



Dr. Mauro Lastrico – Dra. Laura Manni

Columna Vertebral en el Plano Sagital

Parte II

3. Cifosis dorsal (D4-D6)

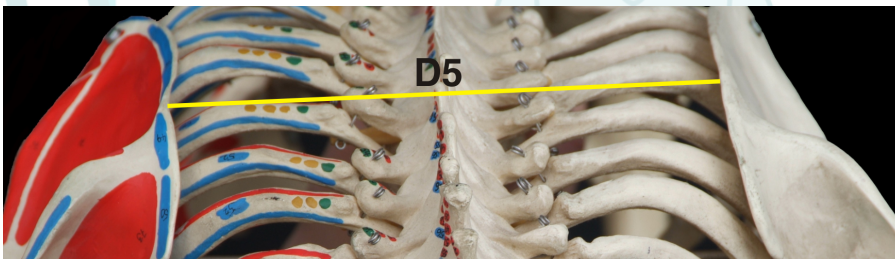
3.1 Características geométricas y funcionales

La cifosis dorsal representa geoméricamente la conjunción con convexidad posterior de las dos convexidades anteriores de las lordosis cérvico-dorsal y dorso-lumbar.

Se extiende desde las apófisis espinosas de D4 a D6, con ápice fisiológico en D5.

Referencia anatómica: cuando está en recorrido fisiológico, el ápice de la espina D5 está en alineación con el margen medial de las escápulas y estas últimas se encuentran a los lados de la caja torácica.

Figura 24: Cifosis fisiológica - el ápice de la apófisis espinosa de D5 se encuentra en la misma línea del borde medial de las escápulas.



3.2 Los músculos actuantes sobre el tramo cifótico

Los músculos que tienen directamente un efecto sobre el tramo de columna son todos posteriores:

- Paravertebrales (con líneas de fuerza longitudinales).
- Romboides (con líneas de fuerza oblicuas).
- Fascículos medios e inferiores del trapecio (con líneas de fuerza oblicuas).

Tanto los paravertebrales como los romboides y los fascículos medios e inferiores del trapecio disminuyen la cifosis dorsal fisiológica con ápice en D5.

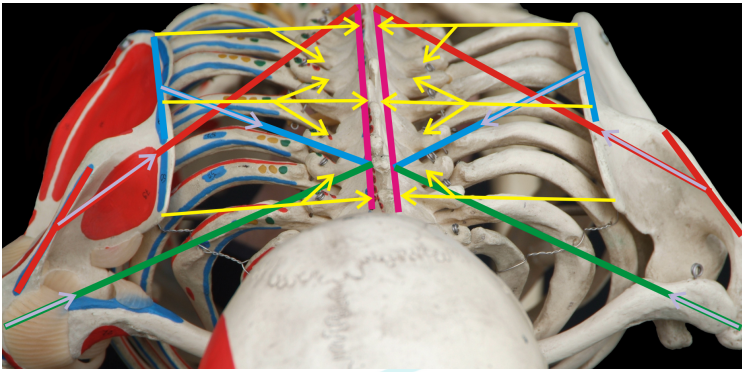


Figura 25: Músculos representados - inserción vertebral romboides, fascículos medios e inferiores trapecio: magenta; romboides: azul; fascículos medios trapecio: verde; fascículos inferiores trapecio: rojo; dirección vectores musculares (columna vertebral como punto fijo): flechas violeta claro; resultantes esqueléticas acciones musculares:

aducción escapulas y hundimiento vertebral con consiguiente disminución de la cifosis fisiológica con ápice en D5: flechas amarillas

3.3 El mecanismo de la hipocifosis dorsal

La aducción escapular como causa primaria

Como ya se ha observado, la hipocifosis dorsal determinada por los fascículos medios e inferiores del trapecio y por los romboides, ocurre por aducción escapular. Este es un concepto importante para comprender la biomecánica del tramo dorsal.

Desequilibrio vectorial entre aductores y abductores

El balance a la aducción escapular es determinado por el serrato anterior el cual tiene, sin embargo, una potencialidad vectorial inferior y resulta subdominante.

Tal inferioridad vectorial se vuelve aún más consistente si se considera que también el fascículo superior del trapecio y el elevador de la escápula participan en la aducción de las escápulas.

La fuerza tractora de los aductores escapulares prevalece sobre la de cohesión de la escápula a la caja torácica operada por el serrato anterior.

No son entonces las escápulas las que "salen", sino la columna la que "entra", comprimiendo los discos intervertebrales.

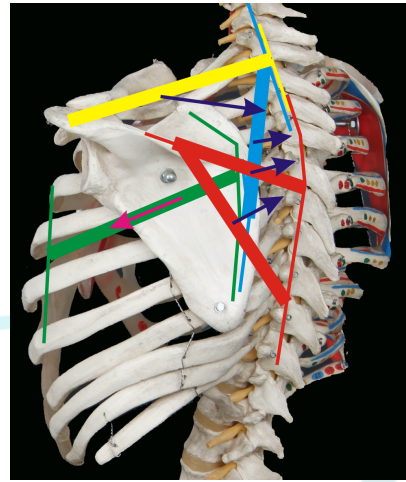
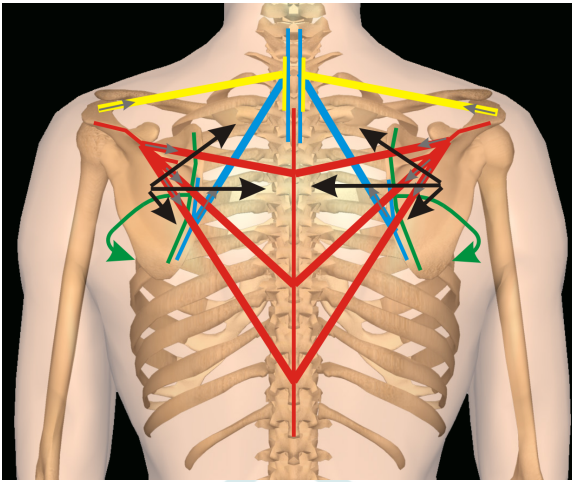
Deformación de la caja torácica

El serrato mayor, en el intento de balancear los aductores (para él la escápula deviene punto fijo y las costillas punto móvil), determinará:

1. Aumento de la dimensión látero-lateral del tórax
2. Disminución de la dimensión ántero-posterior entre esternón y columna, por el efecto de la proyección anterior de las vértebras infraescapulares determinada por los aductores.

