

Introducción a la cinesiterapia

M.^a Elena Benito González y Editza Machado Zavarce

Índice del capítulo

| | | | |
|---|----------|---|----------|
| 1.1 Introducción | 1 | 1.4.1 Fuerzas internas y externas | 4 |
| 1.2 Recuerdo histórico de la cinesiterapia | 1 | 1.4.2 Conceptos básicos de la mecánica del cuerpo | 5 |
| 1.3 Definición de cinesiterapia | 3 | 1.4.3 Conceptos básicos de la dinámica del cuerpo | 6 |
| 1.3.1 Objetivos generales de la cinesiterapia | 3 | 1.5 Estudio general del movimiento humano | 6 |
| 1.3.2 Efectos fisiológicos generales de la cinesiterapia | 3 | 1.5.1 Planos y ejes de movimiento | 6 |
| 1.3.3 Principios básicos de la cinesiterapia | 4 | 1.5.2 Concepto y tipos de movimiento articular | 7 |
| 1.4 Fisiología del movimiento y sus principios mecánicos | 4 | 1.5.3 Introducción a la cinética y cinemática articular | 9 |
| | | 1.5.4 Movimientos osteocinemáticos y artrocinemáticos | 9 |

Objetivos de aprendizaje

- Conocer los orígenes de la cinesiterapia como técnica de tratamiento.
- Conocer los efectos y beneficios de la cinesiterapia de forma general.
- Conocer y comprender la terminología y los conceptos básicos mecánicos, anatómicos y biomecánicos para el posterior abordaje del resto de temas.
- Entender la relación entre el movimiento artrocinemático y osteocinemático en las articulaciones, para aplicar las movilizaciones e intentar reproducir los movimientos de manera eficaz.

1.1 INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la *fisioterapia* como el «arte y ciencia del tratamiento físico por medio del ejercicio terapéutico, frío, calor, luz, agua, masaje y electricidad, etc.». Esta definición resulta inespecífica, por mezclar agentes y medios físicos. Lo mismo sucede con la definición de fisioterapia de la Real Academia Española: «método curativo por medios naturales como el aire, el agua, la luz, etc.».

La Asociación Española de Fisioterapeutas (AEF) la define como el «conjunto de métodos, actuaciones y técnicas que, mediante la aplicación de medios físicos y con el apoyo de otras ciencias, curan, previenen y adaptan a aquellas personas afectadas de disfunciones somáticas, psicósomáticas

y orgánicas o a las que desean mantener un nivel adecuado de salud». La importancia de esta definición radica en que se incluye la prevención¹.

Una definición etimológica y conceptualmente concisa y que diferencia agentes y medios físicos sería hablar de *fisioterapia* como la «terapéutica o tratamiento con agentes y medios físicos». Así, consideramos *agentes físicos* «aquellos elementos portadores de energía con los cuales estamos en contacto directo y continuo, y que se encuentran de forma espontánea en la naturaleza, tales como frío, calor, movimiento, luz solar, electricidad y radiaciones no ionizantes (electricidad y campos magnéticos puros)». Los *medios físicos* son los vehículos de transmisión del efecto terapéutico de los agentes físicos; por ejemplo, el aire o el agua pueden ser portadores de frío o de calor, los ultrasonidos vehiculan el movimiento como agente físico².

La *cinesiterapia*, como técnica que nos ocupa, constituye un pilar básico del conjunto de técnicas de la fisioterapia. La cinesiterapia utiliza el movimiento en una gran variedad de modalidades para buscar efectos terapéuticos, tanto desde el punto de vista de la prevención como de la terapéutica o tratamiento cuando ya existe patología.

1.2 RECUERDO HISTÓRICO DE LA CINESITERAPIA

En las civilizaciones antiguas tales como la *egipcia* y la *asirica*, la movilización terapéutica mediante ejercicios y masajes ya se practicaba con fines curativos para las enfermedades e incluso para luchar contra los espíritus malignos. El ejercicio

constituía también un medio de preparación para la caza y la guerra. En *China* (2000 a.C.) está descrita también la práctica del movimiento por los sacerdotes como alivio del dolor.

En *Grecia*, la relevancia del deporte es bien conocida gracias a sus olimpiadas. Los griegos fueron los primeros en usar el pensamiento científico en contraposición al filosófico. En los escritos de *Hipócrates* (400 a.C.) aparece con frecuencia la palabra «ejercicio» como medio para fortalecer los músculos débiles.

Heródoto ve la gimnasia como un medio de curación de enfermedades. Se suele atribuir a *Aristóteles* (384-322 a.C.) el título de «padre de la Cinesiología». En su tratado *Partes de los animales, movimiento de los animales y progresión de los animales*, se describen por primera vez acciones de los músculos y su análisis geométrico, estudiando los movimientos de rotación y traslación de los cuerpos. Analizó y describió la marcha como un proceso en el que el movimiento de rotación se transforma en movimiento de traslación. Sus conceptos sobre las palancas y el centro de gravedad fueron notablemente exactos y fueron precursores de las leyes del movimiento de Newton.

Arquímedes (287-212 a.C.) determinó los principios hidrostáticos que gobiernan los cuerpos más livianos que el agua. Su trabajo sobre la determinación del centro de gravedad es la base de la moderna mecánica teórica.

En *Roma* se usan movimientos físicos después de los baños. *Celso* aconseja la práctica frecuente de ejercicios en caso de hemiplejía y parálisis en general.

Galeno (137-201 d.C.) fue médico de los gladiadores del emperador Marco Aurelio. Desarrolló un sustancial conocimiento del movimiento humano. En su ensayo *De motu musculorum*, estableció la diferencia entre los nervios motores y sensitivos, y entre los músculos agonistas y antagonistas. Describió el tono muscular e introdujo términos como diartrosis y sinartrosis, los cuales se usan actualmente en la terminología artrológica.

Desde los estudios de *Galeno*, se produjo un estancamiento de más de un milenio, hasta el *Renacimiento*². Es la época de *Leonardo da Vinci* (1452-1519 d.C.). *Da Vinci* se interesó por la estructura del cuerpo humano en relación con los movimientos. Analizó la relación existente entre el centro de gravedad y el equilibrio. En sus láminas consiguió captar la actividad de los músculos durante la realización de movimientos. Por eso fueron utilizadas clásicamente por los estudiantes de Medicina. Sus conocimientos de biomecánica le permitieron interpretar la fisiología articular y describió la mecánica del cuerpo en actitud erecta, durante la marcha y durante el salto, e inició el análisis del mecanismo de la contracción muscular. *Da Vinci* fue consciente también de la existencia del equilibrio agonista-antagonista y las sinergias musculares. Sus estudios no se limitaron a generalidades, también centró su atención en la pronosupinación del antebrazo y reconoció al músculo bíceps braquial como principal supinador del antebrazo. Igualmente fue capaz

de observar la sinergia entre el diafragma y la musculatura abdominal durante la respiración².

