



Fundamentos de Biomecánica Articular

FUNDAMENTOS DE BIOMECÁNICA ARTICULAR

La **biomecánica articular** es la disciplina **práctica y funcional** que estudia los movimientos realizados por las articulaciones. De la morfología de las superficies articulares (en el preparado) se deduce la función de cada articulación (en el vivo).

Al analizar la biomecánica de una articulación, hay que seguir una serie de pasos en su análisis:

1. Clasificación (tipo y género articular)
2. Movimientos que realiza
3. Plano y eje de cada movimiento
4. Posición de referencia
5. Recorrido en grados
6. Tiempos del recorrido (si corresponde)
7. Músculos que intervienen

Para simplificar este análisis es útil recordar ciertas reglas:

- Todos los movimientos se realizan en un plano
- Todos los movimientos se realizan alrededor de un eje
- Por lo tanto, cada uno de los movimientos está definido por un plano y eje
- Los movimientos opuestos entre si se realizan en el mismo plano y eje. Ej. Flexión-extensión

A su vez, existen tres pares de movimientos básicos:

- **Flexión-Extensión:** plano sagital, eje laterolateral
- **Abducción-Aducción:** plano frontal, eje anteroposterior
- **Rotación interna-externa:** plano axial, eje cefalocaudal

Movimiento	Plano	Eje
Flexión-Extensión	Sagital	Laterolateral
Abducción-Aducción	Frontal	Anteroposterior
Rotación interna-externa	Axial	Cefalocaudal

Además, sumando estos tres grupos obtenemos la **circunducción**.

A continuación analizaremos la biomecánica articular de las siguientes articulaciones:

1. Hombro (complejo articular)
2. Codo (complejo articular)
3. Aparato pronosupinador
4. Coxofemoral
5. Rodilla (complejo articular)

Superior: plano que pasa por la tuberosidad anterior de la tibia.

Inferior: línea bimaleolar.

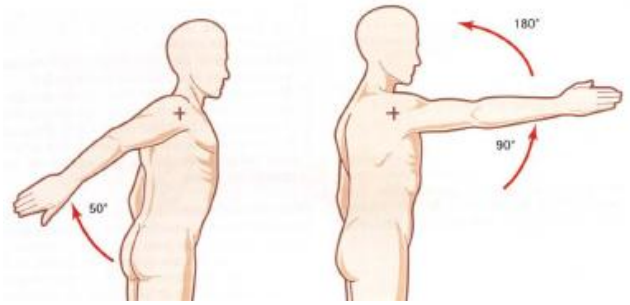
HOMBRO

Clasificación: el complejo articular del hombro comprende las siguientes articulaciones:

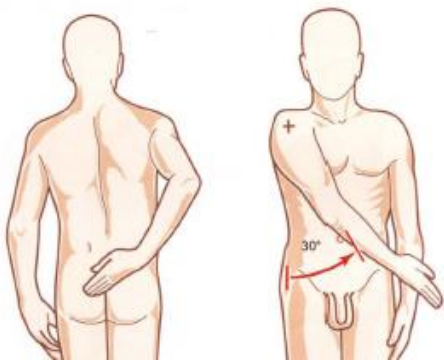
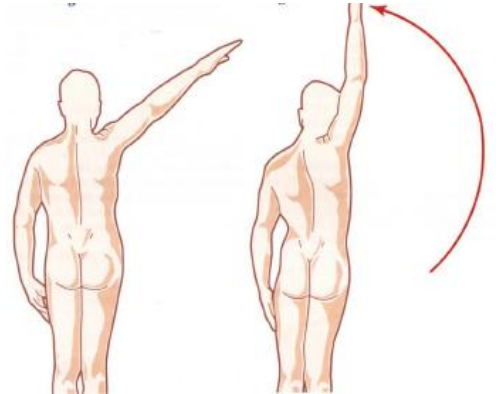
- Glenohumeral: diartrosis enartrosis
- Acromioclavicular: diartrosis artrodia
- Esternoclavicular: diartrosis encaje recíproco
- Siscosis subdeltoidea (recordar que las siscosis no son verdaderas articulaciones)
- Siscosis subescapular

