

Dr. Mauro Lastrico – Dra. Laura Manni

Causas de los Acortamientos Musculares

1. Introducción

En los capítulos precedentes hemos analizado cómo las dominancias vectoriales de los distritos individuales determinen configuraciones esqueléticas específicas.

Sin embargo, para comprender el sistema músculo-esquelético, es necesario profundizar por qué los músculos tienden a acortarse y cuáles mecanismos desencadenan este proceso.

El acortamiento muscular no es un fenómeno casual, sino el resultado de precisos mecanismos fisiológicos que llevan al aumento del tono basal.

Cuando este aumento de tensión se prolonga en el tiempo, involucra progresivamente el componente conectival de la fibra muscular, determinando el acortamiento residuo permanente que hemos observado en el análisis segmentario.

El aumento del tono basal puede ser inducido por tres diversos sistemas que utilizan el músculo como efector final: el sistema psicosomático, el sistema neurofisiológico y el sistema biomecánico.

Cada uno de estos sistemas puede actuar independientemente o en sinergia con los otros, determinando esa compleja realidad clínica que observamos cotidianamente.

Esta distinción orienta las estrategias terapéuticas, discriminando los casos en los que la intervención debe ser prevalentemente dirigida al sistema muscular de aquellos en los que es necesario actuar primariamente sobre otros aparatos.

2. El Modelo Psicosomático

Las primeras formulaciones sobre la profunda relación existente entre psique y soma, entre estructura caracterial y estructura muscular, remontan a los años veinte del siglo pasado por obra de W. Reich y sucesivamente de A. Lowen.

Con sus primeros escritos Reich, médico y psicoanalista, alumno de Freud, fue afirmando progresivamente la identidad funcional entre procesos psíquicos y procesos somáticos, poniendo en relación la estructura caracterial con la estructura corpórea de la persona.

Las tensiones acumuladas en el cuerpo y la puesta en acto de actitudes finalizadas a bloquear las propias emociones dan lugar, según el estudioso, a una doble coraza.

Se trata de una coraza caracterial, entendida como aquel conjunto de actitudes psíquicas y comportamentales característicos de un individuo, que tiene un correlativo somático en una coraza muscular.

Tales estructuras funcionan como un aparato de defensa contra estímulos tanto internos como externos percibidos por el sujeto como amenazadores, con la finalidad de evitar sentimientos de angustia.

Descrito también en ámbito ortopédico como "estado miotensivo psicógeno", el estado de tensión muscular crónica representa el proceso quizás más evidente con el que el Yo expresa sus vivencias emocionales en el cuerpo.

2.1 Desarrollos de la Investigación Psicosomática

Alexander Lowen profundizó las investigaciones en este campo y llegó a la formulación de un verdadero y propio procedimiento terapéutico llamado Análisis Bioenergético.

Él se dedicó al estudio de la relación entre los niveles cognitivo, emocional y corpóreo propios de cada persona, con particular atención a las funciones esqueléticas y a la musculatura voluntaria.

A nivel psicofisiológico, las tensiones musculares representan el principal instrumento defensivo del Yo expresado a nivel corpóreo y, en cuanto tales, pueden determinar un modelamiento de la actitud corpórea en su conjunto.

Se puede entonces afirmar que también la estructura muscular evidencia la historia personal de un individuo.

La relación entre configuración corpórea y personalidad está ahora soportada por numerosas investigaciones científicas llevadas adelante por estudiosos provenientes de escuelas diversas.

Para representar cada individuo en su unidad psicosomática, junto a los aspectos músculo-tensivos es esencial hacer referencia también a los factores, psico-neuro-endocrinos, considerados como el sistema de mediación y de modulación entre componentes psíquicos y emotivos por un lado y factores orgánicos y biológicos por el otro.

2.2 Mecanismo de la Coraza Muscular

La formación de la coraza corpórea ocurre a través de la elevación del tono basal, es decir con un exceso de tensión de la porción contráctil de la fibra muscular.

Si esta condición perdura en el tiempo viene interesada también la porción conectival, dando lugar al acortamiento verdadero y propio del sistema muscular que producirá la alteración de la correcta sucesión articular.

Así un estado miotensivo con punto de partida emocional puede evolucionar y asociarse a una problemática biomecánica.

El modelo psicosomático no atribuye al origen psíquico un papel causal exclusivo, sino que describe una de las modalidades a través de las cuales puede instaurarse un aumento crónico del tono basal, que sigue de todas formas las mismas leyes mecánicas propias del sistema músculo-esquelético.

3. El Modelo Neurofisiológico

El tono muscular es la resultante de una compleja serie de procesos psico-neuro-fisiológicos al interior de un sistema de tipo cibernético: el sistema tónico postural.

Este sistema tiene entradas bien definidas, constituidas por las informaciones provenientes de los receptores específicos entre los cuales: el pie, el ojo, el aparato estomatognático, la piel y el aparato músculo-esquelético.

Los estudios neurofisiológicos han tomado en examen con gran atención el aspecto de las interferencias receptoriales, en cuanto el output del sistema, o sea el tono muscular, resulta estar condicionado por los input, es decir por las informaciones en entrada.

El tono muscular, sin embargo, aunque siendo consecuencia de los input en entrada, representa también el producto de lo que viene elaborado por el sistema nervioso central, en base a específicos procesos neuropsicológicos y a la experiencia.

3.1 Control Cortical y Subcortical

Un desequilibrio no indica necesariamente un problema originado a nivel de las entradas sensoriales, porque podría estar conectado a una no correcta integración del sistema central.

Los centros corticales están involucrados en la planificación de los objetivos motores mientras los centros subcorticales, utilizando un mapeo definido "esquema corpóreo", modulan la ejecución de las estrategias motoras.

No se trata de "decisiones" en sentido consciente: los centros corticales procesan las intenciones motoras ("qué" hacer), mientras los centros subcorticales regulan la implementación motora ("cómo" hacerlo) a través de patrones neurales automatizados.

Además los centros subcorticales, a través del circuito gamma, modulan el tono basal.

Cuando en este texto se habla de centros nerviosos que "modulan", "procesan" o "regulan", se está usando un lenguaje simplificado para describir procesos neurales complejos.

Estos centros no "deciden" o "eligen" en el sentido consciente, sino que procesan informaciones y generan output motores a través de redes neurales interconectadas y patrones de activación predeterminados por la evolución y modulados por la experiencia.

