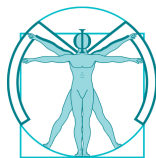


AIFIMM Formazione srl
Provider CPD 21418 (UK)
CE Broker ID 50-54885 (Florida USA)
Provider ECM 1701 (IT)
www.mskbiomechanics.com



AIFIMM Formazione srl
Istituto Superior
de Biomecánica
Neuro-Miofascial



Dr. Mauro Lastrico – Dra. Laura Manni

Plano Tridimensional (Frontal y Rotatorio)

1. Del análisis sagital al tridimensional

El pasaje del análisis en el plano sagital al del plano frontal y rotatorio aumenta la complejidad del abordaje biomecánico.

En el plano sagital las alteraciones esqueléticas son previsibles: existen claras dominancias vectoriales para cada tramo vertebral.

En el plano frontal y rotatorio esta previsibilidad se reduce.

La mayor complejidad deriva del análisis del acortamiento asimétrico de músculos bilaterales.

No se trata ya de músculos intrínsecamente dominantes, sino de situaciones en las que músculos anatómicamente idénticos desarrollan tensiones diversas en los dos lados del cuerpo.

El objetivo del análisis permanece invariado: identificar los componentes conectivales en acortamiento que determinan la adaptación esquelética.

El principio biomecánico que gobierna el plano sagital vale también para el rotatorio, pero su identificación requiere metodologías específicas.

1.2 La metodología de examen en posición supina

Para identificar los acortamientos musculares responsables de las rotaciones vertebrales es necesario ejecutar el examen en posición supina.

En estación erecta el sistema muscular está constantemente activo para mantener el equilibrio y verticalizar las fuerzas G y R.

Lo que se observa de pie es el resultado de la activación de los componentes contráctiles, no el estado de los componentes conectivales.

En posición supina el equilibrio es estable y ningún músculo debe activarse para el mantenimiento de la posición.

Se pueden así observar los acortamientos estructurales reales, aquellos presentes con los componentes contráctiles desactivados.

No es raro que elementos esqueléticos se presenten completamente invertidos respecto a la observación en estación erecta: las compensaciones activas enmascaran la condición estructural subyacente.

Para la evaluación es necesario alinear al paciente supino sobre la línea media: centro de los maléolos, sínfisis púbica, centro de la incisura yugular del manubrio esternal, centro occipital.

La alineación elimina las compensaciones y permite evaluar las asimetrías estructurales.

1.3 Metodologías de palpación para el plano rotatorio

La palpación para identificar las rotaciones vertebrales requiere técnicas diversas para cada tramo.

Para las vértebras cervicales C1-C5, las apófisis espinosas no son confiables siendo bífidas.

La evaluación se basa en las apófisis transversas: la transversa más anterior indica el lado de la convexidad.

En el tramo cervico-dorsal C6-D3, las apófisis espinosas devienen confiables.

Su dirección respecto a la línea media indica directamente la convexidad vertebral.

Las vértebras dorsales D4-D12, no siendo palpables en posición supina, se evalúan a través de la convexidad lateral del tórax.

La traslación torácica respecto a la línea media refleja la convexidad vertebral subyacente, siendo las vértebras conectadas a las costillas.

Para las vértebras lumbares se utilizan nuevamente las apófisis espinosas, cuya dirección respecto a la línea media indica la convexidad.

1.4 Rotación y convexidad: la relación biomecánica

Por convención anatómica, la rotación vertebral viene denominada en base a la dirección del cuerpo vertebral.

Cuando una vértebra rota a la derecha, el cuerpo vertebral rota hacia la derecha y la apófisis espinosa se desplaza consecuentemente a la izquierda.

La rotación de los cuerpos determina la traslación contralateral de las vértebras respecto a la línea media.

En el lado de la concavidad los discos intervertebrales sufren compresiones mayores.

Rotación y convexidad son aspectos del mismo fenómeno biomecánico: en el texto indicaremos la convexidad, sobreentendiendo que la rotación del cuerpo es contralateral.

Esta regla se modifica solo en algunas tipologías de escoliosis donde rotación y convexidad devienen homolaterales, fenómeno que analizaremos en la sección dedicada a las escoliosis.

1.5 La elección de la convexidad como referencia

Las rotaciones vertebrales son clínicamente relevantes no solo en las escoliosis manifiestas.

Rotaciones menores pueden determinar sintomatologías por compresión radicular que representan una parte significativa de la casuística clínica cotidiana.

Se prefiere hablar de convexidad más que de rotación de los cuerpos vertebrales porque los músculos que se insertan directamente sobre las vértebras producen, por tracción activa, convexidad homolateral y rotación contralateral.

Esta elección terminológica refleja la lógica muscular del fenómeno.

Existen dos mecanismos que pueden producir concavidad vertebral.

El primero es la tracción muscular directa: el músculo contralateral tracciona en convexidad las vértebras sobre las que se inserta, determinando concavidad del lado opuesto.

El segundo es la resultante mecánica: la elevación de la hemipelvis, por ejemplo, produce mecánicamente una concavidad vertebral lumbar no ligada a los músculos que se insertan directamente sobre la columna, sino consecuencia de la alteración esquelética.

Ejemplo: sintomatología neurológica del miembro superior derecho por compresión de la raíz de D2 ocurre en el lado cóncavo (derecho), pero la causa está en los músculos del hemilado izquierdo que determinan convexidad homolateral de las vértebras.

El tratamiento deberá entonces ser dirigido a los músculos del lado izquierdo (causa) y no al derecho donde se manifiesta el síntoma (efecto).

El análisis del plano frontal y rotatorio requiere, entonces, metodología específica con examen en posición supina, técnicas de palpación diferenciadas para cada tramo vertebral, interpretación biomecánica que distinga entre causa muscular y efecto esquelético, y abordaje sistémico que considere las compensaciones entre los diversos planos.

En los párrafos siguientes estos principios vendrán aplicados al análisis específico de cada tramo vertebral, de la región cráneo-cervical a la pelvis, identificando las causas musculares primarias y sus efectos esqueléticos secundarios.