El tórax pierde su fisiológica "redondez", ovalizándose.

La ovalización impedirá a las escápulas posicionarse a los lados de la caja torácica como querría la fisiología esquelética.

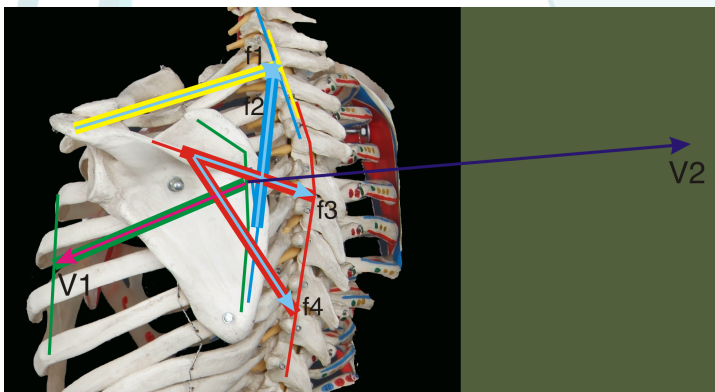


Figuras 26 y 27: Los componentes vectoriales horizontales de los aductores de la escápula son tales que no pueden ser eficazmente balanceados por el vector del serrato anterior. En consecuencia, el acortamiento de

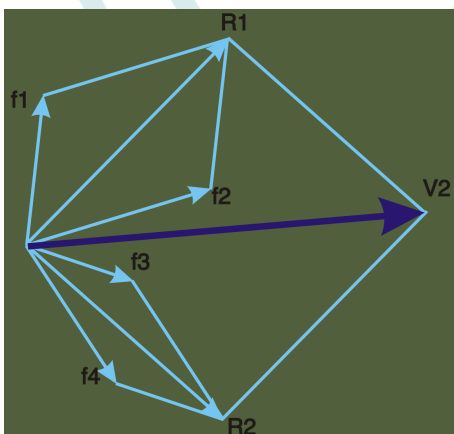
fascículos medios e inferiores del trapecio y el de los romboides determina la aducción de las escápulas y el hundimiento del tramo vertebral comprendido entre D4 y D6. Fascículos medios trapecio: amarillo; romboides: azul; fascículos inferiores trapecio: rojo; serrato anterior: verde

Análisis vectorial cuantitativo

Utilizando la regla del paralelogramo es posible calcular la relación de fuerzas entre aductores y abductores escapulares.



Figuras 28 y 29: Utilizando la regla del paralelogramo es posible calcular el vector V2 potencialmente expresable por las fuerzas asociadas de romboides f2 y fascículos medios f1 e inferiores del trapecio f3 y f4 (flechas celestes). Del cálculo resulta que el vector V2 (flecha azul) es más del doble de largo que el vector V1 potencialmente expresable por el serrato anterior (flecha magenta). Esto significa que para equilibrar una fuerza aductora sobre la escápula expresada



por romboides y fascículos medios e inferiores del trapecio, el serrato mayor debe utilizar una fuerza de tracción de más del doble. El cálculo no es preciso - habría que hacerlo sobre la longitud real de los músculos - pero proporciona una idea de la recíproca relación de fuerza. Fascículos medios trapecio: amarillo; fascículos inferiores trapecio: rojo; romboides: celeste; serrato anterior: verde

La acción muscular dominante sobre la porción infraescapular es entonces en rectificación (hipo-cifosis) del tramo de columna D4-D6.

Manifestaciones clínicas de la hipocifosis



Figuras 30 y 31: En las fotos, las escápulas han perdido su posición fisiológica a los lados de la caja torácica, aduciéndose hacia la columna. Por la acción de los aductores escapulares en acortamiento, la columna permanece al interior del plano escapular, es decir en hipocifosis con ápice en D5 con consiguiente compresión de los discos intervertebrales. El serrato anterior, no logrando balancear la aducción de las escápulas, manifiesta su acortamiento ejerciendo una tracción sobre la pared lateral torácica deformándola. La caja torácica aumenta el diámetro látero-lateral por el efecto del serrato mayor y disminuye el diámetro antero-posterior por el efecto de los aductores escapulares que proyectan las vértebras en dirección del esternón.

3.4 El cuadro de la hipercifosis: una aparente contradicción

La verdadera naturaleza de la hipercifosis

En los cuadros hipercifóticos se verifica un fenómeno aparentemente contradictorio pero biomecánicamente demostrable:

- D5 está de todas formas en hundimiento por la acción de los aductores escapulares;
- el ápice cifótico está desplazado caudalmente entre D7 y D12 por la acción de los músculos dorso-lumbares;
- se determina una inversión de curva.

La hipercifosis es entonces aparente.

La verdadera hipercifosis anatómica es la que tiene ápice en D5: en ese tramo, sin embargo, la dominancia vectorial está en disminución de la cifosis.

Cuando el ápice de la cifosis está por debajo o por encima de D5 se debería más correctamente hablar de inversión de curva.

Mecanismo de desarrollo de la hiper cifosis aparente

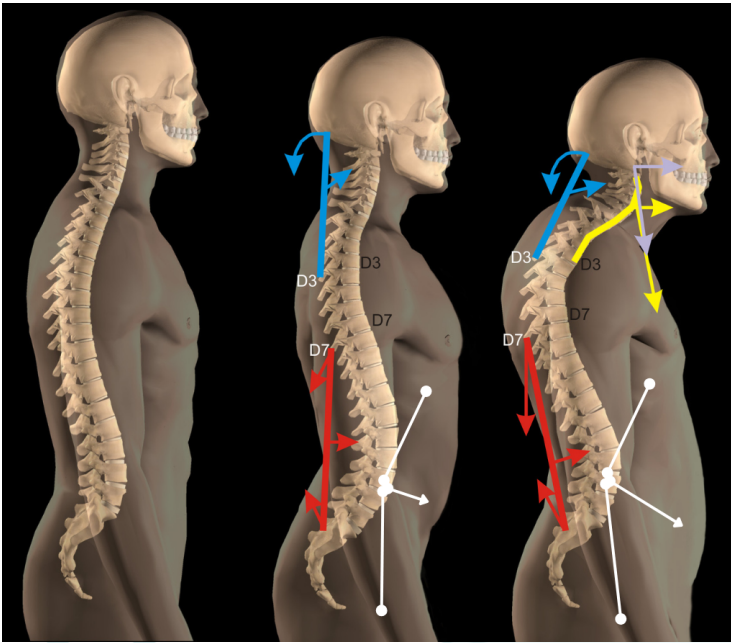


Figura 32: En la figura está representado un ejemplo de progresiva aparición de un cuadro hiper cifótico: los músculos de la lordosis cervico-dorsal aumentan la lordosis y proyectan anteriormente la cabeza para el mantenimiento de la horizontalidad de los ojos; el tramo cifótico fisiológico D4-D6 se rectifica por la acción de los aductores escapulares; la pareja diafragma-psoas tracciona anteriormente la columna lumbar; los músculos de la lordosis dorso-lumbar (en particular el dorsal ancho gracias a sus inserciones vertebrales hasta D7), además de aumentar la lordosis misma, proyectan posteriormente y hacia el suelo las últimas vértebras dorsales que