También en el Renacimiento destaca el médico español *Cristóbal Méndez*. En su tratado *Libro del ejercicio corporal y su provecho* (1553), deja de basarse en la dietética como hacían otros tratados bajomedievales, para centrarse en la importancia del ejercicio físico realizado con «voluntad libre», es decir, al margen de la actividad laboral. Incluso aconseja distintos tipos de ejercicio de acuerdo con la edad y el sexo. Ve el ejercicio no sólo como un medio para proporcionar belleza y armonía, sino como una forma de regular el vivir cotidiano y evitar la enfermedad³.

En 1569, *Hieronymus Mercurialis*, médico veneciano (1530-1606), escribe el libro *Artis gymnastycae apud antiquos celeberrimae nostris temporis ignoratae*, en sucesivas ediciones llamado «de arte gymnastica». *Mercurialis* afirma que «el arte gimnástico es cierta facultad que considera la oportunidad de todos los ejercicios y enseña poniendo por obra la diversidad de éstos, ya para conservar la buena salud, ya para adquirir y retener mejor disposición del cuerpo». También define ejercicio: «que es propiamente un movimiento del cuerpo humano vehemente, voluntario, hecho con alteración de la respiración o por causa de la salud, o de proporcionar un buen hábito al cuerpo». Este libro se considera el eslabón entre la educación física griega y la moderna⁴.

En la *Edad Moderna*, *Galileo* (1564-1642) y *Newton* (1642-1712) establecieron las bases para el análisis mecánico del movimiento. *Luigi Galvani* (1737-1798), en la Universidad de Bolonia, descubrió la excitabilidad muscular y se le considera el padre de la neurofisiología experimental. Sus estudios abrirían paso a aquellos de *Duchenne de Boulogne* (1806-1895). Su obra *Physiologie des Mouvements* ha sido considerada uno de los libros más grandes de todos los tiempos⁴.

Volviendo a España, encontramos al valenciano *Francisco de Amorós y Ondeano* (1770-1848), que difundió por Europa su método de gimnasia descrito en el *Tratado de Educación Física y Moral*. A él se deben los primeros pasos para introducir la educación física en el programa de las escuelas primarias. La gimnasia amorosiana se ha practicado hasta hace pocas décadas en la escuela, el instituto y el ejército. En su método se emplean aparatos: trapecio, barra fija, paralelas, anillas, trampolín, etc.

George y Liedreichk publican el libro *Fundamentos generales de la gimnasia*. En 1845 *George* sugiere la palabra *kinesiterapia*, que se adoptaría posteriormente en la terminología médica.

El sueco *Pier Henri Ling* escribió en 1834 el *Tratado sobre los principios generales de gimnasia*, inspirado en los informes del doctor *Nicolás Andry* (Francia, 1658-1731). *Ling* sostuvo que la aplicación de determinados movimientos, según la estructura del organismo, favorecería la salud. Cada ejercicio constaba de tres partes: forma, anatomía y

fisiología del ejercicio. Para *Ling*, la gimnasia tenía tres fines: educativa, higiénica y terapéutica².

Influido por *Mercuriale* y *Amorós*, la dividió en cuatro partes: pedagógica, militar, médica y estética. En este sistema hay ejercicios activos, pasivos y duplicados (equivalentes a cinesiterapia activa, pasiva y activorresistida). Los activos los hace el paciente, los pasivos los hace el terapeuta, mientras que en los duplicados el individuo hace el ejercicio y el terapeuta ejerce una resistencia, o viceversa.

La teoría actual de los ejercicios de resistencia se basa en la contribución de *Adolfo Eugenio Fick* (1829-1901), el cual comenzó a emplear los términos isométrico e isotónico. Posteriormente se ha escrito una gran diversidad de trabajos científicos. Estos trabajos han llevado al perfeccionamiento y desarrollo de diversa aparatología, que ha contribuido de manera fundamental al estudio de las acciones físicas.

Esteban J. Marey, fisiólogo (Francia, 1830-1904), trabajó con el gran fisiólogo *Claude Bernard* estudiando la dinámica de la contracción cardíaca. Este autor desarrolló numerosos aparatos, entre ellos el neumógrafo, para el estudio del ritmo respiratorio, el esfigmógrafo para el estudio de la presión arterial, y el fusil fotográfico (cronofotografía) con el cual estudió el movimiento del aparato locomotor humano en la sucesión de los movimientos.

Ángelo Mosso (Italia, 1846-1910) estudió la gimnasia y el esfuerzo deportivo. Es el primer médico deportivo y fisiólogo estudioso de la fatiga muscular, y desarrolló un ergógrafo que permite medir y representar gráficamente el proceso del trabajo muscular.

Johannes Lindhard (1870-1947), médico danés, publicó en 1914 la obra *Teoría especial de la gimnasia*, en 1938 *Fisiología general muscular*, y en 1941 *Terapéutica de los movimientos*, relacionando los conceptos fisiológicos con la aplicación de la gimnasia.

Hilma Jalkanen (1889-1964) fue la creadora de la «nueva gimnasia femenina finlandesa» en 1930 como un modo de establecer la armonía en el ser humano, desde el punto de vista anatómico, fisiológico y psicológico⁵.

El trabajo de todos estos investigadores y de otros muchos nos ha llevado al momento actual, en el que disponemos de gran número de herramientas y aparatología para estudiar el movimiento, sus aplicaciones terapéuticas y sus resultados: plataformas de marcha, podómetros electrónicos, electromiografía, resonancia magnética. Gracias a ello, la cinesiterapia se ha convertido en un método de trabajo sistematizado, estudiado, definido y constituye una parte fundamental en el trabajo habitual del fisioterapeuta.

1.3 DEFINICIÓN DE CINESITERAPIA

Etimológicamente, el término *cinesiterapia* proviene de la combinación de dos palabras griegas: *kinesis* (movimiento) y *therapeia* (curación o cuidado). Por lo tanto, podríamos definir la cinesiterapia como el «conjunto de procedimientos

terapéuticos que utilizan el movimiento para el tratamiento y prevención de enfermedades, sobre todo del aparato locomotor»^{1,2}.

En cinesiterapia se tienen en cuenta las principales leyes de la *cinesiología*. La cinesiología se define como la ciencia que estudia el movimiento en relación con las fuerzas mecánicas que lo producen. Se ocupa del estudio analítico de las funciones del aparato locomotor y de las alteraciones o cambios que en ellas ocurran.

1.3.1 Objetivos generales de la cinesiterapia

- Mantener y/o aumentar el trofismo y la potencia muscular.
- Evitar la retracción de estructuras blandas articulares y periarticulares.
- Prevenir la rigidez articular, manteniendo la actividad articular normal o recuperándola si está disminuida.
- Corregir actitudes viciosas y deformidades.
- Conseguir la relajación y disminución del dolor.
- Preservar la función muscular, prevenir la atrofia, fibrosis, estasis venosa y linfática durante períodos de inmovilización, procurando mantener la movilidad suprayacente y subyacente a la articulación inmovilizada.
- Conservar la integración en el esquema corporal.

