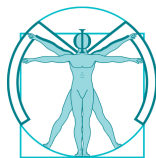


AIFIMM Formazione srl
Provider CPD 21418 (UK)
CE Broker ID 50-54885 (Florida USA)
Provider ECM 1701 (IT)
www.mskbiomechanics.com



AIFIMM Formazione srl
Istituto Superior
de Biomecánica
Neuro-Miofascial



Dr. Mauro Lastrico – Dra. Laura Manni

Equilibrio músculo-esquelético: principios biomecánicos y criterios de evaluación clínica

La comprensión de la organización músculo-esquelética representa un prerequisite fundamental para la intervención fisioterápica eficaz. El presente artículo se propone integrar los fundamentos teóricos de la biomecánica con un modelo operativo de evaluación clínica, en el ámbito del framework conceptual elaborado por Françoise Mézières y desarrollado por la Asociación Italiana Fisioterapeutas Método Mézières (AIFiMM).

El abordaje aquí presentado se diferencia de las concepciones tradicionales por la adopción de un modelo de referencia de tipo ingenieril, basado no en parámetros estadísticos de normalidad, sino en la definición de condiciones ideales de eficiencia biomecánica. Tal perspectiva permite cuantificar la brecha entre el estado actual del sistema y su configuración óptima, discriminando así entre equilibrios funcionales y equilibrios patológicos.

PARTE I – FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1. Definición biomecánica de la configuración espacial corpórea

En el lenguaje clínico corriente, el término "postura" viene frecuentemente empleado con acepción morfológica, designando una forma a corregir o una posición a modificar. Tal utilización genera una ambigüedad conceptual que conduce a intervenciones centradas en el aspecto exterior de la configuración corpórea, descuidando el análisis de las determinantes mecánicas que la sustentan.

Desde el punto de vista biomecánico, es necesario en cambio definir con precisión el concepto de postura como la expresión de la secuencia articular fisiológica, tanto a nivel distrital como sistémico, resultante del equilibrio vectorial de las fuerzas musculares actuantes sobre el sistema esquelético.

Esta definición operativa permite superar la interpretación puramente descriptiva: la configuración espacial del cuerpo en un momento dado no representa una variable independiente a juzgar en términos estéticos o normativos, sino la resultante observable de un sistema de fuerzas en equilibrio dinámico.

En consecuencia, calificar una configuración como "correcta" o "incorrecta" sobre la base de la forma o de la simetría visible constituye un error metodológico. La evaluación debe en cambio concentrarse en la calidad de la secuencia articular: lo que determina la funcionalidad del sistema

no es la posición asumida, sino el respeto de las relaciones fisiológicas entre los segmentos óseos, tanto en las cadenas cinéticas individuales como en la organización global del cuerpo.

A partir de esta premisa conceptual, sustituiremos en el seguimiento de la tracción el término "postura" con la expresión equilibrio músculo-esquelético, para evidenciar la naturaleza dinámica y mecánica del fenómeno analizado, evitando las connotaciones morfológicas y prescriptivas asociadas al léxico común.

2. El equilibrio músculo-esquelético como resultante de las fuerzas

Si el equilibrio músculo-esquelético constituye el resultado de un sistema de fuerzas, su comprensión requiere necesariamente el análisis de los vectores que lo determinan. En términos biomecánicos, esto equivale a considerar los músculos no como simples efectores motores, sino como vectores de fuerza que, a través de su estado tensional y su acortamiento, influyen directamente en la alineación segmentaria y la secuencia articular.

La acción mecánica del músculo se expresa a través de dos componentes:

- a) El tono basal: representa el nivel de tensión muscular presente también en condiciones de reposo aparente, necesario para garantizar la estabilidad articular y el control posicional del segmento. Constituye el componente neuromotor del equilibrio.
- b) La longitud muscular efectiva: determina la distancia entre las inserciones óseas y, en consecuencia, las relaciones angulares entre los segmentos articulares. Constituye el componente estructural del equilibrio.

En esta perspectiva, el acortamiento muscular no viene interpretado como el efecto directo de posiciones mantenidas o de hábitos incorrectos, sino como la consecuencia de un aumento del tono basal que el sistema neuromuscular utiliza para garantizar estabilidad y control.