Siendo la planificación motora ("qué") jerárquicamente prioritaria sobre la ejecución ("cómo"), la representación neural del esquema corpóreo influye en la calidad de la activación muscular: cuanto menos el esquema corpóreo está accuradamente representado a nivel neural, tanto más el sistema muscular vendrá activado con exceso de tensión, en co-contracción de músculos no necesarios a la acción, hasta generar patrones sustitutivos en los que músculos anatómicamente destinados a una dada acción vienen integrados por coordinaciones emergentes que involucran otros grupos musculares.

3.2 Mecanismos Protectivos de los Centros Subcorticales

Los centros subcorticales están involucrados en los mecanismos protectivos para la salvaguarda de la integridad física a través de la modulación del tono muscular, distinguible en respuestas "fisiológicas" y "funcionales".

La contracción muscular, en función de las variables fuerza/tiempo, determina acortamiento residuo del músculo mismo: menor es el tiempo y la fuerza de contracción, menor es el acortamiento; mayor la fuerza, pero sobre todo el tiempo, mayor es el acortamiento residuo.

El acortamiento muscular, y la consiguiente asimetría corpórea, no es constatable solo en las personas que lamentan una patología/sintomatología ortopédica sino que está presente en cada ser humano y puede ser inducido por contracciones musculares automáticas reguladas neuralmente en respuesta a un dado evento.

Definición de los Mecanismos

En la siguiente tratación:

- "Fisiológicos": mecanismos de contracción muscular que el sistema nervioso activa automáticamente como respuesta estereotipada a un dado evento/estímulo
- "Funcionales": mecanismos de contracción muscular que el sistema nervioso modula con variabilidad individual en base a las necesidades percibidas ("lo que sirve")

Ambos mecanismos son regulados por los centros subcorticales a través de circuitos neurales evolutivamente antiguos.

3.3 Mecanismos Fisiológicos

Son la reacción muscular en contracción tenida en el tiempo a consecuencia de un evento traumático ortopédico.

Ejemplo: evento accidental y distorsión tibio-társica.

Los centros subcorticales envían, a través del gamma motoneurona, un mensaje de contracción a todos los músculos peri-articulares de modo de inmovilizar la articulación.

Tal contracción durará hasta que las estructuras endo-articulares lesionadas no sean "reparadas".

El tiempo de contracción en tenida será proporcional al daño; en consecuencia lo será también el acortamiento muscular residuo.

3.4 Mecanismos Funcionales

Son contracciones musculares tenidas en el tiempo, constituidas por un aumento más o menos consistente del tono basal, siempre activadas por los centros subcorticales a través del gamma motoneurona, que tienen el propósito de atenuar y/o eliminar dolores presentes (reflejo antálgico a posteriori) o de impedir que dolores latentes se manifiesten ("reflejo antálgico a priori" F. Mézières).

La contracción muscular tenida, por un dado tiempo, hasta que no provoca conflictos estructurales, tiene un efecto antálgico.

En su trabajo de salvaguardar la vida, los centros subcorticales responden a un solo tiempo: "aquí y ahora".

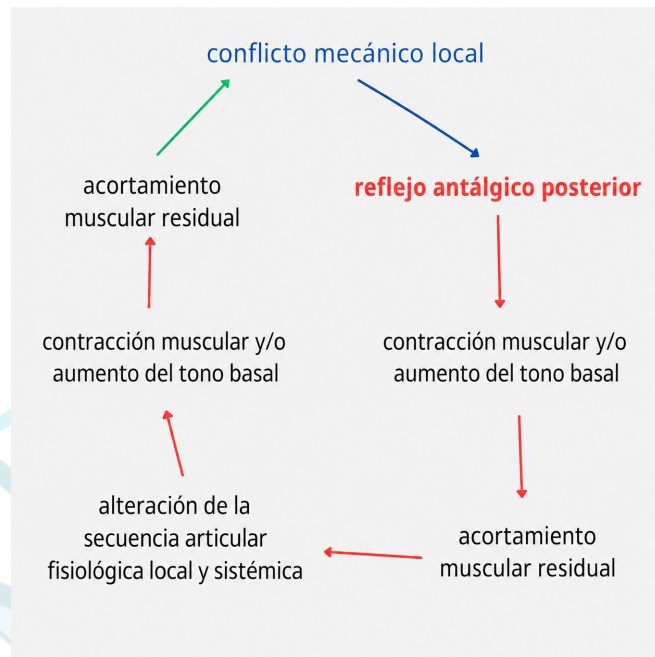
Un dolor y/o una impotencia funcional vendrán percibidos con el significado de "muerte" y serán entonces adoptadas estrategias de evitación.

Reflejo Antálgico a Posteriori

En esta óptica el reflejo antálgico a posteriori representa la extrema estrategia de defensa en el intento de prolongar la vida lo más posible.

Las personas en fase dolorosa aguda a menudo asumen configuraciones corpóreas contorsionadas pero, como dicen los mismos pacientes, así "están un poco mejor".

Esta estrategia defensiva resulta útil en lo inmediato pero, si perdura en el tiempo, devendrá causa de la aparición de ulteriores conflictos mecánicos.



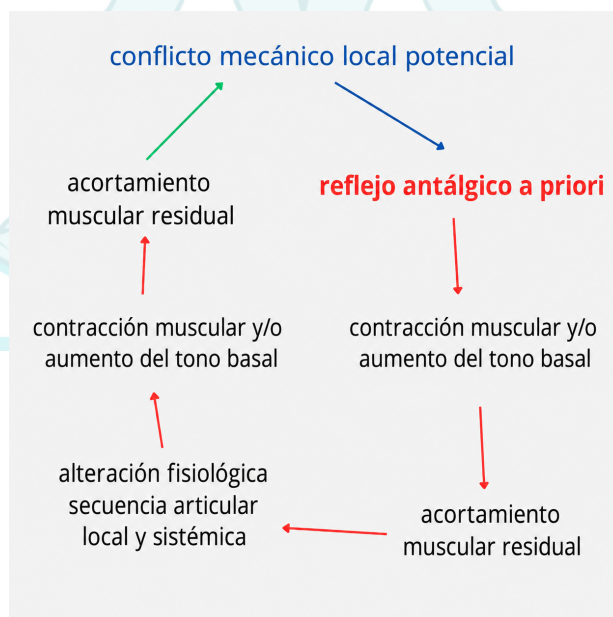
Reflejo Antálgico a Priori

Los mecanismos fisiológicos y el reflejo antálgico a posteriori intervienen solo en algunos momentos de la vida, y solos no bastan para explicar la sumatoria de acortamientos y asimetrías presentes en el cuerpo.