1.3.2 Efectos fisiológicos generales de la cinesiterapia

Algunos de los efectos fisiológicos de la cinesiterapia son generales, mientras que otros acontecen en diferentes niveles: hueso, músculo y articulación. No obstante, la mayoría de los efectos que se enumeran son atribuibles a la cinesiterapia activa:

- Si los movimientos son *generalizados* y de suficiente intensidad, puede aumentar el trabajo cardíaco y el consumo de oxígeno (mejora en la vascularización e hipertrofia), con una disminución de las resistencias vasculares periféricas, lo cual favorece el intercambio tisular.
- La actividad muscular activa la termogénesis, lo que se traduce en una elevación de la temperatura.
- Adaptación circulatoria y respiratoria al ejercicio.
- Efectos psicológicos favorables.
- Particularmente sobre *el hueso*, se puede producir una remodelación y/o modificación de la arquitectura ósea gracias a presiones y fuerzas que actúan sobre el hueso durante las movilizaciones.
- Sobre *el músculo* se puede producir hipertrofia de fibras musculares, incremento de la densidad y viscosidad del sarcolema y del tejido conectivo interfibrilar, aumento de la mioglobina con la consiguiente mejora de vascularización del músculo, y optimización en la transmisión de la señal nerviosa.

- Sobre *la articulación* se puede producir un estiramiento de cápsula y ligamento, junto al estímulo de la secreción sinovial. Este fenómeno hace más fácil la realización de los movimientos.

1.3.3 Principios básicos de la cinesiterapia

Existen unos principios básicos en la aplicación de las técnicas de cinesiterapia referidos a la colocación del sujeto, del terapeuta, la confianza del paciente, el respeto al dolor y la progresión en el tratamiento⁶.

- *Posición del paciente:* será cómoda, para permitir la relajación de la zona tratada. Las posiciones básicas para los tratamientos son:
 - *Decúbito supino o dorsal:* el sujeto se encuentra acostado sobre su espalda.
 - *Decúbito prono o ventral:* el individuo se acuesta sobre su abdomen.
 - *Decúbito lateral:* el paciente yace sobre uno de los costados. Será decúbito lateral homolateral si se encuentra acostado sobre el lado en el que se está haciendo la maniobra, o decúbito lateral contralateral si está apoyado sobre el lado contrario al que recibe la movilización.
 - *Tres cuartas partes ventral:* el paciente se deja rodar ligeramente hacia delante con apoyo de los miembros contralaterales al decúbito, que se encuentran en flexión de hombro y cadera.
 - *Tres cuartas partes dorsal:* el paciente se deja rodar ligeramente hacia atrás.
 - *Sedestación.*
 - *Semisedestación:* implica una inclinación del tronco del paciente de unos 45° respecto a la horizontal (mediante una cuña o el cabecero de la camilla).
 - *Posiciones derivadas:* variaciones de las anteriores para la realización de maniobras específicas.
- *Posición del terapeuta:* será igualmente cómoda para evitar la fatiga, y sobre todo en posiciones potencialmente lesivas del tronco en flexión-rotación. También garantizará una máxima eficacia para realizar las movilizaciones y técnicas con mínimo esfuerzo, aprovechando brazos de palanca, altura de la camilla y peso del terapeuta. Se dice que las técnicas deben realizarse con el peso del terapeuta, y que los miembros superiores deben ser los transmisores (no los generadores) de la fuerza. El terapeuta intentará siempre elegir una postura que le permita observar las reacciones del sujeto, no sólo las faciales, ya que dichas reacciones aportan información muy útil sobre el dolor y el grado de *comodidad del paciente con la maniobra*.
- *Confianza paciente-terapeuta:* cualquier abordaje se realizará siempre desde el respeto, la percepción del paciente en cada momento como ser humano, adaptándose el terapeuta a cada caso y teniendo en cuenta las repercusiones

psicológicas que provoca tanto la afección en sí misma como el acto terapéutico que se realiza para tratar dicha afección. El terapeuta no debe dar por supuesto nada, ya que dos sujetos no son iguales aunque padezcan la misma afección.

- *Respeto por el dolor:* el dolor genera fenómenos defensivos en el paciente, como el aumento de tensión muscular o compensaciones que pueden ir en contra del objetivo buscado. Por otro lado, hay pacientes que ven en el dolor una prueba clara de la eficacia terapéutica. En ambos extremos habrá que informar adecuadamente al paciente sobre el dolor, explicándole que hay maniobras que no resultan agradables, pero que nunca se insistirá en la aplicación de técnicas extremadamente dolorosas por la existencia de esos reflejos defensivos antes mencionados (v. otros capítulos de esta misma obra).
- *Progresión en el tratamiento:* frecuencia de las sesiones, duración de los tratamientos y dosificación dentro de cada una de las movilizaciones. En el capítulo 6 se profundiza sobre esta progresión del tratamiento aplicado a las movilizaciones articulares.

1.4 FISIOLÓGÍA DEL MOVIMIENTO Y SUS PRINCIPIOS MECÁNICOS

Los movimientos se producen por la acción de una serie de *fuerzas internas*, las procedentes del cuerpo humano, las cuales se oponen a la actuación de *fuerzas externas*². La biomecánica considera el cuerpo humano como un sistema, y cualquier fuerza que una parte de éste ejerza sobre otra es considerada una fuerza interna. Un ejemplo de fuerza interna sería la contracción muscular que genera un esfuerzo sobre el punto de inserción muscular. Por otro lado, las fuerzas externas serían la fuerza gravitatoria, la resistencia aerodinámica o la hidrodinámica, y las fuerzas que se ejercen contra el suelo o contra otro cuerpo.

1.4.1 Fuerzas internas y externas

Aunque todas las funciones orgánicas (respiración, digestión, circulación) están regidas por el movimiento, nos centraremos en las *fuerzas internas* que actúan sobre el aparato locomotor. El músculo junto con su nervio motor actuaría como parte activa en este sistema, transmitiendo el movimiento a un sistema de palancas y fulcros constituido por los huesos, las articulaciones y sus ligamentos, los cuales actúan como guías y limitadores de dichos movimientos. Para cumplir con su función, el músculo cuenta con las siguientes propiedades (v. también cap. 17):

- *Excitabilidad:* sensibilidad que presentan los músculos ante un estímulo nervioso que llega a la fibra muscular.
- *Elasticidad:* capacidad que tienen los músculos de aumentar su longitud y recuperar después su dimensión inicial.

- **Capacidad de contracción:** los músculos pueden modificar su tensión interna sin necesidad de modificar su longitud. El grado de contracción será mayor o menor en función del número de fibras musculares reclutadas para la contracción.
- **Tonicidad:** en reposo, los músculos no están relajados del todo. Siempre tienen cierto grado de contracción o tono muscular, responsable de la forma del cuerpo y la postura.