El músculo representa, en este sentido, el efector final de adaptaciones que pueden originar de ámbitos diversos: biomecánicos (alteraciones de la secuencia articular que requieren compensaciones), neurofisiológicos (modificaciones del control motor), o ligados a la regulación emocional (expresión somática de estados de alerta o defensa). Estas adaptaciones, aunque tengan etiologías diferentes, encuentran en el tono muscular una vía común de expresión.

3. Del componente neuromotor a la modificación estructural

Cuando el incremento del tono basal se prolonga en el tiempo, el proceso no permanece confinado a solo el componente contráctil del músculo. La tensión constante induce progresivamente modificaciones también a cargo del componente conectivo – el tejido de sostén y transmisión de la fuerza compuesto por fascia, tendones y endomisio.

Esta evolución de lo funcional a lo estructural representa un punto crítico en la historia natural de la adaptación: cuando el componente conectivo se adapta a la tensión mantenida a través de procesos de remodelación tisular, el acortamiento tiende a estabilizarse. En este estadio, la reducción de la distancia entre las inserciones óseas deviene biomecánicamente relevante: la tracción ejercida sobre las estructuras esqueléticas modifica las relaciones articulares y contribuye, en el tiempo, a la alteración progresiva de la secuencia articular fisiológica.

El pasaje de un aumento de tono reversible a una modificación estructural estabilizada marca entonces el confín entre una adaptación aún manejable a través de la modulación neuromuscular y una condición que requiere intervenciones de restablecimiento de la longitud tisular. Es en esta fase que el acortamiento muscular deviene una determinante primaria de la alteración del equilibrio músculo-esquelético, y ya no más una simple consecuencia reversible de factores transitorios.

4. Secuencia articular y organización mecánica del sistema

El concepto de secuencia articular fisiológica constituye el parámetro de referencia fundamental para la evaluación del equilibrio músculo-esquelético. Por secuencia articular se entiende la relación espacial y funcional entre segmentos óseos adyacentes, definida por:

- La alineación recíproca de los segmentos óseos en el plano frontal, sagital y transversal
- La congruencia de las superficies articulares en condiciones de reposo y durante el movimiento
- La distribución fisiológica de las cargas a través de las estructuras articulares

Este principio deviene particularmente evidente en presencia de una escoliosis: incluso cuando el paciente asume voluntariamente una posición aparentemente "correcta", la desviación de la secuencia articular permanece inmutada, y con ella persisten las alteraciones de las relaciones de fuerza. El mismo principio se aplica a situaciones clínicas menos evidentes, en las cuales pequeños desalineamientos articulares alteran la organización mecánica del cuerpo en ausencia de deformidades macroscópicas.

La secuencia articular no es una propiedad local de una sola articulación, sino una organización sistémica: la alteración de una relación articular en un distrito implica necesariamente adaptaciones compensatorias en otros distritos, con el fin de mantener las funciones del sistema (equilibrio gravitatorio del par G y R, orientación de la mirada, capacidad de movimiento).

5. Adaptación, compensación y reducción del margen funcional

Cuando una o más articulaciones pierden la posibilidad de moverse según una secuencia fisiológica, el sistema músculo-esquelético no "se bloquea", sino que se reorganiza. Otras estructuras vienen progresivamente reclutadas para mantener la función, garantizar la estabilidad y permitir el movimiento a pesar de la limitación presente.

Este proceso, definido compensación, no representa en sí una disfunción, sino que constituye la expresión de la capacidad adaptativa intrínseca del sistema biológico. La compensación permite preservar las funciones esenciales (deambulación, alcance, manipulación) redistribuyendo las cargas y modificando las estrategias motoras.

En el tiempo, sin embargo, estas estrategias compensatorias tienden a estabilizarse a través de los mecanismos de remodelación neuromuscular y conectival precedentemente descritos. Lo que inicialmente permite continuar moviéndose sin dolor o con síntomas contenidos termina por modificar ulteriormente la organización mecánica del sistema, distribuyendo cargas y tensiones de modo no fisiológico.

Es en esta fase evolutiva que la compensación, aunque continuando garantizando la función, puede convertirse en una fuente indirecta de sobrecarga y de sintomatología a distancia. La distinción fundamental no es cualitativa (presencia o ausencia de compensación), sino cuantitativa: todos los sistemas biológicos operan a través de mecanismos de adaptación y compensación; lo que discrimina un equilibrio funcional de uno patológico es la entidad de las desviaciones de la secuencia fisiológica y el precio mecánico que el sistema está obligado a pagar para mantenerlas.

