

# Cinematica Articular

## Joint kinematics

Nelson Arvelo D'Freitas\*

Nelson Arvelo D'Freitas. **Cinematica Articular.** Laboratorio de Investigaciones Neuroanatómicas y Embriológicas, Instituto Anatómico «José Izquierdo», Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela. Revista de la Sociedad Venezolana de Ciencias Morfológicas. 2012; 18: 15-20.

### RESUMEN

Se realiza un análisis de la cinemática articular, el cual hace referencia a una descripción del movimiento en términos de desplazamiento, velocidad y aceleración contra el tiempo, sin ocuparse de las fuentes del movimiento, es decir las fuerzas que producen el movimiento.- La cinemática, comprende dos grandes aspectos: 1.- la artrocinemática, parte de la biomecánica que se ocupa de los movimientos intrínsecos que ocurren dentro de las articulaciones, se consideran tres tipos de movimiento; rodamiento, deslizamiento y rotación, 2.- la osteocinemática, parte de la biomecánica, que estudia el desplazamiento de los huesos en el espacio, sin importar los músculos que se contraen para lograrlo.- Los movimientos óseos desde la osteocinemática se describen en términos de giro y balanceo (puro e impuro), los cuales se reflejan de la siguiente forma: el giro se corresponde a la rotación y, el balanceo se corresponde a la flexión-extensión, abducción-aducción, realizados en un plano el cual es perpendicular al eje de movimiento.- Se realiza algunas consideraciones de la biomecánica muscular y de las cadenas cinemáticas.-

**Palabras clave:** Cinemática articular, artrocinemática, osteocinemática, movimientos.

### SUMMARY

Arthrokinematics is analyzed; it refers to a movement description in terms of displacement, speed and acceleration against timing, without taking into account the source of movement. Kinematics has two components: 1. - Arthrokinematics which is part of part of biomechanics of the intrinsic movements that are inside the joints. There are three kinds of movements: tread, glide and rotation. 2. - Osteokinematics is part of biomechanics that comprises bones displacement, without taking into account the muscles that play a role in that movement. The bony movements from the osteokinematics point of view are described as turn and swing (pure and impure), they are turn, which corresponds to rotation, and the balancing equals flexion- extension, abduction-adduction, and performed perpendicular to the axis of movement. Some considerations are made about biomechanics and kinematics chains.

**Key words:** Joint kinematics, arthrokinematics, osteokinematics, movements.

Recibido : 06-08-2012. Aceptado: 27-08-2012.

### Introducción.

Independientemente del propósito de un estudio del movimiento humano, suelen haber aspectos científicos implicados. En líneas generales, estos estudios abarcan cuestiones de anatomía, neurofisiología y mecánica, siendo este último término el que desplaza el estudio hacia la esfera de la biomecánica<sup>(1)</sup>, la cual consiste en un conjunto de conocimientos interdisciplinarios generados a partir de utilizar, con el apoyo de otras ciencias biomédicas, los aportes de la mecánica y, distintas tecnologías, en primer lugar, el estudio del comportamiento de los sistemas biológicos, en particular del cuerpo humano y, en segundo lugar, resolver los problemas que le provocan las distintas condiciones a las que puede verse sometido<sup>(2)</sup>.

El estudio biomecánico puede concentrarse en analizar las variables que causan y, modifican el movimiento; análisis cinético, o simplemente dedicarse a la observación y, descripción de las características biomecánicas en la destreza, el análisis cinemático<sup>(2)</sup>, de ahí que la biomecánica se divida en cinemática y cinética<sup>(3,4)</sup>.

### CINEMATICA:

Consiste en asociar a cada movimiento una función, que indique en cada instante cual es la posición del móvil, medida desde un determinado sistema de referencia.- Según Rasch<sup>(4)</sup>, es la geometría del movimiento, que comprende desplazamiento, velocidad y aceleración, sin tener en cuenta las fuerzas que actúan sobre un cuerpo. El esqueleto humano es un sistema de palancas, puesto que una palanca puede tener cualquier forma, cada hueso largo en el cuerpo puede ser visualizado como una barra rígida que transmite y, modifica la fuerza y el movimiento. Un análisis cinemático incluye el tipo de movimiento, la dirección de movimiento y, la cantidad de movimiento que ocurre<sup>(2)</sup>. La cinemática hace referencia, a una descripción geométrica del movimiento en términos de desplazamiento, velocidad y aceleración contra el tiempo, sin ocuparse de las fuentes del movimiento, es decir las fuerzas que producen el movimiento<sup>(1)</sup>.

