

Complejo Articular del Codo: Biomecánica

Joints of the elbow: biomechanics

Nelson Arvelo D'Freitas*

Nelson Arvelo D'Freitas. Complejo Articular del Codo: Biomecánica. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Medicina, Instituto Anatómico «José Izquierdo», Laboratorio de Investigaciones Neuroanatómicas y Embriológicas. Revista de la Sociedad Venezolana de Ciencias Morfológicas. 2016; 22: 42-50.

RESUMEN

El propósito de esta comunicación es realizar un enfoque biomecánico del complejo articular del codo, donde encontramos tres articulaciones, con la finalidad de proporcionar una amplitud de movimiento, cuyo fin último corresponde al eslabón terminal del miembro superior: la mano.- Las articulaciones corresponden a la humero-ulnar, la humero-radial y la radio-ulnar proximal esta última en íntima relación con la articulación radio-ulnar distal.- De cada articulación se realiza una descripción de sus componentes articulares, de sus ejes, grados de libertad, planos de movimientos y las fuerzas motoras que actúan.-

Palabras clave: articulación, codo, biomecánica.

SUMMARY

The main purpose of this work is to show biomechanical focus on the elbow joint complex, in it we find three joints whose main purpose is to give a wide range of movement, whose last link is the terminal end of the upper limb, the hand. The joints are: humero-ulnar joint, humero-radial joint, and proximal radio-ulnar joint, the last one in close relation to distal radio-ulnar joint. On each joint a careful description of each one of its components is made, the axes, movements degrees, movements, and mechanical forces acting.

Keywords: Joints, elbow, biomechanics.

El codo es la articulación intermedia del miembro superior al realizar la unión mecánica entre el eslabón proximal, el brazo y el eslabón distal, el antebrazo.- Posibilita orientado en los tres planos del espacio gracias al hombro, desplazar más o menos lejos del cuerpo su extremidad activa: la mano ¹.-

El complejo articular del codo (CAC) colabora con el hombro en la aplicación de fuerza y control del movimiento de la mano en el espacio, facilitando su versatilidad de movimiento ^{2,3,4}.- Siendo una articulación intermedia de la cadena cinemática: miembro superior, permite al antebrazo acercarse o alejarse del brazo, permitiendo que el miembro superior pueda trabajar a diferentes distancias del cuerpo ⁵.- Igualmente orienta la región palmar mediante el movimiento de pronosupinación.- Su movilidad y estabilidad son necesarios para el desarrollo de las actividades cotidianas ⁶.-

El CAC desde un punto de vista funcional, está constituido por tres articulaciones con diseño anatómico diferente, las dos articulaciones humerales: humero-ulnar medial, y humero-radial lateral, y la articulación radio-ulnar proximal, la cual se haya en íntima relación con la articulación radio-ulnar distal.- Ahora bien, desde el punto de vista anatómico, se consideran estas tres articulaciones como una sola, debido a que la cavidad articular, la membrana sinovial, la capsula articular y sus ligamentos son comunes a estas articulaciones^{2,4,5,6}.-

Estructuras óseas en el CAC

En el CAC intervienen las siguientes estructuras óseas: en forma proximal el humero, y en forma distal el radio y la ulna.-

El humero participa a través de la epífisis distal, la paleta humeral la cual presenta ciertas características: 1.- Tiene forma triangular, aplanada en sentido anteroposterior, 2.- Inclinada hacia delante unos 45° del eje diafisario del humero y con respecto al plano coronal que facilita la flexión, de no existir esta inclinación la amplitud del movimiento de flexión quedaría limitada a unos 90°-100°, 3.- Existencia de cavidades 'para al-

* Profesor Titular, Jefe del Departamento de Ciencias Morfológicas Escuela de Medicina: "Luis Razetti", Universidad Central de Venezuela

bergar superficies óseas que permite mayor amplitud de movimientos, 4.- Oblicuidad de la tróclea humeral (valgo fisiológico del codo), que en las mujeres es de 10°-15° y en los hombres de 20°-25°^{3,4}.-

En la paleta humeral conseguimos superficies articulares y no articulares⁷.- Las superficies articulares corresponden a la tróclea humeral de localización medial, y el capítulo humeri, lateral.- La tróclea humeral cubierta de cartílago hialino, representa una polea asimétrica, ya que su borde medial desciende más distalmente formando un arco de unos 330°-340°.- Sus dos superficies articulares están separadas por una garganta situada en el plano sagital^{1,2,6,8}, la tróclea vista en conjunto es cóncava transversalmente y cóncava en sentido antero-posterior⁹.- El capítulo humeri (llamado también cóndilo humeral), tiene una forma esferoidea recubierto por cartílago hialino, proyectado anteriormente.-