Brevemente se describen a continuación los tipos de contracción muscular, que serán abordados en mayor profundidad en otros capítulos:

- **Contracción isométrica:** dado que hay un equilibrio entre fuerza muscular y resistencia externa, la longitud del músculo no se ve modificada, pero sí se produce un aumento de la tensión dentro del músculo.
- **Contracción isotónica concéntrica:** el músculo se acorta aproximando su origen y su inserción debido a que la fuerza (acción) muscular supera a la resistencia externa.
- **Contracción isotónica excéntrica:** la resistencia es mayor que la fuerza desarrollada por el músculo, y el resultado es el aumento de la distancia entre el origen y la inserción muscular, es decir, el músculo se contrae al tiempo que se alarga⁷.

En el otro lado, las *fuerzas externas* que se oponen a las internas están representadas por:

- El peso de los segmentos corporales (fijos o móviles).
- La resistencia exterior al movimiento originada por objetos materiales. Por ejemplo, las fuerzas procedentes de máquinas o cargas, la resistencia del agua, etc.
- La gravedad puede actuar como fuerza favorecedora o como fuerza antagonista al movimiento. Ejerce su efecto de forma total sobre el cuerpo (centro de gravedad global) y también sobre los distintos segmentos corporales (centros de gravedad concretos).
- La inercia perpetúa la movilidad y la inmovilidad (inercia de movimiento e inercia de inmovilidad)².

1.4.2 Conceptos básicos de la mecánica del cuerpo

- **Fuerza de la gravedad:** es la fuerza de atracción que ejerce la Tierra sobre los objetos. Constituye un factor fundamental en el análisis del movimiento. Depende directamente de la masa del objeto, pues la aceleración es constante. $F = m \times a$; $F = m \times 9,81$. Nuestro esqueleto óseo es un medio de resistencia a la acción de la fuerza de la gravedad, y está ayudado por la musculatura y el tono de ésta. Nuestra postura resulta del equilibrio entre las fuerzas antigravitatorias y la gravedad⁸.
- **Centro de gravedad:** punto en el que se aplica la resultante de las fuerzas gravitatorias que actúan en los diversos

puntos del cuerpo humano. Su localización varía según los autores: algunos lo consideran situado por delante de la vértebra L3⁸, otros delante de la vértebra S2, en un individuo en condiciones de reposo y en bipedestación. Esta situación varía según el sexo (es más elevado en los hombres que en las mujeres) y a lo largo de la vida (niño, adulto, anciano). La estructura corporal de cada individuo también marca diferencias en su ubicación. El centro de gravedad es un punto móvil, que se desplaza con la realización de movimientos².

- **Línea o eje de gravedad:** línea imaginaria que une el centro de gravedad de un cuerpo con el centro de la tierra. En una postura ideal en bipedestación, en un plano sagital esa línea pasa por el meato auditivo externo, la apófisis mastoides, la vértebra C7, el cuerpo vertebral de L3, el centro del borde superior del trocánter mayor, la tuberosidad del cóndilo externo de la rodilla y por el maléolo externo (fig. 1-1).
- **Base de sustentación:** hace referencia a la zona de apoyo. En bipedestación es el polígono que queda delimitado por el borde externo de ambos pies y las líneas que unen la parte más posterior del talón y la más anterior del antepié. Para encontrarnos en una situación de equilibrio estable, la línea de gravedad debe caer dentro de la base de sustentación. Si el cuerpo estuviera en otra posición, por ejemplo, en decúbito supino, la base de sustentación

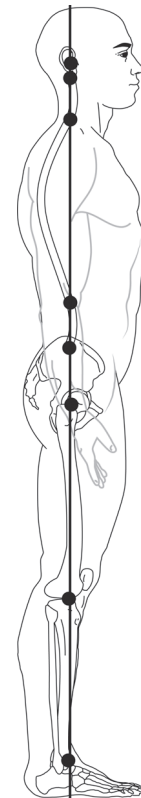


FIGURA 1-1 Línea de gravedad del cuerpo humano.

estaría constituida por toda la superficie posterior del cuerpo que delimita un polígono de apoyo. En el caso de un apoyo unipodal, encontraremos un triángulo de apoyo (unión de la parte más posterior del talón con la parte más externa del quinto dedo por fuera y la interna del primer dedo por dentro).

- **Equilibrio:** situación de un cuerpo en que la suma de las fuerzas que actúan sobre él o la suma de los momentos de fuerza es igual a cero. Hay distintos tipos de equilibrio:
 - **Equilibrio estable:** actúa una fuerza, y cuando ésta cede, el cuerpo sigue en la misma posición o con el mismo tipo de movimiento.
 - **Equilibrio inestable:** con la aplicación de una fuerza, el cuerpo modifica su posición o velocidad inicial y no vuelve a recuperarlos.
 - **Equilibrio indiferente:** el centro de gravedad mantiene su distancia a la base de sustentación, aunque hay cambio de posición y movimiento.

Conociendo la posición del centro de gravedad y su distancia a la base de sustentación, podemos saber qué posturas son las de mayor equilibrio. Así, el decúbito supino es la de mayor equilibrio porque acerca al máximo el centro de gravedad y la base de sustentación. Es decir, que a medida que elevemos el centro de gravedad disminuimos la situación de equilibrio del cuerpo (bipedestación), y disminuimos más la estabilidad si se disminuye el tamaño de la base de sustentación².

1.4.3 Conceptos básicos de la dinámica del cuerpo

- **Fuerza:** toda causa o agente capaz de modificar la cantidad de movimiento o la forma de un cuerpo material. Una fuerza se define por cuatro elementos: *punto de aplicación, dirección, sentido e intensidad*. El fisioterapeuta trabajará realizando fuerzas que contrarrestan, igualan o aumentan las fuerzas de la acción muscular del individuo y la fuerza de la gravedad.
- **Tensión:** es la reacción que se produce en el interior de un sólido cuando se aplica sobre él una carga. La tensión es siempre de la misma magnitud y de sentido contrario a la carga aplicada. Según la dirección, el sentido y el punto de aplicación de la carga, tenemos tres tipos de tensión:
 - **Tensión de compresión:** es la que se opone a una fuerza que tiende a comprimir el cuerpo. Se produce sometiendo al cuerpo a dos cargas de igual dirección y sentido contrario y convergente.
 - **Tensión de tracción:** es la que se opone a una fuerza que tiende a estirar el cuerpo. Se produce sometiendo al cuerpo a dos cargas de igual dirección y sentido contrario y divergente.

- **Tensión tangencial:** es la que se opone a un movimiento de torsión o desplazamiento de una parte del cuerpo hacia otra. Se produce sometiendo al cuerpo a dos cargas de direcciones paralelas y sentido contrario, convergente o divergente. También se denomina *tensión de corte, cizalla o flexión*.