1.6 Distinción entre contracción y acortamiento

Antes de proceder con el análisis detallado es necesario clarificar una distinción fundamental.

La contracción muscular y el acortamiento muscular producen los mismos efectos inmediatos sobre el esqueleto, pero con una diferencia sustancial en la duración de los efectos.

La contracción mueve el esqueleto por el tiempo de la contracción misma.

Cuando la contracción cesa, el esqueleto vuelve a la posición inicial determinada por la longitud de los componentes conectivos.

El acortamiento, que interesa al componente conectivo de la fibra muscular, produce una modificación estable de los ejes esqueléticos.

Las vértebras permanecen desviadas, los discos comprimidos, las raíces nerviosas bajo presión incluso cuando el componente contráctil está relajado.

Este texto analiza los efectos del acortamiento estable.

Es esta la causa de las alteraciones esqueléticas permanentes y de las sintomatologías crónicas.

El examen en posición supina, eliminando las contracciones activas necesarias al mantenimiento del equilibrio, permite identificar precisamente estos acortamientos estructurales que representan el corazón del análisis biomecánico.

2. El cráneo y la prioridad de la función visual

La posición del cráneo en el espacio está asegurada por los reflejos posturales a través de la co-contracción de todos los músculos cráneo-cérvico-escapulares.

Puesto que la visual horizontal es función prioritaria, raramente se observan alteraciones significativas por rotación o inclinación de la cabeza, excepto en cuadros patológicos específicos como la tortícolis.

Es más frecuente que sean las estructuras esqueléticas subyacentes las que se desalineen para permitir una buena posición de la cabeza.

En este proceso el hueso hioides, a través de sus múltiples conexiones, desempeña un papel de relé mecánico como visto en el capítulo precedente.

Cuando rotación e inclinación del cráneo se muestran como elementos relevantes, es oportuno sospechar la interferencia de trastornos provenientes de otros aparatos.

El aparato visual puede interferir a través de supresiones oculares, estrabismos latentes, eso o exoforias.

El aparato otorrinolaringológico a través de trastornos vestibulares, alteraciones de la audición.

Otros aparatos pueden estar involucrados con mecanismos aún por definir completamente.

De aquí la importancia de efectuar tests específicos en colaboración con los especialistas para excluir causas extramusculares antes de proceder con el análisis biomecánico.

3. Vértebras Cervicales (C1-C5)

3.1 Acción muscular directa

El elevador de la escápula y los escalenos son los principales responsables de las desviaciones de las vértebras cervicales.

Ambos, cuando desarrollan acortamiento asimétrico, determinan convexidad vertebral homolateral.

El elevador de la escápula se origina de las apófisis transversas de C1-C4 y se inserta en el ángulo súpero-medial de la escápula.

Los escalenos se originan de las apófisis transversas cervicales para insertarse sobre las primeras dos costillas.

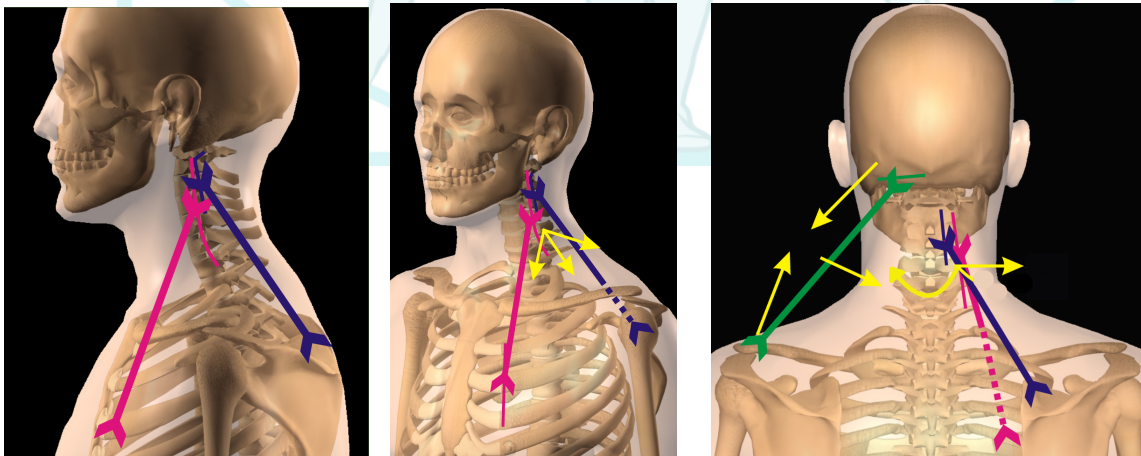
En la realidad clínica estos músculos se acortan juntos - no es posible que uno se acorte y el otro no dada su estrecha cercanía anatómica y funcional.

La distinción entre los dos grupos tiene valor principalmente didáctico para comprender los componentes vectoriales en juego.

El efecto final de su acortamiento combinado es una roto-traslación de las vértebras cervicales: traslación lateral que crea la convexidad y rotación de los cuerpos vertebrales.

El fascículo superior del trapecio, no insertándose directamente sobre las vértebras, puede determinar convexidad solo a través de mecanismos indirectos como la inclinación del cráneo y la elevación del hombro.

Esta eventualidad es bastante remota y se encuentra en cuadros específicos como la tortícolis.



Figuras 7.1, 7.2 y 7.3 - escalenos: magenta; elevador de la escápula: azul; fascículos superiores trapecio: verde; acciones: flechas amarillas. La convexidad cervical es provocada directamente por elevador de la escápula y escalenos. El fascículo superior del trapecio puede determinarla indirectamente a través de la inclinación del cráneo y la elevación del hombro.