Biomecánica: es la articulación más móvil del cuerpo humano. Realiza los tres pares de movimientos básicos, y además, la suma de todos ellos nos da la circunducción:

- **Flexión:** amplitud de 180°. Se realiza en 3 tiempos: el 1° alcanza los 60°, y esta dado por el fascículo anterior del deltoides, el coracobraquial y el pectoral mayor; el 2° alcanza los 120°, e intervienen el trapecio y serrato anterior; el 3° llega a los 180° con la colaboración del raquis.
- **Extensión:** 50° en un solo tiempo. Intervienen el redondo mayor, redondo menor, fascículo posterior del deltoides y el dorsal ancho.

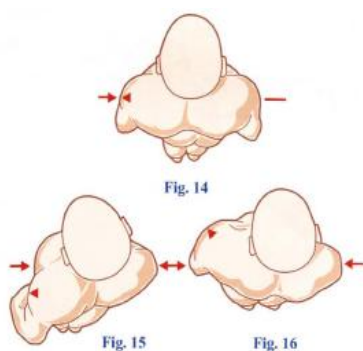
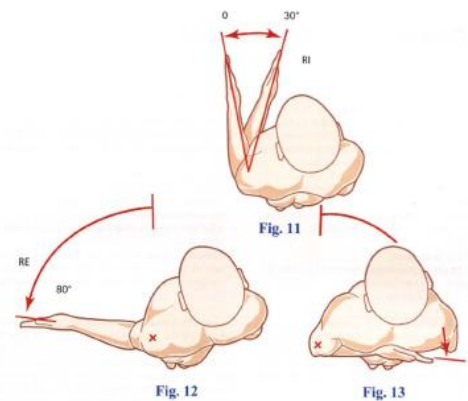


- **Abducción:** al igual que la flexión, 180° en 3 tiempos: 1° a 60°, fascículo medio del deltoides y supraespinoso; 2° a 120°, trapecio y serrato anterior, por último el 3° a 180° con la colaboración del raquis.



- **Aducción:** alcanza los 30° evitando el tronco por delante o por detrás. Músculos dorsal ancho, redondo mayor, subescapular y pectoral mayor.

- **Rotación interna:** para analizar las rotaciones no partimos de la posición anatómica, sino que colocamos el codo flexionado a 90°, la mano vertical, y rotada 30° hacia adentro; esto coloca a los músculos rotadores en reposo total). Alcanza los 100°, e intervienen el dorsal ancho, redondo mayor, subescapular y pectoral mayor.
- **Rotación externa:** 80° en un solo tiempo, intervienen el infraespinoso y el redondo mayor.

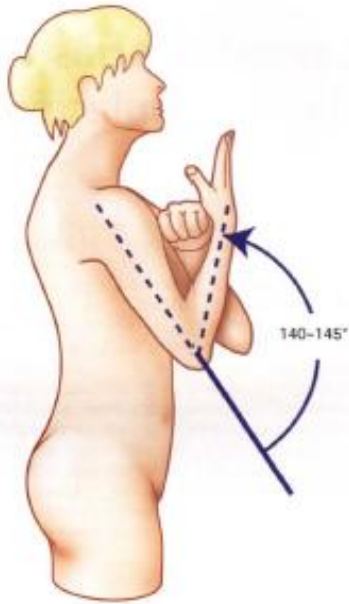


- **Antepulsión-retropulsión:** consiste en llevar el muñón del hombro (parte más proximal) hacia anterior y hacia posterior respectivamente.

CODO

Clasificación: este complejo está formado por la articulación humeroantebraquial (art. humerorradial + art. humerocubital), y la articulación radiocubital proximal:

- Humerorradial: diartrosis enartrosis
- Humerocubital: diartrosis troclear
- Radiocubital proximal: diartrosis trocoide



Biomecánica: desde el punto de vista funcional, la articulación humeroantebraquial se comporta como una articulación **troclear**; por lo tanto, realiza **flexión-extensión**.

