

Anatomía funcional de la Respiración

Diafragma.

El diafragma es un tabique muscular en forma de cúpula que separa las cavidades torácica y abdominal e interviene de forma fundamental en la respiración. Como peculiaridades características, este músculo presenta una **inserción central** sobre la que convergen sus diferentes porciones y que no se fija en ningún hueso, sino que forma parte del propio músculo y presenta **varios espacios** a través de los que discurren las diferentes estructuras que atraviesan el tronco desde el tórax al abdomen o viceversa.

Origen e inserción del diafragma

En el diafragma se distinguen varias porciones de origen, unas son pares y laterales y las otras impares y medias:

1. **Porción esternal**, se origina en la cara posterior la apófisis xifoides del esternón.
2. **Porción costal**, a ambos lados de las costillas, por la cara medial de las seis costillas inferiores (VII-XII).
3. **Porción lumbar**: tiene dos puntos de origen
 1. **Lateral**: se origina de arcos fibrosos desde la primera vértebra lumbar hasta la apófisis costal de la misma vértebra (**lig. arqueado medial**), por debajo del que discurre el músculo psoas y por un segundo arco desde la apófisis costal de LI hasta la XII costilla (**lig arqueado lateral**), que cruza transversalmente el músculo cuadrado lumbar.
 2. **Media**, se forma en la cara anterior de las vértebras lumbares (LI-LIII) por medio de unas fibras tendinosas denominadas **pilares del diafragma** (derecho e izquierdo) que convergen para formar una porción de origen única (ligamento arqueado medio), alrededor de la arteria aorta.

La inserción del diafragma se realiza en la parte central del propio músculo, donde convergen las diferentes porciones de origen del mismo. Tiene forma de trébol, recibe la denominación de **centro tendinoso (centro frénico)** y característicamente posee un aspecto nacarado y reluciente.

La inervación del diafragma procede de los **nervios frénicos**, que se originan en la región cervical de los nervios espinales C3-C5 (plexo cervical) y recorren todo el interior del tórax para ir a finalizar en el diafragma, en la zona cercana al orificio de la vena cava inferior (nervio frénico derecho) y en la porción esternal (nervio frénico izquierdo).

Hiatos y orificios del diafragma.

El diafragma no forma un tabique íntegro, sino que presenta diferentes espacios, algunos reales y otros virtuales, que permiten (reales) o impiden (virtuales) el tránsito de estructuras desde el tórax al abdomen o viceversa. Los más importantes son los siguientes:

1. **Hiato aórtico**, delimitado por los pilares del diafragma, permite el paso de la arteria aorta desde el tórax al abdomen.
2. **Hiato esofágico**, en el espesor de la porción vertebral, es atravesado por el esófago acompañado de los nervios vagos.
3. **Foramen de la vena cava**, en la parte derecha del centro tendinoso, atravesado por la vena cava inferior en su trayecto hacia el corazón.

4. **Triángulo esternocostal**, espacio virtual entre las porciones esternal y costal, obliterado por las serosas torácica y abdominal (pleura y peritoneo).
5. **Triángulo lumbocostal**, entre las porciones costal y lumbar, de forma triangular, cubierto por la pleura y el peritoneo.

Hay otros orificios de menor tamaño en el diafragma para el tránsito de estructuras de menor tamaño como son las venas lumbares, vasos epigástricos y nervios espláncnicos.

Músculos intercostales.

Los músculos intercostales, ocupan los espacios delimitados entre las costillas, presentan un carácter segmentario y se distribuyen en varios planos superpuestos por lo que se distinguen tres músculos:

Intercostales externos.

Se extienden desde las tuberosidades costales hasta el cartílago costal, donde son sustituidos por una lámina aponeurótica hasta llegar al esternón. Se originan en el borde inferior de la costilla superior y se insertan en el borde superior de la costilla inferior, sus fibras son oblicuas hacia de arriba abajo y de lateral a medial. El número total es de once.

Intercostales internos.

En número de once, sus inserciones comienzan por delante en el esternón o extremidad anterior costal en las costillas falsas y se extienden hasta el ángulo costal donde es reemplazado por una lámina aponeurótica. Se originan en el surco costal y se insertan en el borde superior de la costilla inferior, sus fibras musculares se disponen hacia abajo y afuera.

Intercostales íntimos.

Se consideran láminas internas de los músculos intercostales internos por la dirección similar de sus fibras, en muchas ocasiones faltan. Actúan al unísono con los intercostales internos. Se originan e insertan en las caras mediales de las costillas. Entre éstos músculos y los intercostales internos discurre el paquete vasculonervioso intercostal.

La musculatura intercostal se halla inervada por los nervios intercostales, de tal manera que el nervio intercostal correspondiente a cada espacio inerva a los músculos contenidos en éste.

Musculatura accesoria.