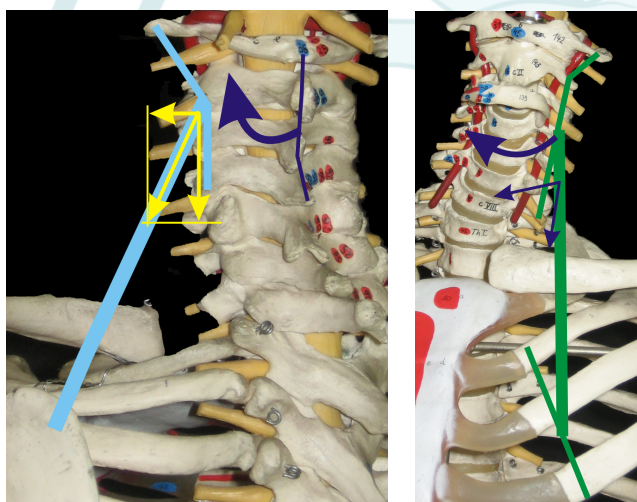
3.2 Análisis vectorial de las fuerzas

El análisis vectorial muestra cómo los componentes de fuerza actúan sobre planos diversos: sobre el plano horizontal determinan la rotación vertebral, sobre el plano vertical la compresión discal.

Entrando en el detalle técnico, el elevador de la escápula por su recorrido posterior tendería a producir rotación homolateral, los escalenos, por el recorrido anterior, rotación contralateral. Puesto que actúan siempre en combinación, el efecto resultante depende de su balance recíproco.

Los componentes verticales de ambos grupos comprimen los discos intervertebrales en el lado de su acción.

Esta compresión, sumada a las fuerzas G y R analizadas en el capítulo 3, crea una distribución asimétrica de las cargas con concentración de los componentes g y r en puntos específicos.



Figuras 7.4 y 7.5 - elevador de la escápula: celeste; escalenos: verde. El análisis vectorial muestra cómo los componentes horizontales determinen rotaciones opuestas mientras los componentes verticales producen compresiones homolaterales sobre los discos.

3.3 Mecanismo de las compresiones discales y radiculares

La compresión discal ocurre a través de mecanismos diversos en los dos lados.

En el lado de la convexidad deriva de los componentes verticales de los músculos acortados.

En el lado de la concavidad es consecuencia mecánica del acercamiento de los cuerpos vertebrales debido a la roto-traslación.

El foramen intervertebral se reduce en el lado opuesto a la convexidad.

Cuando el cuerpo vertebral rota, el pedículo homolateral a la rotación se acerca al de la vértebra subyacente, reduciendo el espacio para la raíz nerviosa.

Esto explica por qué la sintomatología neurológica se manifiesta a menudo en el lado opuesto a los músculos responsables.

3.4 Implicaciones clínicas

El dolor y la rigidez cervical derivan del exceso de tensión muscular necesario para mantener las vértebras en posición alterada.

Los músculos con componentes conectivales acortados presentan aumentada fuerza resistente, mientras los contralaterales deben incrementar el tono para intentar el balance.

Las cefaleas músculo-tensivas pueden originar de las inserciones craneales de los músculos cervicales en tensión permanente.

Los síntomas neurológicos siguen la distribución del plexo braquial: compresiones C5-C6 interesan el territorio músculo-cutáneo y radial, C8-D1 el cubital.

La identificación precisa de los músculos responsables permite un tratamiento dirigido sobre la causa (acortamiento muscular) en lugar de sobre el efecto (sintomatología).

4. Vértebras Cérvico-Torácicas (C6-D4)

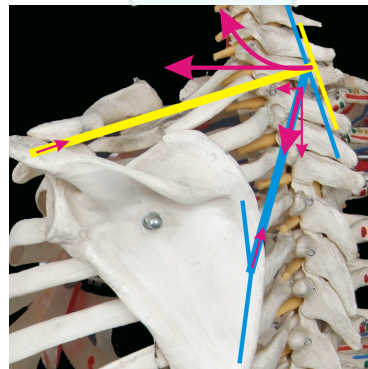
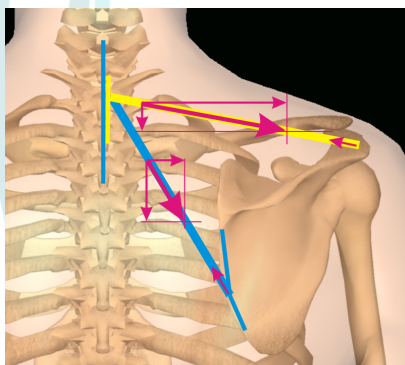
Sobre este tramo de columna actúan directamente el romboides menor y mayor y los fascículos medios del trapecio.

Los romboides se originan de las apófisis espinosas C6-D4 y se insertan sobre el margen medial de la escápula.

Su acortamiento determina convexidad vertebral homolateral.

La disposición oblicua de sus líneas de fuerza produce componentes vectoriales horizontales que rotan contralateralmente los cuerpos vertebrales y componentes verticales que endurecen el tramo vertebral.

Los fascículos medios del trapecio, con disposición más horizontal de C7-D3 al margen medial de la escápula, producen efectos análogos: convexidad homolateral con rotación contralateral de los cuerpos.



Figuras 7.6 y 7.7 - Fascículos medios trapecio: amarillo; romboides: azul. Ambos grupos musculares determinan convexidad homolateral con rotación contralateral de los cuerpos vertebrales. Los componentes vectoriales verticales, mayores en los romboides por su oblicuidad, endurecen el tramo C6-D4.

La compresión sobre los discos intervertebrales sigue el mecanismo ya descrito para el tramo cervical:

en el lado de la convexidad deriva de los componentes verticales musculares, en el lado de la concavidad del acercamiento mecánico de los cuerpos vertebrales.

Las manifestaciones clínicas varían de la cervico-braquialgia por interesamiento de las raíces cervicales inferiores, a sintomatologías referidas que simulan epicondilitis.

En particular, la compresión de D2-D3 puede determinar dolor al codo, idéntico al de una epicondilitis pero sin causa local.

Equivocar su origen puede llevar a efectuar tratamientos sobre el codo cuando en realidad la causa es vertebral.

5. Cuadros del Músculo Dorsal Ancho

5.1 La complejidad del músculo más grande del cuerpo

El dorsal ancho presenta una complejidad biomecánica proporcional a sus dimensiones.