6. Relación entre síntoma y alteración mecánica

En el modelo aquí presentado, el dolor no coincide necesariamente con la causa primaria de la alteración, pero tampoco está obligatoriamente separado de ella.

En muchas situaciones clínicas, el síntoma es local y directamente correlacionado con la alteración mecánica presente: por ejemplo, un aumento de tono de los escalenos o del elevador de la escápula

puede determinar una rotación o una compresión segmentaria cervical, generando dolor a nivel del raquis cervical mismo. En estos casos, la correspondencia anatómica entre sede del síntoma y sede de la disfunción mecánica es inmediata.

En otros casos, en cambio, el dolor representa el punto en el que el sistema, después de haber compensado largo tiempo, agota su propio margen de adaptación. El síntoma emerge entonces donde las cargas y las tensiones ya no pueden ser redistribuidas eficazmente, mientras la alteración mecánica primaria que ha desencadenado la cadena compensatoria puede encontrarse también a distancia considerable.

Esta distinción no sirve para negar el valor diagnóstico del síntoma, sino para clarificar por qué el equilibrio músculo-esquelético no puede ser evaluado exclusivamente sobre la base de la localización del dolor. La comprensión de la configuración sistémica y de las cadenas de compensación constituye un prerequisite para identificar las determinantes mecánicas de la sintomatología, sean estas locales o remotas.

7. El modelo de referencia ingenieril

En la evaluación del equilibrio músculo-esquelético, viene adoptado un modelo de referencia de tipo ingenieril, no estadístico.

Este abordaje se diferencia radicalmente de modelos basados en la distribución estadística de los parámetros en la población general. Como sucede en ingeniería, se trabaja respecto a una condición ideal de máxima eficiencia biomecánica – aunque sabiendo que tal condición no es realizable en la práctica – porque es solo gracias a un modelo teórico de referencia que es posible cuantificar las desviaciones, orientar las intervenciones y evaluar progresivamente la mejora del sistema.

Es el mismo principio aplicado al estudio del rendimiento de un motor: el ingeniero razona sobre una eficiencia del 100%, aunque sabiendo que nunca podrá ser alcanzada. Si se limitara a describir lo que sucede en promedio, sin un modelo de referencia teórico, el progreso técnico se detendría. No se podrían identificar los márgenes de mejora, ni cuantificar cuánto el sistema real se aleja de la configuración óptima.

Del mismo modo, en biomecánica, la referencia a una secuencia articular fisiológica ideal no representa un objetivo inalcanzable a imponer al paciente, sino una herramienta conceptual indispensable para interpretar, cuantificar y mejorar la organización mecánica del cuerpo.

Los músculos tienden inevitablemente a acortarse en el tiempo, y no es realista pensar en anular este proceso. El cuerpo humano no puede alcanzar – ni mantener – una perfección biomecánica teórica. Sin embargo, la diferencia entre un equilibrio funcional y uno patológico no es de naturaleza cualitativa, sino cuantitativa.

En otras palabras: el cuerpo utiliza siempre los mismos principios de organización y de compensación. Lo que cambia es la entidad de las desviaciones de la configuración ideal y el precio mecánico que el sistema está obligado a pagar para mantenerlas. El modelo ingenieril proporciona el parámetro de referencia para cuantificar esta brecha y orientar la intervención terapéutica hacia la reducción progresiva del gap entre lo real y lo ideal.

PARTE II – MODELO OPERATIVO DE EVALUACIÓN

8. El biotipo ideal como herramienta de evaluación

En la evaluación de las alteraciones del equilibrio músculo-esquelético, tanto en condiciones estáticas como dinámicas, se hace referencia a un biotipo ideal. Tal biotipo viene extrapolado a

través del modelo de tipo ingenieril precedentemente descrito: un modelo de referencia que se remite a la mejor solución biomecánica posible relativamente a las secuencias articulares fisiológicas.

Es fundamental reiterar que este modelo no representa una norma estadística ni un ideal estético de simetría. Por definición, somos todos moderadamente asimétricos. El biotipo ideal constituye en cambio una herramienta conceptual que permite medir la brecha entre la configuración real del sistema músculo-esquelético del paciente y la configuración teórica de máxima eficiencia.