Su verdadera causa es principalmente el reflejo antálgico a priori.

Es un reflejo perennemente activo y tiene el propósito de evitar que dolores/conflictos mecánicos latentes se revelen.

El progresivo acortamiento muscular, hasta que no crea conflictos, impide la deslatentización de las molestias músculo-esqueléticas.



Los centros subcorticales utilizan el sistema muscular distribuyendo los acortamientos de modo de alterar sistémicamente todas las secuencias articulares precisamente para intentar, mientras sea posible, evitar conflictos locales.

3.5 Manifestaciones Comportamentales

El reflejo antálgico a priori se manifiesta también a través de la asunción de específicas configuraciones corpóreas o a través del movimiento, obligando a la persona a elecciones motoras no casuales.

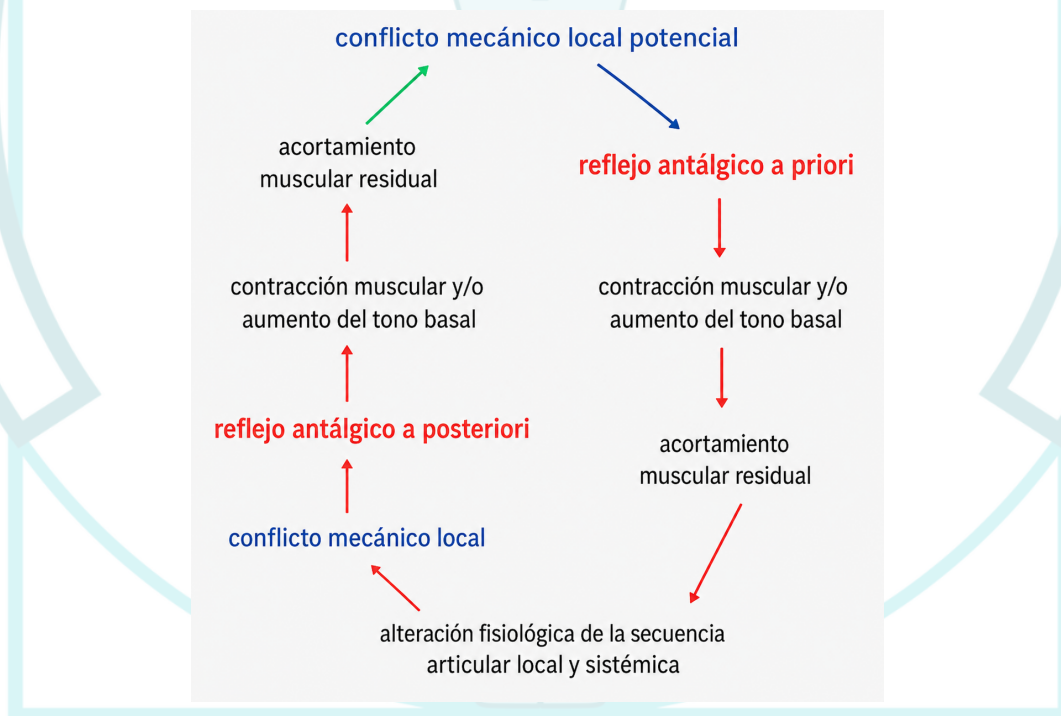
Tales coerciones en un primer momento son inconscientes: se "siente" la necesidad/deseo de moverse o de posicionarse en el espacio de un dado modo.

Si las modificaciones en acortamiento de la musculatura devienen más importantes, las coerciones motoras devienen finalizadas conscientemente a evitar la aparición de la molestia ("no puedo estar largo tiempo sentado si no...", "no puedo caminar lentamente de otro modo...", etc.).

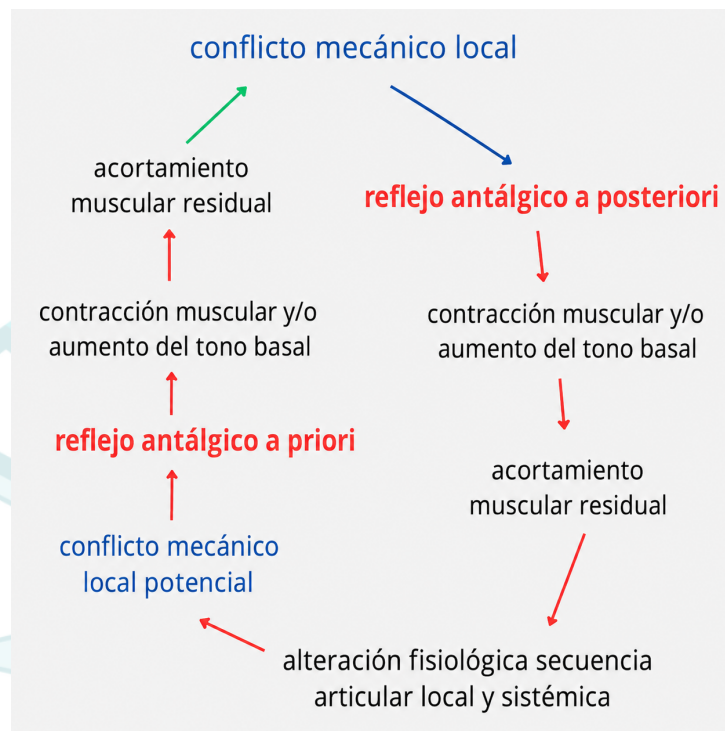
3.6 Circuitos de Autoalimentación

Si el mecanismo de acortamiento sistémico de la musculatura perdura en el tiempo, localmente podrán determinarse conflictos que darán lugar a un circuito de autoalimentación en el que coexisten los dos reflejos antálgicos.

Circuito 1: Reflejo a priori dominante



Circuito 2: Reflejo a posteriori dominante



4. El Modelo Biomecánico

4.1 La organización del sistema músculo-esquelético

En el modelo biomecánico vienen analizadas las modalidades a través de las cuales el sistema músculo-esquelético se organiza en la estática y en la dinámica.

Esta organización sigue precisas leyes físicas que gobiernan el equilibrio de las fuerzas y la distribución de las cargas corpóreas.

En la estática los desequilibrios posturales se manifiestan con la pérdida de la fisiológica secuencia articular de los varios segmentos esqueléticos en los tres planos del espacio.