\* Profesor Titular, Jefe del Departamento de Ciencias Morfológicas, Escuela de Medicina «Luis Razetti» Universidad Central de Venezuela

## CINETICA:

Estudia la evolución del estado de movimiento, de una partícula o campo físico, considerando las fuerzas que producen dicho movimiento, fuerzas que inducen la variedad de movimientos que puede ejecutar el cuerpo humano (1,2,4).

Al hablar de movimiento, dos conceptos resultan fundamentales: **EJE DE MOVIMIENTO**, el cual representa una línea imaginaria, que pasa a través de la articulación y, alrededor de la cual se realiza el movimiento articular de un segmento. Se describen tres ejes: A) eje frontal, paralelo a la sutura coronal del cráneo, es perpendicular al eje sagital, B) eje sagital, paralelo a la sutura sagital del cráneo, es perpendicular al eje frontal, C) eje longitudinal o vertical, situado paralelamente a la línea de gravedad. **PLANO DE MOVIMIENTO**, sentido en el cual se realiza el movimiento, relacionado con los planos anatómicos del cuerpo humano, frontal (coronal), sagital y transversal, tomando en cuenta que el movimiento ocurre siempre paralelo al plano en cuestión, pero es perpendicular al eje. Como ejemplo se señala el movimiento de abducción-aducción en la articulación del hombro o gleno-humeral, el cual se realiza paralelo al plano frontal y es perpendicular al eje sagital. En base a estos dos conceptos podemos establecer que las articulaciones sinoviales, pueden ser, **uniaxial**, representa una articulación con un grado de libertad, con dos superficies articulares que restringen ampliamente el movimiento a un solo eje/plano perpendiculares entre sí, ejemplo: articulación humero-ulnar.- **Biaxial**, consiste en una articulación que posee dos grados de libertad en dos planos diferentes y, dos ejes perpendiculares entre sí, ejemplo: articulación radio-carpiana. **Multiaxiales**, representa una articulación que posee tres grados de libertad, teniendo movimientos en torno a tres planos diferentes y, tres ejes perpendiculares entre sí, ejemplo: articulación gleno-humeral<sup>(5)</sup>.

La cinemática comprende dos grandes aspectos, la artrocinemática y la osteocinemática:

**ARTROCINEMATICA:** Un cuerpo puede trasladarse de dos maneras diferentes, libre por el espacio, o en contacto con otros cuerpos. Este contacto puede ser alternativo (como en la marcha humana) o permanente (como dos superficies articulares entre si). En las articulaciones sinoviales se da este tipo de movimiento traslatorio<sup>(6)</sup>. La artrocinemática es una parte de la biomecánica, que se ocupa de los mecanismos de reposo

y movimientos mas internos (intrínsecos) de las articulaciones<sup>(7)</sup>, movimientos que ocurren dentro de la articulación, denominados micro movimientos, que no pueden ser apreciados a simple vista<sup>(8)</sup> y que toma en cuenta las superficies articulares, sin considerar el movimiento de los huesos, o las fuerzas de producción de ese movimiento<sup>(5)</sup>.

En una publicación anterior<sup>(9)</sup>, al considerar en las articulaciones sinoviales, la forma geométrica de las superficies articulares se realizó una subdivisión en siete tipos, sin embargo, Basmajian y Mac Conaill<sup>(1,5,10,11)</sup> han señalado que los dos tipos geométricos fundamentales de superficies articulares son dos, ovoidea y en silla de montar (encaje reciproco o sellar de Mac Conaill). En relación a las superficies de la articulación ovoide, una superficie es cóncava y la otra convexa, mientras que en una articulación en silla de montar, una superficie es cóncava en una dirección y la otra superficie es convexa en otra dirección (fig. 1), en ángulo recto, donde la articulación es estable y eficiente, las superficies articulares

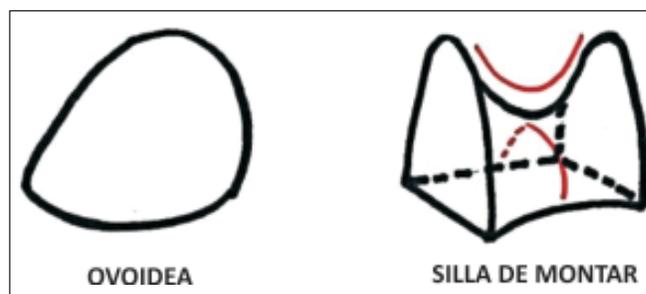


Fig. 1. Superficies Articulares

son mas congruentes y requiere en líneas generales, menor cantidad de ligamentos.