Es precisamente esta brecha – el gap entre lo que se es y lo que idealmente se debería ser – lo que determina si un sistema se encuentra en equilibrio funcional o en equilibrio patológico. Cuanto más la configuración real se aleja del modelo ideal, tanto mayor será la carga mecánica que el sistema debe sostener para mantener las funciones esenciales, y tanto mayor será la probabilidad de desarrollar sobrecargas, compensaciones progresivas y, finalmente, sintomatología.

9. Características del equilibrio músculo-esquelético ideal

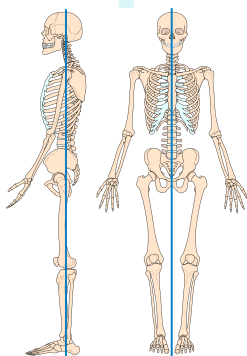
Cada parte del cuerpo posee un propio centro de gravedad. El centro de gravedad global del cuerpo es la resultante vectorial de la suma de cada uno de ellos. La proyección al suelo del centro de gravedad del ser humano en estación erecta corresponde a la línea vertical ideal que cae en el centro del área delimitada por la superficie de apoyo de los pies.

Desde el punto de vista biomecánico, en el equilibrio músculo-esquelético ideal simétrico observado en el plano sagital, la proyección vertical del centro de gravedad (o baricentro resultante) pasa a través de los siguientes puntos de referencia:

- Anteriormente al maléolo lateral
- Anteriormente a la articulación de la rodilla
- Posteriormente a la articulación de la cadera
- A través de la mayor parte de las vértebras lumbares
- A través de la articulación acromio-clavicular
- A través de las vértebras cervicales
- A través del meato acústico externo

A la observación anterior o posterior, el cuerpo ideal aparece dividido en dos hemilados perfectamente simétricos y la proyección vertical del centro de gravedad pasa a través del centro maleolar.

Estos parámetros definen la condición teórica en la cual el sistema músculo-esquelético opera con la máxima eficiencia mecánica, minimizando el gasto energético para el mantenimiento de la estación erecta y reduciendo las cargas no fisiológicas sobre las estructuras articulares.



10. Parámetros de evaluación estática

En las observaciones estáticas, el paciente viene evaluado frontalmente, posteriormente y lateralmente, así como en posición supina al suelo. El vínculo constante está representado por la posición de los pies: cuando sea posible, talón y primer metatarso deben estar en contacto y la mirada orientada hacia adelante. Esta estandarización permite la reproducibilidad de la observación y la evidenciación de las adaptaciones.

10.1 Observación frontal

Sigue un listado de los parámetros principales. Cualquier otro elemento observable se revelará útil en sede de evaluación funcional.

Pie y dedos:

- Los hallux deberían estar en contacto por toda su longitud y privados de rotaciones
- Los dedos de los pies en relajación, privados de flexiones, rotaciones, desviaciones laterales y no deberían participar activamente en el mantenimiento de la estación erecta

Miembros inferiores:

Los miembros inferiores deberían presentar cuatro puntos de contacto:

- Maléolos
- Pantorrillas en el tercio superior
- Cóndilos femorales mediales
- Muslos en el tercio superior

Rodillas:

- Frontalmente se observa la posición de las rótulas

Pelvis:

Vienen detectados tres parámetros:

- Traslación lateral
- Elevación (desnivel de las crestas ilíacas)
- Rotación sobre el plano transversal

Triángulos de la talla:

- Se observan los triángulos constituidos por una base descrita por el perfil del miembro superior hasta el contacto con la articulación de la cadera y por dos catetos descritos por el borde lateral torácico y por el del músculo cuadrado de los lomos. Los dos catetos no deberían mostrar ángulos agudos.