Las superficies no articulares corresponden a los epicondilos medial y lateral⁷.- Proximal a la tróclea ubicamos el epicondilo medial, que presta inserción al ligamento colateral ulnar y la masa muscular epicondilia medial, por su parte, proximal al capítulo tenemos el epicondilo lateral que presta inserción al ligamento colateral radial y a los músculos epicondileos laterales^{2,6}.- Por encima de las dos superficies articulares, se encuentran tres fosas que permiten alojar relieves óseos, relacionados con el movimiento de flexión y extensión, dos fosas son anteriores y una es posterior; la fosa olecraneana que aloja el proceso olecranon de la ulna en extensión.- En relación a las fosas anteriores, una la fosa coronoidea es proximal a la tróclea y aloja en el movimiento de flexión al proceso coronoide de la ulna, y la fosita radial proximal al capítulo humeri que recibe la cabeza radial, igualmente en el movimiento de flexión^{2,6,7}.- La existencia de las mencionadas fosas son necesarias para que la amplitud del movimiento de flexión extensión, tenga un rango normal: 140°/160°.-

En el CAC la ulna ofrece su epífisis proximal que proporciona la mayor superficie articular, y es responsable de la estabilidad de la articulación.- La superficie articular (fig. 1) está representada por la escotadura troclear, la cual se ofrece a la tróclea humeral, esta escotadura troclear está constituida en su porción proximal y posterior por el proceso olecranon, y en su porción distal y anterior por el proceso coronoide^{2,6}, formando un arco de 190° con su apertura orientada hacia adelante y arriba de 30°-45°(8).- Esta configuración se comple-

menta con la que presenta en conjunto la epífisis distal del humero, lo que favorece la flexión, y permite espacio entre ambos huesos para las masas musculares anteriores.- La otra superficie articular se ubica en la cara lateral del proceso coronoide, y está representada por la escotadura radial, destinada a articularse con la circunferencia radial (articular) del radio².- Por su parte el radio en el CAC ofrece su epífisis proximal, cuyas superficies articulares están representadas por la fosa articular, de concavidad inferior que se relaciona con el capítulo humeri, y la circunferencia radial destinada a la escotadura radial de la ulna⁷(fig. 1).-

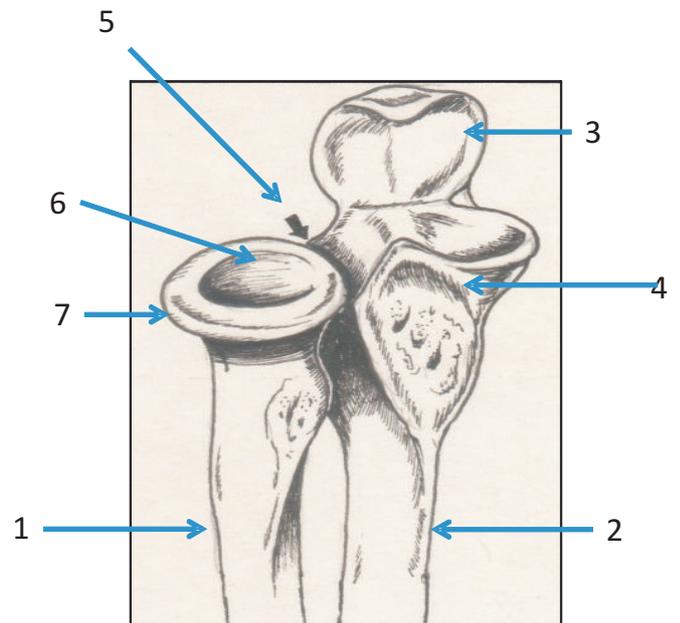


FIGURA N°1: 1.- Radio, 2.- Ulna, 3.- Proceso coronoideo, 4.- Proceso olecraneano, 5.- Escotadura radial, 6.- Fosa articular, 7.- Circunferencia radial

Superficies articulares en el CAC

A. *Articulación Humero-Ulnar*

Humero: tróclea humeral

Ulna: escotadura troclear

B. *Articulación Humero-Radial:*

Humero: capítulo humeri

Radio: fosa articular

C. *Articulación Radio-Ulnar Proximal:*

Ulna: escotadura radial

Radio. Circunferencia radial y ligamento anular

Medios de Unión del CAC

La capsula articular tiene la forma de un manguito fibroso articular, cuya inserción superior se hace en el humero por arriba de las fosas coronoidea, radial y olecraneana, y su circunferencia inferior a nivel del cuello en el radio, y en la ulna alrededor de las escotaduras troclear y radial^{10,11}.- Esta capsula presenta una serie de reforzamientos:

1.- *Ligamento Anterior* formado por fibras que se extienden desde la cara anterior de los epicondilos y la fosas coronoidea y radial, para luego terminar a través de fibras oblicuas y verticales sobre el proceso coronoide.-

2.- *Ligamento Posterior* que refuerza la cara posterior del complejo articular, constituido por fibras transversales y oblicuas¹¹.-

3.- *Ligamento Colateral Ulnar* denominado por Retamales y Placencia² complejo colateral medial.- A este ligamento se le describen tres fascículos: a) fascículo anterior, mas importante clinicamente y que se encuentra en tensión tanto en la flexión como en la extensión, b) fascículo posterior sobre el cual descansa el nervio ulnar^{7,10,11}.- Debido a que está situado debajo y posterior al eje de rotación, se tensa solamente en la flexión, c) fascículo transverso con un papel funcional dudoso² sin embargo, algunos autores consideran que controla el estrés en valgo de la articulación durante la extensión total³.-