devienen así el ápice de la cifosis aparente yendo en inversión de curva. Líneas de fuerza de los músculos vectorialmente dominantes actuantes sobre cráneo, raquis, pelvis - músculos dorsales: rojo; músculos cráneo-cérvido-escapulares: azul; músculos paravertebrales anteriores y escalenos: amarillo; músculos esternocleidomastoideos: violeta claro; músculos diafragma y psoas: blanco

Secuencia de compensaciones sistémicas

Resumido:

1. Músculos cervico-dorsales: Aumentan la lordosis y proyectan anteriormente la cabeza.
2. Aductores escapulares: Rectifican el tramo D4-D6 (verdadera cifosis fisiológica).
3. Pareja diafragma-psoas: tracciona anteriormente la columna lumbar.
4. Músculos dorso-lumbares: Proyectan posteriormente las vértebras D7-D12 creando el ápice cifótico aparente.

Ejemplo clínico de inversión de curva: a consecuencia de un hundimiento de C4, en la clínica se detecta a menudo una inversión de curva a nivel C6-D2, con C7/D1 que crean un ápice, solo aparente, de cifosis. Las vértebras naturalmente no están en cifosis, sino en inversión de curva.

3.5 Caso clínico: tratamiento de la hipercifosis

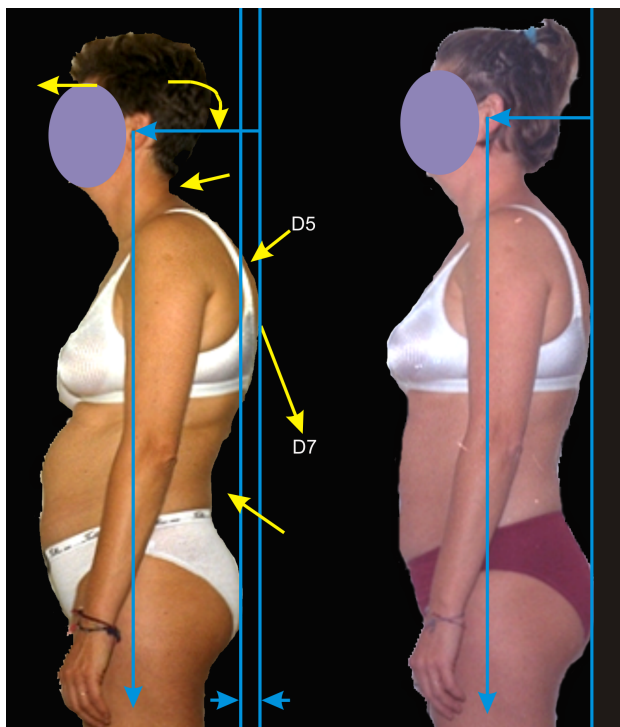


Figura 33: foto a la izquierda: primera visita, foto a la derecha final del tratamiento. Ejemplo de tratamiento de cuadro "hiper-cifótico". La hipercifosis está sostenida por el aumento de la lordosis dorso lumbar con proyección posterior de D7 y cervico-dorsal con anteriorización y flexión posterior del cráneo. El tramo dorsal con ápice en D5 resulta rectificad y oblicuo. La baja ponderal es solo aparente, el peso de la paciente ha permanecido invariado. La sensación de "adelgazamiento" está dada por el cambio de la sinusoides vertebral que ha permitido una mejor distribución de los volúmenes esqueléticos.

Estrategia terapéutica

El tratamiento terapéutico fue establecido con el objetivo de:

1. Disminuir las lordosis cervico-dorsal y dorso-lumbar;
2. Disminuir la hipocifosis con ápice en D5 para volver a obtener el recorrido cifótico fisiológico, a través del realargamiento analítico y sistémico de los músculos actuantes.

Resultados biomecánicos

La mejora del recorrido sinusoidal de la columna ha permitido:

- A los componentes g y r redistribuirse de modo más uniforme;
- Reducir las compresiones mecánicas sobre los discos intervertebrales;
- Al sistema disminuir la rigidez y recuperar capacidades dinámicas acercándose a los "márgenes del caos".

3.6 Consideraciones diagnósticas

Para un correcto diagnóstico es importante distinguir entre:

1. Verdadera hipocifosis (disminución de la cifosis fisiológica D4-D6).
2. Hipercifosis aparente (inversión de curva con ápice desplazado).

El objetivo común es siempre la recuperación del recorrido cifótico fisiológico en D5.

Los medios terapéuticos son comunes (realargamiento muscular analítico y sistémico), pero cambian los músculos objetivo:

- en la hipocifosis: realargamiento de los aductores escapulares (romboides, fascículos medios e inferiores del trapecio) para permitir que la cifosis fisiológica vuelva a expresarse.
- en la hipercifosis aparente: realargamiento de los músculos de las lordosis cervico-dorsal y dorso-lumbar para disminuir las compensaciones que crean la inversión de curva.

La comprensión de que la verdadera cifosis fisiológica tiene sede en D5 y que la dominancia vectorial sobre este tramo está siempre en disminución de la cifosis permite orientar correctamente tanto el diagnóstico como el tratamiento.

4. Lordosis Dorso-Lumbo-Sacra (D7-S1)

4.1 Vectores dominantes

A nivel lumbar los vectores dominantes con inserción directa en la columna son:

Posteriormente:

- Paravertebrales
- Cuadrados de los lomos
- Dorsales anchos

Anteriormente:

- Diafragma (pilares)
- Iliopsoas

La lordosis lumbar viene prolongada por las inserciones vertebrales de los dorsales anchos hasta D7, creando una unidad funcional continua.