Se pueden distinguir dos tipos de músculos accesorios de la respiración, por una parte los **músculos del tórax relacionados con la musculatura intercostal**, que han perdido el carácter segmentario de éstos y saltando uno o más segmentos intercostales llegan a fijarse en otros espacios u otras zonas del tronco diferentes de las costillas. Estos músculos son:

1. Músculos subcostales.
2. Ms. Transverso del tórax
3. Ms. Elevadores de las costillas largos y cortos
4. Ms. Serrato posterior superior.
5. Ms. Serrato posterior inferior.

Su papel durante los movimientos respiratorios es escaso en comparación con el del diafragma e intercostales, colaboran con los intercostales en los movimientos de ascenso y descenso de las costillas.

Músculos subcostales.

Se originan en el borde inferior de las costillas inferiores y se fijan en la cara interna de las dos o tres costillas situadas por debajo. Son elevadores de las costillas.

Músculo transverso del tórax

Se origina en la cara posterior del esternón y en la apófisis xifoides, emite expansiones radiadas hacia las costillas II a VI, sobre cuyos cartílagos costales se fija. Su contracción facilita el descenso de las costillas.

Músculos elevadores de las costillas largos y cortos

Se originan en las apófisis transversas de las vértebras CVII-TXI, insertándose en el ángulo de la costilla inferior (cortos) o dos costillas por debajo (largos). Son músculos que funcionalmente actúan al unísono con la musculatura de la espalda colaborando en la extensión de la columna torácica. Colaboran en la inspiración.

Músculo serrato posterior superior

Tiene su origen en las apófisis espinosas de CVII-TIII, sus fibras siguen dirección caudal y lateral para fijarse en los bordes superiores de las costillas II a IV, en el área cercana al ángulo costal. Actúa como elevador de las costillas.

Músculo serrato posterior inferior

Su inserción proximal se realiza en las apófisis espinosas de TXI-LII, sus fibras son oblicuas hacia arriba y afuera para finalizar en los bordes inferiores de las costillas VIII-XII. Al contraerse facilita el descenso de las costillas.

Un segundo grupo estaría formado por aquellos **músculos que no son propiamente del tórax**, pero que colaboran en los movimientos respiratorios especialmente en situaciones extremas o patológicas como la espiración máxima o la patología bronquial crónica. Agrupa a musculatura del cuello como el ms. esternocleidomastoideo y ms. escalenos; y musculatura que toma origen o inserción costal cuya acción habitual no es la participación en la respiración como es el caso de la musculatura abdominal, el serrato mayor, el dorsal ancho y musculatura de la espalda.

Acción integrada de la musculatura respiratoria.

Las diferentes acciones del diafragma, musculatura intercostal y músculos accesorios, permiten los movimientos de ensanchamiento o estrechamiento de la cavidad torácica, que se hallan directamente ligados con la entrada de aire a los pulmones.

Desde el punto de vista funcional, podemos distinguir cuatro grupos musculares:

1. Músculos inspiratorios: Intercostales externos, Elevadores costales largos y cortos y Diafragma.
2. Músculos accesorios de la inspiración: Esternocleidomastoideo, Escalenos, Pectorales, Serrato Mayor, Dorsal ancho, Serratos posteriores y Ms. Iliocostal sacro y lumbar.
3. Ms. espiratorios: Intercostales internos. Transverso del tórax.

4. Ms. accesorios de la espiración: Músculos abdominales.

El mecanismo de acción de los músculos intercostales externos y elevadores costales se basa en la dirección de sus fibras oblicua hacia abajo y adentro, lo que determina el movimiento de ascenso de las costillas con el consiguiente incremento del diámetro torácico.

La contracción de las fibras musculares del diafragma, al realizarse sobre un tendón sin inserción ósea (centro frénico), provoca el ensanchamiento de la cavidad torácica en sus tres diámetros por los siguientes mecanismos:

- Descenso del centro frénico y aumento del diámetro vertical.
- Elevación de las costillas inferiores con incremento del diámetro transversal.
- Elevación de las costillas superiores por medio del esternón con el consiguiente aumento del diámetro anteroposterior.

Básicamente este proceso se puede resumir de la siguiente manera: la contracción inicial del diafragma provoca el descenso del centro frénico el cual se ve limitado por la presencia de las vísceras abdominales, por lo que se convierte en punto fijo, por lo que al mantenerse la contracción, ésta repercute sobre las costillas inferiores a las que eleva por la porción costal del diafragma y sobre el esternón que se ve desplazado hacia delante y por consiguiente eleva los cartílagos costales y las costillas superiores articuladas con él.

En el proceso de espiración, los músculos juegan un papel relativo, ya que la espiración es un proceso pasivo en el que el tórax regresa a su posición inicial por elasticidad al ceder la contracción de la musculatura inspiratoria, por lo que el papel de los músculos espiratorios se reduce a situaciones que requieren un sobreesfuerzo espiratorio (p. ejemplo la tos, la espiración forzada, etc.)