4.- *Ligamento Colateral Radial* con una descripción variable, constituye un verdadero complejo ligamentoso² conformado por: a) un fascículo anterior, b) un fascículo medio que juega un papel importante en la estabilidad humero-ulnar, c) fascículo posterior estabilizador accesorio, d) ligamento anular, el cual desde su origen e inserción en los márgenes de la escotadura radial forma las cuatro quintas partes del anillo fibroso del *trochus radio-ulnar proximal*.- Su cara medial se halla recubierta de cartilago hialino para articularse con la circunferencia radial, de ahí que en la presente comunicación se considere como una superficie articular de la articulación radio-ulnar proximal.- Su porción anterior se encuentra tensa en supinación y la posterior en pronación.- Constituye un estabilizador de la cabeza del radio, e) ligamento cuadrado, que consiste en una banda fibrosa que se extiende desde el borde inferior de la escotadura radial al cuello del radio.- Participa en forma accesorio en la estabilidad de la articulación

radio-ulnar proximal.- Su porción anterior se tensa en la supinación, y la posterior en la pronación².- En conjunto el ligamento colateral radial controla el estrés en varo de la articulación⁵.-

Clasificación Biomecánica Articulaciones del CAC

Tomando como referencia una publicación anterior¹² tenemos:

1.- *Articulación Humero-Ulnar*:

- a) **sinovial**; posee membrana sinovial
- b) número de superficies articulares; **simple**, presenta dos superficies articulares, la tróclea humeral y la escotadura troclear de la ulna.-
- c) **no compleja**; no hay presencia de un fibrocartilago.-
- d) forma de las superficies articulares; **en bisagra**.-
- e) grados de libertad; **uni-axial**, presenta un solo grado de libertad.-

2.- *Articulación Humero-Radial*:

- a) **sinovial**; posee membrana sinovial.-
- b) número de superficies articulares; **simple**, presenta dos superficies articulares el capitulo humeri y la fosa articular del radio.-
- c) **no compleja**; no hay presencia de fibrocartilago.-
- d) forma de las superficies articulares; **elipsoidal**.-
- e) grados de libertad; uni-axial. Presenta un solo grado de libertad.-

3.- *Articulación Radio-Ulnar proximal*:

- a) **sinovial**; posee membrana sinovial.-
- b) número de superficies articulares; **compuesta**, presenta tres superficies articulares, la escotadura radial de la ulna, la circunferencia articular del radio y el ligamento anular.-
- c) **no compleja**; no hay presencia de fibrocartilago.-
- d) forma de las superficies articulares; constituye una verdadera articulación **en pivote**.-
- e) grados de libertad; **uni-axial**, presenta un solo grado de libertad.-

En la articulación humero-ulnar, su modelo mecánico se corresponde con el de una articulación en bisagra, con un movimiento sobre su único eje (fig. 2).- Anatómicamente está constituida por una superficie en forma de tróclea, encajada en una superficie cóncava, la escotadura troclear¹³.- La articulación humero-radial es

denominada mecánicamente elipsoidal, constituida por la unión de una superficie ovoidea que encaja en una cavidad elipsoidal.- La articulación radio-ulnar proximal, mecánicamente en pivote (fig. 3) , ya que son articulaciones sinoviales en las cuales las superficies articulares pueden tomar una forma similar a la de un pivote, permitiendo solo efectuar movimientos de rotación lateral y medial¹³ (fig. 4).-

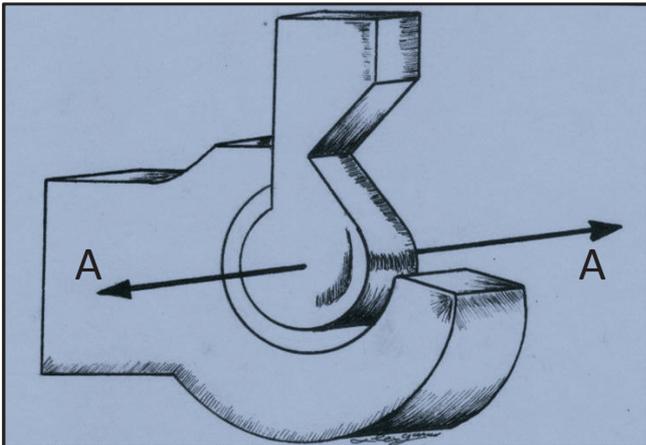
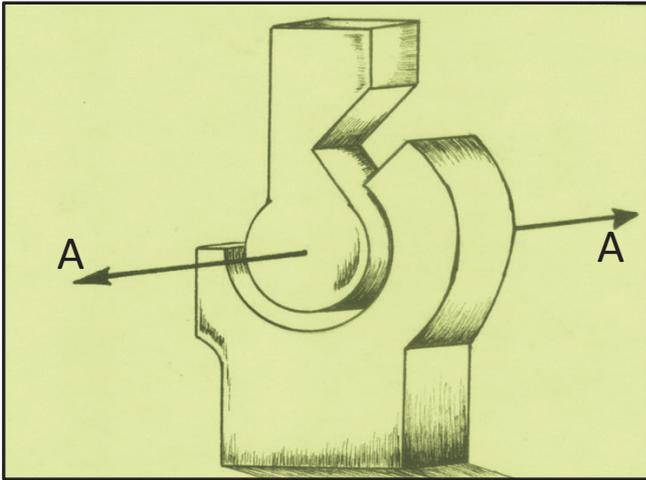