En la dinámica estos desequilibrios se traducen en la imposibilidad de efectuar el movimiento utilizando al mejor las fuerzas musculares disponibles.

4.2 El principio del equilibrio vectorial

Para garantizar tanto la axialidad de los segmentos esqueléticos como el movimiento articular armónico, es necesario que las fuerzas musculares estén balanceadas.

Cuando este equilibrio viene menos, se altera la mecánica articular: varían los puntos de aplicación de las fuerzas vectoriales musculares, sus momentos y la distribución de las cargas sobre los segmentos esqueléticos.

Independientemente de los elementos de perturbación primarios y del tipo de perturbación inicial, la alteración de los ejes fisiológicos es siempre la resultante de la interacción entre el "sistema complejo" muscular y el "sistema complejo" esquelético.

Esta interacción da vida a una interrelación funcional definible como "sistema complejo músculo-esquelético".

4.3 El mecanismo de compensación

Cada vez que un segmento esquelético pierde su propio alineamiento fisiológico, el sistema muscular debe intervenir para restablecer el equilibrio.

Esta es una ley física: el esqueleto no puede mantener una configuración correcta sin que las tensiones musculares estén balanceadas.

El principio demuestra concretamente cómo los músculos guían la organización esquelética - nunca al contrario, a menos que haya alteraciones estructurales congénitas o adquiridas.

4.4 El sistema "en los límites del caos"

El equilibrio a baja intensidad de los vectores musculares garantiza la coexistencia de una buena estabilidad y de una buena movilidad articular.

Esta condición óptima crea las premisas para que el sistema músculo-esquelético se ponga "en los límites del caos", el área en la que los elementos de estaticidad y dinamicidad se expresan al mejor de la posibilidad estructural.

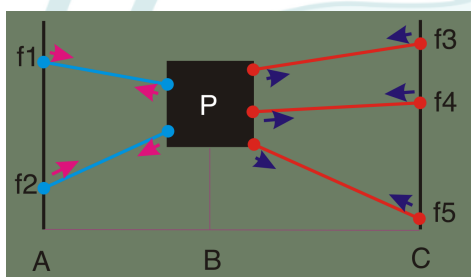


Fig. 01 - La posición del cuerpo P está asegurada por la co-contracción de todas las fuerzas representadas por sus vectores (segmentos con flecha) actuantes a baja intensidad. El cuerpo P sufre la mínima tracción necesaria a su estabilización. Los elementos estáticos y dinámicos están balanceados al mínimo gasto energético, el sistema se pone "en los límites del caos".

4.5 La progresión hacia la rigidez

Si el balance de las fuerzas ocurre a alta intensidad, la axialidad esquelética permanece aún posible, pero el movimiento requerirá una mayor cantidad de energía deviniendo desarmónico.

Los componentes esqueléticos sufrirán mayores sollicitaciones, los elementos estáticos prevalecerán sobre los dinámicos y el sistema, alejándose del "margen del caos", devendrá rígido.

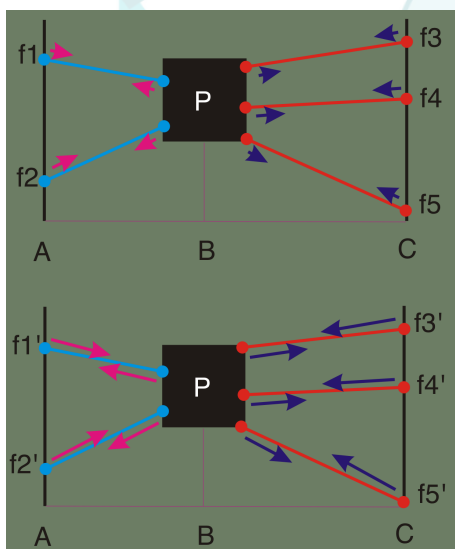


Fig. 02 - Si las fuerzas f aumentan de intensidad deviniendo f' , y los vectores de $f1'$ y $f2'$ son capaces de balancear aquellos de $f3'$, $f4'$ y $f5'$, el cuerpo P permanece en la posición inicial pero está sometido a una mayor fuerza de tracción. Los elementos estáticos prevalecen sobre los dinámicos y el sistema deviene rígido.

4.6 El circuito de autoalimentación

El equilibrio vectorial a alta intensidad, mantenido en el tiempo a través del aumento del tono basal, provoca un desequilibrio vectorial a favor de las fuerzas musculares dominantes.

El sistema se adapta y reorganiza un nuevo equilibrio al precio de desalineamientos esqueléticos segmentarios,

mientras el movimiento resultará limitado o sustituido por la intervención de otras articulaciones: un claro ejemplo de salvaguarda prioritaria de la función.

El término "organiza" no implica un control intencional, sino que describe un proceso emergente de adaptación mecánica del sistema a las leyes físicas que gobiernan su equilibrio.

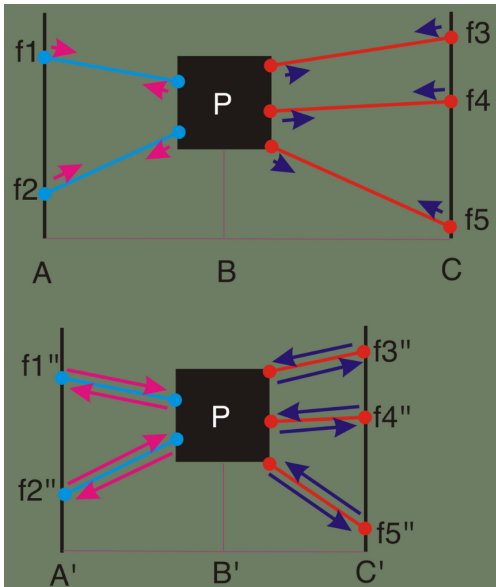


Fig. 03 - Si el aumento de intensidad de las fuerzas es sistémico y se mantiene en el tiempo, el cuerpo P vendrá traccionado en dirección de los vectores dominantes f3'', f4'' y f5''.

La distancia B'C' será inferior a la distancia BC.

Las fuerzas f1'' y f2'' intentarán oponerse al desplazamiento del cuerpo P aumentando la intensidad vectorial de su acción.

Además si el punto A no es fijo (y en el esqueleto no hay puntos fijos absolutos) también la distancia A'B' resultará inferior a la distancia AB.