Estos tres tipos de tensión no suelen presentarse de forma aislada, sino simultáneamente, aunque predominen unas u otras según cómo se produzca la carga. De manera general, los materiales se comportan mejor ante tensiones de compresión, después ante las de tracción y por último ante las tangenciales. Un ejemplo claro de este comportamiento es el tejido óseo.

1.5 ESTUDIO GENERAL DEL MOVIMIENTO HUMANO

1.5.1 Planos y ejes de movimiento

Antes de comenzar a hablar de planos y ejes de movimiento conviene describir el término *posición anatómica* como la posición de referencia en la que el individuo se encuentra de pie mirando al frente, con los brazos extendidos a lo largo del cuerpo, las palmas mirando hacia delante con los dedos extendidos, y los pies (talones) juntos² (fig. 1-2). Así, desde

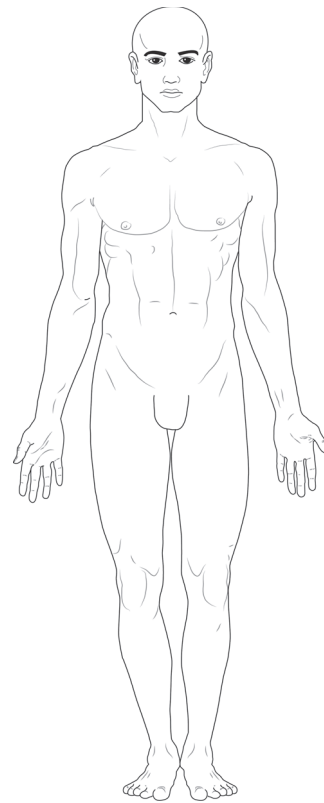


FIGURA 1-2 Posición anatómica de estudio de los movimientos del cuerpo humano.

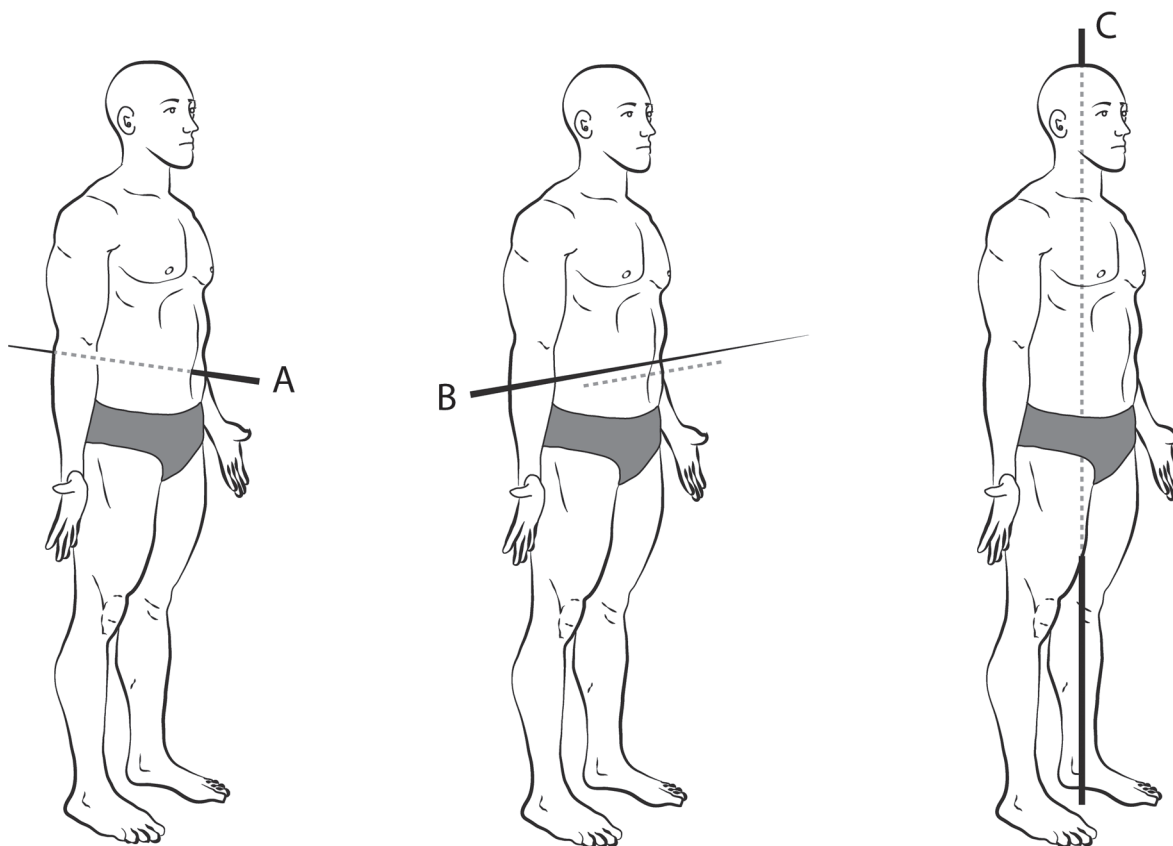


FIGURA 1-3 Ejes de movimiento. A) Eje sagital o anterior-posterior. B) Eje transversal o coronal. C) Eje longitudinal o vertical.

la posición anatómica se describen una serie de ejes (fig. 1-3) y planos (fig. 1-4) que pasan por ella^{2,6}:

- *Eje vertical o longitudinal*: cruza el cuerpo de craneal a caudal y es perpendicular al suelo. Según este eje definimos una parte craneal (cefálica, apical o superior) y una parte caudal (inferior) del cuerpo.
- *Eje anteroposterior o sagital*: cruza el cuerpo de delante hacia atrás. Anterior se utilizará como sinónimo de ventral y posterior como sinónimo de dorsal, a excepción de la extremidad inferior donde la denominación es contraria: los términos dorsal y ventral vienen dados por la embriología y están relacionados con los nervios. El cambio en la terminología se explica debido a la rotación de los miembros inferiores durante el desarrollo embrionario.
- *Eje transversal o coronal*: cruza el cuerpo de lateral a lateral.

Estos ejes definen a su vez los siguientes planos:

- *Plano frontal/coronal*: está definido por los ejes vertical y transversal. Los movimientos que sobre él se realizan (abducción y aducción) se hacen, por tanto, sobre el eje sagital. Separa la porción anterior (ventral) del cuerpo de la posterior (dorsal).

- *Plano sagital*: está definido por los ejes vertical y anteroposterior. Los movimientos que sobre él se realizan (flexión y extensión) se hacen, por tanto, sobre el eje transversal. Divide el cuerpo en dos partes: lateral derecha y lateral izquierda. Se habla de un plano sagital y medio cuando nos encontramos ante un plano que pasa por la mitad del cuerpo. El resto de planos sagitales que son paralelos al anterior se denominan parasagitales.
- *Plano transversal*: definido por los ejes anteroposterior y transversal. Los movimientos que sobre él se realizan (rotación) se hacen, por tanto, sobre el eje vertical o longitudinal. Separa el cuerpo en una parte craneal (apical, superior o cefálica) y otra caudal (inferior).