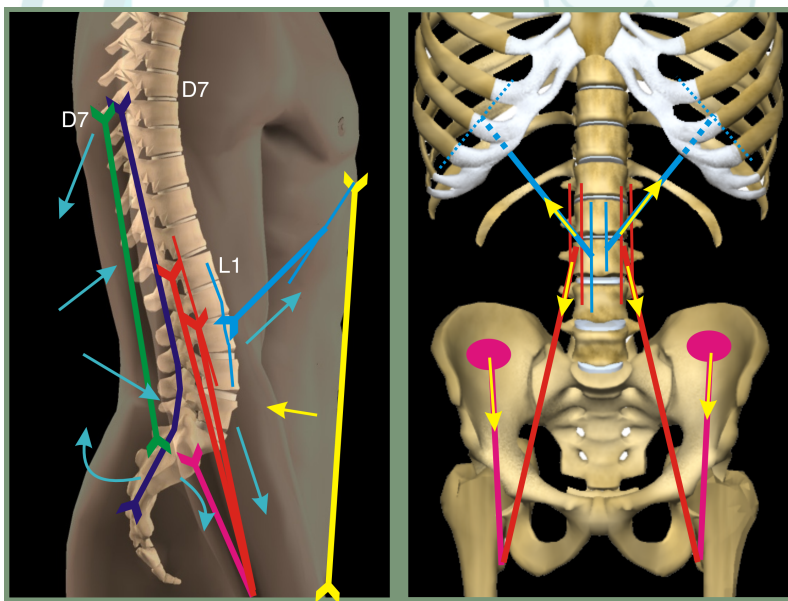


Figura 34 - Músculos actuantes sobre la lordosis dorso-lumbar: dorsales anchos: verde; paravertebrales: azul; psoas: rojo; iliacos: magenta; diafragma: celeste; rectos abdominales: amarillo. Los paravertebrales comprendidos entre D7 y sacro aumentan directamente la lordosis y antevierten la pelvis. Los fascículos del dorsal ancho comprendidos entre vértebras torácicas (D7-D12) y crestas ilíacas proyectan posteriormente y hacia el suelo las vértebras torácicas y antevierten la pelvis determinando el aumento de la

lordosis lumbar. Los pilares del diafragma traccionan anteriormente en dirección del tórax las vértebras lumbares entre L1 y L4. Los psoas traccionan anteriormente, en dirección del fémur, las vértebras comprendidas entre D12 y L4. Los iliacos llevan en anteversión la pelvis. En su conjunto, todos estos músculos aumentan la lordosis dorso-lumbar y antevierten la pelvis. Los únicos antagonistas están representados por los rectos abdominales que, no teniendo inserción directa sobre la columna, resultan subdominantes.

4.2 Dominancia vectorial

Todos los músculos actuantes con inserción sobre la columna son co-agonistas en aumentar la lordosis dorso-lumbar.

Los únicos antagonistas son los rectos abdominales que sin embargo, no teniendo inserción directa en la columna y siendo vectorialmente inferiores, resultan subdominantes.

Análisis de las líneas de fuerza

Los rectos abdominales tienen una línea de fuerza vertical que produce vectores horizontales poco significativos.

Su posibilidad de contención de la lordosis lumbar está ligada a la capacidad de rigidizar la pared abdominal.

Los músculos con inserción vertebral tienen líneas de fuerza tanto oblicuas como verticales.

Producen vectores que también con un pequeño aumento del tono basal son capaces de modificar el recorrido de la columna.

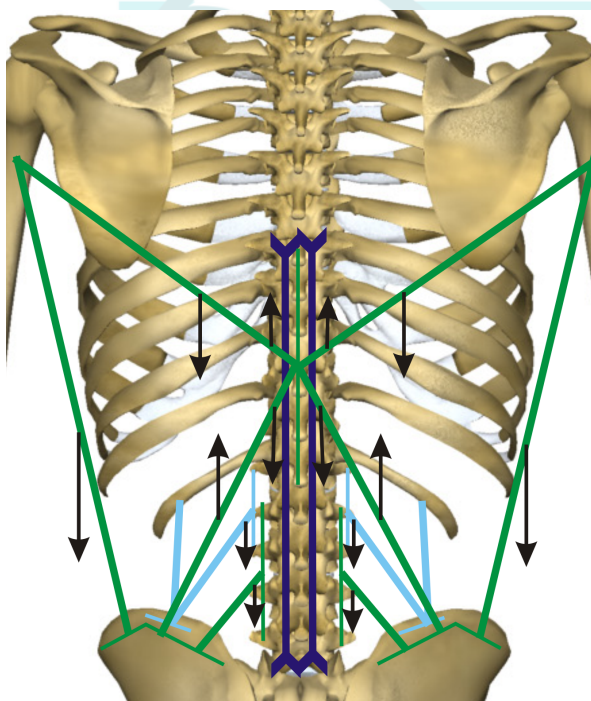


Figura 35 - Las flechas negras indican los componentes vectoriales longitudinales de dorsal ancho y cuadrado de los lomos que, sumadas a las de los paravertebrales, además de rigidizar la columna y proyectar anteriormente las vértebras, determinan la compresión de los discos intervertebrales. Dorsales anchos: verde; paravertebrales: azul; cuadrado de los lomos: celeste

4.3 Consecuencias biomecánicas

Las líneas de fuerza oblicuas poseen componentes vectoriales verticales que, sumándose a las de los paravertebrales:

- Aumentan la lordosis
- Determinan el endurecimiento de la columna
- Causan la compresión de los discos intervertebrales

Dorsal ancho, paravertebrales e ilíacos crean un

momento de fuerza que puede provocar la anteversión de la pelvis.

El equilibrio es muy inestable: también un modesto acortamiento de los músculos actuantes directamente en la columna determina la modificación de la curva dorso-lumbar.

4.4 Distribución de las fuerzas sobre los discos

Con lordosis aumentada, las fuerzas G y R individuales aplicadas a cada cuerpo vertebral determinan, con sus componentes g y r, compresiones a los discos intervertebrales.

Las fuerzas globales G y R pueden no encontrarse sobre un disco y, si su conjunción ocurre sobre las facetas articulares, se pueden crear compresiones mecánicas potencialmente degenerables en fracturas de las facetas mismas.

