



**UTPL**  
La Universidad Católica de Loja

Vicerrectorado de Modalidad Abierta y a Distancia

## Biomecánica

Guía didáctica





Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

## Biomecánica

### Guía didáctica

Carrera

PAO Nivel

Seguridad y Salud Ocupacional

V

#### Autor:

Nelson Gustavo Vinueza Vásquez



M E D I \_ 3 0 5 6

**Biomecánica**

**Guía didáctica**

Nelson Gustavo Vinueza Vásquez

**Diagramación y diseño digital**

Ediloja Cía. Ltda.

Marcelino Champagnat s/n y París

edilojacialtda@ediloja.com.ec

[www.ediloja.com.ec](http://www.ediloja.com.ec)

**ISBN digital** -978-9942-39-482-8

**Año de edición:** abril, 2022

**Edición:** primera edición reestructurada en agosto 2025 (con un cambio del 20%)

Loja-Ecuador



Los contenidos de este trabajo están sujetos a una licencia internacional Creative Commons **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0)**. Usted es libre de **Compartir – copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar – remezclar, transformar y construir a partir del material citando la fuente, bajo los siguientes términos: Reconocimiento- debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios.** Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. **No Comercial-no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. Compartir igual-Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.** No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

# Índice

<b>1. Datos de información .....</b>	<b>9</b>
1.1 Presentación de la asignatura.....	9
1.2 Competencias genéricas de la UTPL.....	9
1.3 Competencias del perfil profesional .....	9
1.4 Problemática que aborda la asignatura .....	9
<b>2. Metodología de aprendizaje .....</b>	<b>10</b>
<b>3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje.....</b>	<b>11</b>
<b>Primer bimestre .....</b>	<b>11</b>
<b>Resultado de aprendizaje 1: .....</b>	<b>11</b>
<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>11</b>
<b>Semana 1 .....</b>	<b>11</b>
Unidad 1. Introducción a la biomecánica .....	12
1.1 Contextualización y crecimiento histórico de la biomecánica .....	12
1.2 Conceptos básicos .....	13
1.3 Descriptores anatómicos del movimiento .....	19
Movimientos del cuerpo Humano .....	23
1.5 Sistemas de referencia: Relativo versus absoluto .....	26
1.6 Planos y ejes.....	27
Actividad de aprendizaje recomendada .....	31
<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>33</b>
<b>Semana 2 .....</b>	<b>33</b>
Unidad 1. Introducción a la biomecánica .....	33
1.7. Leyes de Newton.....	33
1.8. Tipos de palancas .....	34
1.9. Centro de masas y centro de gravedad .....	42
1.10. ¿Dónde está Ubicado el CDG en el Cuerpo Humano? .....	43
1.11. Factores que determinan la posición del centro de gravedad en el cuerpo .....	43

1.12. Equilibrio y Estabilidad del cuerpo Humano.....	44
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	45
Autoevaluación 1.....	46
<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>49</b>
<b>Semana 3.....</b>	<b>49</b>
Unidad 2: Biomecánica de los tejidos corporales .....	49
2.1 Biomecánica del tejido óseo (Nordin & Frenkel, 2004).....	49
2.2 Biomecánica del tejido muscular (Nordin & Frenkel, 2004) .....	56
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	60
<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>62</b>
<b>Semana 4.....</b>	<b>62</b>
Unidad 2: Biomecánica de los tejidos corporales .....	62
2.3. Biomecánica del cartílago articular (Hamill et al., 2017) .....	62
2.4 Biomecánica del tendón (Hamill et al., 2017) .....	64
2.5. Biomecánica de los ligamentos (Hamill et al., 2017) .....	66
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	67
<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>67</b>
<b>Semana 5.....</b>	<b>67</b>
Unidad 2: Biomecánica de los tejidos corporales .....	67
2.6. Biomecánica de los nervios periféricos y de las raíces nerviosas raquídeas (Nordin & Frenkel, 2004).....	67
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	72
Autoevaluación 2.....	73
<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>76</b>
<b>Semana 6.....</b>	<b>76</b>
Unidad 3. Biomecánica de la columna vertebral – raquis .....	76
3.1. El raquis en conjunto (Kapandji, 2012) .....	76
3.2. Biomecánica de la columna cervical (Kapandji, 2012).....	87
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	91

<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>92</b>
<b>Semana 7 .....</b>	<b>92</b>
Unidad 3. Biomecánica de la columna vertebral – raquis .....	92
3.3. Biomecánica de la columna lumbar (Kapandji, 2012) (Nordin & Frenkel, 2004) .....	92
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	93
Autoevaluación 3.....	94
<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>96</b>
<b>Semana 8 .....</b>	<b>96</b>
Actividades finales del bimestre .....	96
<b>Segundo bimestre.....</b>	<b>99</b>
<b>Resultado de aprendizaje 1: .....</b>	<b>99</b>
<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>99</b>
<b>Semana 9 .....</b>	<b>99</b>
Unidad 4. Biomecánica del miembro superior .....	100
4.1. Biomecánica del complejo articular del hombro .....	100
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	111
<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>112</b>
<b>Semana 10 .....</b>	<b>112</b>
Unidad 4. Biomecánica del miembro superior .....	112
4.2. Biomecánica de codo (Kapandji, 2012) (Donoso, 1998) .....	112
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	117
<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>118</b>
<b>Semana 11 .....</b>	<b>118</b>
Unidad 4. Biomecánica del miembro superior .....	118
4.3. Biomecánica de la muñeca y mano: (Kapandji, 2012) (Nordin et al., 2013) .....	118
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	121
Autoevaluación 4.....	122

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	124
<b>Semana 12.....</b>	<b>124</b>
Unidad 5. Biomecánica de la cintura pélvica y miembro inferior .....	124
5.1. La cintura pélvica (Kapandji, 2012).....	124
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	129
<b>Semana 13.....</b>	<b>129</b>
Unidad 4. Biomecánica del miembro superior .....	129
5.2. Biomecánica de la cadera (Kapandji, 2012) .....	129
5.3. Biomecánica de la rodilla: (Kapandji, 2012) .....	138
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	146
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	147
<b>Semana 14.....</b>	<b>147</b>
Unidad 4. Biomecánica del miembro superior .....	147
5.4. Biomecánica del pie y tobillo (Donoso, 1998) (Nordin et al., 2013) (Kapandji, 2012) .....	147
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	154
Autoevaluación 5.....	155
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	157
<b>Semana 15.....</b>	<b>157</b>
Unidad 6. Biomecánica de la marcha (Nordin et al., 2013) .....	157
6.1. Introducción.....	157
6.2. Consideraciones anatómicas.....	157
6.3. Ciclo de la marcha .....	159
6.4 Valores normales de los parámetros, tiempo y distancia para la marcha del adulto a una velocidad libre .....	161
6.5. Cinemática angular .....	162
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	166
Autoevaluación 6.....	167
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	169

<b>Semana 16.....</b>	<b>169</b>
Actividades finales del bimestre .....	169
<b>4. Solucionario .....</b>	<b>171</b>
<b>5. Glosario.....</b>	<b>179</b>
<b>6. Referencias bibliográficas .....</b>	<b>180</b>
<b>7. Anexos .....</b>	<b>182</b>





## 1. Datos de información

### 1.1 Presentación de la asignatura



### 1.2 Competencias genéricas de la UTPL

- Comunicación verbal y escrita.
- Orientación a la innovación y a la investigación.
- Pensamiento crítico y reflexivo.
- Trabajo en equipo.

### 1.3 Competencias del perfil profesional

Gestiona los riesgos para prevenir las enfermedades ocupacionales, generando ambientes saludables y productivos.

### 1.4 Problemática que aborda la asignatura

Escasa generación de capacidades y promoción de oportunidades laborales en condiciones de equidad donde existe un estricto cumplimiento del derecho a la salud y al cuidado integral de los trabajadores, bajo criterios de accesibilidad, calidad y pertinencia territorial y cultural.



## 2. Metodología de aprendizaje

**Actividades de descubrimiento inducido (estudio del caso):** actividades en las que el alumno podrá llevar a cabo un aprendizaje contextualizado trabajando, en el Aula Virtual y de manera colaborativa, una situación real o simulada que le permitirá realizar un primer acercamiento a los diferentes temas de estudio.

**Actividades de interacción y colaboración (foros-debates de apoyo al caso y a la lección):** actividades en las que se discutirá y argumentará acerca de diferentes temas relacionados con las asignaturas de cada materia y que servirán para guiar el proceso de descubrimiento inducido.

**Actividades de trabajo autónomo individual (estudio de las unidades didácticas):** trabajo individual de los materiales utilizados en las asignaturas, aunque apoyado por la resolución de dudas y construcción de conocimiento a través de un foro habilitado para estos fines. Esta actividad será la base para el desarrollo de debates, resolución de problemas, etc.

**Lectura crítica, análisis e investigación:** se trata de actividades en las que el alumno se acerca a los diferentes campos de estudio con una mirada crítica que le permite un acercamiento a la investigación. Se incluyen, a modo de ejemplo, recensiones de libros o crítica de artículos y proyectos de investigación.