En consecuencia todas las fuerzas f'' tendrán una longitud inferior y una intensidad superior a la de las fuerzas f.

Las fuerzas f'' habrán entonces aumentado su fuerza tractora y resistente pero habrán perdido en capacidad de

Trabajo (fuerza por desplazamiento).

Las relaciones esqueléticas estarán alteradas, los elementos estáticos prevalecerán sobre los dinámicos, el sistema devendrá desalineado y rígido.

Las consecuencias biomecánicas

Esta situación comporta una transformación: todas las fuerzas actuantes tendrán una longitud inferior y una intensidad superior, aumentarán su capacidad tractora y resistente pero perderán capacidad de Trabajo (fuerza por desplazamiento).

Las relaciones esqueléticas estarán alteradas, los elementos estáticos prevalecerán sobre los dinámicos, el sistema perderá la secuencia articular fisiológica deviniendo rígido.

4.7 Ejemplo clínico: la articulación escápulo-humeral

Para comprender concretamente estos principios, consideremos los músculos que determinan la flexión anterior y posterior del húmero.

La dominancia vectorial, tanto por la fuerza potencialmente expresable como por la disposición de las líneas de fuerza, está a favor de los flexores posteriores. Las consecuencias de tal asimetría serán tanto estáticas (la posición de la cabeza del húmero al interior de la cavidad glenoidea) como dinámicas, en la ejecución del movimiento.

Las tres fases de la compensación

Primera fase - Tono fisiológico: El balance de las fuerzas asegura una buena relación articular y un movimiento armónico.

Segunda fase - Compensación posible: El aumento del tono permite aún a los flexores anteriores el balance. La posición de la cabeza del húmero resulta invariada pero las estructuras articulares

sufren mayores sollicitaciones y el movimiento requiere un mayor gasto energético perdiendo armonía.

Tercera fase - Descompensación: El tono está ulteriormente aumentado y están presentes contracturas y acortamientos de la porción conectiva de la fibra muscular. El balance deviene imposible y el brazo viene flexionado posteriormente provocando, al interior de la cavidad glenoidea de la escápula, la proyección de la cabeza del húmero hacia adelante y en rotación interna. Las consecuencias serán: rigidez de la articulación, potenciales conflictos mecánicos endo-articulares y, a nivel dinámico, limitación de la flexión anterior del brazo, con desencadenamiento de estrategias de compensación como, por ejemplo, la elevación del muñón del hombro.

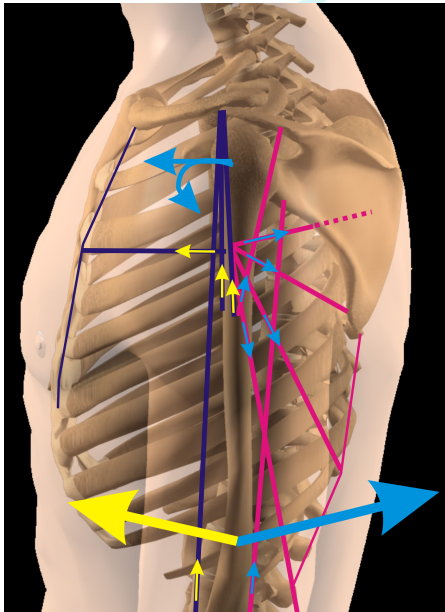


Fig. 04 - Flexores anteriores del húmero: bíceps, coracobraquial, pectoral mayor, porción anterior deltoide: azul oscuro y flechas amarillas

Flexores posteriores del húmero: dorsal ancho, redondo mayor, subescapular, tríceps braquial, porción posterior deltoide: magenta y flechas celestes

Los flexores posteriores del húmero, teniendo un potencial vectorial mayor que los flexores anteriores, resultan dominantes.

Si el tono muscular de los flexores posteriores aumenta, los flexores anteriores podrán balancearlo solo dentro de cierto límite.

Inicialmente la relación esquelética permanecerá invariada pero el movimiento requerirá una mayor cantidad de energía deviniendo desarmónico.

Si el aumento de tono de los flexores posteriores, es tal de no permitir el balance, resultarán alteradas las fisiológicas relaciones articulares secuenciales (flexión posterior del húmero y proyección anterior en rotación interna de la cabeza del húmero al interior de la cavidad glenoidea de la escápula) y el movimiento limitado o imposible. La flexión anterior del brazo ocurrirá a través de la utilización de otras articulaciones, por ejemplo a través de la flexión posterior del tronco.

4.8 La adaptación del esquema corpóreo

Cuando los segmentos esqueléticos pierden su alineamiento fisiológico, el cuerpo debe reorganizar completamente su propio esquema de movimiento.

No pudiendo ya utilizar los patrones motores originales habiendo cambiado la geometría corpórea, el sistema nervioso central debe entonces elaborar estrategias alternativas.

El objetivo primario permanece de todas formas la eficacia del gesto: el cuerpo debe lograr desempeñar las funciones requeridas, aunque con modalidades diversas de las fisiológicas.

Este proceso de adaptación puede ser interpretado como una demostración de la inteligencia del sistema biológico en encontrar soluciones alternativas cuando las óptimas ya no están disponibles.

Es importante subrayar que estas adaptaciones no representan disfunciones del sistema nervioso, sino estrategias de optimización funcional.

El sistema neuromuscular desarrolla soluciones creativas que trascienden los patrones motores convencionales para garantizar la eficacia del movimiento en las condiciones alteradas.

4.9 El análisis de los baricentros: plano frontal

Para permitir el mantenimiento de la estación erecta, el sistema tónico postural se activa para mantener los baricentros corpóreos y el contrarrespaldo del terreno al interior del polígono de sostén descrito por la superficie de los pies.

En la dinámica en cambio, viene explotado el par de fuerza gravedad/empuje del terreno para economizar el Trabajo necesario a la deambulación.

El baricentro global está dado por la resultante de los baricentros esqueléticos individuales.

Para hacer ágil el cálculo de cada baricentro sobre el plano frontal, es posible simplificar y transformar el esqueleto humano en una sumatoria de figuras geométricas.

Condición óptima: alineación de los baricentros

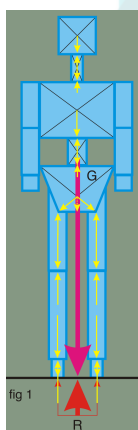


Fig. 05 – Si los baricentros esqueléticos individuales están alineados, la energía necesaria a equilibrar los movimientos automáticos para el mantenimiento sobre la misma vertical de las fuerzas G y R aplicadas a cada baricentro corpóreo individual, y de las fuerzas G y R globales, es a baja intensidad (tono muscular).