Cintura escapular:

Dos parámetros:

- Convexidad lateral torácica
- Rotación sobre el plano transversal

Hombros:

Dos parámetros:

- Elevación (desnivel)
- Anteposición

Clavículas:

Dos parámetros:

- Recorrido respecto a la horizontal (ascendente o descendente)
- Aparente diferencia de longitud

Miembros superiores:

Cuatro parámetros:

- Rotación del húmero (la línea intercondílica debería ser perpendicular a la línea media corpórea)
- Posición del codo
- Posición del antebrazo
- Posición de la mano

Cráneo:

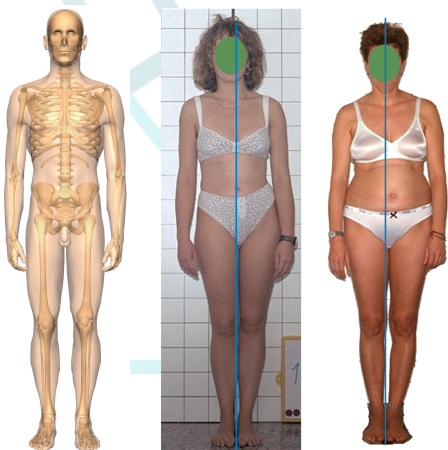
Dos parámetros:

- Inclinación lateral
- Rotación sobre el plano transversal

Elementos accesorios:

- La hendidura palpebral (orientación horizontal)
- La eventual desviación lateral de la mandíbula

Además de las diferencias entre los dos hemilados, es necesario evaluar si los baricentros segmentarios individuales están alineados con la línea vertical que pasa por los maléolos. Cuando esta alineación no está presente, el tono muscular debe necesariamente aumentar para permitir el mantenimiento de la estación erecta.



10.2 Observación posterior

Además de la verificación de los datos observados frontalmente, posteriormente se efectúan ulteriores observaciones específicas:

Tendones de Aquiles:

- Deberían ser paralelos y verticales

Rodillas:

Se evalúan:

- La rotación de los fémures (los cuatro cóndilos femorales deberían estar sobre la misma línea perpendicular a la línea media)
- La presencia de flexión o recurvatum

Región glútea:

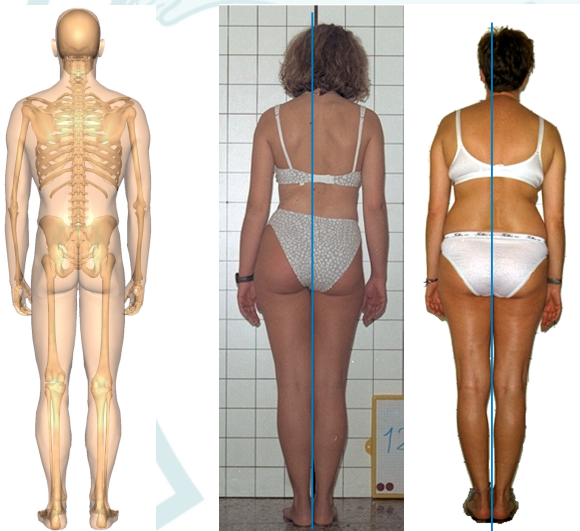
- El recorrido de las líneas glúteas, que deberían estar presentes, profundas y largas

Columna vertebral:

- Manualmente y visualmente se controla la sinusoide vertebral, detectando los recorridos anómalos tanto en el plano sagital como frontal

Escápulas:

- La relación entre margen medial de las escápulas y D5, que deberían estar sobre la misma línea
- La relación recíproca entre las escápulas (elevación, aducción/abducción)



10.3 Observación lateral

El plano observativo lateral permite tanto controlar algunos datos precedentes como evaluar nuevos:

Tobillo y pie:

- El tendón de inserción de los peroneos debería girar posteriormente al maléolo externo

Alineación vertical:

Respecto a una línea ideal secante a los tendones de Aquiles y perpendicular al terreno, se deberían encontrar aguas arriba cuatro puntos de contacto:

- Pantorrilla en el tercio superior

- Glúteos
- D5 (quinta vértebra torácica)
- Occipucio

Tórax:

- La línea esternal debería tener, respecto a la vertical que pasa por el manubrio del esternón, una inclinación de aproximadamente 30 grados

Abdomen y pelvis:

- La línea imaginaria tendida entre la apófisis xifoides y el pubis debería ser recta y vertical
- La pelvis no debería estar ni antevertida ni retrovertida



10.4 Observación en posición supina al suelo

La observación en posición supina ocurre en dos tiempos:

1. Inicialmente se pide al paciente posicionarse como se siente derecho. Esto proporciona informaciones sobre su esquema corpóreo, verificando si hay correspondencia entre el sentido subjetivo del "derecho" y la realidad objetiva.
2. Sucesivamente se lo alinea pasivamente considerando el centro maleolar, la sínfisis púbica, la incisura yugular del manubrio esternal y el cráneo.