Finalmente, al terminar cada unidad, usted deberá realizar una autoevaluación como parte de su aprendizaje. Esto le permitirá identificar los temas en los que debe dedicarle mayor esfuerzo y tiempo de estudio para una mejor comprensión.



### 3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje



#### Primer bimestre

##### Resultado de aprendizaje 1:

Conoce la mecánica involucrada en el movimiento del cuerpo y sus principios físicos.

La presente asignatura expone un único resultado de aprendizaje, el cual abarca todo el campo de la materia, así al finalizar el actual curso el estudiante habrá obtenido el conocimiento sobre la biomecánica del movimiento corporal humano necesario para comprender la etiología de los trastornos musculoesqueléticos y con esto realizar programas y planes de prevención del riesgo.

##### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas

Recuerde revisar de manera paralela los contenidos con las actividades de aprendizaje recomendadas y actividades de aprendizaje evaluadas.



##### Semana 1

Estimados estudiantes:

Sean ustedes bienvenidos a la asignatura de Biomecánica. Para comenzar con nuestro estudio, en esta primera unidad se trabajarán algunas conceptualizaciones básicas que le permitirán comprender los contenidos de la asignatura sobre los fundamentos básicos de la materia. ¡Comencemos con el estudio de la unidad!

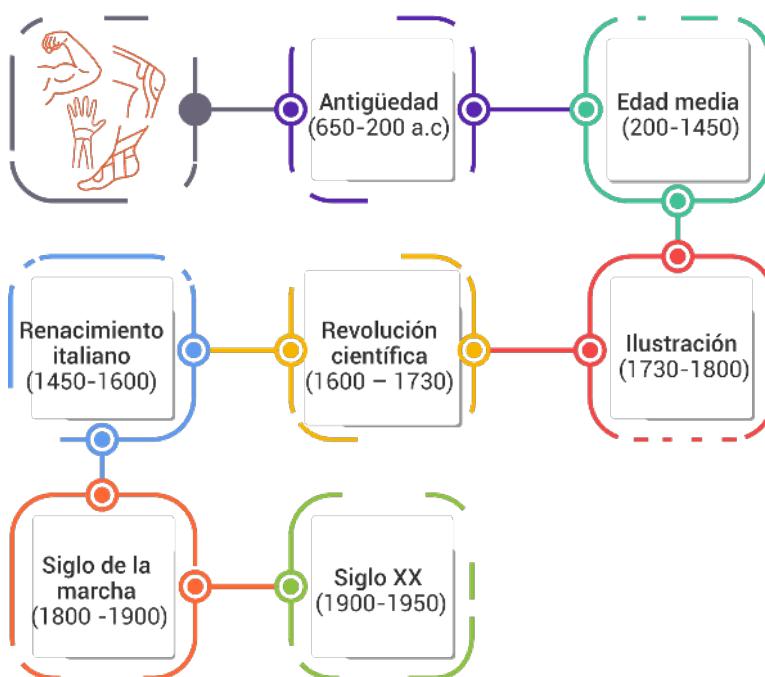
## Unidad 1. Introducción a la biomecánica

### 1.1 Contextualización y crecimiento histórico de la biomecánica

La biomecánica del movimiento humano ha tenido un notable desarrollo desde finales del s. XIX, y muy especialmente la biomecánica deportiva desde mediados de los setenta (s. XX). Sin embargo, y retomando las palabras de Nigg y Herzog (1999), quienes señalan que “los problemas de los que se ocupa la biomecánica son tan antiguos como la vida misma”, y que es necesario presentar cada una de las figuras más relevantes que a lo largo de la historia han contribuido a la biomecánica en general, y de forma particular a la biomecánica deportiva.

En la siguiente figura se exponen los períodos más relevantes de la historia de la biomecánica:

**Figura 1**  
*Evolución histórica de la biomecánica*



Nota. Luna, J., 2025.

Como pudo observar, la biomecánica se ha desarrollado en algunas etapas importantes que han permitido la evolución y perfeccionamiento de esta disciplina, para un mayor entendimiento de este tema, lo animo a realizar una lectura comprensiva de las páginas 14 a la 48 de la siguiente referencia bibliográfica: Pérez Soriano, P., & Llana Belloch, S. (2015). [Biomecánica elemental: instaurada a la actividad física y el deporte](#). (1 ed.). Badalona, España: Paidotribo.

## 1.2 Conceptos básicos

¿Qué es la biomecánica? La biomecánica es un área de conocimiento que estudia estructuras de carácter mecánico, los modelos, fenómenos y leyes que sean relevantes en el movimiento y el equilibrio de los seres vivos. La importancia de la biomecánica en la ortopedia, podría resumirse en que:

- Ayuda en la prevención de lesiones y deformaciones músculo-esqueléticas
- Proporciona evaluación cuantitativa objetiva para evaluar el resultado inmediato de tratamiento, ya sea quirúrgico o conservador.
- Es una herramienta objetiva para supervisar la rehabilitación a largo plazo.
- Ayuda a la fabricación y compresión de los materiales e implantes utilizados en ortopedia y sus características mecánicas para conseguir el mejor tratamiento (Carolina Hernández Galera, 2014)

Expresada la conceptualización sobre la biomecánica, a continuación, se citan algunas de las definiciones aportadas por diferentes autores y sociedades científico-técnicas que podrían aproximarse a la propia concepción de la biomecánica (Pérez & Llana, 2015)

### **1.2.1 Campos de aplicación de la Biomecánica.**

La biomecánica es aplicada en diversos ámbitos, fundamentalmente a partir de la mitad del s. XX, se ha diversificado las líneas de investigación y estudio (Izquierdo, 2008). Se distinguen tres áreas o campos de aplicación:

a. **Biomecánica médica:** Examina las patologías que afligen al cuerpo humano para producir alternativas de solución con el potencial de diagnosticarlas, repararlas o paliarlas. Se puede dividir en varias disciplinas como:

- **Biomecánica aplicada a la traumatología:** Aplica los principios de la mecánica para el estudio de las causas de las lesiones.
- **Biomecánica aplicada a la rehabilitación:** Está basada en el desarrollo de patrones normales de movilidad, estudiando aquellos ejercicios que tienen un carácter rehabilitador.
- **Biomecánica aplicada a la fisiología:** Analiza la mecánica de los fluidos, así como la relación de la inervación muscular en cuanto a la coordinación de movimientos y las implicaciones de los procesos fisiológicos del cuerpo sobre las habilidades motoras.

b. **Biomecánica ocupacional (ergonomía):** Examinan el vínculo mecánico que el cuerpo humano apoya con los componentes con los que se interrelacionan en diferentes entornos, el laboral, docente, doméstico o de ocio, para adaptarlos a sus necesidades.

c. **Biomecánica deportiva:** Comprende la práctica deportiva para potenciar su desempeño, construir métodos de entrenamiento y crear aprovisionamientos deportivos de altas prestaciones, desde la perspectiva de la mecánica, la definición de biomecánica se conceptúa como la ciencia que examina las acciones del individuo y las fuerzas que las producen.

El campo ocupacional de la biomecánica se aplica, fundamentalmente, desde una perspectiva de la mejora o el mantenimiento de la salud. Podría decirse que en el campo ocupacional se observan algunas posibles líneas de investigación en lo relacionado con la eficiencia del trabajo, pudiéndose plantear una perspectiva de mejora del rendimiento.

### **1.2.2 ¿Qué es la mecánica?**

La mecánica es empleada para crear y desarrollar sistemas y máquinas, dado que posibilita los instrumentos necesarios para examinar la resistencia de los sistemas, y modos de predecir y medir las acciones de una máquina (Hamill et al., 2017).

Específicamente, la mecánica propicia conceptualizar y cuantificar las acciones de los cuerpos, en otros términos, examina el efecto y causalidad del accionamiento.

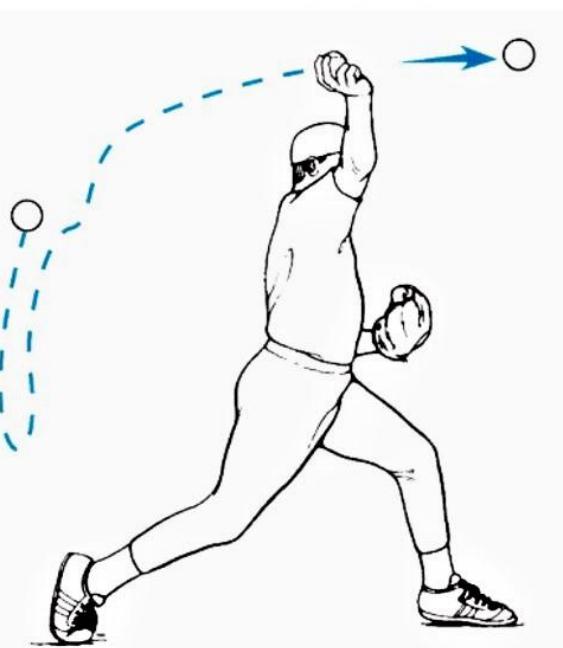
### **1.2.3 Movimiento lineal frente al angular**

El movimiento es convergencia en el sitio, disposición o condición que sucede durante un tiempo y es variable hacia algún punto en el ambiente (Hamill et al., 2017). El movimiento lineal o de traslación hace alusión al desplazamiento en el transcurso de una trayectoria recta o curva en la que todos los puntos de un cuerpo se movilizan en el mismo espacio, en el mismo tiempo., El movimiento es convergencia en el sitio, disposición o condición que sucede durante un tiempo y es variable hacia algún punto en el ambiente (Hamill et al., 2017).

