S, Martín A, Martín-Sánchez FJ, *et al.* Analysis of clinical characteristics and outcomes in patients with COVID-19 based on a series of 1000 patients treated in Spanish emergency departments. *Emergencias.* 2020; 32(4):233-241.
36. Martínez-Pizarro S. Rehabilitación respiratoria en pacientes con COVID-19. *Rehabilitación (Madr).* 2020;54(4):296-297. DOI: 10.1016/j.rh.2020.04.002.
37. Cinesi-Gómez C, Peñuelas-Rodríguez Ó, Luján-Torné ML, Egea-Santaolalla C, Masa-Jiménez JF, García-Fernández J, *et al.* Clinical Consensus Recommendations Regarding Non-Invasive Respiratory Support in the Adult Patient with Acute Respiratory Failure Secondary to SARS-CoV-2 infection. *Rev Esp Anestesiología y Reanimación (Engl Ed).* 2020; 67(5):261-270. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2020.03.005>
38. Davidson C, Banham S, Elliott M, BTS Standards of Care Committee Member, British Thoracic Society/Intensive Care Society, Acute Hypercapnic Respiratory Failure Guideline Development Group, *et al.* Guideline for the ventilatory management of acute hypercapnic respiratory failure in adults. *BMJ Open Respiratory Research* 2016; 3:e000133. DOI: 10.1136/bmjresp-2016-000133
39. Malave A, Elamin EM. Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS)-Lessons for Future Pandemics. *Virtual Mentor.* 2010; 12(9):719-25. DOI: 10.1001/virtualmentor.2010.12.9.cpr11-1009.
40. Chacón-Chaves Ronald A., Sibaja-Campos Mario, Dávila-Haas Juan A., Gutiérrez-Pimentel Rodolfo, Gutiérrez-Sanabria Alexis, Rocha-Contreras Betty, *et al.* Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC). *Acta méd. costarric.* 2003; 45(Suppl 1):23-28.
41. Saab M, Zorrilla M, Mazzei M, Ossés J, Cáneva J. Osteoporosis en la enfermedad obstructiva crónica. *Rev Argent Med Respir.* 2004;1:38-47.
42. Fajardo-Rivero JE, Aguirre Franco CE, Torres Duque CA. Osteoporosis, fracturas vertebrales e hipercofosis en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Rev Colomb Neumol.* 2016; 27(2).
43. Kado DM, Prenovost K, Crandall C. Narrative review: hyperkyphosis in older persons. *Ann Intern Med.* 2007; 147(5):330-8. DOI: 10.7326/0003-4819-147-5-200709040-00008.
44. Bogduk N. Functional anatomy of the spine. *Handb Clin Neurol.* 2016; 136:675-88. DOI: 10.1016/B978-0-444-53486-6.00032-6.
45. Restrepo CS, Martínez S, Lemos DF, Washington L, McAdams HP, Vargas D, Lemos JA, Carrillo JA, Diethelm L. Imaging appearances of the sternum and sternoclavicular joints. *Radiographics.* 2009; 29(3):839-59. DOI: 10.1148/rg.293055136.
46. Amăricăi E, Suciú O, Onofrei RR, Miclăuş RS, Iacob RE, Caţan L, *et al.* Respiratory function, functional capacity, and physical activity behaviours in children and adolescents with scoliosis. *J Int Med Res.* 2020; 48(4):300060519895093. DOI: 10.1177/0300060519895093.
47. Güell Rous MR, Díaz Lobato S, Rodríguez Trigo G, Morante Vélez F, San Miguel M, Cejudo P, *et al.* Rehabilitación respiratoria. *Arch Bronconeumol.* 2014; 50(8):332-44. DOI: 10.1016/j.arbres.2014.02.014.
48. Bako D, Yapıcı Ö. Silent anatomic variations of the pediatric chest: They might not be congenital. *Eur J Radiol.* 2021; 142:109888. DOI: 10.1016/j.ejrad.2021.109888.
49. Roberts KP, Weinhaus AJ. Anatomy of the Thoracic Wall, Pulmonary Cavities, and Mediastinum. In: Iazzo, P.A. (eds) *Handbook of Cardiac Anatomy, Physiology, and Devices.* Humana Press. 2005. DOI: 10.1007/978-1-59259-835-9_3