1.5.2 Concepto y tipos de movimiento articular

1.5.2.1 Tipos de articulación según la forma de su superficie

Las articulaciones se clasifican en tres grupos dependiendo de la forma de su superficie, su capacidad de movimiento y la relación que se da entre los dos elementos articulados:

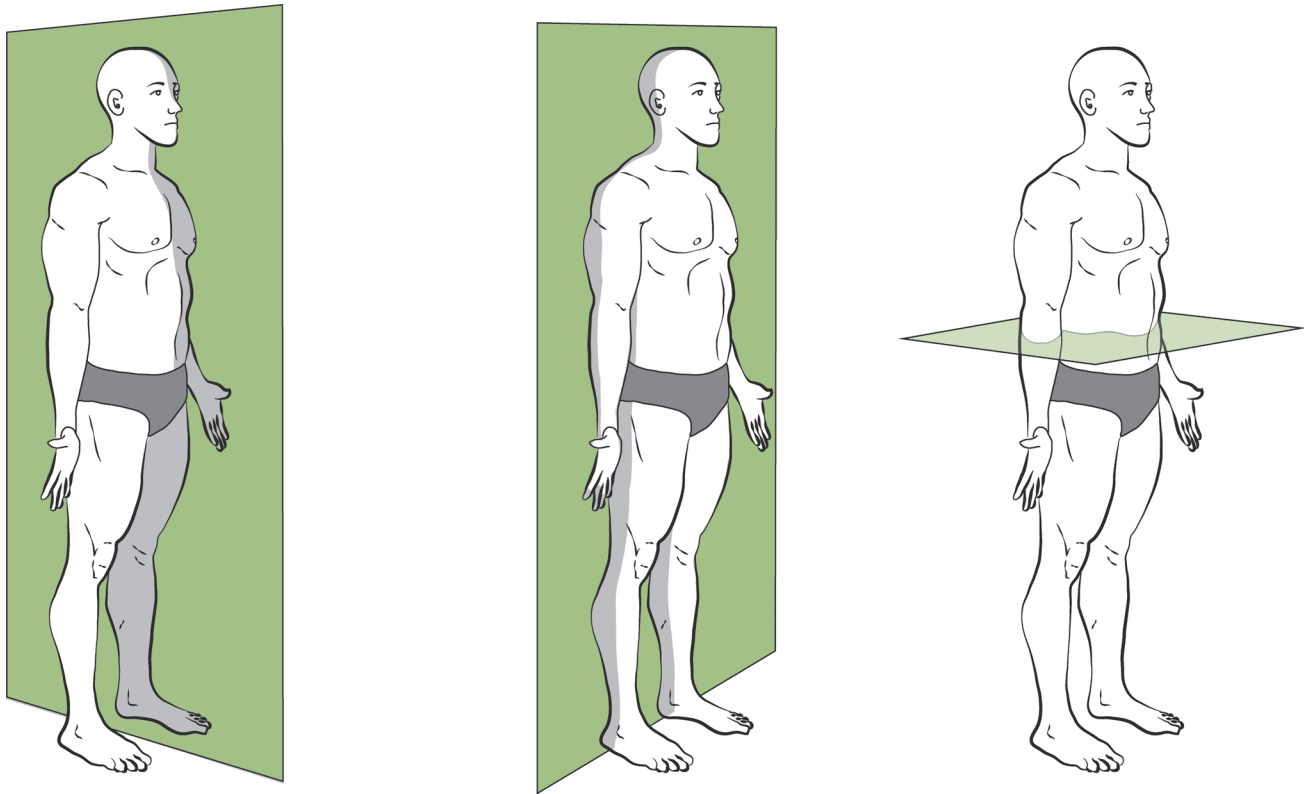


FIGURA 1-4 Planos de movimiento. Izquierda: plano sagital o anterior-posterior; centro: plano frontal o coronal; derecha: plano transversal.

- **Sinartrosis:** articulaciones sin movimiento *visible*, pero imprescindibles para permitir el crecimiento de los huesos. Ejemplo: los huesos del cráneo y los huesos de la cara.
- **Anfiartrosis:** son consideradas articulaciones semimóviles. Pertenecen a este grupo la sínfisis del pubis y las articulaciones intervertebrales (discos intervertebrales).
- **Diartrosis:** también llamadas *articulaciones verdaderas*. Son las más móviles. Cuentan con los elementos que se definen clásicamente en una articulación: cartílago articular, cápsula y ligamentos, estando la cápsula revestida internamente por una membrana sinovial. En su interior delimitan un espacio denominado cavidad articular.

1.5.2.2 Grados de libertad de movimiento de una articulación

Los tres ejes del espacio tratados en el apartado anterior describen tres grados de libertad de movimiento²:

- En torno al *eje vertical* (sobre el plano transversal) se describen los movimientos de *rotación interna* y *externa*. Las rotaciones en el antebrazo reciben el nombre de pronación y supinación, y en la columna cervical se describen a derecha e izquierda.
- Alrededor del *eje horizontal* (sobre el plano sagital) se producen los movimientos de *flexoextensión*.
- Sobre el eje anteroposterior (sobre el plano frontal) tienen lugar los movimientos de *aducción* (aproximación al plano medio) y *abducción* (separación del plano medio).

1.5.2.3 Clasificación de las diartrosis en función del número de grados de movimiento

1.5.2.3.1 Articulaciones con un grado de libertad de movimiento

- **Tróclea o polea:** una de las superficies articulares tiene forma de polea (cilindro excavado en el centro) y se articula con otra pieza que se dispone centrada con respecto al fondo de la garganta de la polea. El eje de movimiento pasa por la polea de manera longitudinal, y en torno a él se producen los movimientos de flexoextensión. Ejemplos: articulación humerocubital y las articulaciones interfalángicas de los dedos.
- **Trocus o trocoide:** las piezas articulares son dos cilindros, uno macizo y otro hueco con el que encaja de forma correcta. El eje de movimiento es longitudinal al cilindro macizo y vertical, produciéndose a su alrededor movimientos de rotación externa e interna. Ejemplos:

articulación atloaxoidea, articulación radiocubital superior e inferior.

1.5.2.3.2 Articulaciones con dos grados de libertad de movimiento

- *Articulaciones condíleas*: una superficie elipsoidal maciza articula con otra superficie elipsoidal hueca. El eje que se define de forma más clara es un eje transversal en torno al cual se desarrollarán los movimientos de flexoextensión, pero dado que el encaje en estos tipos de articulación no es perfecto, se describe también un eje anteroposterior que permite los movimientos de lateralidad, aunque en bastante menor medida que el de flexoextensión. Ejemplos: articulaciones metacarpofalángicas o la radiocarpiana.
- *Encaje recíproco o en silla de montar*: las superficies articulares son cóncavas y convexas al mismo tiempo, cóncavas en un plano y convexas en el plano ortogonal, y además con diferentes radios de curvatura. Se mueven según dos ejes que pasan por cada uno de los cuerpos articulares: por el eje transversal se permite el movimiento de flexoextensión, y por el eje anteroposterior se realiza la abducción-aducción. Combinados ambos movimientos, se describe el movimiento de circunducción, en el que la parte distal de la estructura describe un círculo. Ejemplo: articulación trapeciometacarpiana del pulgar.