El movimiento lineal o de traslación hace alusión al desplazamiento en el transcurso de una trayectoria recta o curva en la que todos los puntos de un cuerpo se movilizan en el mismo espacio, en el mismo tiempo. A continuación, en la figura 2, podrá observar un ejemplo de este desplazamiento.

**Figura 2**

Ejemplo del desplazamiento de una pelota de béisbol



Nota. Tomado de Biomecánica. *Bases del movimiento humano* (p. 6) [Ilustración], por Hamill, J., Knutzen, K. y Derrick, T., 2017, [Wolters Kluwer Health](#), CC BY 4.0.

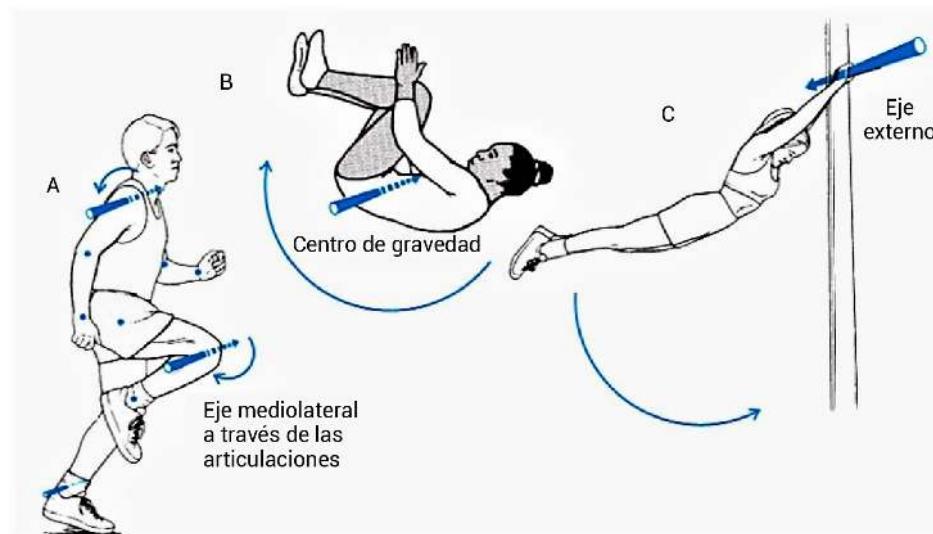
El movimiento angular, es el movimiento en torno a algún punto de manera que diferentes regiones del mismo segmento corporal o de los objetos no se desplazan la misma distancia en el mismo tiempo. Como se ilustran en las figuras 1 a 3.

Para una mejor comprensión de este desplazamiento lea el siguiente ejemplo y analice las distintas variables que intervienen: columpiarse en torno a una barra. - el cuerpo completo gira en torno al sitio de contacto con la barra. Para ejercer una vuelta completa alrededor de la barra, los pies transitan en el trascurso de una distancia mucho mayor con respecto de los brazos, porque está más distante del sitio de giro (Hamill et al., 2017).

Los desplazamientos angulares se desarrollan alrededor de una línea imaginaria referenciada como eje de rotación, tal como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 3**

Ejemplo desplazamiento angular



Nota. Tomado de Biomecánica. *Bases del movimiento humano* (p. 7) [Ilustración], por Hamill, J., Knutzen, K. y Derrick, T., 2017, [Wolters Kluwer Health](#), CC BY 4.0.

La observación cuidadosa del movimiento humano permite la relación entre el movimiento angular y el lineal, para funcionar como la base de las técnicas utilizadas para corregir o facilitar un patrón de movimiento.

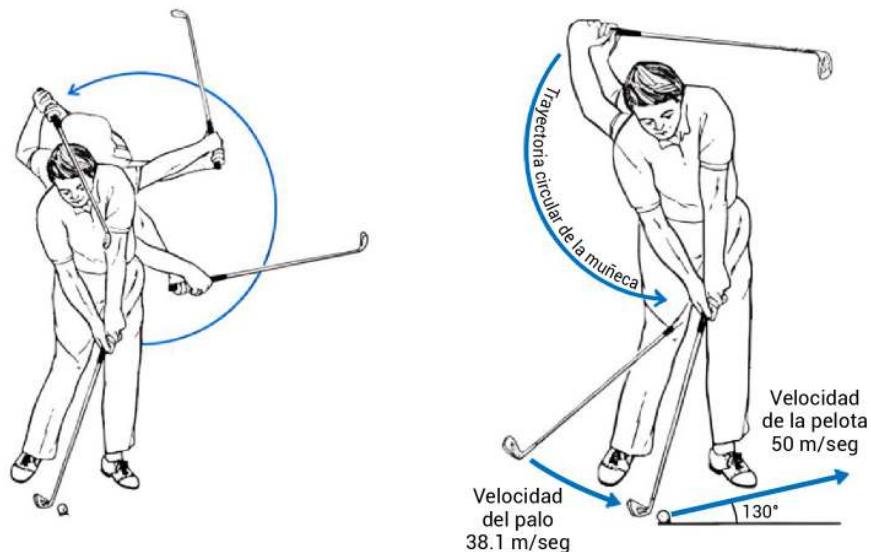
#### 1.2.4 La cinemática frente a la cinética

El análisis biomecánico se puede realizar a través de la cinemática y la cinética. La cinemática hace referencia a las particularidades del desplazamiento desde un punto de vista espacial y temporal sin nombrar a las fuerzas que generan el desplazamiento. Una examinación cinemática asocia la expresión del movimiento para establecer qué tan vertiginoso se dinamiza un objeto, que tan alto va, que tan lejos viaja. Los elementos de interés son: la posición, la velocidad y la aceleración (Hamill et al., 2017).

**Ejemplos de análisis cinemático del movimiento.** Este aspecto se dirige en la cantidad y clase de movimiento, la conducción del movimiento, y la vertiginosidad o convergencia en la velocidad del cuerpo o de un objeto. El tiro de golf se expresa desde dos puntos de vista: los elementos angulares del golf (arriba), el enfoque y velocidad del palo y la pelota (abajo) (Hamill et al., 2017), tal como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 4**

*Ejemplo de la examinación cinemática del movimiento*



Nota. Tomado de Biomecánica. *Bases del movimiento humano* (p. 8) [Ilustración], por Hamill, J., Knutzen, K. y Derrick, T., 2017, [Wolters Kluwer Health](#), CC BY 4.0.

La cinética corresponde al estudio de las relaciones existentes entre las fuerzas y el desplazamiento o movimiento que se producen sobre las articulaciones o sobre estructura, como el cuerpo humano, o un objeto cualquiera. La examinación cinética del desplazamiento es más complicada que una examinación cinemática tanto de entender como de diagnosticar, porque las fuerzas no pueden visibilizarse (Hamill et al., 2017).

Las fuerzas ejercidas en el movimiento humano son fundamentales, porque son efectuadas para desarrollar todos los movimientos y conservar posturas donde no hay desplazamiento. El diagnóstico de estas fuerzas configura el mayor reto metódico en la biomecánica dado que exige equipo optimizado.

### **1.2.5 Estática frente a la dinámica**

La estática es parte de la mecánica que analiza los cuerpos que no están en movimiento o que se mueven a una velocidad constante. Se contempla que los cuerpos estáticos están en equilibrio; mientras que la dinámica se emplea para analizar estructuras que están en aceleración o en desplazamiento (Hamill et al., 2017).

## **1.3 Descriptores anatómicos del movimiento**

En este apartado se clasificarán las acciones musculares y se enumerarán los factores limitantes del movimiento humano. Asimismo, se estudiarán los principales grupos musculares implicados en los movimientos de las principales articulaciones y se ilustrarán con ejemplos prácticos.

### **1.3.1 Factores limitantes del movimiento y Posición cero o posición de referencia**

El cuerpo humano se compone de dos partes o porciones que son: a) Axial y b) apendicular (Tortora & Derrickson, 2013).

- a. **Porción axial:** corresponde a la cabeza, cuello y tronco.
- b. **Porción apendicular:** está constituida por las extremidades superiores o inferiores.

La explicación del sitio de un segmento o desplazamiento de una articulación se manifiesta típicamente con un vínculo a una posición de inicio establecida. Esta es la posición anatómica.

La resistencia a cualquier movimiento, tanto activo como pasivo, puede estar condicionada por los siguientes mecanismos (Komi, 2003):

- **Factores neurogénicos:** control voluntario y reflejo sobre los grupos musculares.
- **Factores miogénicos:** resistencia activa o pasiva del propio músculo.
- **Factores articulares:** estructura física de los huesos de la articulación, estructura de la cápsula articular y ligamentos.
- Piel y tejido conjuntivo subcutáneo.