FIGURA N°2: Representación biomecánica articulación húmero-ulnar.
A-A: Plano del eje del movimiento, arriba extensión, abajo flexión.
1.- Tróclea humeral, 2.- Escotadura troclear

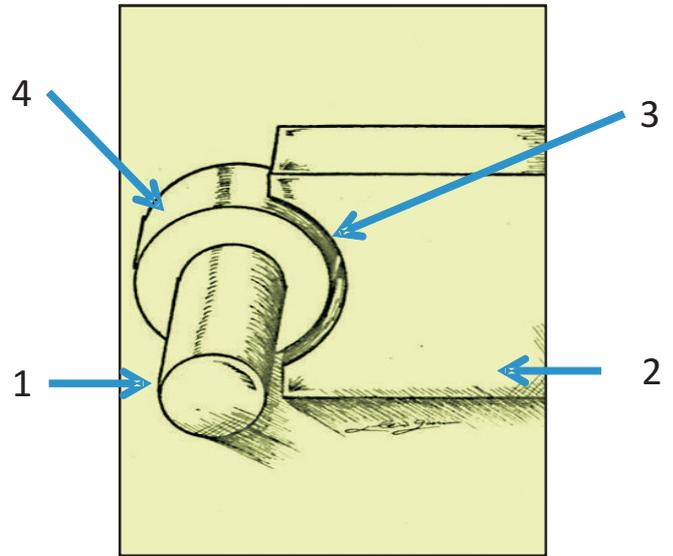


FIGURA N°3: Representación biomecánica de la articulación radio-ulnar proximal. 1.- Radio, 2.- Ulna, 3.- Escotadura radial 4.- Circunferencia radial

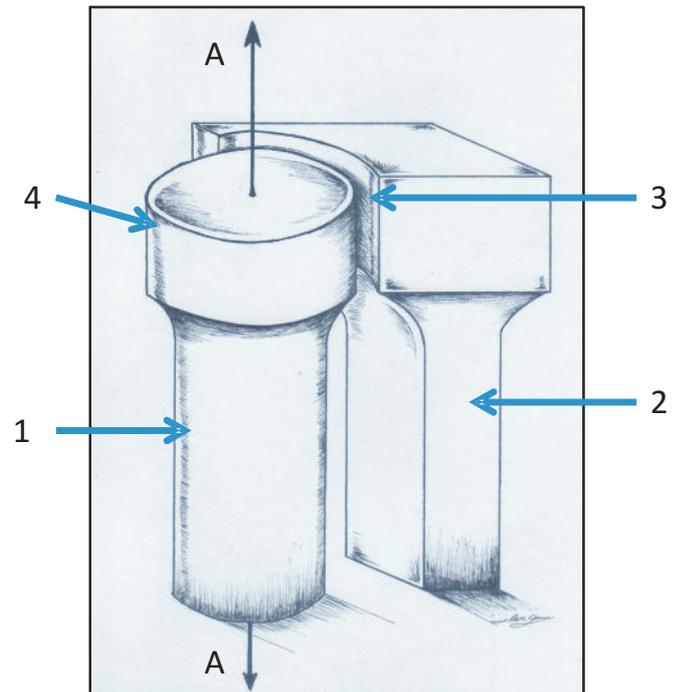


FIGURA N°4: Articulación radio-ulnar. A-A: Eje del movimiento
1.-Radio, 2.- Ulna, 3.- Escotadura radial, 4.-Circunferencia radial

Cinemática Articulaciones

Humero-Ulnar y Humero-Radial

Inicialmente se realizara un análisis referente a las articulaciones humero-ulnar y humero-radial, la articulación radio-ulnar proximal se analizara en conjunto con la articulación radio-ulnar distal.-

En líneas anteriores, al realizar la clasificación biomecánica se estableció que ambas articulaciones humerales (radial y ulnar) son uni-axiales, o sea que poseen un solo grado de libertad de movimiento que corresponde a la flexión extensión, cuyo plano del eje es coronal (fig. 2) y el plano del movimiento es sagital (fig. 5).- Ahora bien, el eje de la flexión extensión se orienta en realidad oblicuamente^{2,5}, con su extremo medial situado ligeramente por debajo del extremo lateral, unos 6° con respecto al plano transversal⁵ debido a que las superficies articulares humerales no están orientadas formando un ángulo recto con el eje diafisario.- La función flexión extensión la realiza principalmente la articulación humero-ulnar, que al mismo tiempo actúa como soporte activo del brazo sobre el antebrazo ¹⁴.-