En posición supina, ningún músculo está obligado a activarse para el mantenimiento de la posición. En consecuencia, este tipo de examen resulta el más relevante en cuanto proporciona informaciones sobre cuáles músculos estén efectivamente mayormente en acortamiento y sobre las consecuencias de eventuales alteraciones esqueléticas.

En estación erecta, al contrario, todas las asimetrías proporcionan informaciones sobre las estrategias musculares puestas en acto para el mantenimiento del equilibrio antigravitatorio.

Las observaciones conciernen tanto el plano sagital como el frontal e incluyen todos los elementos precedentemente listados, notando que a menudo muchos datos de las proyecciones ortostáticas se modifican en posición supina.

Evaluaciones palpatorias específicas:

- Palpación de las vértebras cervicales y torácicas hasta D3, para verificar eventuales rotaciones o traslaciones vertebrales. Más allá de D3, las vértebras torácicas son interdependientes con el tórax y requieren abordajes evaluativos diferentes.
- Palpación de la articulación temporo-mandibular para evaluar eventuales subidas del cóndilo de la mandíbula en la fosa del hueso temporal o sub-luxaciones condilares.
- Palpación de las vértebras lumbares para identificar alteraciones de la secuencia segmentaria.

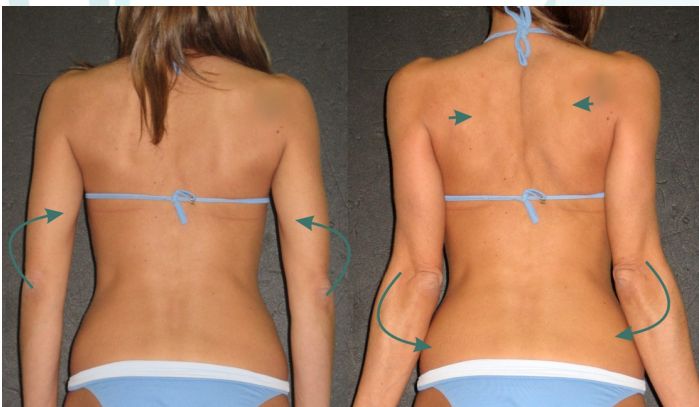
11. Observaciones dinámicas

Las observaciones dinámicas conciernen tanto los movimientos activos ejecutados por el paciente, como movimientos pasivos ejecutados por el operador. La referencia en ambos casos es el modelo anatómico teórico derivado del biotipo ideal.

11.1 Observaciones dinámicas activas

Las observaciones dinámicas activas tienen el propósito de detectar si las acciones ejecutadas por el paciente sean desempeñadas por los músculos anatómicamente designados o si estén presentes momentos sustitutivos (habilidades motoras emergentes que compensan la incapacidad de utilizar los músculos fisiológicamente prepuestos al movimiento requerido).

Esta evaluación permite identificar cuáles distritos presentan alteraciones de la secuencia articular tales de impedir la ejecución de movimientos según los patrones fisiológicos, obligando al sistema a recurrir a estrategias compensatorias.



A la observación posterior, en actitud espontánea, es constatable una rotación interna humeral (fig. a la izquierda).

A la petición de corregir activamente la rotación interna, (fig. a la derecha) la paciente, aunque no teniendo ninguna limitación mecánica a la articulación escápulo-humeral, utiliza los aductores escapulares en sustitución de los rotadores externos humerales. Utiliza, es decir, un patrón alterado de movimiento compuesto por una acción muscular sustituyente y por una reacción afisiológica (la aducción escapular).

Si esta estrategia es la utilizada en vida cotidiana, en el tiempo, podrían verificarse compresiones radiculares al distrito infraescapular.

11.2 Observaciones dinámicas pasivas

Las observaciones dinámicas pasivas tienen el propósito de detectar relaciones músculo-esqueléticas anómalas, distinguidas en dos categorías:

a) Reacciones afisiológicas:

Reacciones esqueléticas que ocurren con modalidades no congruentes al movimiento inducido. Por ejemplo, en la abducción pasiva de un miembro superior, la reacción fisiológica es la expansión lateral homolateral del tórax. La reacción afisiológica es la no expansión lateral homolateral del tórax asociada a cualquier otro movimiento esquelético compensatorio.