Corresponde a la posición humana de referencia que se adopta como punto de inicio para realizar la medición goniométrica. El individuo se encuentra de pie con la mirada hacia delante, los brazos colgando al costado del cuerpo, los pulgares dirigidos hacia delante y los miembros inferiores uno al lado del otro con las rodillas en extensión completa, con los ejes de los pies paralelos y separados por un espacio igual a la distancia entre ambas caderas. Debido a que en esta posición todas las articulaciones se encuentran en 0°, también se la conoce como posición cero (Hamill et al., 2017)

### 1.3.2 Posición anatómica Vs Posición Fundamental

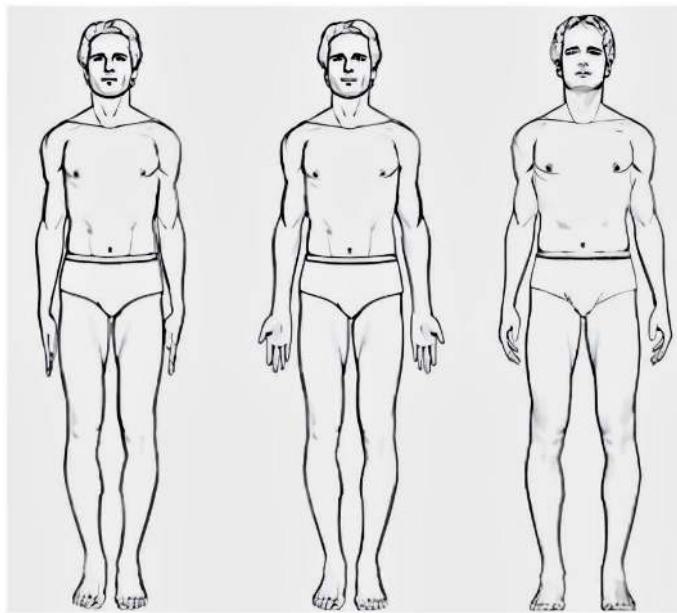
Es una posición de referencia estándar, el cuerpo se encuentra en una postura alargada con la cabeza observando hasta la parte posterior, los brazos a los costados del tronco con las palmas de manera posterior, y las piernas unidas con los pies direccionando hacia enfrente (Tortora & Derrickson, 2013)

La diferencia con la posición anatómica, esta radica en la posición de las manos, donde la palma de las manos se encuentra mirando hacia dentro o línea media (Tortora & Derrickson, 2013)

Los términos del movimiento deben volverse parte del vocabulario del trabajo, para todos los profesionales que de una u otra manera analizan el movimiento corporal humano. En la siguiente figura se exponen algunas posiciones:

**Figura 5**

Posición cero, posición anatómica y posición fundamental



Nota. Tomado de Biomecánica. *Bases del movimiento humano* (p. 9) [Ilustración], por Hamill, J., Knutzen, K. y Derrick, T., 2017, [Wolters Kluwer Health](#), CC BY 4.0.

### 1.3.3 Localización Anatómica

Para la descripción de la localización anatómica y del movimiento existen una serie de términos universalmente aceptados. Al margen de las expresiones superior, inferior, anterior/ventral, posterior/dorsal, interno, externo, superficial y profundo, los términos más utilizados son:

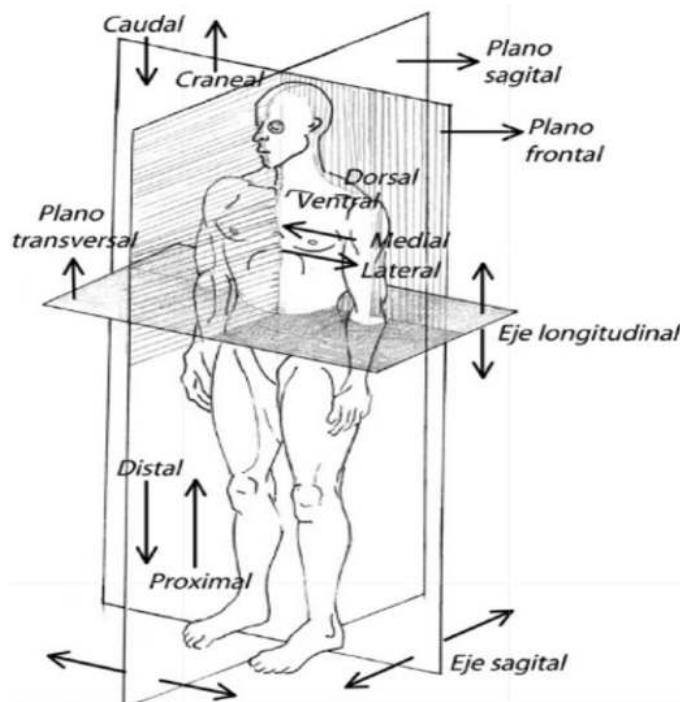
- **Medial.** Se refiere a una posición relativamente más cercana a la línea media del cuerpo. P. ej.: Las articulaciones intervertebrales se sitúan en una posición más medial en relación con las de los miembros superiores e inferiores.
- **Lateral.** Se refiere a una posición relativamente más lejana a la línea media del cuerpo. P. ej.: En la posición anatómica el dedo pulgar se sitúa en una posición más lateral en relación con la del dedo meñique.

- **Proximal.** Se refiere a la posición más cercana a un determinado punto de referencia. P. ej.: En el miembro inferior las estructuras más proximales son aquellas más cercanas a la raíz de la extremidad; el extremo proximal del fémur se sitúa en la cadera.

A continuación, puede ver una figura que ilustra las diferentes localizaciones anatómicas.

**Figura 6**

Ejemplo de localización Anatómica



Nota. Tomado de *Biomecánica básica. Aplicada a la actividad física y el deporte [Ilustración]*, por Pérez, P. y Llana, S., 2015, [Paidotribo](#), CC BY 4.0.

Finalmente, para complementar esta información, se recomienda consultar el [Anexo 1. Glosario de términos anatómicos.](#)

Ahora, continuemos con el estudio del siguiente tema que trata sobre la aplicación práctica de los planos y ejes en el análisis de movimientos corporales, para comprender mejor cómo se relacionan con las funciones del cuerpo humano.

## Fundamentos de movimientos y referencias

### Movimientos del cuerpo Humano

Apreciado estudiante, a continuación, lo invito a leer los diferentes tipos de movimientos que se ejecutan a nivel articular, mismos que dependen del tipo de articulación. Por favor al momento de leerlos, se recomienda ejecutarlos a fin de tener una mejor comprensión de cada uno de ellos.

#### 1.4.1 Movimientos básicos

Hay seis movimientos básicos que se generan en diversas combinaciones en las articulaciones del organismo (Hamill et al., 2017). En el siguiente módulo didáctico se los describe detenidamente:

##### [Movimientos básicos](#)

#### 1.4.2 Movimientos especializados

Algunos de los movimientos especializados son:

- **Flexión lateral derecha e izquierda:** Aplica solo para el movimiento de la cabeza o del tronco.
- **Elevación:** Elevar la escápula al encoger los hombros.
- **Depresión:** Movimiento opuesto al de la elevación.
- **Protracción:** Si la escápula se aleja una de la otra.
- **Retracción:** movimiento contrario al de protracción que hace que las escápulas se acerquen una de la otra.
- **Rotación hacia arriba:** Cuando la parte inferior de la escápula se aleja del tronco y la parte superior se desplaza hacia el tronco.



- **Rotación hacia abajo:** Sucede cuando la escápula se balancea, haciendo que la parte inferior se acerque al tronco y la parte superior se mueva hacia fuera del tronco.
- **Aducción horizontal:** combinación de flexión y aducción que se puede llevar a cabo a nivel del brazo y muslo.
- **Rotación horizontal:** la combinación de extensión y abducción se conoce como rotación horizontal.
- **Aducción horizontal o flexión horizontal:** hace referencia al movimiento del brazo o del muslo que cruza el cuerpo hacia la línea media, por medio de un movimiento horizontal al suelo.
- **Abducción horizontal o extensión horizontal:** menciona al movimiento horizontal del brazo o muslo que se distancia de la línea media del cuerpo.
- **Pronación:** movimiento en el que las palmas de las manos apuntan hacia atrás. También se conoce como rotación interna, si se porta desde una posición de supinación.
- **Supinación:** se refiere al movimiento del antebrazo, en el que la palma de la mano gira para mirar hacia delante desde una posición fundamental de inicio. También se conoce como rotación externa si se parte desde una posición de pronación.
- **Flexión radial:** En la articulación de la muñeca, con el movimiento de la mano hacia el pulgar.
- **Flexión cubital:** En la articulación de la muñeca, con el movimiento de la mano hacia el dedo meñique.
- **Flexión plantar o extensión:** es el movimiento en la que la planta del pie se menea hacia abajo y el ángulo formado entre el pie y la pierna aumenta.
- **Dorsiflexión o flexión del pie:** hace referencia al movimiento del pie hacia la pierna que reduce el ángulo respectivo entre ambos.
- **Inversión:** Se produce a nivel de las articulaciones intertarsales y metatarsianas. Sucede cuando el borde medial del pie se levanta de forma que la planta del pie queda encaminada en forma medial hacia el otro pie.
- **Eversión:** es el movimiento opuesto del pie, donde la cara lateral del pie se levanta de modo que la planta quede en dirección opuesta al pie contrario.
- **Pronación de pie:** es una agrupación de movimientos que consiste en la dorsiflexión en la articulación del tobillo, eversión y abducción del antepié.