Las articulaciones tipo ovoide son de dos tipos, ovoide no modificada (inalterada), forma esférica suficiente para permitir tres grados de libertad, ejemplo: articulación coxo-femoral. Ovoide modificada (alterada), forma elipsoidal, donde el grado de curvatura es mas marcada en un plano y permite dos grados de libertad, ejemplo: articulación metacarpo-falángica<sup>(5,7)</sup>.

Por su parte las articulaciones tipo silla de montar, también son de dos tipos, silla de montar no modificada (inalterada), donde las superficies articulares son totalmente cóncavo en un plano y, totalmente convexa en el otro plano (perpendiculares entre si), permite dos grados de libertad, ejemplo: articulación trapezo-metarcapiana.- Silla de montar modificada (alterada), donde las super-

ficies articulares tienen una parte cóncava y otra convexa en el mismo plano (no perpendiculares entre sí), permite un grado de libertad, ejemplo: articulación talo-crural<sup>(5,7)</sup>. El movimiento artrocinemático, es el tipo de movimiento que se produce en la superficie de la articulación. La mayor parte de los movimientos articulares es curvilínea, en parte rotacional y, en parte traslacional y, generalmente hay uno o más movimientos osteocinemáticos reconocidos para cada movimiento artrocinemático. Estos se describen por la manera en que los puntos de una superficie articular, se mueven con relación a los puntos de una superficie articular opuesta<sup>(12)</sup>. Los movimientos artrocinemáticos descritos<sup>(11,12,13,14,15,16)</sup> son:

**1. RODAMIENTO**, ocurre en articulaciones incongruentes, es decir, en superficies con diferentes grados de curvatura. Consiste en que una superficie móvil, rueda sobre otra superficie fija, cuando diferentes puntos de la primera toman contacto sucesivo con diferentes puntos de la segunda. Ocurre en una superficie articular, en el mismo plano del deslizamiento, pero con diferentes ejes de movimiento. El sentido del rodamiento de una superficie articular, coincide siempre con el movimiento del hueso (osteocinemático). Independientemente de que se mueva la superficie articular cóncava o convexa. El

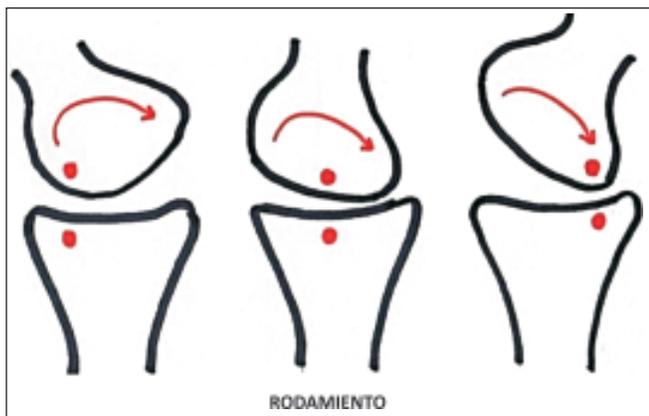


Fig. 2. Artrocinemática

rodamiento no ocurre puro y, sin combinación con deslizamiento (fig. 2).

**2. DESLIZAMIENTO**, ocurre en superficies congruentes, curvas o planas.- Una superficie móvil se desliza sobre otra superficie fija, cuando un mismo punto de la primera, toma contacto con diferentes puntos de la segunda (fig. 3). El sentido del