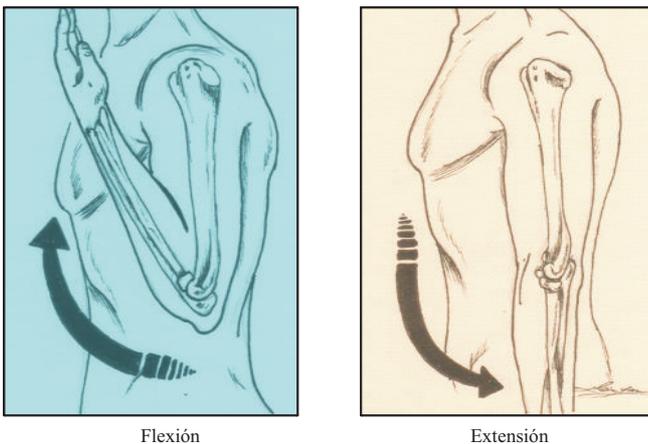


FIGURA N°5: Movimiento de flexión-extensión en el codo

Para analizar el movimiento de flexión extensión, se debe partir del sistema neutral o cero, o de pasaje a cero el cual es un sistema de anotación goniométrica reconocido por la comunidad científica internacional desde 1.969¹⁵, la posición de partida corresponde a la posición anatómica: el brazo a lo largo del tronco y el codo en extensión⁵ (fig. 5), dando por resultado **Flexión Extensión**: 150°/0°/0°, donde el recorrido articular de la extensión es de 0°, en ocasiones puede observarse una pequeña hiperextensión del codo en condiciones

normales no superior a los 10° de amplitud, que suele coincidir con la existencia de una comunicación anatómica entre la fosa olecraneana (posterior) y la fosa coronoidea (anterior)^{5,9}.- Los 150° corresponde a la flexión activa, que en forma pasiva puede llegar a los 160°.- Sin embargo, entre los 30° y 130° de arco de movimiento es posible realizar la mayoría de actividades, es lo que se conoce como arco funcional del codo².-

En la flexión el ángulo que se forma entre el brazo y el antebrazo es de 35°, donde el movimiento es limitado por: a) choque de las masas musculares de las regiones braquial y antebraquial anteriores, b) tensión del ligamento posterior, c) choque óseo.- En la extensión el ángulo entre el brazo y el antebrazo es de 180°, siendo el movimiento limitado por a) choque óseo, b) tensión del ligamento anterior¹⁶.-

El análisis realizado hasta ahora, del movimiento de flexión extensión corresponde tomando el miembro superior como una cadena cinemática abierta, donde en la flexión el eslabón distal, el antebrazo se aproxima al eslabón proximal el brazo, y en la extensión el eslabón distal se aleja, pero si consideramos al miembro superior como una cadena cinemática cerrada, ahora en la flexión el eslabón proximal, el brazo se aproxima al eslabón distal el antebrazo, y en la extensión se aleja el eslabón proximal del eslabón distal.-

En líneas generales el CAC es estable debido a la forma congruente de las superficies articulares¹⁷, lo cual nos lleva a la posición articular de encaje cerrado, llamada también coaptación articular cerrada que consiste en la posición de máxima congruencia o coaptación, entre las superficies que constituyen una articulación¹⁵, y que presenta una serie de características: a) es la superficie de mayor área o superficie de contacto, b) los ligamentos y la estructuras capsulares que la constituyen se encuentran elongados y sometidos a tensión, c) la articulación se encuentra comprimida y es difícil separar sus superficies, d) es la posición de máxima estabilidad articular¹⁵.-

En la articulación humero-ulnar se da en la extensión total, en la articulación humero-radial corresponde a 80° de flexión y semi pronación, debido a que da la estabilidad a la articulación humero-ulnar, que constituye el motor principal en el codo.- En la articulación radio-ulnar proximal corresponde a semi pronación^{3,9,18}.-

Desde el punto de vista osteocinematico el movimiento de flexión extensión se caracteriza por un ba-

lanceo o movimiento angular, que en la articulación humero-ulnar es un balanceo puro, ya que el movimiento se realiza alrededor del eje de movimiento de la articulación y en un plano, sin componente de giro¹⁹, mientras que desde la artrocinemática lo que ocurre es un deslizamiento con rodamiento en ambas articulaciones humerales^{8,9,20}.- En la flexión el deslizamiento es anterior o cefálico del radio y la ulna, y en la extensión el deslizamiento de estos dos huesos es posterior o caudal²¹.- En el deslizamiento y de acuerdo al principio de Kattenborn, donde la superficie cóncava la escotadura troclear es la que se moviliza sobre una superficie convexa la tróclea humeral, el deslizamiento ocurre en el mismo sentido del movimiento osteocinemático¹⁹.