Flexión: amplitud de 145°, en un único tiempo, y partiendo de la posición anatómica. El ángulo que se forma entre el brazo y el antebrazo al realizar la flexión es de 35° ($145^\circ + 35^\circ = 180^\circ$). Este movimiento se encuentra limitado, en orden de importancia, por: a) el choque de las masas musculares, b) el choque óseo, y c) tensión del ligamento posterior.

Los músculos que intervienen, también en orden de importancia son el bíceps braquial, el braquial [anterior], y el braquiorradial.

Extensión: de la flexión máxima, la extensión recorre nuevamente 145° para llegar a la extensión completa. El ángulo formado entre el brazo y el antebrazo en este caso es de 180°. Se encuentra limitada por a) el choque óseo y b) tensión del ligamento anterior; en este caso no hay choque de masas musculares. El músculo extensor por excelencia es el tríceps braquial, y su vasto interno es potenciado por el músculo ancóneo.

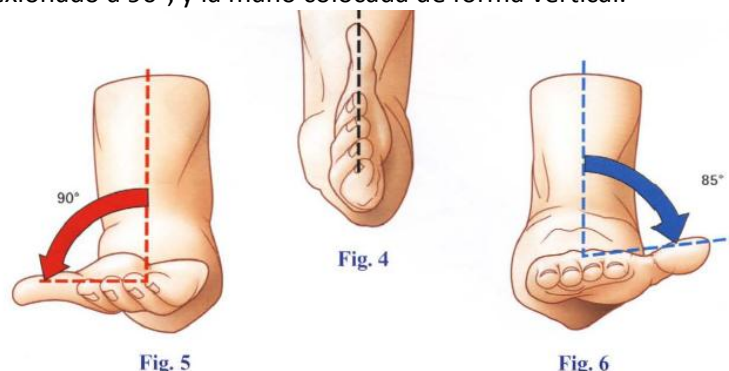
APARATO PRONOSUPINADOR

Clasificación: Es el conjunto de estructuras anatómicas que permiten los movimientos de **pronación** y **supinación**, y comprende las articulaciones:

- Radiocubital proximal: diartrosis trocoide
- Sindesmosis radiocubital
- Radiocubital distal: diartrosis trocoide

Biomecánica: A pesar de ser un movimiento complejo, podemos decir que se realiza en un **eje longitudinal**, que pasa por el centro de la fosa articular de la cabeza del radio, y por la cabeza del cúbito (*Latarjet 4°*). Es importante conocer que es el **radio** el que **rota** alrededor del cúbito.

Para analizar la biomecánica de este complejo no partimos de la posición anatómica, sino que la posición de referencia es con el codo flexionado a 90°, y la mano colocada de forma vertical.



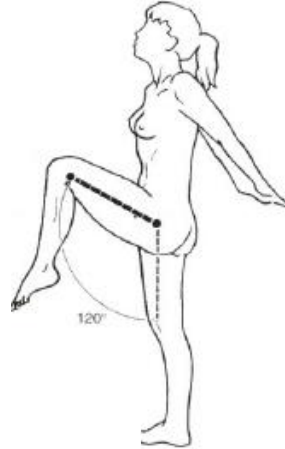
- **Pronación:** la **palma** de la mano se orienta hacia **posterior**, y el pulgar adopta una orientación medial. Partiendo de la posición de referencia se recorren 85°; los músculos que intervienen son el pronador redondo y cuadrado.
- **Supinación:** la **palma** de la mano se orienta hacia **anterior**, y el pulgar adopta una orientación lateral. Partiendo de la posición de referencia se recorren 90°; los músculos que intervienen son el supinador y el bíceps braquial. Ambos movimientos están limitados por la tensión del ligamento cuadrado y del disco articular (articulación radiocubital distal).