Sus múltiples líneas de fuerza pueden activarse en combinaciones diversas, determinando cuadros clínicos diferentes.

A esta complejidad se añade la de los músculos que forman parte de su unidad funcional.

El concepto de unidad funcional - que vendrá profundizado en la sección sistémica - identifica músculos anatómicamente separados que se comportan funcionalmente como un músculo único.

De la unidad funcional del dorsal ancho forman parte:

En el cuadrante inferior: • Cuadrado de los lomos • Transverso abdominal • Oblicuos

En el cuadrante superior: • Subescapular • Redondo mayor

5.2 Las cinco líneas de fuerza principales

El dorsal ancho presenta cinco líneas de fuerza principales:

1. De cresta ilíaca a húmero
2. De cresta ilíaca a vértebras lumbares (a través del cuadrado de los lomos)
3. De cresta ilíaca a vértebras D7-D12
4. De vértebras D7-D12 a húmero
5. De las últimas cuatro costillas a húmero

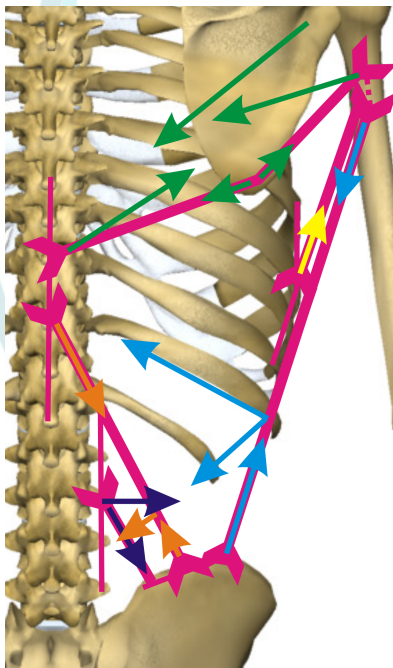


Figura 7.8 - En violeta las inserciones del dorsal ancho y la dirección de las líneas de fuerza. Las flechas coloreadas representan las resultantes vectoriales y los desplazamientos esqueléticos inducidos. La complejidad de las líneas de fuerza permite al músculo producir efectos biomecánicos diversos según cuáles componentes estén mayormente acortados.

5.3 El principio de las resultantes opuestas y la clasificación en dos cuadros

El análisis vectorial de las líneas de fuerza del dorsal ancho evidencia cómo muchas resultantes actúan en direcciones opuestas.

Según cuáles líneas de fuerza estén mayormente acortadas, se determinan cuadros esqueléticos diversos.

Esta observación ha llevado a identificar dos patrones principales, denominados cuadro "A" y cuadro "B".

La clasificación no es rígida: en la práctica clínica los dos cuadros no siempre se presentan puros y ocasionalmente se observan formas mixtas.

Sin embargo, puesto que la unidad funcional del dorsal ancho conecta entre sí pelvis, columna vertebral, escápula y húmero, la distinción entre estos dos patrones facilita notablemente la evaluación diagnóstica y la imposición terapéutica.

5.4 Cuadro "A": el patrón del acercamiento

En el cuadro "A" están interesados prevalentemente los fascículos del dorsal ancho que conectan la cresta ilíaca al húmero.

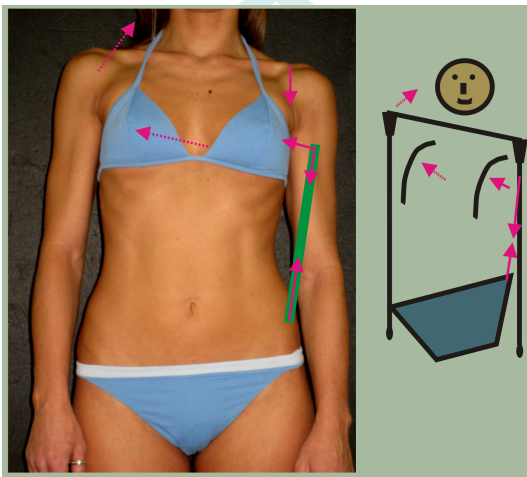
Su acortamiento acerca la hemipelvis al hombro homolateral.

Las acciones directas son: • Descenso de la escápula • Elevación de la hemipelvis

La resultante mecánica es una concavidad lateral torácica homolateral, es decir concavidad vertebral de D7 a D12.

La concavidad torácica no deriva de la tracción directa sobre las vértebras, sino que es consecuencia mecánica del acercamiento entre escápula y hemipelvis.

Figura 7.9 - Línea de fuerza del dorsal ancho entre cresta ilíaca y húmero: verde; acciones



directas: flechas violetas llenas; resultantes mecánicas: flechas violetas discontinuas. La elevación de la hemipelvis y el descenso del hombro homolaterales (con clavícula descendente) determinan por resultante mecánica directa la concavidad del hemitórax homolateral y, por resultante indirecta, convexidad del hemitórax contralateral con hombro alto contralateral.

Cuando prevalecen las resultantes mecánicas, la columna vertebral muestra lo que aparece como una curva de amplio radio con convexidad contralateral pero que, diagnósticamente, debe leerse como concavidad homolateral.

Su reducción no es de hecho obtenible a través de un trabajo sobre los músculos del lado convexo, sino trabajando sobre el dorsal ancho del lado cóncavo, directo responsable de la desviación a través del acercamiento de escápula y hemipelvis.