Biomecánica Muscular de las Articulaciones Humero-Ulnar y Humero-Radial

En la flexión encontramos los siguientes músculos¹⁸
Biceps braquial, cuya máxima acción y capacidad de movimiento oscila entre los 30° y 120°, muy especialmente entre 80° y 100°.-

Braquial anterior, máxima acción entre los 90° y 100°.-

Braquio-radial, máxima acción entre 110° y 120°.-

Estos tres músculos poseen componentes asociados de movimientos.- El músculo *Biceps braquial*; flexión más componente de supinación.- El músculo *Braquial anterior*; flexión más componente de pronación.- El músculo *Braquio-radial*; flexión más componente de supinación, en pronación máxima, y flexión más componente de pronación en supinación máxima, en posición neutra es flexor puro^{1,3,4,18}.- Igualmente resulta oportuno destacar que estos músculos son considerados anti-gravitatorios, lo cual los hace imprescindibles para la supervivencia, de ahí que tengan distinta inervación, el nervio musculocutáneo se encarga de la inervación de los músculos *Biceps braquial* y *Braquial anterior*, y el nervio radial del músculo *Braquio-radial*^{7,10,11}.-

En la extensión, donde se tiene un valgo fisiológico del antebrazo con respecto al brazo con una inclinación hacia afuera de 0°-25°, el músculo motor primario es el *Tríceps braquial*.- Con 20°-30° de flexión tenemos su posición de máxima ventaja mecánica.- Igualmente no se considera un músculo anti-gravitatorio, por lo que todos sus caputs tienen la misma inervación, el nervio radial^{3,7,10,11,18}.- El segundo músculo a considerar es el *anconeus*, considerado un músculo accesorio en la exten-

sión cuya inervación depende del nervio radial⁷.-

La limitación de la flexión cuando es activa, el primer factor viene dado por el contacto de las masas musculares de las regiones braquial y antebraquial anteriores.- Cuando la flexión es pasiva, los factores importantes corresponden al choque de la cabeza radial con la fosa radial, y del proceso coronoide con la fosa coronoidea.- La limitación en la extensión se debe a tres factores, a) el impacto del proceso olecranon en el fondo de la fosa olecraneana, b) tensión de la parte anterior de la capsula articular, y c) resistencia de los músculos flexores¹.-

Articulaciones Radio-Ulnares

Se describen tres articulaciones radio-ulnares, una proximal, otra distal, y entre ambas la denominada articulación radio-ulnar intermedia^{3,4,11,16,18,22}.- Las estructuras óseas y superficies articulares de la articulación radio-ulnar proximal, así como su clasificación biomecánica ya fueron abordados en líneas anteriores.-

Las estructuras óseas en la articulación radio-ulnar distal (RUD) están representadas por las epífisis distales del radio y la ulna.- La epífisis distal del radio aplanada en sentido antero-posterior, en el tema que nos ocupa presenta hacia su cara medial una superficie articular, casi plana en sentido vertical, cóncava de delante hacia atrás y orientada medialmente que corresponde a la escotadura ulnar del radio^{7,10,11}.- En la epífisis distal de la ulna, encontramos la cabeza que presenta una superficie articular superolateral, que ocupa los dos tercios del contorno de la cabeza ulnar más alta en su zona media que en sus dos extremidades, dicha superficie articular es convexa en todos los sentidos y se orienta en sentido lateral.- La cabeza ulnar también presenta una superficie inferior, horizontal cubierta de cartílago hialino que esta apartada de los huesos carpianos por ligamento triangular (disco articular).-

Superficies Articulares: Articulación RUD

Ulna: superficie articular cabeza ulnar

Radio: escotadura ulnar

Medios de Unión Articulación RUD

La capsula articular se inserta lateralmente en el borde superior de la escotadura ulnar del radio, en forma medial en el borde superior de la superficie articular de la ulna¹⁰, presenta dos reforzamientos;

1. *Ligamento Radio-Ulnar Anterior*, llamado también ligamento radio-ulnar palmar^{3,18} que limita la supinación, está mal diferenciado con fibras que se extienden desde la extremidad anterior de la escotadura ulnar, a la parte correspondiente de la ulna¹⁰.-
2. *Ligamento Radio-Ulnar Posterior*, llamado también ligamento radio-ulnar dorsal^{3,18} que limita la pronación, se extiende de la extremidad posterior de la escotadura ulnar, a la parte posterior de la cabeza ulnar¹⁰.-
3. *Ligamento Triangular*, conocido como disco o menisco articular^{1,10,11,22} es el medio de unión más potente entre las epífisis distales del radio y la ulna.- Consiste en una lámina fibrosa cubierta por cartílago en sus dos caras, tiene una forma triangular insertado en la capsula articular por delante y por detrás, su base se inserta en el borde inferior de la escotadura ulnar del radio, y su vértice se inserta en la ranura que separa el proceso estiloides de la cabeza ulnar^{1,10,22}.- Este ligamento se relaciona proximalmente con la superficie articular inferior de la cabeza ulnar, y distalmente con la superficie articular del carpo.- Completa la cavidad de recepción de la cabeza ulnar.- Es un medio de unión para la articulación RUD, y una superficie articular para el complejo articular de la muñeca.-