CADERA

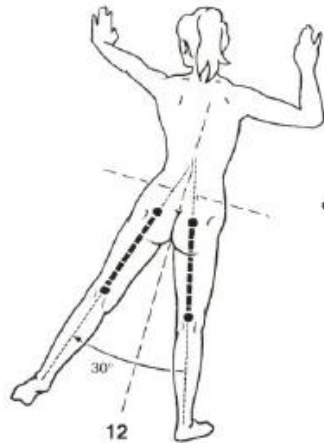
Clasificación: diartrosis enartrosis

Biomecánica: Realiza los tres pares de movimientos básicos, y además, la suma de todos ellos nos da la circunducción:

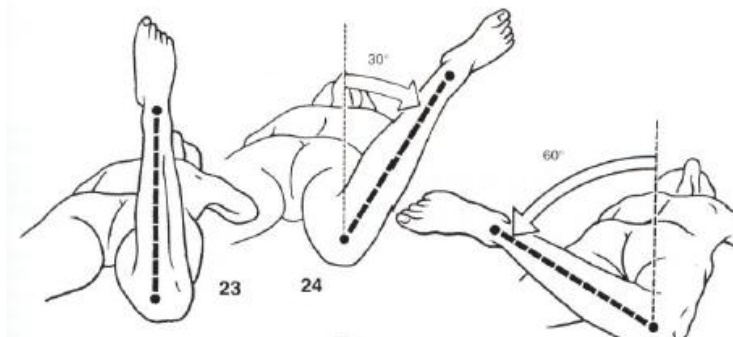
- **Flexión:** alcanza una amplitud de 120° flexionando la rodilla (90° con la rodilla extendida). Intervienen el iliopsoas, sartorio, tensor de la fascia lata y el recto femoral (cuádriceps).



- **Extensión:** alcanza los 15° . Intervienen los glúteos y los músculos isquiotibiales.
- **Abducción:** alcanza los 30° , intervienen el glúteo mayor, medio, piramidal y tensor de la fascia lata.



- **Aducción:** alcanza los 20° , intervienen el aductor medio, menor y mayor junto con el grácil y pectíneo.
- **Rotación interna:** ACLARACIÓN! la posición de referencia para analizar las rotaciones es en decúbito ventral con la rodilla flexionada a 90° . La rotación interna alcanza los 30° , e intervienen el aductor mayor, glúteo medio y menor.
- **Rotación externa:** alcanza los 60° , intervienen el glúteo mayor, los músculos pelvitrocantéreos y el sartorio.



RODILLA

Clasificación: el complejo articular de la rodilla está compuesto por las articulaciones:

- Femorotibial (diartrosis bicondílea)

- Femororrotuliana (diartrosis troclear)

Biomecánica: funcionalmente se comporta como si fuera una articulación troclear **COMPUESTA (NO ES troclear**, ya que este término es exclusivamente morfológico).

Flexión: puede alcanzar los 160°.

- 120° con la cadera extendida (posición anatómica).
- 140° con la cadera en flexión.
- 160° en la flexión pasiva; permite que el talón contacte con la región glútea.

Intervienen el semimembranoso, semitendinoso, sartorio y bíceps crural.

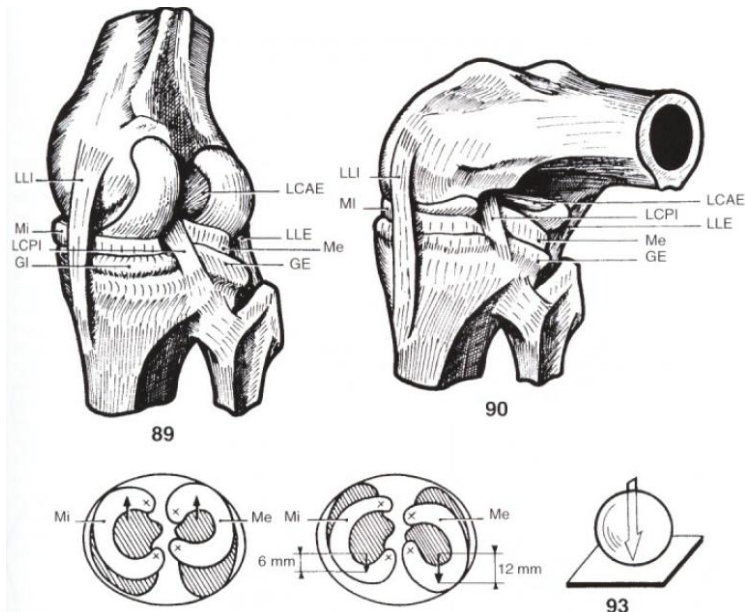
Extensión: partiendo de la posición anatómica es posible realizar una **hiperextensión** de solamente 5 a 10°. Si partimos de una flexión, la extensión recorrerá la amplitud opuesta (puede alcanzar los 160°, ver **flexión**). El músculo que interviene es el cuádriceps.