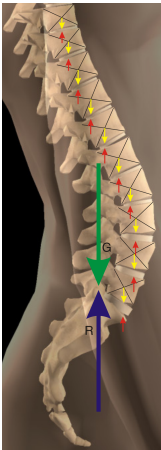


Figura 36 - Lordosis dorso-lumbar aumentada. Las fuerzas G individuales (flechas amarillas) están equilibradas por las fuerzas R individuales iguales y contrarias (flechas rojas). Sus componentes g y r , mayormente concentradas sobre el punto de encuentro de la proyección de las fuerzas G y R individuales, determinan compresiones mecánicas a los discos intervertebrales. Las fuerzas globales G y R , en lugar de "amortiguarse" sobre los discos, van a gravitar sobre las facetas articulares de la articulación lumbosacra.

4.5 Rectificación lumbar

En algunos cuadros radiográficos se evidencia una rectificación del tramo lumbar. Puesto que localmente los músculos actúan todos en aumento de lordosis, la verticalización puede ser la resultante de:

- Anteversión extrema de la pelvis.
- Disminución de la cifosis dorsal.

Mecanismo Geométrico

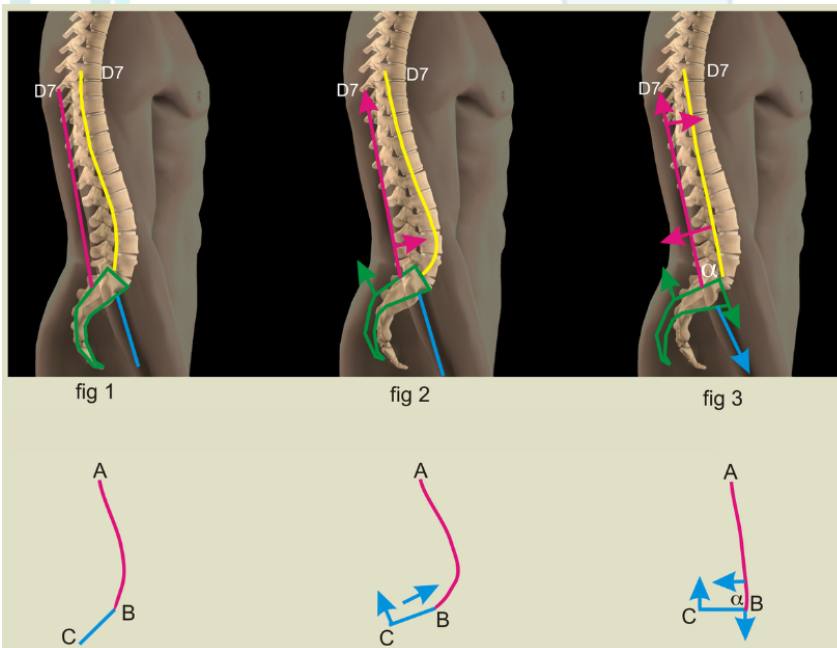


Figura 37 - Análisis geométrica - dorsales anchos: magenta; ilíacos: azul; simulación recorrido progresivo de la columna vertebral: amarillo; simulación recorrido progresivo sacro: verde. Tramo AB (magenta): recorrido progresivo de la columna vertebral; tramo BC (azul): recorrido progresivo sacro. Geométricamente, si el punto A es fijo y el punto C se mueve hacia la horizontal de B, el tramo AB aumenta su curvatura. Pero si la horizontalización del tramo BC

está determinada por la subida del punto C y el descenso del punto B, el tramo AB progresivamente deviene una recta. En la intersección de las dos rectas se crea el ángulo α .

Secuencia Biomecánica

1. Dorsales anchos y paravertebrales llevan en anteversión la pelvis. Si la anteversión viene aumentada por la ulterior tracción de dorsales anchos e ilíacos, para poder permanecer en estación erecta sin caer hacia adelante, D7 funcionaría como punto fijo.

2. El tramo de curva lumbo-sacra será entonces transformado en dos tramos rectilíneos con ápice angular sobre la quinta vértebra lumbar.

La disminución de la lordosis lumbar es entonces el producto de la exasperación de las fuerzas de tracción que determinan el aumento de la lordosis, con particular implicación de la pareja dorsales anchos-ilíacos.

Con la horizontalización del sacro se determina un momento de fuerza también entre sacro y quinta lumbar.

Tal momento, proyectando anteriormente la quinta lumbar, puede crear una listesis.

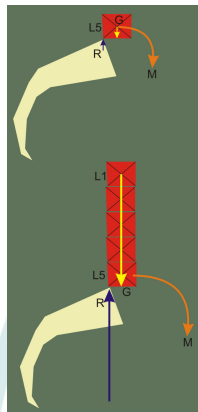


Figura 38 - La fuerza G aplicada al baricentro de L5 crea un momento de fuerza M con la fuerza R aplicada al sacro. Cuanto más la lordosis dorso-lumbar resulta vertical, tanto más aumentará la fuerza global G aplicada a la 5ª lumbar. En consecuencia aumentará en intensidad la fuerza R aplicada al sacro y el momento M, incrementando las posibilidades de que se determine una listesis entre L5 y sacro.

4.6 Rectificación por disminución de la cifosis dorsal

La columna lumbar puede estar en disminución de lordosis también por efecto de la disminución de la cifosis dorsal, causada por los aductores escapulares y por los paravertebrales dorsales.

En este caso la disminución de lordosis no afecta solo el tramo dorso-lumbar, sino también el cérvico-dorsal por resultante geométrica.

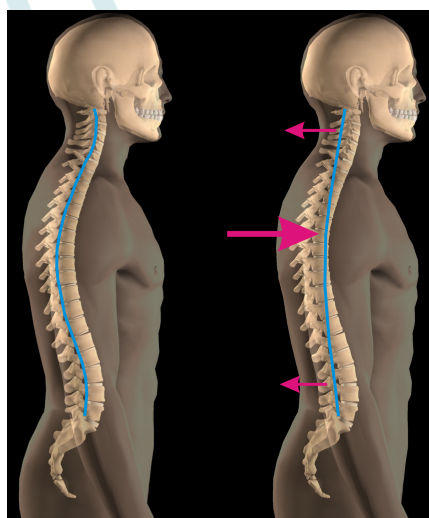


Figura 39 - Simulación recorrido columna vertebral de fisiológica a vertical: azul; acortamiento importante de los aductores escapulares: flecha magenta gruesa; disminución mecánica de las lordosis: flechas magenta finas. Si a nivel dorso-lumbar y cérvico-dorsal no están presentes acortamientos significativos, la rectificación en total de la columna vertebral puede estar determinada (excluyendo patologías específicas como la espondilitis anquilosante) por una importante disminución de la cifosis dorsal por obra de los aductores escapulares. En este caso, recuperando el recorrido cifótico con ápice en D5, reaparecerán las lordosis fisiológicas superior e inferior.