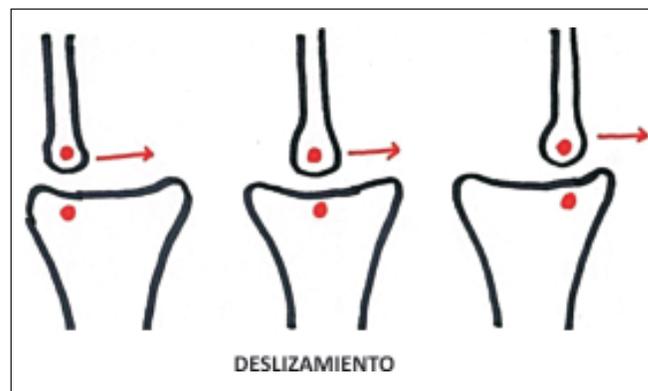


Fig. 3. Artrocinemática

deslizamiento depende de la forma de la superficie articular móvil, si es cóncava o convexa, lo cual se explica por el principio de Kattenborn (regla cóncavo-convexo)<sup>(17)</sup>. Cuando la superficie que se moviliza es cóncava, el deslizamiento ocurre en el mismo sentido del movimiento osteocinemático, ejemplo: movimiento de flexión de la articulación humero-ulnar, entre la incisura ulnar (superficie cóncava) y la tróclea humeral (superficie convexa), (fig. 4). Cuando la superficie articular que se moviliza es convexa, el deslizamiento ocurre en sentido contrario al movimiento osteocinemático, ejemplo: movimiento de abducción de la articulación gleno-humeral, donde la superficie móvil corresponde a la cabeza humeral, la cual es

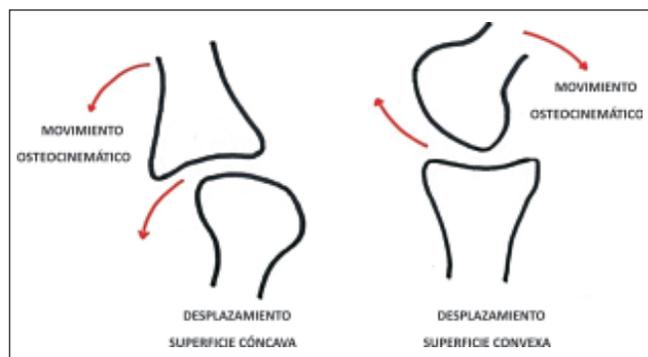


Fig. 4. Principio de Kattenborn

convexa, el brazo se mueve hacia arriba, pero el deslizamiento articular ocurre hacia abajo (fig. 4).

**3. ROTACION**, es un deslizamiento en torno a un eje.- Una superficie articular móvil rota sobre otra superficie articular fija, cuando diferentes puntos de la primera entran en contacto sucesivo con un mismo punto de la segunda (fig. 5).

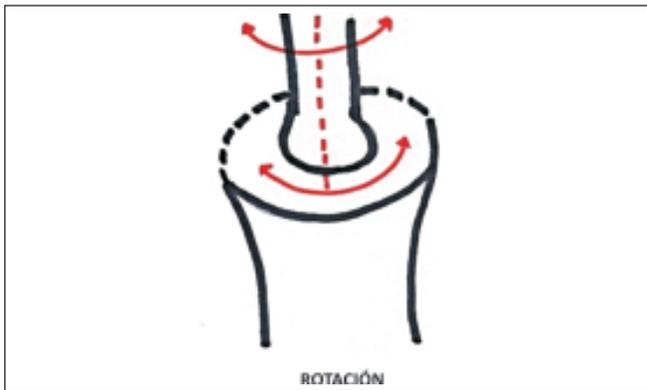


Fig. 5. Artrocinemática

**OSTEOCINEMATICA:** Así como la artrocinemática se ocupa de los micro movimientos, la osteocinematica se ocupa de los macro movimientos. Es la parte de la biomecánica, que estudia el desplazamiento de los huesos en el espacio, sin importar los músculos que se contraen para lograrlo. Son los movimientos que se ven a través de la simple observación, sin tomar en cuenta el movimiento que ocurre intrínsecamente en la articulación<sup>(5,6,7)</sup>. Los eslabones pueden realizar dos tipos de movimientos osteocinematicos. Desde el punto de vista biomecánico es importante, sin embargo, tomar en cuenta la morfología articular para evaluar el desempeño físico, en cuanto a la efectividad, poder realizar el movimiento, la eficacia, en el menor tiempo posible, así como la eficiencia, menor gasto energético.