ACLARACIONES: es importante analizar los cambios que sufren las estructuras intracapsulares (meniscos y ligamentos rotulianos) durante la flexión y la extensión.

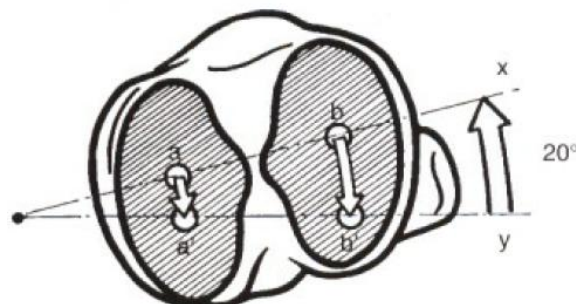
	MENISCOS	
FLEXIÓN	Desplazamiento posterior	Recorren entre 10 mm y 15 mm en total.
EXTENSIÓN	Desplazamiento anterior	

	FLEXIÓN COMPLETA	SEMI-FLEXIÓN	EXTENSIÓN
LIG. CRUZADO ANTERIOR	Tensión (+)	Reposo	Tensión (++)
LIG. CRUZADO POSTERIOR	Tensión (++)	Reposo	Tensión (+)

El ligamento cruzado anterior limita la hiperextensión y el desplazamiento anterior de la tibia sobre el fémur. El ligamento cruzado posterior “limita” la flexión completa y el desplazamiento posterior de la tibia sobre el fémur. Ambos ligamentos cruzados limitan la rotación medial de la tibia sobre el fémur.



Debido a la diferencia de tamaño de las superficies articulares de los cóndilos, la flexión de la rodilla es acompañada por una **rotación medial “automática”** o pasiva, y la extensión por una rotación lateral. (EXTensión = rotación EXTerna). Estas rotaciones recorren unos 30°-35°.



<u>ARTICULACIÓN</u>	<u>MOVIMIENTO</u>	<u>PLANO Y EJE</u>	<u>POSICIÓN DE REFERENCIA</u>	<u>RECORRIDO</u>		<u>TIEMPOS</u>	<u>MÚSCULOS</u>
COMPLEJO ART. DEL HOMBRO	Flexión	P. Sagital Eje Laterolat.	Anatómica	180°	0° - 60°	1° Escápulohumeral	Deltoides (fasc ant) Coracobraquial Pectoral Mayor
					60°-120°	2° + Cintura escapular	+ Trapecio Serrato Mayor
					120°-180°	3° + Raquis	+ Músc. espinales
	Extensión			50°	1 solo tiempo (escápulohumeral + escápulotoracica)	Redondo Menor Redondo Mayor Deltoides (fasc post) Dorsal Ancho	
	Abducción	P. Frontal Eje Anteropost.	Anatómica	180°	0° - 60°	1° Escápulohumeral	Supraespinoso Deltoides (Sinergistas)
					60°-120°	2° + Cintura escapular	+ Trapecio Serrato Mayor
					120°-180°	3° + Raquis	+ Músc. espinales
	Aducción			30° (evitando el tronco x delante o x detrás)	1 solo tiempo	Romboides y Redondo Mayor Tríceps (PL) y Dorsal Ancho	
	Rot. Externa	P Horizontal Eje Vertical	Codo Flexionado 90°, mano vertical, 30° hacia adentro (reposo total de los músc. del manguito rotador)	80°	1 solo tiempo	Infraespinoso Redondo Menor	
	Rot. Interna			100° (90° + 10°) Pasando la mano x atrás del tronco	1 solo tiempo	Dorsal Ancho Redondo Mayor Subescapular Pectoral Mayor	
Circunducción	Combinación de los movimientos anteriores						
Antepulsión	P. Horizontal Eje Vertical	Anatómica	Muñón del hombro hacia delante y hacia atrás		1 solo tiempo (escápulohumeral + escápulotoracica)	Pectoral Mayor y Menor Serrato Mayor	
Retropulsión						Romboides, Trapecio (med) Dorsal Ancho	

Flexo-extensión del hombro:

Kapandji Tomo I Pág. 76 y 80.