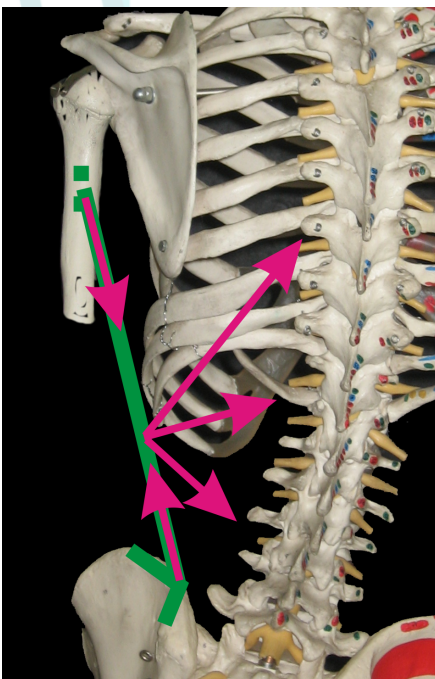


Figura 7.10 - Línea de fuerza del dorsal ancho entre cresta ilíaca y húmero: verde; resultantes mecánicas: flechas violetas. Con el interesamiento principal de los fascículos entre húmero y cresta ilíaca, la hemipelvis resulta elevada y el muñón del hombro deprimido. La columna vertebral presenta consecuentemente una concavidad homolateral de amplio radio.

5.5 La oposición de las fuerzas vertebrales en el cuadro "A"

El dorsal ancho se inserta sobre las apófisis espinosas de D7 a D12 y, a través de la fascia toraco-lumbar, sobre las apófisis costiformes de las vértebras lumbares.

El cuadrado de los lomos, además de la duodécima costilla, se inserta sobre las apófisis costiformes de las primeras tres vértebras lumbares.

Estas inserciones vertebrales crean un mecanismo particular: mientras los fascículos ilíaco-humerales del dorsal ancho determinan la elevación de la hemipelvis

que mecánicamente produce concavidad vertebral, el cuadrado de los lomos - que forma parte de la unidad funcional del dorsal ancho - puede traccionar directamente las vértebras lumbares homolateralmente.

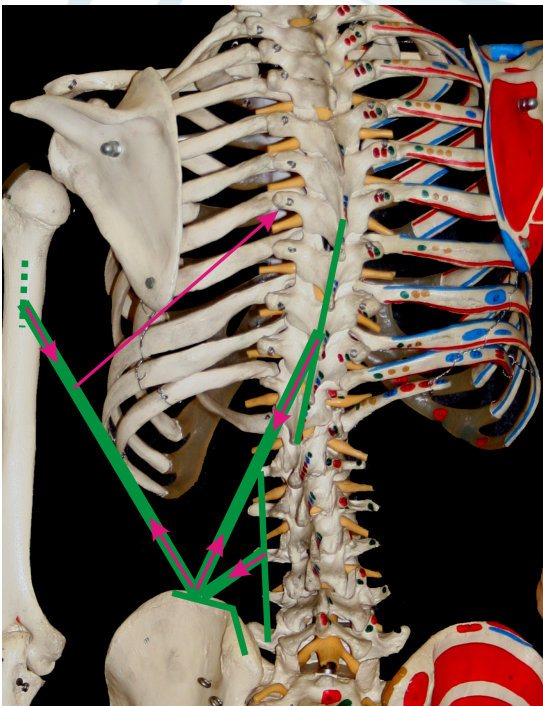
A esta acción pueden asociarse diafragma y psoas homolaterales, también ellos con inserción vertebral directa.

El cuadrado de los lomos, eventualmente con diafragma y psoas, puede entonces oponerse a la resultante mecánica de la elevación de la hemipelvis, manteniendo la columna vertical o creando una convexidad homolateral lumbar.

En este caso se determina una doble curva donde:

- El cuadrado de los lomos (con posible participación de diafragma y psoas) es directamente responsable de la convexidad vertebral lumbar por tracción directa sobre las vértebras.
- El dorsal ancho determina la concavidad vertebral torácica superior como resultante del acercamiento de hombro y hemipelvis.

Fig. 11 - Interesamiento de las fibras del dorsal ancho de: cresta ilíaca a húmero; cresta ilíaca a vértebras torácicas; cresta ilíaca a vértebras lumbares (cuadrado de los lomos). En este caso el interesamiento de las fibras con inserción sobre las vértebras torácicas y lumbares pueden oponerse a la resultante mecánica determinada por la elevación de la hemipelvis y determinar una convexidad vertebral extendida de las vértebras lumbares a las últimas torácicas. El acercamiento del muñón del hombro y de la hemipelvis determina, por resultante mecánica, la concavidad homolateral de las vértebras torácicas de D4 a D7. A nivel vertebral se determinará una doble curva que diagnósticamente podemos definir como convexidad inferior (en cuanto directamente producida por los músculos con inserción vertebral) y concavidad superior (en cuanto resultante mecánica).



5.6 Cuadro "B": el patrón de la elevación

El cuadro "B" está caracterizado por la acción asociada entre los fascículos superiores del dorsal ancho y los músculos que elevan el muñón del hombro: fascículos superiores del trapecio, elevador de la escápula y romboides.

La resultante global de estos músculos determina: • Elevación en aducción de la escápula • Elevación de la clavícula

Los fascículos toraco-humerales del dorsal ancho determinan convexidad lateral torácica homolateral (convexidad vertebral D4-D12).

Los fascículos inferiores elevan la hemipelvis y la rotan posteriormente.

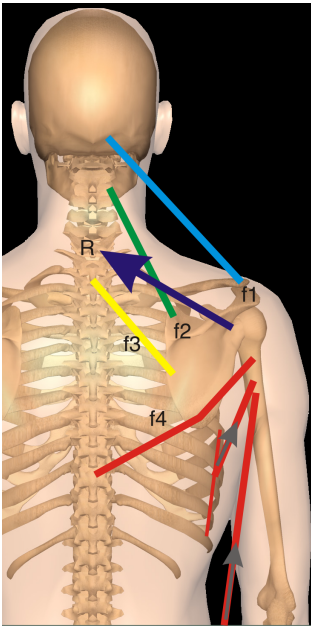


Fig. 12 - dorsal ancho: rojo; elevador de la escápula: verde; romboides: amarillo; fascículo superior trapecio: celeste. En este cuadro el dorsal ancho en su porción superior escápulo-húmero-vertebral actúa en asociación con los músculos dominantes que elevan el muñón del hombro: fascículos superiores del trapecio, elevador de la escápula, romboides. Utilizando la regla del paralelogramo (no representado en figura) se ha calculado la resultante global entre los músculos que elevan la escápula y aquellos que la deprimen. Ha derivado una línea de fuerza global R (flecha azul oscuro) que determina la elevación en aducción de la escápula. Los fascículos costo-humerales del dorsal ancho determinan el aumento de la convexidad lateral torácica homolateral y los fascículos inferiores la elevación de la hemipelvis. Deriva un cuadro asociado compuesto por: hombro alto; convexidad lateral torácica (convexidad vértebras D4-D12); hemipelvis elevada

5.7 Las consecuencias mecánicas de la elevación escapular en el cuadro "B"

La convexidad lateral torácica deriva también de la elevación del muñón del hombro.