Un aspecto importante a considerar, son las llamadas posiciones básicas con respecto a una articulación. Se consideran las siguientes posiciones<sup>(7)</sup>: A) POSICION CERO, conocida como la posición anatómica. B) POSICION DE REPOSO, aquí la capsula articular, esta totalmente distendida y, por lo tanto, el espacio intra articular tiene su máximo volumen, debido a que las superficies articulares tienen menor contacto. C) POSICION DE BLOQUEO, esta posición se caracteriza debido a que hay mayor congruencia articular, o sea máximo contacto entre las superficies articulares.

La osteocinematica no toma en cuenta los movimientos de las superficies articulares, describe los planos y ejes en que se realiza el movimiento<sup>(15)</sup>. Mac Conaill y Basmajian<sup>(1,5,10)</sup> han sugerido que cualquier movimiento óseo desde el punto de vista de la osteocinematica se puede describir en términos de giro y balanceo<sup>(6,18)</sup>:

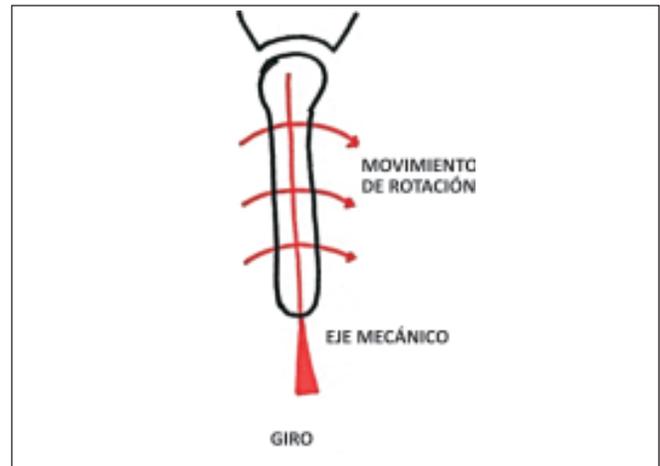


Fig. 6. Osteocinemática

**1.- GIRO**, se realiza en un plano horizontal y, consiste en la rotación del hueso sobre si mismo, alrededor de su propio eje mecánico<sup>(13)</sup> (fig. 6).

**2.- BALANCEO**, puede ser realizado en un plano sagital o coronal y, hace referencia a cualquier movimiento que no sea un giro puro, consistiendo en un movimiento pendular del hueso. En el balanceo se distinguen dos variedades. Balanceo puro, cuando el movimiento pendular se realiza alrededor del eje de movimiento de la articulación y en un plano y, no hay un componente de giro. Balanceo impuro, cuando al realizar el movimiento pendular, la cadena ósea se sale del plano

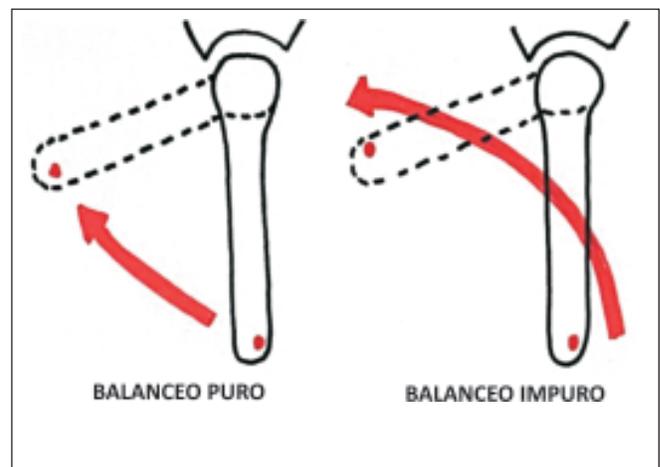


Fig. 7. Osteocinemática

y realiza un giro para ir a otro plano, o volver al anterior, es lo que se denomina movimiento arqueado<sup>(1,7,10,13)</sup> (fig. 7).

Estos movimientos osteocinematicos se reflejan de la

siguiente manera: el giro, se corresponde a la rotación y, el balanceo corresponde a la flexión extensión y la abducción aducción. Estos movimientos se realizan en un plano perpendicular al eje de movimiento.

- Movimiento de flexión extensión, se realiza en un plano sagital y su eje es perpendicular: coronal (frontal).
- Movimiento de aducción aducción, se realiza en un plano coronal y su eje es perpendicular: sagital.
- Movimiento de rotación lateral medial, se realiza en un plano transversal y su eje es perpendicular: longitudinal (vertical).