1.5.2.3.3 Articulaciones con tres grados de libertad de movimiento

- *Enartrosis*: una esfera maciza encaja dentro de una esfera hueca de su mismo tamaño o no. Los tres ejes de movimiento se cruzan en el centro de la esfera maciza. Son las más móviles de las articulaciones. Ejemplo: articulaciones glenohumeral y coxofemoral. En estas articulaciones se describe la *paradoja de Codman*: con el miembro superior extendido a lo largo del cuerpo y la palma mirando hacia dentro (rotación interna), si realizamos una abducción-elevación hasta 180° por el plano frontal, y luego lo hacemos regresar siguiendo un plano sagital, nos volvemos a encontrar con el miembro superior pegado al cuerpo, pero ahora la palma mira hacia fuera (rotación externa). Esta situación se explica porque en las enartrosis, cuando se efectúa sucesivamente un movimiento en dos planos perpendiculares tiene lugar una rotación automática en el tercer plano.
- *Artrodias*: son superficies planas que se encuentran enfrentadas. Sus tres grados de libertad de movimiento corresponden a los pequeños deslizamientos y aperturas en un plano correspondiente al de la flexoextensión, en el plano perpendicular de abducción-aducción y rotaciones en el tercer plano, sin un eje definido. Ejemplo: los

complejos articulares formados por pequeños huesos, como el caso del pie. Este tipo de movilidad permite una gran adaptabilidad del pie a las irregularidades del terreno^{1,2,6}.

1.5.3 Introducción a la cinética y cinemática articular

La *biomecánica* es la aplicación de la mecánica al tejido vivo. Las leyes de la mecánica no se cumplen al 100% en el cuerpo humano, porque se trata de tejidos en cambio, adaptación y renovación. La biomecánica consta de dos áreas definidas:

1. La *cinemática*, que se ocupa del estudio del movimiento y de sus características (p. ej., los grados del movimiento), pero ignora las fuerzas que lo provocan. A su vez, ésta se clasifica en osteocinemática (movimientos del hueso en el espacio) y artrocinemática (movimientos de una articulación sobre sus ejes).
2. La *cinética*, que estudia las fuerzas que actúan en un cuerpo en reposo o en movimiento. Ésta, a su vez, se clasifica en estática (se ocupa de los cuerpos en reposo) y dinámica (se ocupa de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo produciendo en él un movimiento)^{1,2}.

Las tablas 1-1 y 1-2 muestran las articulaciones clasificadas según su tipo y detallando los movimientos que realizan para el miembro superior (v. tabla 1-1), el miembro inferior (v. tabla 1-2) y la columna vertebral y caja torácica (tabla 1-3).

1.5.4 Movimientos osteocinemáticos y artrocinemáticos

Los movimientos articulares, independientemente de las causas que los originen, pueden estudiarse desde un punto de vista *osteocinemático*, es decir, analizando el dibujo que realiza el hueso en el espacio como movimiento macroscópico y observable (los denominados movimientos fisiológicos: flexión, extensión, abducción, aducción, rotación) y desde un punto de vista *artrocinemático*, es decir, los movimientos que se producen a nivel íntimo de la articulación sin los que sería imposible que se produjera el movimiento osteocinemático (denominados movimientos accesorios: deslizamiento, rodamiento, y giro)¹⁰. Los términos conocidos como «movimiento osteocinemático y artrocinemático» fueron introducidos por Basmajian y MacConaill en 1969, en su clasificación cinemática de los movimientos^{10,11}. La relación entre los movimientos osteocinemáticos y artrocinemáticos se rige por la conocida regla cóncavo-convexa (v. cap. 6)¹¹. Su conocimiento es básico para comprender el porqué de la movilización en un sentido y no en otro (v. caps. 7 a 9).

TABLA 1-1 Tipos de articulaciones en el miembro superior

| Articulación | Tipo de articulación | Movimientos |
|---|---|---|
| Articulaciones de la cintura escapular | | |
| Esternocostoclavicular | Encaje recíproco con menisco intraarticular | Ascenso-descenso, deslizamiento anterior-posterior, rotación alrededor del eje longitudinal de la clavícula |
| Acromioclavicular | Artrodia | Movimientos de deslizamiento de poco rango en todos los planos |
| Glenohumeral | Enartrosis (rodete de fibrocartilago glenoideo para aumentar la congruencia) | Flexoextensión, abducción-aducción, rotaciones: circunducción |
| Subdeltoidea | Falsa articulación | Deslizamientos entre parte cóncava (acromion, clavícula, ligamento acromiocracoido), y convexa (cabeza humeral con inserción del supraespinoso) |
| Escapulotorácica | Falsa articulación (entre escápula y tórax, plano de deslizamiento serrato mayor-subescapular con tejido conectivo entre ellos) | Ascenso-descenso, abducción-aducción de escápula (respecto a la columna vertebral), campanilla o báscula externa e interna |
| Articulación del codo | | |
| Humerocubital | Tróclea | Flexoextensión |
| Humerorradial | Cóndilo | Flexoextensión, cierto grado de deslizamientos en lateralidad |
| Radiocubital proximal | Trocus | Pronosupinación |
| Articulación de la muñeca | | |
| Radiocubital distal | Trocus | Pronosupinación |
| Articulación radiocarpiana | Cóndilo | Flexoextensión, abducción (desviación radial), aducción (desviación cubital): circunducción |
| Mediocarpiana | Artrodias | Deslizamientos en todos los planos |
| Articulaciones de la mano | | |
| Carpometacarpiana | Artrodias | Desplazamientos |
| Carpometacarpiana del pulgar (trapeciometacarpiana) | Encaje recíproco | Flexoextensión, abducción-aducción, discreta rotación sobre el eje longitudinal (permite la oposición) |
| Articulaciones metacarpofalángicas | Cóndilos (con fibrocartilago para aumentar la congruencia) | Flexoextensión, abducción-aducción |
| Articulaciones interfalángicas | Trócleas | Flexoextensión |