Clasificación Articulación RUD

- a) **sinovial**, posee membrana sinovial.-
- b) número de superficies articulares, **simple** posee dos superficies articulares, la escotadura ulnar del radio y la superficie articular de la ulna.-
- c) **no compleja**, no hay presencia de fibrocartilago.-
- d) forma de las superficies articulares, **en pivote**.-
- e) grado de libertad, se considera **uni-axial** presenta un solo grado de amplitud de movimiento.-

Articulación Radio-Ulnar Intermedia

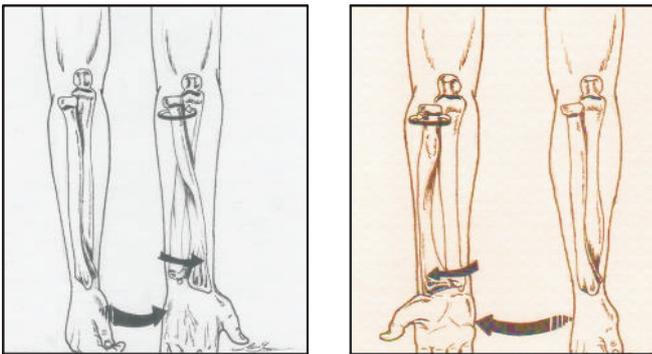
Mecánicamente hablando existe una tercera articulación radio-ulnar, me refiero a la articulación radio-ulnar intermedia^{3,4,11,16,22} el cual corresponde a una articulación tipo fibro-cartilaginosa¹² donde, una membrana fibrosa o interósea se inserta entre el borde lateral de la ulna, y el borde medial del radio.- Esta membrana permite mantener unidos estos dos huesos, incrementa la superficie de inserción muscular, y funciona en la transmisión de carga²².-

Esta membrana posee dos tipos de fibras oblicuas, unas hacia abajo y adentro, y otras de arriba hacia adentro²³.- Permite el movimiento de pronosupinación, se relaja en la pronación y se tensa en la supinación.- Asegura la posición adecuada del radio y la ulna para realizar el movimiento, impidiendo los deslizamientos longitudinales de los dos huesos.- Transmite fuerzas de compresión entre estos dos huesos en su parte central, y fuerzas de tracción en sus partes distales, aumenta el área de inserción de los músculos profundos anteriores y posteriores del antebrazo^{3,4,18,24}.-

Cinemática de las Articulaciones Radio-Ulnares

Previamente se ha establecido que las articulaciones radio-ulnares proximal y distal son uni-axiales, o sea que poseen un solo grado de libertad de movimiento que corresponde a la pronación supinación, el cual es complejo, y cuyo plano del eje es longitudinal que pasa por las cabezas ulnar y radial¹ indicando que en estas dos articulaciones existe una pareja funcional mecánicamente unidas, de tal modo que una no puede funcionar sin la otra.- El plano de movimiento de la pronosupinación es horizontal.-

El movimiento de pronosupinación (fig. 6) es un movimiento conoide de base distal, donde el radio gira sobre la ulna, y este sobre su eje.- En la articulación RUD durante la supinación los huesos están paralelos, mientras en la pronación el radio se coloca por encima de la ulna^{3,4,5,18}.- Los movimientos son realizados por la RUD, trochus invertido; el radio es el cilindro hueco y la ulna el cilindro macizo, la articulación radio-ulnar proximal es pasiva solo acompaña el movimiento, en la pronación el radio en su epífisis proximal pivota sobre sí mismo, y su epífisis distal se desliza hacia delante y adentro alrededor de la cabeza ulnar²³.- Ambas articulaciones son coaxiales, mismo eje de arrastre, y cocongruentes idéntica posición de máxima congruencia^{1,3,4,5,18}.-



Pronación

Supinación

FIGURA N°6: Articulaciones radio-ulnares, proximal-distal. Movimiento de pronosupinación

Para analizar el movimiento, no se parte de la posición anatómica, codo en extensión, sino que la posición de referencia (fig. 7) es el codo flexionado a 90°.- Debe insistirse en la importancia de valorar estos movimientos con el codo en flexión, para evitar la influencia rotacional de la articulación gleno-humeral, que participaría si el codo estuviera en extensión (fig.8).- Rotación medial de la articulación gleno-humeral en la pronación, y rotación lateral en la supinación^{2,5,16}.- Otro aspecto a mencionar es la posición intermedia de semi pronación, o neutra, donde la mano esta vertical con el pollicis mirando hacia arriba.-