4.7 Pelvis

En estación erecta, la estabilidad ántero-posterior de la pelvis está determinada por dos grupos antagonistas:

Anteversión:

- Dorsales anchos
- Paravertebrales
- Iíacos
- Rectos femorales

Retroversión:

- Isquiocruales
- Rectos abdominales

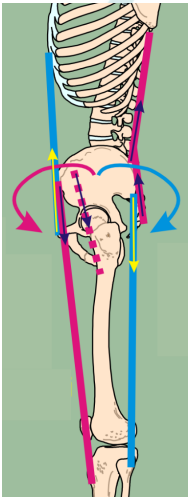


Figura 40 - Grupos musculares - anteversión: dorsales anchos, ilíacos, paravertebrales, rectos femorales (magenta); retroversión: isquiocruales, rectos abdominales (azul)

La dominancia de fuerza vectorial está a favor de la anteversión, principalmente por la gran fuerza de tracción expresable por los dorsales anchos.

Cuadros Clínicos Más Frecuentes

1. Exceso de amplio rango de la lordosis dorso-lumbar con anteversión de la pelvis
2. Verticalización del tramo lumbar asociada a la horizontalización del sacro con fulcro angular sobre la quinta/cuarta vértebra lumbar

Más raros los cuadros en los que, siempre en estación erecta, los vectores dominantes sean los músculos que determinan la retroversión de la pelvis.

En este caso:

- La pelvis estará retroversa y a menudo las rodillas flexionadas;
- La columna lumbar podrá resultar rectilínea por el efecto del empuje mecánico inducido por la retroversión de la pelvis;
- O en hiperlordosis por el efecto traccionante de la pareja diafragma/psoas.

En este último caso la columna estará sometida a la acción de un par de fuerzas opuestas.

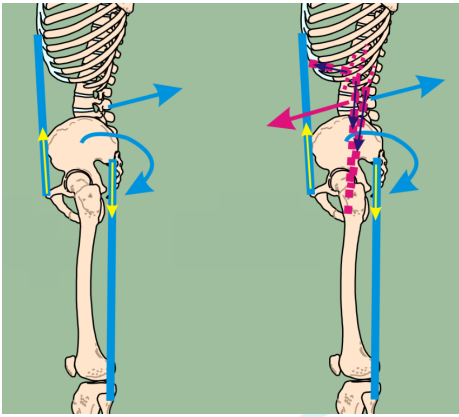


Figura 41 - Grupos musculares - isquiocrurales, rectos abdominales: azul; diafragma, psoas: magenta

5. Conclusiones del Capítulo

5.1 Síntesis de las Acciones Musculares Sagitales

En estación erecta los músculos que actúan directamente sobre la sinusoide cráneo-sacra en el plano sagital pueden determinar:

Cráneo

- Flexión anterior: por la acción de los esternocleidomastoideos.
- Flexión posterior: por la acción de los fascículos superiores de los trapecios y de los paravertebrales cráneo-vertebrales. Si el cráneo se encuentra en flexión posterior los esternocleidomastoideos invierten su acción convirtiéndose en co-agonistas de los flexores posteriores.
- Anteriorización: por la acción de los escalenos. Una vez anteriorizado el cráneo, participan en la acción los músculos anteriores del cuello y los esternocleidomastoideos.
- Posteriorización: por la acción de los fascículos superiores de los trapecios y, si la flexión posterior de la cabeza está asociada al aumento de la lordosis cervical, por la acción de los elevadores de la escápula y de los paravertebrales.

Lordosis Cérvico-Dorsal

- Rectificación: a través de la acción de los escalenos y de los músculos anteriores del cuello la columna cervical viene proyectada hacia adelante deviniendo rectilínea y oblicua. La rectificación puede ser también provocada indirectamente por la disminución de la cifosis dorsal: en este caso la columna tendrá un recorrido rectilíneo y vertical.
- Hiperlordosis: por la acción directa de escalenos, elevadores de la escápula, paravertebrales y suprahioides; indirecta, por flexión posterior de la cabeza, sobre acción de los fascículos superiores del trapecio.
- Cifosis con ápice en C7/D1: como resultante mecánica de la proyección anterior del cráneo o como consecuencia del hundimiento de las vértebras C3-C4

Cifosis Dorsal con Ápice en D5

- Rectificación: por la acción de los fascículos medios e inferiores del trapecio, de los romboides, de los paravertebrales dorsales.

Cifosis Dorsal con Ápice Comprendido entre D6 y L1

- Acentuación: debida a la acción de los dorsales anchos (inserciones sobre las apófisis espinosas de D7 a D12) que proyectan posteriormente y hacia tierra las vértebras, determinando la inversión de curva respecto a la configuración fisiológica.

Lordosis Dorso-Lumbar

- Rectificación: como consecuencia de la horizontalización del sacro por la acción de los dorsales anchos, de los ilíacos y de los rectos femorales. D7, para el mantenimiento de la estación erecta, hace de punto fijo. El tramo de curva lumbo-sacra viene transformado en dos segmentos rectilíneos determinando la formación de un ángulo en el pasaje lumbo-sacro. La rectificación puede también ser la resultante mecánica determinada por la retroversión de la pelvis o por la disminución de la cifosis dorsal con ápice en D5.
- Hiperlordosis: por la acción directa de dorsales anchos, paravertebrales, psoas, diafragma, cuadrado de los lomos.

Pelvis

- Anteversión: por la acción de dorsales anchos, paravertebrales, ilíacos, rectos femorales.
- Retroversión: por la acción de los isquiocrurales y de los rectos abdominales.

5.2 Principios Interpretativos

No todos los cuadros tienen la misma probabilidad de manifestarse. Aplicando el análisis vectorial sobre los músculos actuantes, resultan dominancias que indican las posibilidades de acción más frecuentes.

Cualquier modificación sobre un tramo de columna, determinando la variación del baricentro, necesita la implicación y la modificación de las otras porciones.