Anatomía funcional de la columna vertebral

Musculatura de la espalda

Los músculos de la espalda se dividen en dos grupos, los músculos extrínsecos (plano superficial) y los músculos intrínsecos (plano profundo, paravertebral). Ambos grupos musculares están separados por la hoja superficial de la fascia toracolumbar. Los músculos extrínsecos son músculos de gran tamaño que han desarrollado fijaciones en estructuras óseas del miembro superior y que se estudian con éste: Trapecio, Dorsal ancho, Serrato anterior, Romboides y Elevador de la escápula.

La musculatura propia de la columna vertebral se corresponde con una serie amplia de músculos que se localizan en la parte posterior de la columna vertebral formando un grupo voluminoso y complejo que recibe el nombre de músculos de los canales vertebrales o músculos intrínsecos o profundos de la espalda. En él se incluyen músculos que actúan sobre todas las regiones de la columna.

La complejidad de esta musculatura es tal que en los diferentes tratados de Anatomía se detectan diferencias importantes en cuanto a sus puntos exactos de fijación, su nomenclatura y clasificación.

Desde el punto de vista embriológico, se originan de las células de los miotomos que migran a la región hipoxil y que están inervados por los ramos posteriores de los nervios espinales.

La **fascia toracolumbar** presenta dos hojas, superficial y profunda que envuelven a los músculos intrínsecos de la espalda y los separan de los músculos extrínsecos y de la musculatura prevertebral (originada en la región epaxil embrionaria e inervados por los ramos anteriores de los nervios espinales).

Clasificación.

| EXTENSORES Y ROTADORES DE LA CABEZA | MÚSCULOS CORTOS | MÚSCULOS LARGOS |
|--|------------------------------------|--|
| Esplenio de la cabeza Esplenio del cuello | Interespinosos Intertransversos | Erector de la columna Transversoespinosos |

Ms. Esplenio de la Cabeza.

Origen: Se origina en las apófisis espinosas desde CIV a TIII

Inserción: Línea nucal superior del Occipital y apófisis mastoides del temporal

Ms. Esplenio del Cuello.

Origen: Apófisis espinosas desde la tercera hasta la sexta vértebras torácicas.

Inserción: Apófisis transversas de las tres primeras vértebras cervicales

Ambos músculos se sitúan en la parte posterior de la región cervical, por debajo de los músculos esternocleidomastoideo y trapecio, cubriendo a los músculos semiespinoso y longísimo de la cabeza.

Las acciones de estos músculos se estudiarán de forma más detallada en el apartado dedicado a la Anatomía de Cabeza y Cuello. Básicamente contribuyen a la extensión de la cabeza y cuello cuando se contraen de forma bilateral, mientras que la contracción homolateral conduce sobre todo a la inclinación lateral y a la rotación de la cabeza y del cuello.

Ms. Interespinosos.

Se trata de músculos cortos situados entre las apófisis espinosas de las vértebras contiguas a cada lado del ligamento interespinoso, se delimitan mejor en la región cervical y están prácticamente ausentes en la región torácica. En ocasiones saltan más de dos vértebras.

Ms. Intertransversos.

Son pequeños músculos situados entre las apófisis transversas de las vértebras, mejor desarrollados a nivel cervical donde presentan dos fascículos (medial y lateral), al igual que en la región lumbar (representando probablemente sus fascículos restos de la musculatura intercostal y supracostal no desarrollada en estas regiones), en la región torácica están poco desarrollados.

Ms. Erector de la columna vertebral

Representa en realidad una unidad funcional que incluye diferentes músculos según el nivel de la columna considerado y sus inserciones.

La masa muscular común del erector de la columna vertebral se origina en el sacro, apófisis espinosas de las vértebras lumbares y en la cresta ilíaca. Las fibras de esta masa se dividen en

tres columnas: **Ms. Iliocostal** (columna lateral), **Ms. Longísimo** (columna intermedia) y **Ms. Espinoso** (columna medial)

Cada uno de estos músculos consta de tres porciones según la región de la columna vertebral considerada:

Ms. Iliocostal.

- **Ms. Iliocostal lumbar**, se inserta en los bordes inferiores de los ángulos de las costillas. Se compone de dos porciones: Lumbar que se inserta en las seis últimas costillas y Torácica que se inserta en las seis primeras
- **Ms. Iliocostal cervical**, se dirige desde los ángulos de las costillas III a VI hacia los tubérculos posteriores de las apófisis transversas de las vértebras cervicales CIV a CVI.

Ms. Longísimo.