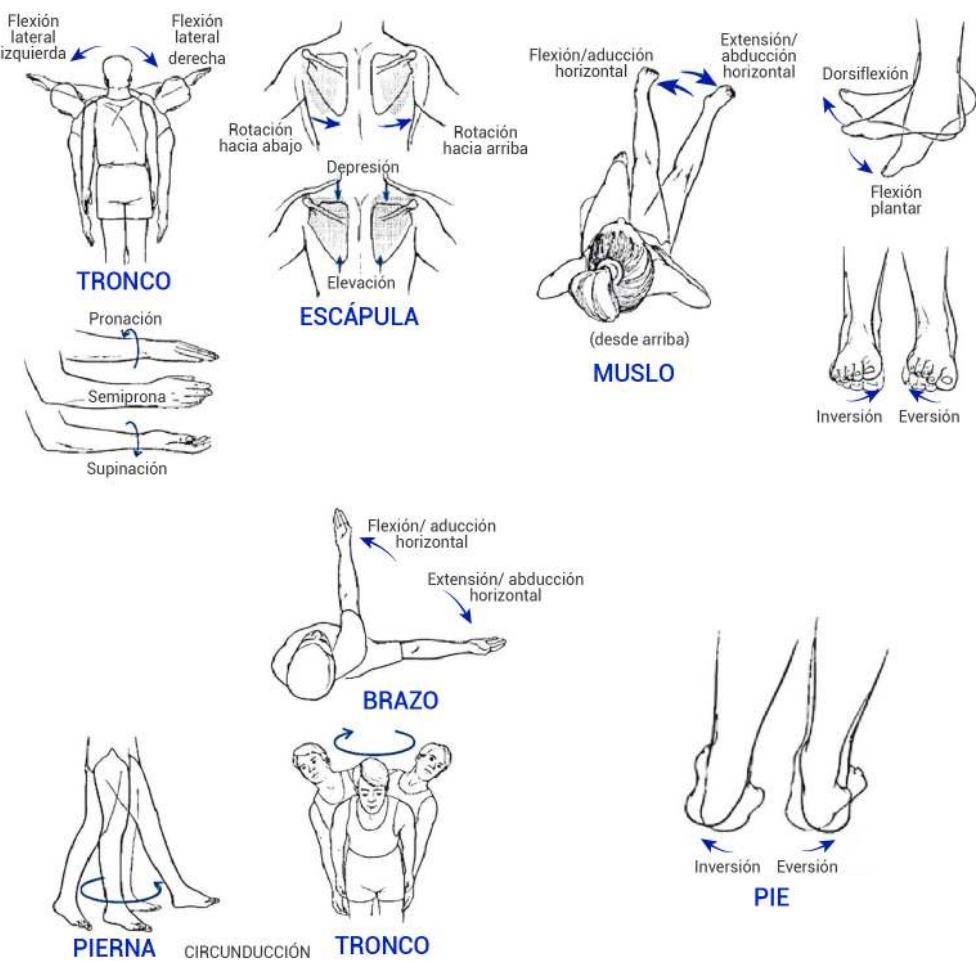
- **Supinación de pie:** Se genera por medio de la flexión plantar del tobillo, inversión y aducción del antepié.
- **Circunducción:** Puede originarse en cualquier articulación o segmento con el potencial de desplazarse en dos direcciones, de modo que el extremo distal del segmento se mueve en una trayectoria circular. Es el resultado de la combinación de los movimientos de flexión, extensión, aducción y abducción. Estos son posibles en: el pie, mano, muslo, tronco, cabeza, entre otros.

En la siguiente figura se expone un ejemplo de algunos de estos movimientos:



**Figura 7**

*Ejemplo de Movimientos Especializados*



Nota. Tomado de Biomecánica. Bases del movimiento humano (p. 15) [Ilustración], por Hamill, J., Knutzen, K. y Derrick, T., 2017, [Wolters Kluwer Health](#), CC BY 4.0.

### 1.5 Sistemas de referencia: Relativo versus absoluto

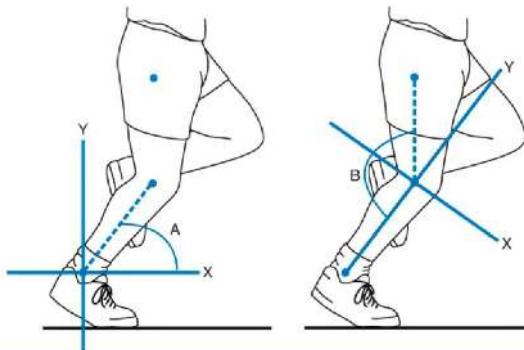
Estimado estudiante, se requiere de un marco de referencia para la apreciación y descripción exacta de cualquier tipo de movimiento. Este consiste en líneas imaginarias llamadas ejes, que se intersectan en ángulos rectos en un punto común denominado origen. En el movimiento planar o bidimensional, existen

dos ejes, el horizontal y el vertical, mientras que en el movimiento tridimensional existen tres ejes, dos horizontales que crean un plano, y uno vertical.

El marco de referencia absoluto expone a los ejes que se interceptan en el centro de la articulación y el movimiento de un segmento que se describe con base en dicha articulación; mientras que el relativo es el movimiento de un segmento, que se describe correspondientemente al segmento adyacente (Hamill et al., 2017). En la siguiente figura se exponen estos movimientos:

**Figura 8**

*Marco de Referencia absoluto vs. relativo*



Marco de referencia absoluto versus relativo.

**Izquierda**, un marco de referencia absoluto mide el ángulo del segmento (**A**) con respecto a la articulación distal.

**Derecha**, un marco de referencia relativo mide el ángulo relativo (**B**) formado por dos segmentos. Es importante designar el marco de referencia en la descripción del movimiento.

Nota. Tomado de Biomecánica. Bases del movimiento humano (p. 18) [Ilustración], por Hamill, J., Knutzen, K. y Derrick, T., 2017, [Wolters Kluwer Health](#), CC BY 4.0.

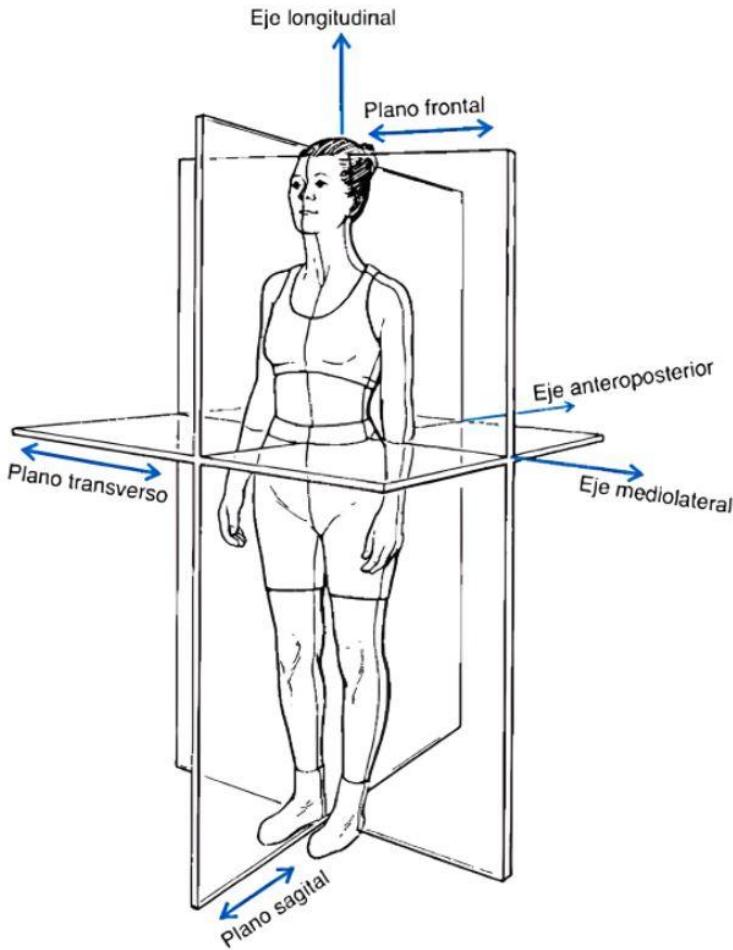
## 1.6 Planos y ejes

Apreciado estudiante, el método universalmente utilizado para la caracterización de los movimientos humanos, es de acuerdo a un sistema de planos y ejes. Existen tres planos imaginarios desde la perspectiva del cuerpo en ángulos rectos uno del otro, es así que se intersectan en el foco de masa

del cuerpo. El movimiento en un plano ocurre constantemente en torno al eje de rotación perpendicular al plano. En la figura 9 se explican estos componentes:

**Figura 9**

*Planos y ejes*



*Nota.* Tomado de Biomecánica. Bases del movimiento humano (p. 18) [Ilustración], por Hamill, J., Knutzen, K. y Derrick, T., 2017, [Wolters Kluwer Health](#), CC BY 4.0.