Los componentes g y r individuales están distribuidos sobre todas las superficies articulares.

El sistema se define matemáticamente "en los límites del caos" en cuanto logra perseguir el objetivo (el mantenimiento de la estación erecta) con pequeñas variaciones de energía.

En esta condición ideal, el tono basal - la fuerza expresada por los músculos en el mantenimiento de los centros de masa individuales - es el mínimo necesario para contrabalancear los desplazamientos de los baricentros inducidos por los movimientos corpóreos automáticos, como la respiración.

La fuerza R (reacción vincular del terreno) es igual y contraria a la de G (fuerza peso): $R = -G$. Siendo los baricentros esqueléticos individuales alineados, los componentes g y r se distribuyen uniformemente sobre toda la superficie de apoyo.

Las articulaciones trabajan al mejor de la posibilidad estructural en ausencia de momentos compresivos concentrados en áreas restringidas.

La pérdida del equilibrio

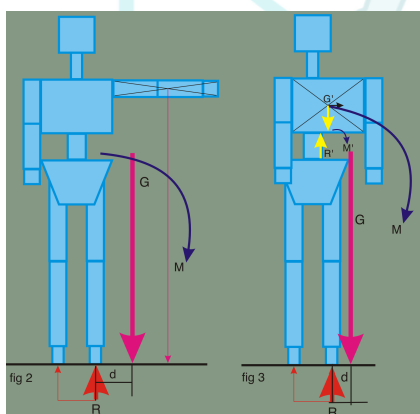


Fig. 06 - El desplazamiento lateral de un segmento corpóreo determina la proyección, fuera del polígono de apoyo, de la fuerza global G .

La fuerza global R viene aplicada al límite del polígono de sostén.

Las fuerzas globales G y R determinan un momento de fuerza M desestabilizante.

Para equilibrar el momento de fuerza M , el sistema muscular debe elevar, globalmente y asimétricamente, el tono muscular.

La estrategia de compensación esquelética

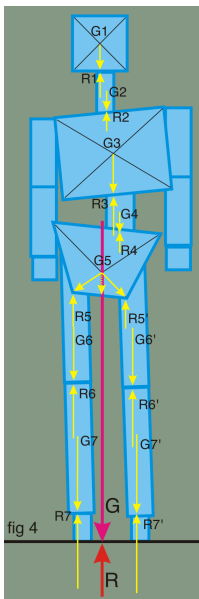


Fig. 07 - La elevación del tono y el acortamiento de las porciones conectivas de la fibra muscular, determinan el desalineamiento sistémico de los segmentos esqueléticos.

El sistema organiza el desalineamiento de modo que la fuerza global G esté al interior del polígono de sostén haciendo posible el equilibrio.

La energía necesaria es sin embargo mayor de la que sería necesaria si los baricentros individuales estuvieran alineados y el sistema se aleja del "margen del caos" deviniendo rígido.

Siendo los baricentros individuales desalineados, las fuerzas G y R individuales tienen sus componentes g y r mayormente adensados en zonas restringidas de las superficies articulares creando las premisas para potenciales conflictos mecánicos.

Para permitir la recuperación del equilibrio cuando viene perdido, el sistema muscular, desalineando los segmentos corpóreos, puede reportar el par G y R al interior del polígono de apoyo: el equilibrio de este modo es posible, pero al precio de la pérdida de la fisiológica secuencia articular que, si prolongada en el tiempo, puede dar lugar a conflictos articulares de tipo compresivo.

Tales conflictos son inducidos también por los componentes g y r que, en lugar de distribuirse sobre todas las superficies de apoyo, se adensan en espacios restringidos.

El tono muscular debe elevarse porque el desplazamiento de un centro de masa determina la alteración de todos los centros de masa, con consiguiente involucración del sistema muscular entero.

El sistema estará en equilibrio pero habrá perdido en dinamicidad adquiriendo rigidez.

4.10 El análisis de los baricentros: plano sagital

Utilizando una análoga geometrización del cuerpo sobre el plano sagital, se evidencia cómo en la condición óptima los centros de masa individuales determinen una resultante global G que se encuentra sobre la misma vertical de la resultante de la reacción vincular R .

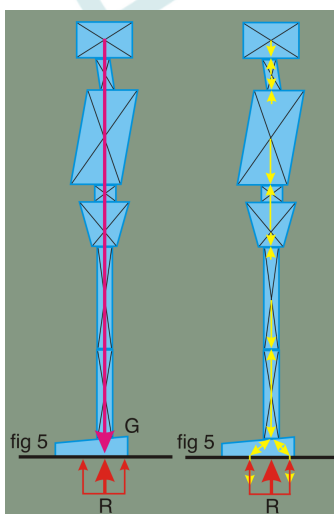


Fig. 08 - Las fuerzas globales G y R se encuentran sobre la misma vertical y al centro del polígono de apoyo (figura 5 a la izquierda).

La descomposición de G y R aplicadas a cada segmento corpóreo, muestra cómo sus componentes g y r (no representadas en figura) puedan distribuirse uniformemente sobre las superficies articulares.

El equilibrio está asegurado por el tono muscular que puede balancear los movimientos automáticos actuando a baja intensidad (figura 5 a la derecha).

El mecanismo de la desestabilización

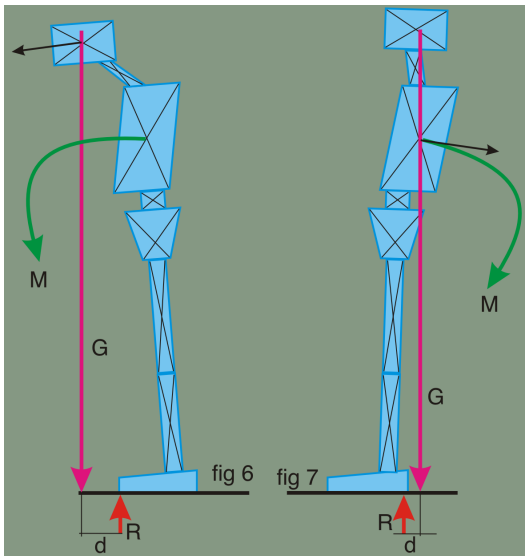


Fig. 09 - El desplazamiento anterior o posterior de la proyección al suelo de la fuerza G más allá del polígono de sostén determina un momento M desestabilizante.