- **Ms. Longísimo torácico**, se origina de la masa muscular común del erector de la espina dorsal y se inserta en las apófisis transversas de las vértebras torácicas y en las diez últimas costillas.
- **Ms. Longísimo cervical**, se extiende desde las apófisis transversas de las cuatro vértebras dorsales superiores hasta las apófisis transversas de las vértebras cervicales CII-CVI
- **Ms. Longísimo de la cabeza** nace de las apófisis transversas de CIV a TIV, se inserta en la apófisis mastoides del hueso temporal de la cabeza.

Ms. Espinoso.

- **Ms. Espinoso torácico**, apenas identificable como músculo independiente, está unido al longísimo torácico, se extiende desde las apófisis espinosas de las dos últimas vértebras torácicas y dos primeras lumbares hasta las apófisis espinosas de las vértebras TIV a TVIII
- **Ms. Espinoso del cuello**, inconstante, con frecuencia está ausente.
- **Ms. Espinoso de la cabeza** se confunde con el semiespinoso de la cabeza.

Ms. Transversoespinoso

Se trata de un grupo muscular que se extiende desde las apófisis transversas a las apófisis espinosas, consta de varias partes según sus orígenes y región a la que pertenecen.

Ms. Semiespinoso.

- **Ms. Semiespinoso torácico**, consta de fascículos delgados que se extienden desde las apófisis transversas de las vértebras torácicas TVI-TXII hasta las apófisis espinosas desde CVI hasta TIV.
- **Ms. Semiespinoso del cuello**, más voluminoso que el anterior, une las apófisis transversas desde TII a TVI con las apófisis espinosas de las vértebras cervicales CII-CVI.
- **Ms. Semiespinoso de la cabeza**, en algunos tratados todavía aparece denominado como complejo mayor. Situado en el dorso del cuello, se origina en las apófisis transversas desde CVII a TVII, en las apófisis articulares de CIV a CVI, formando un amplio músculo que se inserta en el occipital. Se halla fusionado con el Espinoso de la cabeza.

Multífido del raquis y Rotadores

Consta de múltiples fascículos tendinosos que se extienden desde las vértebras sacras hasta el axis. Sus fascículos se originan en la cara posterior del sacro, los más caudales, en las apófisis mamilares de las vértebras lumbares, a nivel torácico de las apófisis transversas y a nivel cervical en las apófisis articulares de las cuatro últimas vértebras. Cada fascículo se inserta en la apófisis espinosa de una de las vértebras situadas más cranealmente, siendo su longitud variable, algunos se insertan tres o cuatro vértebras por encima (superficiales) y otros lo hacen en la segunda o tercera vértebra craneal (intermedios) y los más superficiales en la vértebra contigua.

Algunos de estos fascículos se insertan en las láminas, suelen recibir la denominación de músculos rotadores (lumbares, torácicos y cervicales).

Acción integrada de los músculos de la columna vertebral.

Los músculos de los canales vertebrales se caracterizan por presentar dos funciones diferenciadas, por una parte durante la estática y por otra durante la dinámica. En concreto, en este grupo muscular, la parte estática predomina sobre la importancia de la dinámica.

Durante los movimientos, los diferentes músculos de los canales vertebrales actúan como una unidad, esencialmente durante la **extensión del raquis** (sobre todo en la que se produce tras flexión inicial) teniendo un papel predominante los músculos de las regiones lumbar y cervical.

Colaboran también en los movimientos de **rotación e inclinación lateral**, aunque como veremos más adelante, el principal papel rotador se realiza a nivel de los músculos del abdomen por lo que en este movimiento actúan como sinérgicos. Cuando actúan como rotadores intervienen los músculos de ambos lados del cuerpo, tanto los que giran hacia un lado como los que lo hacen hacia el opuesto, esta acción es mucho más evidente en la columna dorsal y casi nula a nivel lumbar

El papel de los músculos del raquis en la estática es de mayor importancia. Tengamos en cuenta que en la posición estática el individuo puede adoptar múltiples actitudes dependiendo del tipo de apoyo y la posición de los pies. Durante el apoyo asimétrico, la acción de los músculos raquídeos permite desplazamientos mínimos de la columna (cambios en las curvaturas fisiológicas) que conjugados con la acción de la musculatura de las extremidades inferiores consiguen mantener el equilibrio. Por lo tanto, estos músculos actúan mediante contracción o relajación variando las curvaturas fisiológicas del raquis para permitir adaptar el equilibrio a cada una de las posiciones adoptadas. Estas acciones son mucho más evidentes a nivel de las regiones lumbar y cervical que en la columna torácica. Un ejemplo muy claro es la acción de la musculatura de los canales vertebrales para mantener el equilibrio en los movimientos de flexión ventral del tronco, en los que se produce traslación del centro de gravedad que hace necesaria una contracción de los músculos del raquis para evitar la caída del individuo. Esta acción se realiza de forma armónica con los músculos flexores ventrales (acción conjunta de agonistas y antagonistas)