- 1. Plano sagital:** Fracciona al cuerpo en mitades (derecha e izquierda), los movimientos en el plano sagital se generan en un eje mediolateral que es

de lado a lado por medio del eje de masa del cuerpo. Ejemplo: movimientos de flexión y extensión.

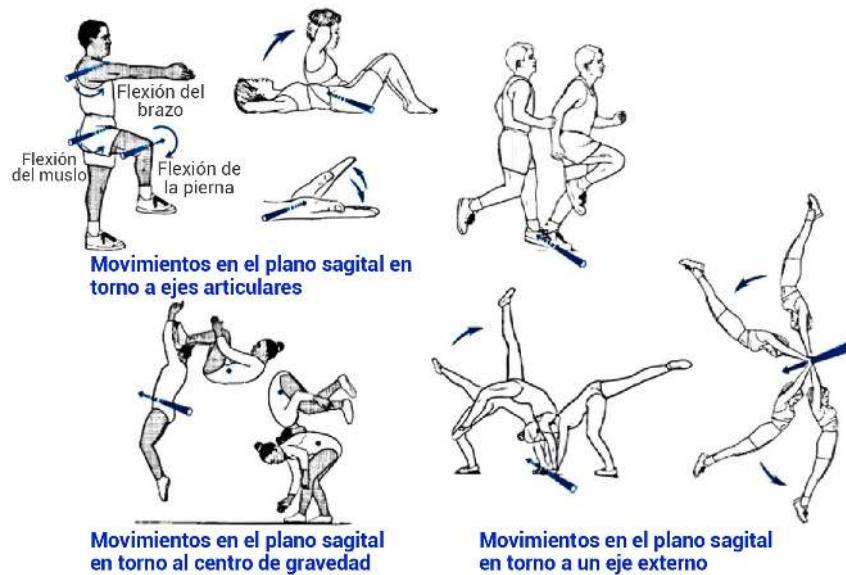
2. **Plano frontal o coronal:** Divide al cuerpo en dos mitades una frontal y otra posterior. El centro en el que se dan los movimientos en el plano frontal es el eje anteroposterior que circula de anterior a posterior. Ejemplo: movimientos de abducción y aducción.
3. **Plano horizontal o transverso:** Fragmenta al cuerpo en dos mitades (superior e inferior), donde los movimientos que se presentan en este plano son esencialmente las rotaciones en torno al eje longitudinal.

A modo ejemplo, en la siguiente figura se exponen algunos ejemplos de movimiento en el plano sagital:



**Figura 10**

Movimientos en el plano sagital



Movimientos en el plano sagital. Los movimientos en el plano sagital por lo general son flexiones y extensiones o algún ejercicio de giro hacia delante o hacia atrás. Los movimientos pueden tener lugar en torno a ejes articulares, el centro de gravedad, o un eje externo.

Nota. Tomado de Biomecánica. Bases del movimiento humano (p. 19) [Ilustración], por Hamill, J., Knutzen, K. y Derrick, T., 2017, [Wolters Kluwer Health](#), CC BY 4.0.

La mayoría de los movimientos en los humanos tienen lugar en múltiples planos en las diferentes articulaciones. Además, si estos estuvieran confinados al movimiento en un solo plano, se percibirían como robots cuando las articulaciones se mueven. El movimiento en un solo plano se puede describir como un solo grado de libertad. Una articulación con un solo grado de libertad señala que la articulación admite que el segmento se desplace a través de un plano de movimiento. También se designa articulación uniaxial. Ejemplo el codo, puesto que solo permite flexión y extensión en el plano sagital. Generalmente, las articulaciones tienen 1, 2 y 3 grados de libertad, lo que pueden generar movimiento uniaxial, biaxial o triaxial.

**Cadena cinemática:** se deriva de la combinación de los grados de libertad en distintas articulaciones para establecer un movimiento. La cadena es la sumatoria de los grados de libertad en las articulaciones adyacentes que asemeja el total de grados de libertad disponibles o necesarios para la ejecución de un movimiento.



Patear un balón implica 11 grados de libertad conforme al tronco, esto incluirá quizás 3 grados de libertad en la cadera, 2 en la rodilla, 1 en el tobillo, 3 en los huesos del tarso del pie y 2 en los dedos del pie.

Con el fin de apoyar el aprendizaje, se presentan a continuación herramientas virtuales de uso gratuito y libre descarga, diseñadas para el análisis biomecánico y el aprendizaje autónomo:

1. [Kwon 3D XP](#). Es un software (libre) de integración basado en proyectos de investigación para las necesidades analíticas sobre aspectos biomecánicos del ambiente laboral. Su característica principal es su facilidad de uso, presenta muchas herramientas como la captura de videos, valorar datos de fuerza de reacción del suelo y señales analógicas, calibrar, analizar, creación de informes, etc. Su software permite una actualización continua de los datos insertados.
2. [SkillSpector](#). Permite el análisis en 2D y 3D mediante la digitalización semi automática y permite calcular variables cinemáticas tanto lineales como angulares. Para los estudios en 3D puede obtener imágenes de dos videos a la vez, entre otras herramientas más.



### Actividad de aprendizaje recomendada

Para dar continuidad a la semana correspondiente, es fundamental revisar los contenidos de la unidad; pues hago hincapié e invito a reflexionar, comprender y desarrollar la actividad recomendada sobre los temas planteados en la semana 1; el cumplimiento de las mismas servirá como refuerzo de los conocimientos.

Para reforzar los conocimientos tratados en la presente unidad, le recomiendo revisar los videos “[Posición anatómica, planos y ejes del cuerpo humano](#)” y “[Movimiento del cuerpo humano](#)”. Una vez vistos, realice la actividad propuesta a continuación.

- Elija una articulación e investigue si se trata de una articulación mono axial, biaxial, o multiaxial. Para esto, puede revisar los Recursos Educativos Abiertos que considere necesarios.
- Luego de esto, conteste las siguientes preguntas:
  - a. ¿Cuáles son los movimientos básicos o especializados que se llevan a cabo en esa articulación?
  - b. ¿En qué plano y eje anatómico se ejecutan los movimientos?

Nota. conteste la actividad en un cuaderno de apuntes o en un documento Word.

Una vez que encuentre las respuestas a estas interrogantes, usted tendrá una visión más clara sobre los temas de esta semana. A continuación, encontrará un ejemplo que le servirá de guía para el desarrollo de la actividad recomendada.

#### Ejemplo:

La articulación glenohumeral es una articulación tipo diartrosis multiaxial, ya que permite los movimientos básicos de: flexión y extensión que se dan en un plano sagital y un eje transversal; abducción y aducción que se ejecutan en un plano frontal o coronal y en un eje anteroposterior o sagital, y la rotación interna y externa que se realiza en el plano horizontal y en un eje longitudinal.



Estimado estudiante, ha finalizado la primera semana de estudio y usted ha conocido la contextualización de la asignatura, así como los conceptos básicos.  
¡Felicitaciones!



### Semana 2

Continuando con el estudio de la biomecánica, durante la semana 2 trataremos algunos contenidos adicionales a los conceptos básicos, que nos permitirán conocer un poco más acerca de la temática que estamos desarrollando en este componente, como son las leyes que rigen el movimiento o también llamadas leyes de Newton, centro de masa, centro de gravedad, equilibrio o estabilidad del cuerpo humano.

#### **Unidad 1. Introducción a la biomecánica**

##### **1.7. Leyes de Newton**

Las leyes básicas que gobiernan las relaciones entre las fuerzas aplicadas y los correspondientes movimientos son relativamente pocas. Entre estas, las leyes de la mecánica introducidas por Isaac Newton (1642-1727), son las más importantes (Pérez & Llana, 2015).

###### **1.7.1. Primera ley de Newton**

Establece que un objeto en reposo puede permanecer inmóvil o que un objeto dinámico se moverá en línea recta con velocidad constante si la fuerza neta que actúa sobre él es cero.

###### **1.7.2. Segunda ley de Newton**

Señala que un objeto con una fuerza neta diferente de cero, actuando sobre él, se acelerará en la dirección de la fuerza neta y que la magnitud de la aceleración será proporcional a la magnitud de la fuerza neta.  $F = m \cdot a$ , es decir, la fuerza es igual a masa por aceleración.

### 1.7.3. Tercera ley de Newton

Establece que para cada acción hay una reacción y que las fuerzas de acción y reacción entre objetos que interactúan son de igual magnitud, opuestas en dirección, y tienen la misma línea de acción.



Para una mayor comprensión del tema le invito a revisar información referente a las leyes de Newton, específicamente la siguiente página web donde constan [10 ejemplos sobre las leyes de Newton](#), una vez realizado esto le invito a contestar [5 preguntas](#) que le ayudarán a profundizar lo aprendido en cuanto a las leyes de Newton.