El análisis distrital propuesto no debe entenderse como local, sino como lectura de un sistema interdependiente, en el que cada variación segmentaria modifica el equilibrio global de la sinusoide vertebral.

5.3 Representación de las Dominancias

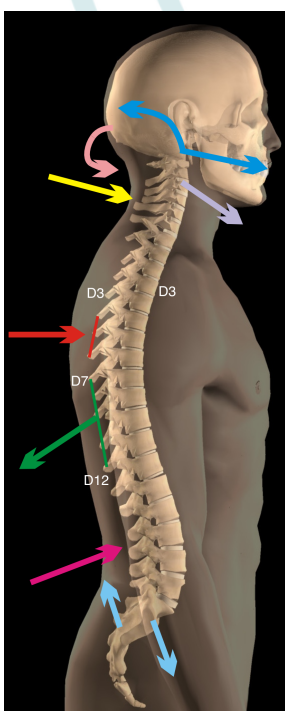
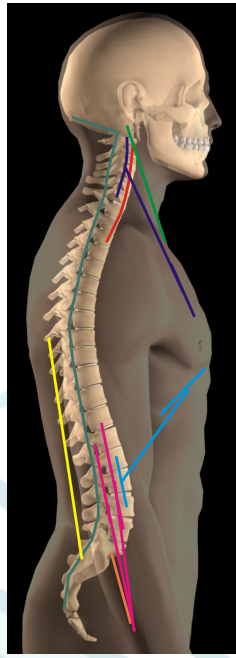
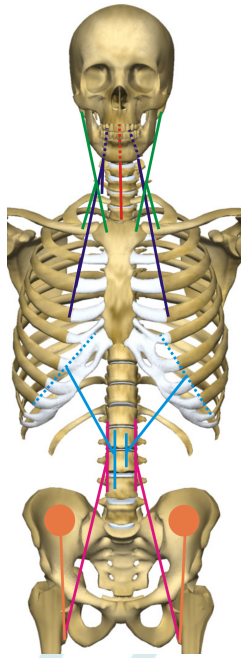


Figura 42 - Dominancias vectoriales musculares actuantes sobre cráneo, raquis, pelvis - anteriorización en flexión posterior del cráneo: esternocleidomastoideos (flechas azules); flexión posterior del cráneo: paravertebrales, fascículos superiores trapecios (flecha rosa); rectificación con recorrido oblicuo columna C1-D3: escalenos, músculos anteriores del cuello (flecha violeta claro); hiperlordosis C1-D3: paravertebrales, elevadores de la escápula, escalenos, músculos anteriores del cuello, suprahioides (flecha amarilla); rectificación D4-D6: romboides, fascículos medios e inferiores trapecios, paravertebrales (flecha roja); cifosis D7-D12: dorsales anchos (flecha verde); hiperlordosis D7-L5: dorsales anchos, paravertebrales, diafragma, psoas, cuadrado de los lomos (flecha magenta); anteversión pelvis: dorsales anchos, ilíacos, paravertebrales (flechas celestes)



Figuras 43 y 44 - Líneas de fuerza de los músculos vectorialmente dominantes actuantes sobre cráneo, sinusoide vertebral, pelvis - vista anterior y lateral. Esternocleidomastoideo: verde; anteriores del cuello: rojo; paravertebrales: verde oscuro; diafragma: celeste; psoas: magenta; ilíacos: naranja; dorsal ancho: amarillo; escalenos: azul oscuro

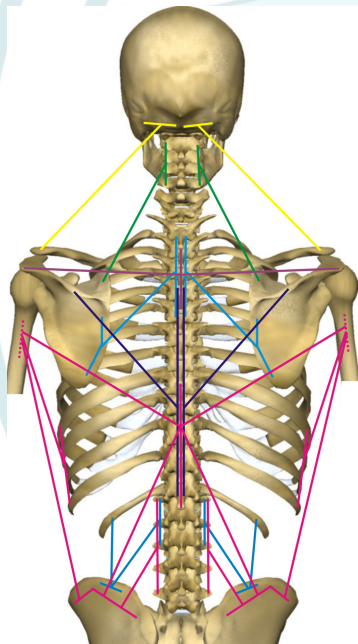


Figura 45 - Líneas de fuerza de los músculos vectorialmente dominantes actuantes sobre cráneo, sinusoide vertebral, pelvis - vista posterior. Fascículos superiores trapecio: amarillo; elevador de la escápula: verde; fascículos medios trapecio: violeta; romboides: celeste; fascículos inferiores trapecio: azul oscuro; dorsal ancho: magenta; cuadrado de los lomos: azul

5.4 Consideraciones Clínicas

La comprensión de las dominancias vectoriales y de los mecanismos de compensación sistémica representa la base para:

1. Efectuar el diagnóstico diferencial entre causas primarias y compensaciones secundarias.
2. Elegir las estrategias terapéuticas dirigidas a los músculos responsables de las alteraciones.
3. Poder prever la evolución de los cuadros clínicos.
4. Monitorear la eficacia de las intervenciones terapéuticas.

El abordaje vectorial al plano sagital de la columna vertebral proporciona, entonces, las herramientas interpretativas para transformar la observación clínica en diagnóstico biomecánico

preciso y las consideraciones hasta aquí expuestas no representan la conclusión de un capítulo, sino el inicio de un nivel diferente de lectura: cada dato clínico, de hecho, deviene expresión visible de relaciones físicas que gobiernan el sistema entero.

La observación de las modificaciones sagitales muestra cómo cada variación morfológica de la columna refleja un diferente equilibrio entre vectores musculares y fuerzas resistentes.

Las curvas fisiológicas no representan configuraciones fijas, sino adaptaciones dinámicas que se generan del continuo balance entre fuerzas G y R, momentos M y propiedades elásticas de los tejidos.

En tal perspectiva, la forma de la columna no es un dato anatómico rígido, sino el resultado de un sistema vectorial en equilibrio inestable.

6. Síntesis del capítulo

Subdivisión miofuncional añadida a la anatómica

La columna se divide funcionalmente en: lordosis cráneo-cérvico-dorsal (C0-D3), cifosis dorsal (D4-D6), lordosis dorso-lumbo-sacra (D7-S1). Las inserciones musculares no respetan los confines anatómicos tradicionales.