Abducción pasiva de los miembros superiores a aproximadamente 110 grados.

El tórax, en lugar de expandirse lateralmente, se mueve cranealmente pero sobre todo en anteroposterior aumentando de manera significativa la lordosis.

En este caso, la reacción esquelética torácica, moviéndose sobre un plano diverso, viene definida "afisiológica".

Tal reacción podría ser inducida por los dorsales anchos que, puestos en máximo alargamiento por la abducción de los miembros superiores, elicitán su acortamiento a través del aumento de la lordosis dorso-lumbar y la anteversión de la pelvis.

b) Restricciones de movilidad:

Limitaciones del rango de movimiento articular consecuentes a acortamientos musculares o modificaciones estructurales de los componentes cápsuloligamentosos. Estas restricciones evidencian los distritos en los que la pérdida de longitud muscular ha alcanzado un grado tal de limitar mecánicamente la excursión articular.

El conjunto de las observaciones dinámicas pasivas permite mapear las cadenas de acortamiento y de identificar los distritos críticos donde la intervención terapéutica deberá concentrarse para restablecer una secuencia articular más cercana al modelo fisiológico.

CONCLUSIONES

El modelo aquí presentado integra los fundamentos teóricos de la biomecánica con un sistema operativo de evaluación clínica, proporcionando al fisioterapeuta herramientas conceptuales y prácticas para el análisis del equilibrio músculo-esquelético.

La definición de equilibrio músculo-esquelético como expresión de la secuencia articular fisiológica, la interpretación de los músculos como vectores de fuerza, y la adopción de un modelo de referencia ingenieril constituyen los pilares teóricos de este abordaje.

El biotipo ideal no representa un objetivo terapéutico alcanzable, sino una herramienta de medición: es la brecha entre la configuración real y la ideal lo que discrimina entre equilibrios funcionales y equilibrios patológicos. Cuanto mayor es esta brecha, tanto mayor será la carga mecánica sostenida por el sistema y la probabilidad de desarrollar sobrecargas y sintomatología.

Los parámetros de evaluación estática y dinámica descritos en la segunda parte permiten cuantificar operativamente esta brecha, identificando los distritos críticos donde la secuencia articular se aleja del modelo fisiológico y donde los acortamientos musculares han alcanzado relevancia biomecánica.

La intervención fisioterápica, en esta perspectiva, no mira a "corregir la postura" entendida como forma exterior, sino a reducir progresivamente el gap entre lo real y lo ideal, restableciendo longitudes musculares más fisiológicas y secuencias articulares que minimicen el gasto energético y las sobrecargas estructurales.

Solo a través de un modelo de referencia teórico preciso es posible orientar la intervención clínica, evaluar su eficacia en el tiempo y progresar hacia configuraciones siempre más eficientes del sistema músculo-esquelético, aunque en la conciencia de que la perfección biomecánica absoluta permanece, por definición, inalcanzable.

Bibliografía

- [1] Sahrmann SA. *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes*. St. Louis: Mosby; 2002. [2] Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System*. 3rd ed. St. Louis: Elsevier; 2017. [3] Winter DA. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. 4th ed. Hoboken: Wiley; 2009. [4] Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*. 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2017. [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] Fung YC. *Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues*. 2nd ed. New York: Springer; 1993. [7] Lieber RL. *Skeletal Muscle Structure, Function, and Plasticity*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. [8] Page P, Frank CC, Lardner R. *Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The Janda Approach*. Champaign: Human Kinetics; 2010. [9] Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. *Muscles: Testing and Function with Posture and Pain*. 5th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. [10] Kibler WB, Sciascia A, Wilkes T. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder injury. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012;20(6):364-372. [11] Hodges PW, Tucker K. Moving differently in pain: a new theory to explain the adaptation to pain. *Pain*. 2011;152(3 Suppl):S90-S98. [12] Bar-Yam Y. *Dynamics of Complex Systems*. Reading: Addison-Wesley; 1997. [13] Hall JE, Hall ME. *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*. 14th ed. Philadelphia: Elsevier; 2021. [14] White AA, Panjabi MM. *Clinical Biomechanics of the Spine*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott; 1990.