Romboides y fascículos medios del trapecio, elevando y aduciendo la escápula, producen convexidad homolateral de las vértebras torácicas.

El serrato anterior aumenta su tensión en el intento de oponerse a la aducción y subida escapular.

Siendo subdominante respecto a los aductores, la escápula deviene para él punto fijo.

Su tracción se manifiesta entonces sobre las costillas (punto móvil) que se desplazan lateralmente, aumentando el dimorfismo torácico.

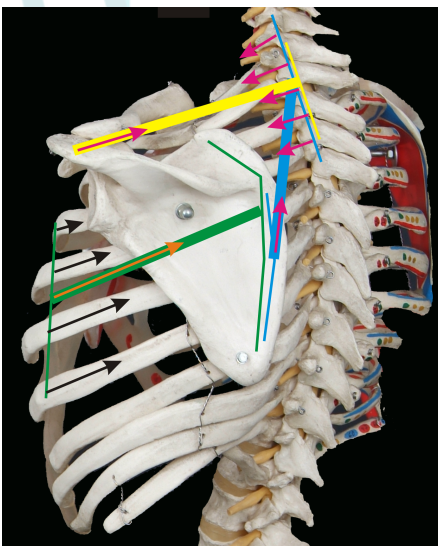


Fig. 13 - fascículos medios trapecio: amarillo; romboides: azul; serrato anterior: verde. Fascículos medios del trapecio y romboides elevan en aducción la escápula y traslan homolateralmente en rotación las vértebras de C6 a D4 (flechas violetas). La convexidad vertebral que deriva expande lateralmente homolateralmente las costillas superiores. La tensión aumentada del serrato anterior, causada por el intento de oponerse a la aducción escapular, se traduce en la expansión lateral del tórax. La convexidad lateral torácica por encima de D7 es entonces el producto mecánico de la desviación lateral de la columna vertebral y de la acción del serrato anterior (flecha naranja) para el cual la escápula deviene punto fijo y las costillas punto móvil (flechas negras).

5.8 El cuadro asociado completo del patrón "B"

El cuadro "B" presenta potencialmente sobre el mismo hemilado:

- Escápula elevada y aducida • Clavícula ascendente • Convexidad lateral torácica superior (D4-D7)
 - Convexidad lateral torácica inferior (D7-D12) • Elevación de la hemipelvis • Rotación de la pelvis
- No todos estos elementos están necesariamente presentes contemporáneamente.

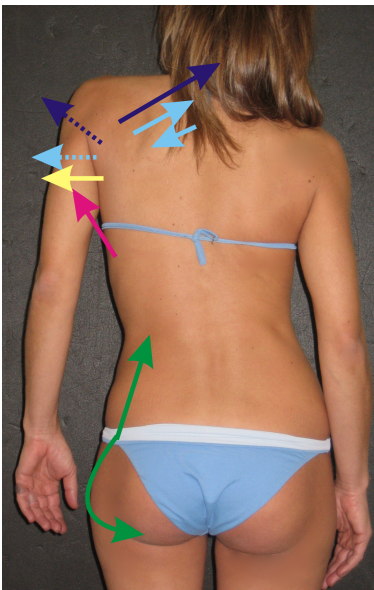


Fig. 14 - flechas azules: resultante global de la acción de los elevadores del muñón del hombro y de los fascículos superiores del dorsal ancho (la flecha discontinua indica la resultante mecánica inducida por la elevación en aducción del hombro); flecha magenta: acción de los fascículos costo-humerales del dorsal ancho; flechas verdes: acciones de los fascículos inferiores del dorsal ancho; flechas celestes: acciones de los fascículos medios del trapecio y romboides (la flecha discontinua indica la resultante mecánica inducida por la convexidad vertebral); flecha amarilla: acción del serrato anterior

5.9 Variantes del cuadro "B": doble curva y curva única

Variante con doble curva

Si a nivel lumbar prevalece la resultante mecánica determinada por la elevación de la hemipelvis, se determina una doble curva vertebral con concavidad lumbar y convexidad torácica.

Los fascículos inferiores del dorsal ancho elevan la hemipelvis.

La elevación de la hemipelvis determina mecánicamente una concavidad lumbar como resultante.

Contemporáneamente los fascículos superiores del dorsal ancho, asociados a romboides y fascículos medios e inferiores del trapecio, determinan directamente la convexidad vertebral torácica D4-D12 por tracción directa sobre las vértebras.