Existen, a parte de los movimientos mencionados anteriormente, otras variantes como son:

- Rotación derecha izquierda de la cabeza, el cual se realiza en un plano transversal, con un eje perpendicular: longitudinal, de igual característica es la prono supinación a nivel de la articulaciones ulno radiales
- Movimiento de inversión eversión a nivel del complejo articular de la garganta del pie, el cual se realiza en un plano frontal y su eje perpendicular. Sagital.- Con estas mismas características tenemos la inclinación lateral de la cabeza y de la columna vertebral.-
- Igualmente considerar, el movimiento de antepulsión retroimpulsión ( mal llamado de flexión y extensión, ya que no cumple con el concepto de estos dos términos), a nivel de la articulación gleno humeral (hombro), movimiento realizado en un plano sagital con un eje perpendicular: coronal.

## BIOMECANICA MUSCULAR

El cuerpo humano puede verse afectado por cualquiera de las fuerzas con las que se encuentran los objetos materiales. Entre ellas se incluyen las fuerzas externas al cuerpo humano, así como las que están presentes en su interior. Los músculos aportan las principales fuerzas internas, por lo tanto, para el estudio del movimiento resulta absolutamente esencial conocer la mecánica del musculo y, entender como actúa sobre el sistema esquelético<sup>(1)</sup>. Sin embargo, no es el objetivo de la presente comunicación, simplemente se mencionaran algunos conceptos funcionales básicos, como punto de inserción, el cual se relaciona con un punto fijo o de origen y, punto móvil o de inserción.

De acuerdo a la función, los músculos se clasifican:

1. **agonistas**, representa aquellos músculos responsables directamente en producir el movimiento articular. Su función principal es la de mover el segmento corporal específico. Se distinguen dos tipos de músculos motores agonistas. En primer lugar, los llamados músculos motores primarios, que son los más efectivos e importantes para realizar el movimiento articular. En segundo lugar, los músculos motores secundarios o accesorios, representados por aquellos músculos que ayudan a ejecutar un movimiento, pero que son menos efectivos o importantes, o se contraen solamente bajo ciertas circunstancias<sup>(2)</sup>.
2. **fijadores (estabilizadores)**, son aquellos músculos que se contraen estáticamente para fijar, estabilizar un hueso, contra la tracción de la fuerza de gravedad, o contra cualquier otra fuerza que interfiere con el movimiento deseado.
3. **antagonistas**, son aquellos músculos cuya contracción tiende a producir una acción articular opuesta, a alguna acción articular determinada de los músculos agonistas<sup>(2)</sup>.
4. **sinergistas**, músculos que actúan con algún otro musculo o músculos, como parte de un equipo. Un musculo sinergista se corresponde con dos músculos motores, que pueden ejercer una acción muscular común, pero por separado realizan una función secundaria antagonista entre ambos. En la acción sinergista se contraen simultáneamente para producir la acción deseada.

## CADENAS CINEMATICAS

Se define a un modo de ejecución del trabajo muscular durante un movimiento, en el cual participan un conjunto de músculos agonistas y sinergistas, inducido por la regulación de un patrón de movimiento. A su vez, cada patrón responde a una unidad neurológica por participar de un control motor dependiente de la inervación recíproca<sup>(19)</sup>. La cadena cinemática es también llamada unidad dinámica funcional, es el segmento motor compuesto por sucesivas cadenas óseas y sus correspondientes unidades biomecánicas, siendo la unidad biomecánica el conjunto de estructuras que hacen posible el movimiento, cuyo objetivo es la traslación de un segmento motor en el espacio<sup>(6,18)</sup>.

La base fisiológica de las cadenas cinemáticas, depende de una actividad compleja organizada y sincronizada de varios sistemas:

1. **SISTEMA OSTEO-ARTICULAR:** Para producirse una cadena cinemática, deben estar implicadas varias articulaciones, cada una de ellas concatenadas, donde el brazo fijo de una palanca, sea el brazo móvil de la otra. Cada una de estas conexiones tiene un orden que facilita la amplitud del movimiento, dando como resultado que las palancas proximales sean multiaxiales y, en su parte distal terminen en articulaciones uniaxial, garantizando en la cadena cinemática todos los grados de libertad necesarios para asegurar toda la amplitud de movimiento<sup>(19)</sup>.
2. **SISTEMA MUSCULAR:** Una cadena cinemática se ira formando, en la medida que interactúen músculos agonistas y sinergistas, pero que necesita la acción del musculo antagonista. Los primeros responderán a un patrón de contracción muscular y, los segundos a un tipo de relajación.
3. **SISTEMA NERVIOSO:** Participa como controlador y regulador de la actividad voluntaria del movimiento, la fuerza, la velocidad y la coordinación para que se pueda producir con calidad la amplitud del movimiento.