## 1.8. Tipos de palancas

El cuerpo humano se mueve o produce movimiento a través de un sistema de palancas. Las palancas son máquinas simples que tienen por objeto equilibrar o desplazar una fuerza que debe ser vencida, llamada resistencia, por medio de otra fuerza que es aplicada con este objetivo, llamada potencia. Se trata de una barra rígida que gira gracias a un fulcro y vence una cierta resistencia por medio de potencia (Behar, 2011). Están constituidas por una barra rígida vinculada a un punto fijo llamado Fulcro o punto de apoyo (F), sobre la cual se aplican dos fuerzas, una externa llamada Resistencia (R) y otra interna llamada Potencia (P) (Duffour & Pillu, 2006).

### Elementos actuantes:

- **Potencia; P:** es equivalente a la fuerza que se aplica voluntariamente con el propósito de obtener un resultado. La potencia pasa a ser representada por la fuerza que ejercen los músculos protagonistas; sus inserciones son los puntos de aplicación de esta potencia.
- **Resistencia; R:** es igual a la fuerza que vencemos, cultivada sobre la palanca por el cuerpo a mover. La resistencia que vencen estas palancas humanas puede ser el propio peso de los diferentes segmentos o cualquier

otra carga exterior. Los ligamentos y los músculos antagonistas del segmento deben ser considerados como resistencias internas.

### **Brazo de palanca:**

- a. **Brazo de potencia (B<sub>p</sub>)**: es el trayecto entre un punto de aplicación de fuerza de potencia y un punto de apoyo.
- b. **Brazo de resistencia (B<sub>r</sub>)**: es el recorrido entre la fuerza de resistencia y el punto de apoyo.

Visto desde el punto de vista del cuerpo humano, las barras pasan a ser los huesos; los Fulcros, las articulaciones, y los músculos, los motores que crean y transmiten las fuerzas a los puntos de anclaje.

**Fulcro**: punto de reacción de las palancas destinado a permanecer en posición fija; puede realizarse tanto con un simple apoyo como con una articulación. El Fulcro F está ubicado en el eje de la articulación. Según la posición del Fulcro, el lugar de aplicación de la Potencia y el lugar de aplicación de la Resistencia, las palancas se clasifican en tres géneros que cumplen diferentes funciones (Duffour & Pillu, 2006).

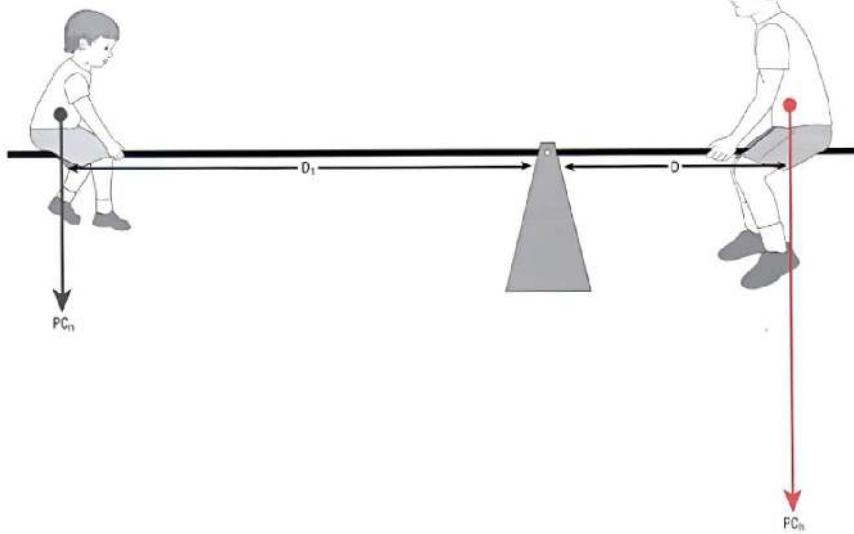
#### **1.8.1. Palanca de primer género**

También denominada de equilibrio, de interapoyo (P-F-R). El Fulcro se halla entre la Potencia y la Resistencia. Ocasionalmente, se denomina palanca de equilibrio. En la siguiente figura se expone un ejemplo:

**Figura 11**

Ejemplo de palanca de primer género

### Palanca de primera clase



Nota. Adaptado de *Fundamentos de rehabilitación física. Cinesiología del sistema musculoesquelético* (p. 20) [Ilustración], por Neumann, D., 2020, [Facebook](#), CC BY 4.0.

### 1.8.2. Palanca de segundo género

También denominada palanca de interResistencia (F-R-P), debido a que la resistencia se localiza entre el punto de apoyo y la fuerza aplicada. El brazo de potencia será mayor al de resistencia, es una palanca de fuerza en la que se sacrificará la velocidad.

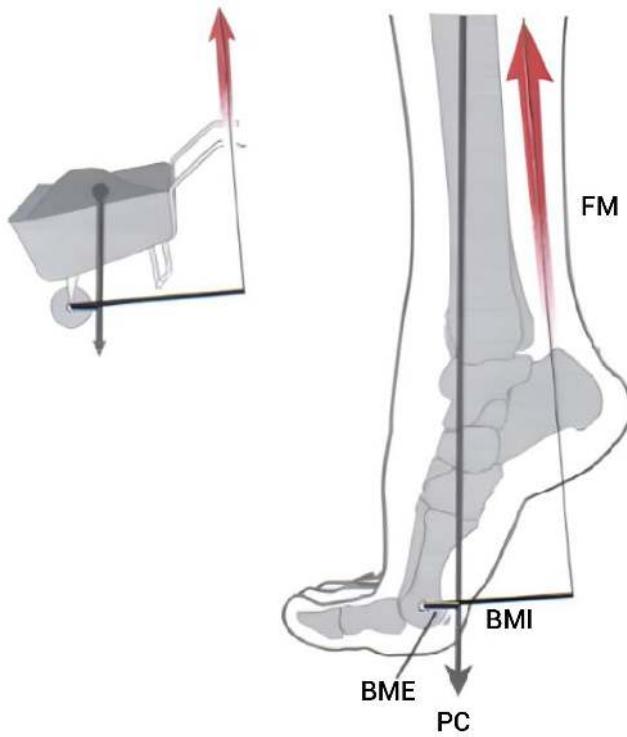
El equilibrio de esta palanca siempre se traduce por la relación ( $PxBp = RxBr$ ). En la siguiente figura se expone un ejemplo:

**Figura 12**

Ejemplo de palanca de segundo género



**Palanca de segunda clase**



Nota. Adaptado de *Fundamentos de rehabilitación física. Cinesiología del sistema musculoesquelético* (p. 20) [Ilustración], por Neumann, D., 2020, [Facebook](#), CC BY 4.0.

### 1.8.3. Palanca de tercer género

También denominada palanca interfuerza o interpotencia (F-P-R), debido a que la potencia se sitúa entre el punto de apoyo y la resistencia. Corresponde a aquellas articulaciones en donde las inserciones musculares se encuentran cerca de ellas.

## Ventajas

- Ventaja relacionada con la velocidad de desplazamiento segmentario: débil desplazamiento a nivel de inserción muscular VS importante desplazamiento distal de la extremidad segmental en el mismo período de tiempo.
- La parte media del desplazamiento distal representa < 15% del recorrido total de músculo, correspondiendo con el sector fuerza, donde ocurre el máximo anclaje a nivel sarcomérico (cabezas de miosina y los puentes de actina).

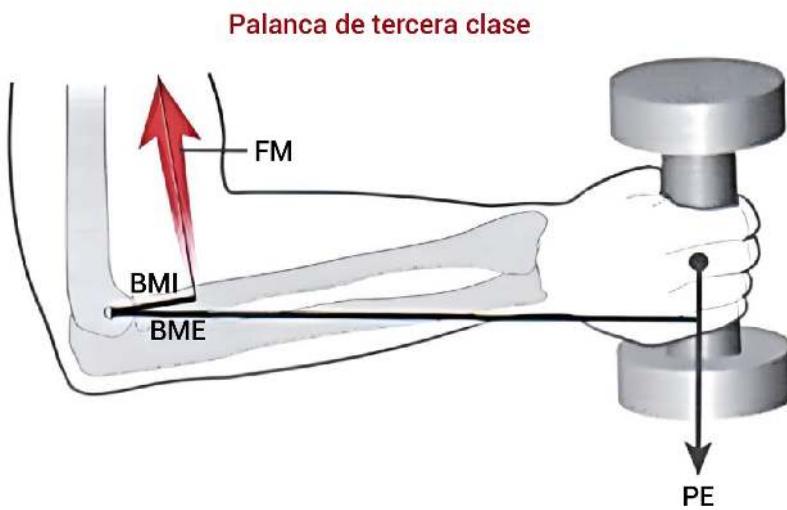
## Desventajas

- Es una palanca desfavorable en esfuerzos importantes por el hecho que el brazo de palanca de la resistencia ( $B_r$ ) es más extenso que el de la potencia ( $B_p$ ).
- En esfuerzos importantes no es una palanca económica porque la potencia desarrollada por el músculo debe ser superior a la resistencia.