Característica única del tramo cráneo-cérvico-dorsal

Único segmento con músculos paravertebrales de doble inserción anterior y posterior. Los músculos posteriores son siempre lordosantes; los anteriores pueden invertir su acción en base a la posición del cráneo.

Inversión de acción de los músculos anteriores cervicales

Esternocleidomastoideos y músculos anteriores del cuello: en lordosis fisiológica reducen la curva; en hiperlordosis la línea de fuerza pasa posteriormente haciéndolos devenir co-agonistas de los posteriores en aumentar la lordosis.

Proyección anterior del cráneo para la horizontalidad de la mirada

En estación erecta, cuando los músculos posteriores crean hiperlordosis con flexión posterior de la cabeza, los anteriores proyectan el cráneo hacia adelante para recuperar la orientación horizontal de la mirada.

Dominancia vectorial de los aductores escapulares

Romboides y fascículos medios-inferiores del trapecio son dominantes sobre el serrato anterior. No son las escápulas las que "salen" sino la columna la que "entra" creando hipocifosis D4-D6.

La verdadera cifosis fisiológica tiene ápice en D5

Representa la conjunción posterior de las dos lordosis funcionales. La dominancia vectorial sobre este tramo está siempre en disminución de la cifosis.

Todos los músculos lumbares con inserción vertebral son co-agonistas

En ausencia de patologías, dorsales anchos, paravertebrales, psoas, diafragma, cuadrados de los lomos aumentan todos la lordosis. Solo los rectos abdominales, sin inserción vertebral directa, son antagonistas pero subdominantes.

La rectificación lumbar paradójica

Resultado de la exasperación de las fuerzas lordosantes: la horizontalización del sacro transforma la curva en dos segmentos rectilíneos con ápice angular sobre L4-L5.

Principio sistémico de las compensaciones

Cada modificación en una unidad funcional requiere adaptaciones en las otras para mantener el equilibrio de los baricentros segmentarios.

Compresión discal por suma vectorial

El acortamiento bilateral de los músculos simétricos (anteriores o posteriores) modifica las curvas fisiológicas. Los componentes verticales de sus fuerzas se suman, generando compresiones mecánicas sobre los discos intervertebrales, variadamente distribuidas según la dirección de los vectores actuantes.

Bibliografía

1. Lastrico M. Clinical Assessment of Muscle Shortening. The CPD Certification Service; 2025.
2. Lastrico M. Body Equilibrium - A Physical-Clinical Interpretation of Human Upright Stability. The CPD Certification Service; 2025.
3. Lastrico M. Vector Analysis in Musculoskeletal Biomechanics - Part 1: Foundations and Clinical Principles. The CPD Certification Service; 2025.
4. Lastrico M. Vector Analysis in Musculoskeletal Biomechanics - Part 2: Clinical Applications and Case Interpretation. The CPD Certification Service; 2025.
5. Sahrmann SA. Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes. St. Louis: Mosby; 2002.
6. Knudson D. Fundamentals of Biomechanics. 2nd ed. New York: Springer; 2007.
7. Winter DA. Biomechanics and Motor Control of Human Movement. 4th ed. Hoboken: Wiley; 2009.
8. Lieber RL, Fridén J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve*. 2000;23(11):1647-1666.
9. Lieber RL, Ward SR. Skeletal muscle design to meet functional demands. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2011;366(1570):1466-1476.
10. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord*. 1992;5(4):383-389.
11. Harrison DD, Janik TJ, Troyanovich SJ, Harrison DE, Colloca CJ. Evaluation of the assumptions used to derive an ideal normal cervical spine model. *J Manipulative Physiol Ther*. 1997;20(4):246-256.
12. Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor Control: Translating Research into Clinical Practice. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
13. Dubousset J. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. In: Weinstein SL, editor. *The Pediatric Spine: Principles and Practice*. New York: Raven Press; 1994. p. 479-496.
14. Page P, Frank CC, Lardner R. Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The Janda Approach. Champaign: Human Kinetics; 2010.
15. Vasavada AN, Li S, Delp SL. Influence of muscle morphometry and moment arms on the moment-generating capacity of human neck muscles. *Spine*. 1998;23(4):412-422.
16. Mayoux-Benhamou MA, Revel M, Vallée C. Selective electromyography of dorsal neck muscles in humans. *Exp Brain Res*. 1997;113(2):353-360.

17. Conley MS, Meyer RA, Bloomberg JJ, Feedback DL, Dudley GA. Noninvasive analysis of human neck muscle function. *Spine*. 1995;20(23):2505-2512.
18. Keshner EA. Head-trunk coordination during linear anterior-posterior translations. *J Neurophysiol*. 2003;89(4):1891-1901.
19. Panjabi MM, Crisco JJ, Vasavada A, Oda T, Cholewicki J, Nibu K, Shin E. Mechanical properties of the human cervical spine as shown by three-dimensional load-displacement curves. *Spine*. 2001;26(24):2692-2700.
20. Adams MA, Roughley PJ. What is intervertebral disc degeneration, and what causes it? *Spine*. 2006;31(18):2151-2161.
21. Cholewicki J, McGill SM. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. *Clin Biomech*. 1996;11(1):1-15.
22. Cools AM, Declercq GA, Cambier DC, Mahieu NN, Witvrouw EE. Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms. *Scand J Med Sci Sports*. 2007;17(1):25-33.
23. Lee LJ, Coppiters MW, Hodges PW. Differential activation of the thoracic multifidus and longissimus thoracis during trunk rotation. *Spine*. 2005;30(8):870-876.
24. Kado DM, Huang MH, Karlamangla AS, Barrett-Connor E, Greendale GA. Hyperkyphotic posture predicts mortality in older community-dwelling men and women: a prospective study. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52(10):1662-1667.
25. McGill SM. *Low Back Disorders: Evidence-Based Prevention and Rehabilitation*. 3rd ed. Champaign: Human Kinetics; 2016.
26. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther*. 1997;77(2):132-142.
27. Adams MA, Hutton WC. The effect of posture on the role of the apophysial joints in resisting intervertebral compressive forces. *J Bone Joint Surg Br*. 1980;62(3):358-362.
28. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine*. 2005;30(3):346-353.
29. Barker PJ, Guggenheimer KT, Grkovic I, Briggs CA, Jones DC, Thomas CD, Hodges PW. Effects of tensioning the lumbar fasciae on segmental stiffness during flexion and extension: Young Investigator Award winner. *Spine*. 2006;31(4):397-405.