La proyección anterior o posterior de la fuerza G respecto al polígono de sostén hace que la reacción vincular R venga aplicada al límite anterior o posterior del polígono.

Se determina un momento de fuerza M dado por la suma de las fuerzas de G y R multiplicadas por su semi-distancia. Para evitar la pérdida del equilibrio, el sistema muscular debe activarse a alta intensidad.

La estrategia de reorganización

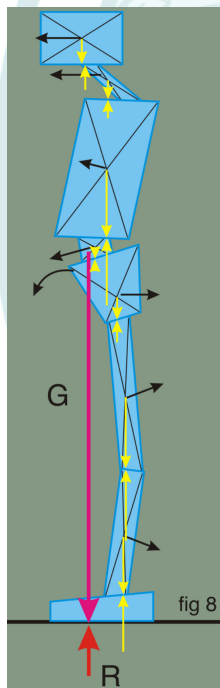


Fig. 10 - La elevación del tono y el acortamiento de la porción conectiva de las fibras musculares determina el desalineamiento de los segmentos esqueléticos.

Con el fin de mantener el equilibrio, el sistema muscular "organiza" tales desalineamientos de modo que la fuerza global G sea proyectada al interior del polígono de apoyo.

Para hacerlo, el sistema utiliza una cantidad de energía mayor de la que sería necesaria si los baricentros individuales estuvieran alineados.

El sistema pierde en dinamicidad adquiriendo en estaticidad deviniendo rígido.

Las fuerzas G y R individuales aplicadas a los baricentros esqueléticos individuales tienen sus componentes g y r mayormente adensados en porciones restringidas de las superficies articulares creando las premisas para potenciales conflictos mecánicos.

Un ejemplo de "estrategia" del sistema muscular para reportar la fuerza G al interior del polígono de sostén: todos los elementos esqueléticos vienen proyectados anteriormente o posteriormente.

El desplazamiento de los segmentos esqueléticos ocurre por acción muscular y, puesto que ningún músculo puede auto-alargarse, la acción muscular ocurre en compresión.

La compresión, si prolongada en el tiempo, determina la implicación de la porción conectiva de la fibra muscular con consiguiente acortamiento permanente residuo.

También en este caso los componentes g y r estarán adensados en superficies reducidas, creando las condiciones para potenciales lesiones estructurales.

4.11 El circuito de autoalimentación

El pasaje de la condición óptima (figuras 1 y 5) a la fase dinámica requiere una mínima activación muscular para crear el par de fuerza gravedad/contrarrespaldo del terreno favoreciendo la deambulación.

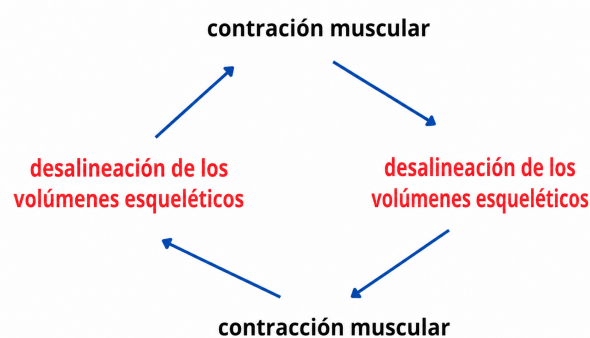
En estas condiciones los elementos de estaticidad y dinamicidad están organizados al mejor de la posibilidad estructural y el sistema se pone "en los límites del caos": puede utilizar pequeñas cantidades de energía para pasar de un estado a otro.

Cuando en el sistema muscular están presentes acortamientos, los baricentros corpóreos individuales ya no están alineados.

La fuerza basal muscular necesaria al mantenimiento del equilibrio debe aumentar en intensidad.

El mecanismo de perpetuación

El aumento del tono basal produce el acortamiento de la porción conectiva, dando lugar a un circuito de autoalimentación: los baricentros individuales desalineados obligan al aumento del tono basal, que produce acortamiento muscular, que desalinea ulteriormente los baricentros individuales.



De este modo la sinusoide vertebral se modifica y el baricentro global corpóreo se acerca al suelo.

Para pasar de la fase estática a la dinámica será necesaria una mayor acción muscular: el sistema pierde en dinamicidad pero adquiere en estaticidad, alejándose de los "márgenes del caos" y deviniendo rígido.

5. Conclusiones: la integración de los sistemas

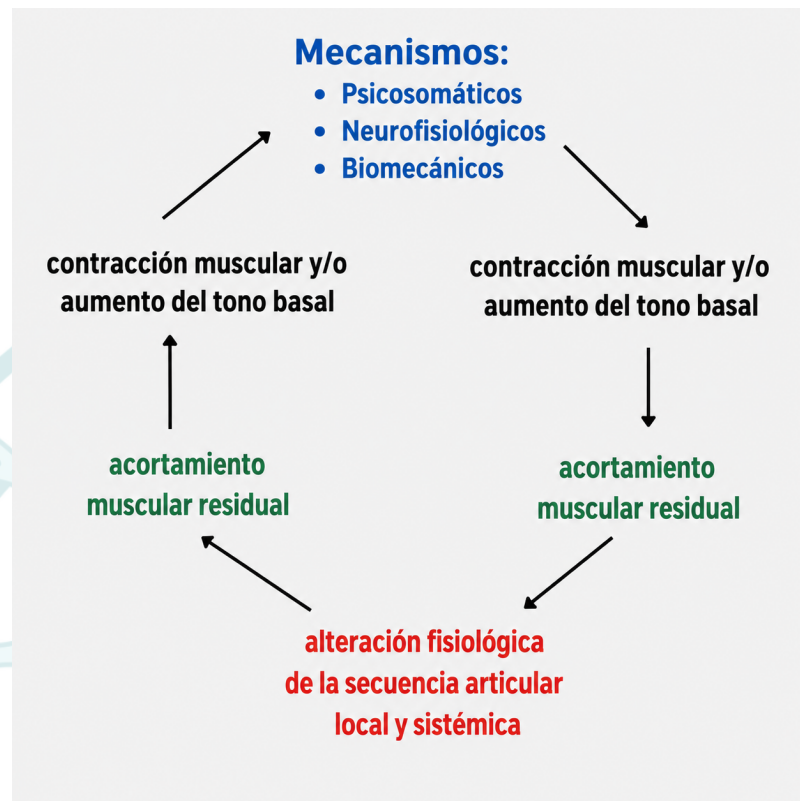
Los tres sistemas neuromuscular, psicosomático y biomecánico utilizan el sistema muscular en el alcance de sus propios objetivos.