Se describen dos tipos de cadenas cinemáticas. **Cadena cinemática abierta**, cuando su extremo distal no está fijo a una superficie y, hay libertad de movimiento. El movimiento de un segmento es independiente del movimiento del resto de los segmentos de la cadena cinemática<sup>(20,21)</sup>. Involucra movimientos en los cuales el segmento distal (mano o pie) tiene libertad para moverse en el espacio, sin causar necesariamente movimientos simultáneos en articulaciones adyacentes<sup>(22,23)</sup>. **Cadena cinemática cerrada**, cuando su extremo distal esta fijo a una superficie y, el movimiento no es libre.- El movimiento de un segmento no puede ocurrir sin requerir movimientos en el resto de los segmentos, luego son interdependientes<sup>(20)</sup>. Involucra movimientos en los cuales, el cuerpo se mueve en torno a un segmento distal que esta fijo o estabilizado sobre una superficie de soporte. El movimiento en una articulación provoca

movimientos simultáneos en articulaciones distales y proximales en una forma predecible relativamente<sup>(22)</sup>.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Gowitz BA.** El cuerpo y sus movimientos: Bases científicas. Barcelona: Paidotribo; 2009
2. Aguilar B E. Biomecánica (on line) 2010. Disponible en <http://es.scribd.com>
3. **Sandoval S.** Disponible en <http://bcisi.4shared.com>
4. **Sandoval S.** Disponible en <http://prontus.uv.cl>
5. **Slideshare** (on line). Disponible en <http://www.slideshare.net/chrisbacchus/artrologia-101772>
6. **Borduli PD.** Introducción a la biomecánica (on line). Disponible en <http://www.slidshare.net/analisis/osteocinematica>
7. **Urquietta JA.** Disponible en <http://es.scribd.com>
8. **Wikiteca** (on line). Disponible en <http://www.wikiteca.com>
9. **Arvelo D'F N.** Clasificación biomecánica de las articulaciones. Rev Soc Vzlaná Ciencias Morf. 2002; 8: 21-27
10. **Warwick W.** Gray Anatomía. Barcelona: Salvat; 1985
11. **Dos Reis FA.** Deficiencia de movilidad articular e de amplitud de movimiento (on line). Disponible en <http://www.fisiosportms.com.br>
12. Las articulaciones (on line). Disponible en <http://portal.uah.es>
13. Artrocinemática (on line). Disponible en [weblog.maimonides.edu/.../...](http://weblog.maimonides.edu/.../)
14. **Arruda C.** Movimientos osteocinemáticos e artrocinemáticos (on line). Disponible en <http://cristianearruda.wordpress.com>
15. **Panesso MC, Trillos MC, Guzman IT.** Biomecánica clínica de la rodilla. Bogotá: Universidad del Rosario. Doc Investig Fac Rehabil Desarrollo Hum. 2009
16. **Nordim M.** Basic Biomechanics of the musloskeletal system. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001
17. **Katerborn F.** Fisioterapia: Manual. Madrid: Mc Graw Hill Interamericana; 2004
18. **Lalle DL.** Biomecánica y lesiones de la articulación del hombro en jugadores de tenis (on line) 2003. Disponible en <http://imgbiblio.vaneduc.edu.ar>
19. Hernandez D. Cadenas cinemáticas (on line) 2010. Disponible en [www.sid.cu](http://www.sid.cu)
20. **Floyd RT.** Manual of structural kinestology. New York: Mc Graw-Hill; 2006
21. **Alburquerque F.** Cadenas cináticas (on line). Disponible en <http://www.fisiofundamental.com>
22. **Kisner C, Colby LA.** Therapeutic exercise: Foundations and techniques. Barcelona: Paidotribo; 2005
23. **Magee DJ, Zachazewski JE, Quillen WS.** Scientific foundations and principles of practice in musloskeletal rehabilitation. St Louis MO: Saunder Elsevier; 2007