Abducción-aducción del hombro:

Kapandji Tomo I Pág. 74 y 80. (acción sinergista del Deltoides y el Supraespinoso: Pág. 70)

Rotación externa e interna:

Kapandji Tomo I Pág. 18 (Posición anatómica en el segundo párrafo punto (a)) y Pág. 78

Ante y Reposición

Kapandji Tomo I Pág. 18

<u>ARTICULACIÓN</u>	<u>MOVIMIENTO</u>	<u>PLANO Y EJE</u>	<u>POSICIÓN DE REFERENCIA</u>	<u>RECORRIDO</u>	<u>ANGULO FORMADO</u>	<u>LIMITADO POR</u>	<u>TIEMPOS</u>	<u>MÚSCULOS</u>
COMPLEJO ART. DEL CODO	Flexión	P. Sagital Eje Laterolat.	Anatómica	145°	35°	1° Choque Muscular 2° Choque Óseo 3° Tensión lig. post.	1 solo tiempo	Bíceps braquial Braquial anterior Supinador largo
	Extensión		Flexión Máx.	145°	175°	1° Choque Óseo 2° Tensión lig. ant.		Tríceps Ancóneo (ayuda al vasto interno)
APARATO PRONOSUPINADOR (Radiocubital Prox. y Dist. + Sindesmosis)	Pronación	P. Horizontal Eje Vertical (Cúbito)	Codo	85°	-	-		Pronador Redondo Pronador Cuadrado
	Supinación		Flexionado 90°, mano vertical	-	-	-	Supinador Corto Bíceps (actúa en pronación máx.)	

<u>ARTICULACIÓN</u>	<u>MOVIMIENTO</u>	<u>PLANO Y EJE</u>	<u>POSICIÓN DE REFERENCIA</u>	<u>RECORRIDO</u>	<u>TIEMPOS</u>	<u>MÚSCULOS</u>
COXOFEMORAL (Diartrosis Enartrosis)	Extensión	P. Sagital Eje Laterolat.	Anatómica	15°		Glúteos Isquiotibiales
	Flexión			120°		Psoas Sartorio Tensor FL Recto Anterior
	Abducción	P. Frontal Eje Anteropost.	Anatómica	30°		Glúteo Mayor Glúteo Medio Piramidal Tensor FL
	Aducción			20°		1°, 2° y 3° Aductor Gracilis Pectíneo
	Rot. Externa			P Horizontal Eje Vertical	Cúbito Ventral (Panza abajo) Rodilla 90°	60°
	Rot. Interna	30°				3° Aductor Glúteo Medio Glúteo Menor *
	Circunducción	Combinación de los movimientos anteriores				

RODILLA (Diartrosis Troclear)

FLEXIÓN (Recorre 140° - 160°)	Semimembranoso, Semitendinoso, Sartorio, Bíceps Crural.	EXTENSIÓN (Recorre 140° - 160°)	Cuádriceps	
	MENISCOS		ROTACIÓN DE LA PIERNA	
FLEXIÓN	Desplazamiento hacia atrás	Recorren entre 10 mm. Y 15 mm. en total	Interna	Recorre entre 30° y 35°
EXTENSIÓN	Desplazamiento hacia adelante		Externa	
	FLEXIÓN COMPLETA	SEMI-FLEXIÓN	EXTENSIÓN	
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR	Tensión (+)	Reposo	Tensión (++)	
LIGAMENTO CRUZADO POSTERIOR	Tensión (++)	Reposo	Tensión (+)	