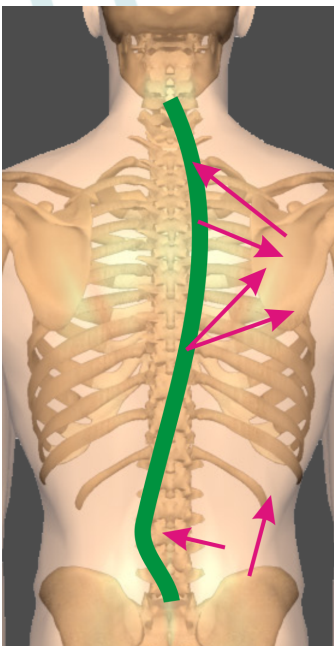
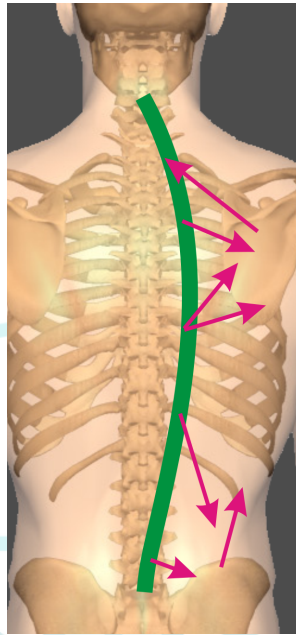
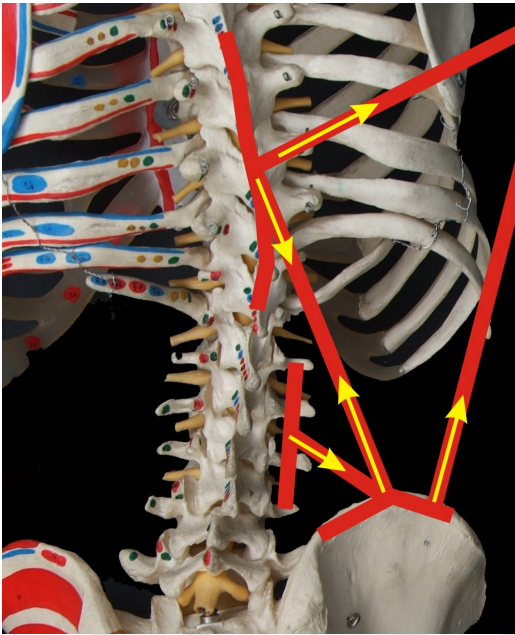


Figura 7.15 - En verde la simulación del recorrido vertebral. Si prevalece la resultante mecánica inducida por la elevación de la hemipelvis causada por los fascículos inferiores del dorsal ancho, el recorrido de la columna vertebral presentará una concavidad a nivel lumbar y una convexidad a nivel torácico inducida por los fascículos superiores del dorsal ancho y por los aductores de la escápula.

Variante con curva única

En el caso en que las fibras del cuadrado de los lomos (que forma parte de la unidad funcional del dorsal ancho) estén en acortamiento junto con las del dorsal ancho que unen pelvis a columna dorso-lumbar, estas se opondrán a la resultante mecánica determinada por la elevación de la hemipelvis.

La columna vertebral dorso-lumbar tendrá entonces recorrido vertical o en convexidad homolateral a pesar de que la hemipelvis esté elevada.



Figuras 7.16 y 7.17 - Dorsal ancho y cuadrado de los lomos: rojo; resultantes esqueléticas: flechas amarillas. Línea verde: simulación recorrido columna vertebral. En este caso, aunque siendo la hemipelvis elevada, la columna lumbar podrá presentarse recta o en convexidad homolateral. El recorrido global vertebral mostrará una convexidad D4-L5 de amplio radio.

Se vendrá así a crear una curva de amplio radio, donde:

- La convexidad dorso-lumbar

está directamente determinada por la fuerza de tracción sobre las vértebras lumbares ejercida por el cuadrado de los lomos y sobre las vértebras torácicas por el dorsal ancho;

- La convexidad torácica superior está inducida por la fuerza de tracción ejercida por los aductores escapulares y por la resultante mecánica de la elevación del hombro.

5.10 Principios Diagnósticos y Aplicaciones Clínicas

Los músculos con acción directa sobre las vértebras son dominantes en determinar las desviaciones vertebrales respecto a las desviaciones producidas por resultantes mecánicas.

Diagnósticamente definimos convexidad las desviaciones producidas por tracción muscular directa y concavidad las derivantes de resultantes mecánicas de desplazamientos de otros segmentos corpóreos.

No es raro encontrar cuadros aparentemente incongruentes, sobre todo a nivel lumbar donde frecuentemente las vértebras están en convexidad homolateral a la pelvis elevada.

Si con la hemipelvis elevada las vértebras lumbares se presentan en eje, es solo aparentemente una buena señal.

Mecánicamente, la hemipelvis elevada debería producir convexidad contralateral de las vértebras.

Si están en eje significa que fuerzas activas - cuadrado de los lomos, pilar del diafragma y psoas homolaterales - se oponen a la resultante mecánica.

Esta oposición determina endurecimiento del tramo con compresión discal por los componentes vectoriales verticales.

5.11 Frecuencia clínica de los dos cuadros

El cuadro "A" del dorsal ancho es mucho más raro que el cuadro "B".

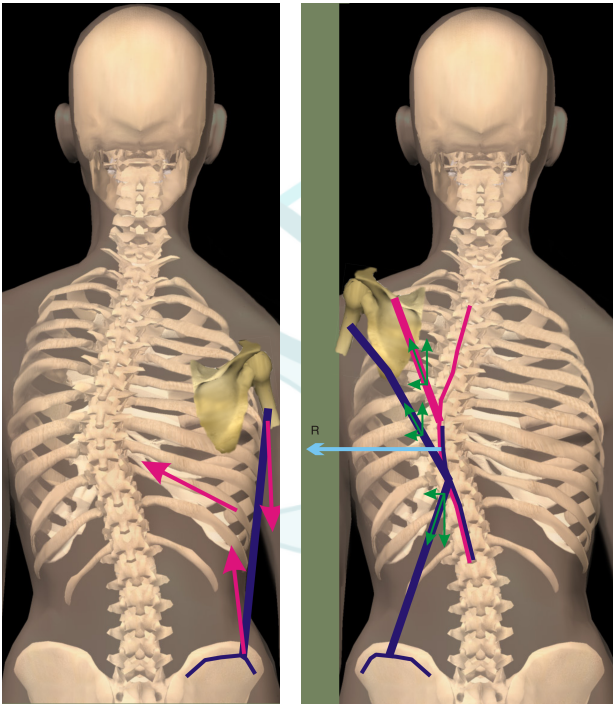
El cuadro "A" prevé el prevalecer de la línea de fuerza cresta ilíaca-húmero, situación biomecánicamente menos frecuente respecto al cuadro "B" donde prevalecen los componentes con inserción vertebral y escapular.