Por la primera característica de los sistemas complejos, son también ellos interactuantes e interdependientes: cualquiera sea el sistema primariamente implicado en el desequilibrio, los otros deben actuar estrategias adaptativas para permitir la salvaguarda de la función al mejor de las posibilidades.

Se comportan, entonces, como un sistema integrado, que reaccionará elevando el tono basal y activando contracciones musculares distritales y sistémicas.

En el caso en que contracción muscular y/o aumento del tono basal se verifiquen por suficiente tiempo, vendrá interesada la porción conectiva de la fibra muscular, con acortamiento residuo y pérdida de la fisiológica secuencia articular.

Este desalineamiento deviene a su vez causa de contracción muscular y elevación del tono basal, dando vida al circuito de autoalimentación que perpetúa y amplifica el desequilibrio inicial.



El circuito de autoalimentación general de los sistemas: cualquiera sea el sistema primariamente implicado en el desequilibrio (neuromuscular, psicosomático o biomecánico), la acción final converge siempre sobre el sistema muscular a través del aumento del tono basal y la contracción muscular, determinando acortamiento de la porción conectival que perpetúa el desequilibrio.

La comprensión de estos mecanismos físicos proporciona las bases científicas para interpretar las alteraciones de los fisiológicos ejes esqueléticos, independientemente del abordaje terapéutico utilizado para su corrección; el análisis físico de los acortamientos musculares demuestra que, independientemente del sistema causal primariamente interesado, el resultado final sigue siempre las mismas leyes mecánicas.

El aumento del tono basal y el consiguiente acortamiento conectival modifican las relaciones vectoriales, alteran la distribución de las fuerzas G y R, y desplazan el sistema del equilibrio óptimo "en los límites del caos" hacia la rigidez.

6. Síntesis del capítulo

Tres sistemas causales de los acortamientos musculares Sistema psicosomático (coraza caracterial-muscular), sistema neurofisiológico (reflejos protectivos), sistema biomecánico (equilibrio vectorial). Todos convergen sobre el aumento del tono basal que determina acortamiento conectival.

Modelo psicosomático: identidad funcional psique-soma La coraza muscular corresponde a la coraza caracterial. Estados emotivos se traducen en tensiones musculares crónicas que, mantenidas en el tiempo, involucran el componente conectival creando alteraciones estructurales.

Reflejo antálgico a priori y a posteriori A posteriori: contracción para aliviar dolor presente. A priori: contracción perenne para evitar que conflictos latentes se manifiesten. El sistema distribuye acortamientos para evitar conflictos locales.

Sistema "en los límites del caos" Equilibrio óptimo cuando fuerzas musculares actúan a baja intensidad. Elementos estáticos y dinámicos balanceados con mínimo gasto energético. Alta intensidad lleva rigidez y alejamiento del "margen del caos".

Circuito de autoalimentación postural Baricentros desalineados → aumento tono basal → acortamiento conectival → ulterior desalineamiento. El circuito perpetúa y amplifica el desequilibrio inicial independientemente del sistema causal primario.

Dominancias vectoriales y compensaciones obligadas Cuando músculos dominantes aumentan el tono más allá de la capacidad de balance de los antagonistas, se alteran las relaciones articulares. El sistema debe reorganizar el esquema motor con estrategias sustitutivas.

Distribución de las fuerzas G y R Con baricentros alineados: componentes g y r distribuidos uniformemente. Con desalineamiento: adensamiento en zonas restringidas de las superficies articulares y creación de las premisas para conflictos mecánicos.

Control cortical y subcortical del tono Los centros corticales procesan los objetivos motores ("qué"), aquellos subcorticales regulan la ejecución ("cómo") a través de patrones automatizados. El esquema corpóreo impreciso genera exceso de tensión y patrones sustitutivos.

Integración sistémica de los tres modelos Los sistemas son interdependientes: cualquiera sea el origen, el efecto final converge siempre sobre el sistema muscular a través del aumento del tono basal, creando un circuito unificado de perpetuación.

Bibliografía

- [1] Moseley GL, Butler DS. Fifteen years of explaining pain: the past, present, and future. *J Pain*. 2015;16(9):807-813. [2] Nijs J, George SZ, Clauw DJ, Fernández-de-las-Peñas C, Kosek E, Ickmans K, et al. Central sensitisation in chronic pain conditions: latest discoveries and their potential for precision medicine. *Lancet Rheumatol*. 2021;3(5):e383-e392. [3] Hodges PW, Tucker K. Moving differently in pain: a new theory to explain the adaptation to pain. *Pain*. 2011;152(3 Suppl):S90-S98. [4] Lund JP, Donga R, Widmer CG, Stohler CS. The pain-adaptation model: a discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity. *Can J Physiol Pharmacol*. 1991;69(5):683-694. [5] Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Siegelbaum SA, Hudspeth AJ, editors. *Principles of Neural Science*. 5th ed. New York: McGraw-Hill; 2013. [6] Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*. 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2017. [7] Latash ML. *Synergy*. New York: Oxford University Press; 2008. [8] Bernstein NA. *The Co-ordination and Regulation of Movements*. Oxford: Pergamon Press; 1967. [9] Reich W. *Character Analysis*. 3rd ed. New York: Orgone Institute Press; 1949. [10] Lowen A. *Bioenergetics*. New York: Coward, McCann & Geoghegan; 1975. [11] Sapolsky RM. *Why Zebras Don't Get Ulcers*. 3rd ed. New York: Henry Holt; 2004. [12] Sterling P, Eyer J. Allostasis: a new paradigm to explain arousal pathology. In: Fisher S, Reason J, editors. *Handbook of Life Stress, Cognition and Health*. New York: Wiley; 1988. p. 629-49. [13] Bar-Yam Y. *Dynamics of Complex Systems*. Reading: Addison-Wesley; 1997. [14] Kelso JAS. *Dynamic Patterns: The Self-Organization of Brain and Behavior*. Cambridge: MIT Press; 1995. [15] Hall JE,

Hall ME. *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*. 14th ed. Philadelphia: Elsevier; 2021.
[16] Massion J. Postural control system. *Curr Opin Neurobiol*. 1994;4(6):877-87.