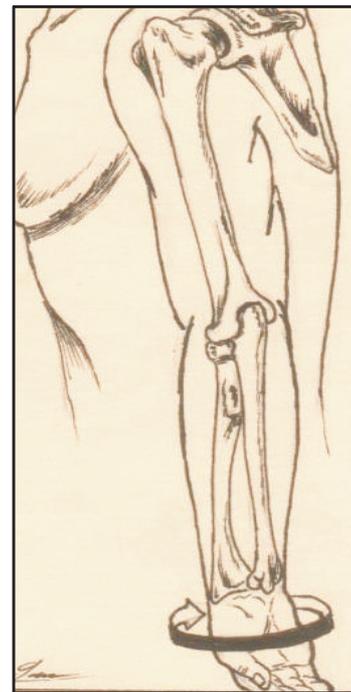


FIGURA N°8: Influencia de la rotación gleno-humeral en la pronosupinación

A partir de esta posición el movimiento de pronación, consiste en situar el pollicis hacia adentro y la región palmar hacia abajo, en la supinación el pollicis se sitúa hacia afuera y la región palmar hacia arriba².- El rango de la pronosupinación es de 160°-170°, con pronación de 80°, y la supinación de 85°.- Ambos movimientos limitados por la tensión del ligamento cuadrado en la articulación radio-ulnar proximal, y del ligamento triangular en la articulación RUD¹⁶.-

Desde el punto de vista de la osteocinematica en la articulación radio-ulnar proximal ocurre un giro y en la RUD un balanceo, el cual es impuro ya que la cadena ósea se sale del plano, y realiza un giro para ir a otro plano, es lo que se denomina un movimiento arqueado²⁴.- Al considerar la artrocinematica, en la articulación proximal ocurre una rotación, y un desplazamiento deslizamiento en la articulación distal^{1,8,24}.-

90

Flexión del codo



FIGURA N°7: Posición referencial para el movimiento de pronosupinación

Biomecánica Muscular de las Articulaciones Radio-Ulnares

En el movimiento de pronación participan los siguientes músculos:

Pronador teres (redondo), el cual se inserta en el vértice de la curvatura pronadora, actúa por tracción pero su momento de acción es débil sobre todo con el codo en extensión, innervado por el nervio mediano.-

Pronador cuadrado, musculo plano situado en la zona distal de la región antebraquial anterior, tira del extremo distal del radio para hacerlo desplazarse sobre la ulna, está por el nervio interóseo rama del nervio mediano⁷.-

En el movimiento de supinación participan los siguientes músculos:

Supinador, se localiza en la región antebraquial posterior enrollado en torno al cuello del radio actúa al desenrollarse^{1,7}, su inervación depende del nervio radial.-

Biceps braquial, que se inserta en el vértice de la curva supinadora, actúa por tracción, y su máxima eficacia se da cuando el codo está en flexión de 90°.- Se considera el musculo más potente de todos los que intervienen en la pronosupinación¹.-

Bibliografía

1. **Kapandji, A.I.** Fisiología articular: Tomo I MIEMBRO SUPERIOR. Edit. Panamericana.1988
2. **Retamales, C. Plancio, D.** Biomecánica del codo. Disponible en <http://blogkine-UDLA.blogspot>.2012
3. **Estrada, J. Villegas, A.** Biomecánica. Disponible en <http://www.TLALPAN.UVMNET.edu>. 2009
4. **Hernández D.** Complejo articular del codo. Disponible en <http://www.sld.cu>. 2014
5. **Carrere, A. Méndez, A.** Biomecánica de la extremidad superior. Reduca 2011, 3(4): 82-103
6. **Viladot A.** Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor. Biomecánica del codo. Edit. Springer. 2001
7. **Drake, R.L. Wayne, A. Mitchell, A. Gray** Anatomía para estudiantes. Editorial Elsevier. 2010
8. Biomecánica del codo. Disponible en <http://cristinaoleari.com.ar>. 2014
9. Sin título. Disponible en <http://www.cmuch.mx>
10. **Latarjet-Ruiz Liard.** Anatomía Humana. Editorial Panamericana. 2012
11. **Pro, E.** Anatomía Clínica. Editorial Panamericana. 2012
12. **Arvelo D'Freitas, N.** Clasificación biomecánica de las articulaciones. Revista Soc. Vzlaná Ciencias Morf. 2002;8:21-27
13. **Becerrit, R.** Articulaciones del codo. Disponible en <http://www.slidesshare.net.org>. 2014
14. **Sanchis, J.A.** Fundamentos anatómicos del movimiento Humano. Disponible en <http://www.felipeisidro.com>. 2014
15. **Viscarra, O.I.** Artrocinemática (2da parte). Disponible en <http://es.scribd.com>. 2012
16. Fundamentos de Biomecánica articular. Disponible en <http://imedleloir.com.ar>. 2014
17. **Mendoza P.** Biomecánica del codo. Disponible en <http://es.scribd.com>. 2014
18. Biomecánica clínica. Disponible en <http://html.rincondelvago.com>. 2014
19. **Arvelo D'Freitas N.** Cinemática articular. Rev. Soc. Vzlaná Ciencias Morf.2012; 18: 15-20
20. Sin título. Disponible en <http://articulacionesperifericas.com/el+codo>. 2014
21. Artrocinemática EESS. Disponible en www.flakotep.blogspot.com. 2011
22. Articulaciones del antebrazo. Disponible en <http://grupos.unican.es>. 2014
23. www.anatomia-humana.com
24. **Alejandro, D.** El codo. Disponible en <http://www.slidshare.net>. 2013