6. Vértebras D4-D12

Son las vértebras directamente interesadas por los cuadros del dorsal ancho.

Criterios diagnósticos diferenciales:

- Concavidad vertebral: cuadro "A" con línea de fuerza dominante cresta iliaca-húmero
- Convexidad vertebral: cuadro "B" con prevalencia de las líneas de fuerza con inserción vertebral



Figuras 7.18 y 7.19 - Concavidad lateral vertebral figura a la izquierda (cuadro "A" del dorsal ancho); convexidad lateral vertebral figura a la derecha (cuadro "B" del dorsal ancho). En la figura a la izquierda la línea de fuerza vertical del dorsal ancho (azul) acercando escápula y pelvis determina la resultante mecánica en concavidad de las vértebras (flechas magenta). En la figura a la derecha las líneas de fuerza vertebrales del dorsal ancho (azul) asociadas a las del fascículo inferior del trapecio (magenta) determinan directamente la convexidad vertebral (flecha celeste).

7. Vértebras Lumbares

La distinción entre concavidad y convexidad lumbar sigue criterios específicos.

Concavidad lumbar: cuando la desviación es proporcional a la elevación o rotación de la hemipelvis, entonces consecuencia mecánica del desplazamiento de la pelvis.

Convexidad lumbar: cuando el recorrido no es congruente con la desviación esperada por elevación y rotación de la pelvis.

Esta incongruencia, como ya observado, puede ocurrir por oposición a la resultante mecánica, y en este caso la fuerza de tracción responsable es homolateral al lado de la pelvis elevada.

O revelar una desproporción por exceso: cuando la cantidad de elevación de la pelvis parece producir una convexidad vertebral opuesta exagerada por cantidad, esto revela la tracción directa de los músculos contralaterales que, aprovechando la reacción mecánica, la amplifican ulteriormente.

Los vectores musculares responsables de la convexidad lumbar son:

- Cuadrado de los lomos • Diafragma • Psoas

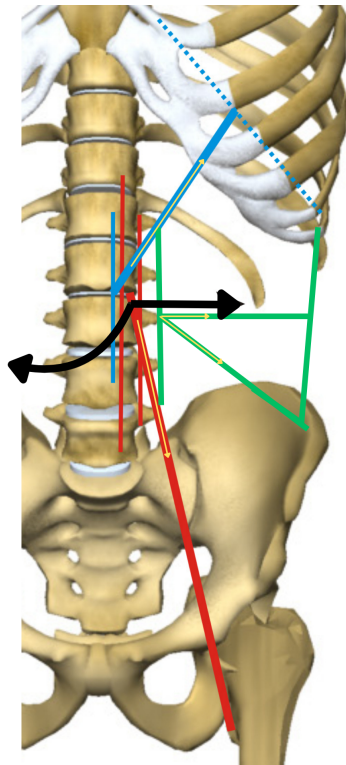


Figura 7.20 - Psoas: rojo; diafragma: celeste; cuadrado de los lomos: verde. Las flechas negras indican la resultante global en convexidad homolateral a la tracción ejercida por los tres músculos y en rotación contralateral.

8. Pelvis

La elevación y la rotación posterior son inducidas por el par dorsal ancho-cuadrado de los lomos.

Es posible distinguir dos cuadros principales:

1. Elevación hemipelvis y rotación homolaterales. Es la señal de que el desequilibrio del acortamiento asimétrico de los músculos de los dos lados es significativo.
2. Elevación hemipelvis de un lado y rotación contralateral. Es la señal de que el acortamiento muscular de los dos lados es menos relevante. En estos casos el acortamiento del par dorsal ancho – cuadrado de los lomos es usualmente mayor del lado de la hemipelvis elevada.

9. Síntesis: las cuatro curvas independientes

La columna vertebral sobre el plano frontal/rotatorio está compuesta por cuatro curvas muscularmente independientes:

1. Cráneo-cervical (C1-C5)
2. Cérvico-torácica (C6-D4)
3. Torácica (D4-D12)
4. Lumbar (L1-L5)

Estas curvas pueden presentarse contralaterales una a la otra o unirse formando radios más amplios. Para el tratamiento deben ser consideradas separadamente con estrategias específicas para cada tramo.

Tramo vertebral	Convexidad	Concavidad	Cuadro asociado
C1-C5	Elevador de la escápula Escalenos		Elevador de la escápula: escápula elevada y aducida Escalenos: convexidad de las primeras costillas
C6-D3	Romboides Fascículos medios del trapecio		Elevación y aducción de la escápula
D4-D12	Cuadro "B" del dorsal ancho		Escápula y hemipelvis elevadas, convexidad lateral del tórax

Tramo vertebral	Convexidad	Concavidad	Cuadro asociado
D4-D12		Cuadro "A" del dorsal ancho	Clavícula descendente, concavidad lateral del tórax, hemipelvis elevada
L1-L5		Hemipelvis elevada y rotada, cuadros "A" y "B" del dorsal ancho	
L1-L5	Cuadrado de los lomos, diafragma, psoas		

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. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord*. 1992;5(4):383–389.
6. Winter DA. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. 4th ed. Hoboken: Wiley; 2009.
7. Knudson D. *Fundamentals of Biomechanics*. 2nd ed. New York: Springer; 2007.
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. Adams MA, Roughley PJ. What is intervertebral disc degeneration, and what causes it? *Spine*. 2006;31(18):2151–2161.
11. McGill SM. *Low Back Disorders: Evidence-Based Prevention and Rehabilitation*. 3rd ed. Champaign: Human Kinetics; 2016.
12. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther*. 1997;77(2):132–142.

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. 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.
15. 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.
16. 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.
17. Keshner EA. Head–trunk coordination during linear anterior–posterior translations. *J Neurophysiol*. 2003;89(4):1891–1901.
18. Page P, Frank CC, Lardner R. *Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The Janda Approach*. Champaign: Human Kinetics; 2010.