TABLA 1-2 Tipos de articulaciones en el miembro inferior

| Articulación | Tipo de articulación | Movimientos |
|--|--|---|
| Coxofemoral | Enartrosis (rodete de cartílago para aumentar la congruencia) | Flexoextensión, abducción-aducción, rotaciones: circunducción |
| Articulaciones de la rodilla | | |
| Femorotibial | Tróclea (adaptada funcionalmente; la cresta troclear se ha convertido en dos espinas tibiales: permiten que en la flexión la tibia pueda ir rotando) | Flexoextensión; en flexión actúa como «trocus» permitiendo rotaciones y cierta holgura en lateralidad |
| Femororrotuliana | Tróclea (garganta entre cóndilos femorales; cresta en cara posterior rotuliana) | Constituye una polea de reflexión para el músculo cuádriceps. Ascenso-descenso en su canal y lateralidad limitada por crestas condíleas |
| Tibioperonea superior | Artrodia | Deslizamiento anterior-posterior, ascenso-descenso, rotación en eje longitudinal del peroné |
| Articulaciones del tobillo | | |
| Tibioperonea inferior | Anfiartrosis (poco móvil y casi sin carilla articular; bolsa de grasa entre ambos) | Pequeños movimientos de ascenso-descenso, anterior-posterior y rotación en eje longitudinal peroneal |
| Tibiotarsiana | Tróclea (tróclea astragalina articula con mortaja tibioperonea) | Flexión plantar (flexión), flexión dorsal (extensión) |
| Subastragalina | Trocus (calcáneo: cilindro macizo; astrágalo: cilindro hueco) | Rotaciones interna-externa (valgo-varo de calcáneo) |
| Articulaciones del pie | | |
| De Chopart o mediotarsiana | Astragaloescafoidea: cóndilo (enartrosis funcional por el ligamento calcaneoescáfoideo plantar que completa la superficie articular) Calcaneocuboidea: encaje recíproco | Ligeros movimientos dorsales y plantares y rotación del antepié (pronosupinación) |
| Cuneoescafoidea e intercuneoideas | Artrodias anatómicamente, funcionalmente anfiartrosis (movimientos mínimos) | Pequeños deslizamientos, permiten la deformación del pie para su adaptación al suelo durante la marcha |
| De Lisfranc o tarsometatarsiana (I, II y III cuña con I, II y III metatarsiano; cuboideas con IV y V metatarsiano) | Artrodias anatómicamente, porque funcionalmente se comportan como anfiartrosis (todavía menos movimiento: adaptación al terreno) | Ligeros movimientos plantares y dorsales y rotación del antepié (pronosupinación) |
| Articulaciones de los dedos | | |
| Articulaciones metatarsofalángicas | Cóndilos | Flexoextensión-abducción-aducción |
| Articulaciones interfalángicas | Trócleas | Flexoextensión |

TABLA 1-3 Tipos de articulaciones en la columna vertebral y caja torácica

| Articulación | Tipo | Movimiento |
|---|--|--|
| Columna vertebral. Parte anterior o de resistencia con las articulaciones discovertebrales: anfiartrosis; parte posterior o de movimiento con las articulaciones interapofisarias: artrodias | | |
| Columna cervical superior (zona de mayor movilidad) | Articulación occipitoatloidea: condílea | Flexoextensión, inclinaciones laterales |
| | Articulación atloaxoidea | Artrodias convexas (apófisis articulares) |
| | Trocus (atlas-odontoides) | Rodamiento necesario para acompañar la flexoextensión Rotación |
| Columna cervical inferior | Artrodias interapofisarias (su plano está más próximo al plano horizontal que en el resto de la columna) | Flexoextensión, rotación y traslaciones en todas direcciones: la orientación oblicua de las artrodias obliga a inclinación lateral homolateral con cada rotación, y viceversa |
| | Articulaciones uncovertebrales (Luschka) | Carril que guía la flexoextensión y actúa como mecanismo de protección medular bloqueando la rotación y limitando la inclinación lateral |
| Columna dorsal | Artrodias interapofisarias (plano más próximo al plano frontal) | Mayor componente de inclinación lateral (limitado por la caja torácica; mayor movilidad en la zona de las costillas flotantes). Menor rotación y flexoextensión |
| Columna lumbar | Artrodias interapofisarias (plano más próximo al sagital) | Sobre todo flexoextensión, seguido de inclinación y rotación |
| Caja torácica | | |
| Articulaciones costovertebrales (cabeza costal-cuerpo vertebral) | Artrodias, desde el punto de vista anatómico | Funcionalmente se comportan como seudotrocoide; costilla: cilindro macizo; vértebra: cilindro hueco. Son uniaxiales y cocongruentes |
| Articulaciones costotransversas (tubérculo costal-apófisis transversa) | Artrodias desde el punto de vista anatómico | <i>Zona superior:</i> el eje próximo al plano frontal justifica un mayor aumento del diámetro anteroposterior (movimiento brazo de bomba) <i>Zona inferior:</i> el eje más próximo al plano sagital justifica un aumento del diámetro transversal (movimiento en asa de cubo) |
| Cintura pélvica | | |
| Sacroilíacas | Anfiartrosis que con la bipedestación evoluciona a diartrosis | Pequeños movimientos (rotación anterior y posterior de ilíacos; rotación interna/externa) |
| Sífnis del pubis | Anfidiartrosis: cartílago elástico que en su interior presenta una cavidad | Movimientos de ascenso-descenso. Integrada en movimiento de nutación (aproximación de crestas ilíacas, separación isquiática, báscula ápex sacro a posterior y ligera apertura de la sínfis del pubis) y contranutación |
| Articulación sacrocoxígea | Anfidiartrosis («artrodia» con un disco en la articulación, a veces ni siquiera hay cavidad articular) | Movimientos de flexión (hacia delante) y extensión (a posterior). Movilidad clave en mecanismos como la defecación y el parto |

BIBLIOGRAFÍA

1. Alcántara S, Hernández MA, Ortega E, Del Valle M. Fundamentos de Fisioterapia. Madrid: Síntesis; 1995.
2. Igual C, Muñoz E, Aramburu C. Fisioterapia general: cinesiterapia. Madrid: Síntesis; 1996.
3. Rincón González MD. Humanismo Giennense: Médicos en Jaén durante los s. XVI y XVII. Boletín del Instituto de Estudios Giennenses 163, 1997.
4. Mercurial J. Arte gimnástico. Facsímil. Madrid: Instituto Nacional de Educación Física; 1973.
5. Martínez de Haro V. Educación física ESO 4. Barcelona: Paidotribo; 2005.
6. Génot C, Neiger H, Leroy A, Pierron G, Dufour M, Peninou G. Kinesioterapia. Principios. Miembros inferiores. Evaluaciones. Técnicas pasivas y activas del aparato locomotor. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2000.
7. Hüter-Becker A, Shewe H, Heipertz W. Fisioterapia: descripción de las técnicas y tratamiento. Barcelona: Paidotribo; 2003.
8. Collado S, Pérez C, Carrillo JM. Motricidad. Fundamentos y aplicaciones. Madrid: Dykinson; 2004.
9. Sobotta J. Atlas de Anatomía Humana. 20.ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1994.
10. Kapandji IA. Cuadernos de Fisiología Humana. 4.ª ed. Barcelona: Masson; 1994.
11. Hidalgo E. Análisis crítico de la regla convexo cóncava. Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesología 1998;1:15–31.