En la siguiente figura puede observar un ejemplo de este tipo de palanca:

**Figura 13**

Criteria of word classes



Nota. Adaptado de *Fundamentos de rehabilitación física. Cinesiología del sistema musculoesquelético* (p. 21) [Ilustración], por Neumann, D., 2020, [Facebook](#), CC BY 4.0.

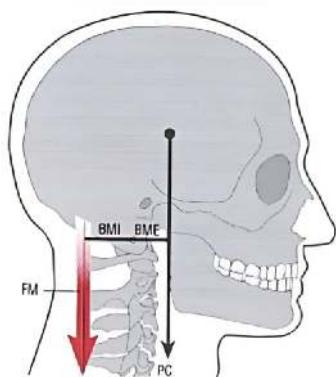
#### Ejemplos de palancas en el cuerpo humano:

- **Palancas de primer orden:** pueden tener una ventaja mecánica (VM) menor, igual o mayor que 1, lo cual depende de dónde se encuentre localizado el eje de rotación (ver figura 14).

**Figura 14**

*Criteria of word classes*

### Palanca de primera clase



#### Datos de las palancas de primera clase:

Fuerza muscular (FM) = desconocida

Peso de la cabeza (PC) = 46.7 N

Brazo de palanca del momento

interno (BMI) = 4 cm

Brazo de palanca del momento

externo (BME) = 3.2 cm

Ventaja mecánica = 1,25

FM x BMI = PC x BME

$$FM = \frac{PC \times BME}{BMI}$$

$$FM = \frac{46.7 \text{ N} \times 3.2 \text{ cm}}{4 \text{ cm}}$$

$$FM = 37,4 \text{ N}$$

Nota. Adaptado de *Fundamentos de rehabilitación física. Cinesiología del sistema musculoesquelético* (p. 21) [Ilustración], por Neumann, D., 2020, [Facebook](#), CC BY 4.0.

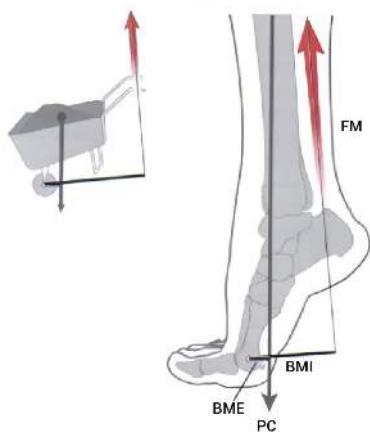
- **Palancas de segundo orden:** siempre tienen una ventaja mecánica (VM) mayor que 1.

Los sistemas de palanca con una VM>1 pueden igualar los momentos mediante una fuerza interna (P) inferior a la fuerza externa (R). La figura 15 expone un ejemplo:

**Figura 15**

*Criteria of word classes*

### Palanca de segunda clase



#### Datos de las palancas de segunda clase:

Fuerza muscular (FM) = desconocida

Peso corporal (PC) = 667 N

Brazo de palanca del momento

interno (BMI) = 12 cm

Brazo de palanca del momento

externo (BME) = 3 cm

Ventaja mecánica = 4

$$FM \times BMI = PC \times BME$$

$$FM = \frac{PC \times BME}{BMI}$$

$$FM = \frac{667 \text{ N} \times 3 \text{ cm}}{12 \text{ cm}}$$

$$FM = 166.8 \text{ N}$$

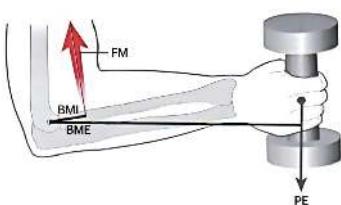
Nota. Adaptado de *Fundamentos de rehabilitación física. Cinesiología del sistema musculoesquelético* (p. 21) [Ilustración], por Neumann, D., 2020, [Facebook](#), CC BY 4.0.

- **Palancas de tercer orden:** siempre tienen una ventaja mecánica (VM) menor que 1.

Los sistemas de palanca con una VM<1 para igualar los momentos deben producir una fuerza interna (P) mayor a la fuerza externa opuesta (R). A continuación, en la figura 16 se presenta un ejemplo:

**Figura 16**  
*Criteria of word classes*

### Palanca de tercera clase



#### Datos de las palancas de tercera clase:

Fuerza muscular (FM) = desconocida  
Peso externo (PE) = 66,7 N  
Brazo de palanca del momento interno (BMI) = 5 cm  
Brazo de palanca del momento externo (BME) = 35 cm  
Ventaja mecánica = 0.143

$$FM \times BMI = PE \times BME$$

$$FM = \frac{PC \times BME}{BMI}$$

$$FM = \frac{66.7 \text{ N} \times 35 \text{ cm}}{5 \text{ cm}}$$

$$FM = 467 \text{ N}$$

Nota. Adaptado de *Fundamentos de rehabilitación física. Cinesiología del sistema musculoesquelético* (p. 21) [Ilustración], por Neumann, D., 2020, [Facebook](#), CC BY 4.0.

## 1.9. Centro de masas y centro de gravedad

El análisis de los centros de gravedad adquiere gran importancia en la interpretación de las posturas corporales humanas tanto estáticas como dinámicas, así como en la discusión de los movimientos del cuerpo considerado como una partícula donde se supone que se concentra todo el peso del sistema. Estudiando la trayectoria de dicha partícula representativa donde se ubica el centro de gravedad, es posible realizar análisis cinemáticos lineales de los movimientos rectilíneos y curvilíneos y, análisis cinemáticos angulares de los movimientos rotatorios (Hamill et al., 2017).

El centro de gravedad corresponde a un punto donde se resume todo el peso de un cuerpo, es aquel punto imaginario donde se aplica la resultante de acumular el efecto de los pesos de un número finito de segmentos corporales; mientras que el centro de masas es el punto donde se concentran las masas del cuerpo (Behar, 2011).

### 1.10. ¿Dónde está Ubicado el CDG en el Cuerpo Humano?

En el cuerpo humano (estático) según Miralles (2007) se encuentra por delante de la vértebra lumbar L5. Pero Según otros autores se encuentra anterior a la Vértebra Sacra S2, y cada segmento corporal tiene su centro de gravedad. Por delante de la segunda vértebra sacra en hombres y, 3 cm más abajo en mujeres (Viladot, 2001). Las mujeres poseen una cintura pélvica más amplia y una pelvis más ancha, sus extremidades son más cortas y, su índice de masa magra/masa adiposa es menor; los hombres poseen una cintura escapular más amplia, sus extremidades son más largas y su índice de masa magra/masa adiposa es mayor (Pérez & Llana, 2015).

### 1.11. Factores que determinan la posición del centro de gravedad en el cuerpo

Los factores que determinan la posición del centro de gravedad son:

- Estructura anatómica individual.
- Las posturas habituales de pie Las posiciones actuales
- El hecho de sostener pesos externos
- Edad
- Género
- Movimientos

La postura consiste en la distribución de la masa corporal en relación con la gravedad sobre una base de sostén o sustentación. La Postura es el conjunto de posiciones que adoptan todas las articulaciones del cuerpo en un momento determinado, en cambio, la base de sustentación se define cómo el área de

superficie delimitada por los extremos de los segmentos apoyados en el piso o la superficie de soporte, en el cuerpo humano los pies forman un polígono llamado polígono de sustentación (Kendall's, 2007).

## 1.12. Equilibrio y Estabilidad del cuerpo Humano

Cuando se habla de movimiento corporal humano hace referencia a mantener la postura así Winter (1995) desde un punto biomecánico define equilibrio como “un término que define la dinámica de la postura corporal para prevenir las caídas, relacionado con las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y la inercia de los segmentos corporales” (Pérez & Llana, 2015); mientras que la estabilidad es la capacidad de un cuerpo de mantener el equilibrio, es decir de evitar ser desequilibrado. También se ha descrito a la estabilidad como la propiedad de volver a un estado inicial luego de una perturbación, sus factores son:

- Área de estabilidad
- Peso
- Altura del CDG respecto a la base de sustentación
- Ángulo de estabilidad
- Proyección de la línea de gravedad sobre la base de sustentación

El equilibrio del cuerpo humano es especialmente inestable porque el centro de gravedad se encuentra por encima de la base de sustentación en la mayoría de las actividades de locomoción (bipedestación, marcha, etc.). Existe un gran interés socioeconómico en conocer los factores que afectan la estabilidad del equilibrio, como evaluarlos y como mejorarlo, especialmente en poblaciones adultas con discapacidad. Desde el punto de vista biomecánico, estos factores pueden analizarse a través de la estática, existiendo instrumental específico (estabilómetros) y registros (estabilometrías) que nos permiten realizar una valoración objetiva de la estabilidad del equilibrio (Pérez & Llana, 2015).



Estimado estudiante, analice los principios de equilibrio y estabilidad corporal y su relación con la prevención de accidentes laborales, aplicando herramientas tecnológicas para identificar riesgos posturales en entornos de trabajo, utilizando la siguiente plataforma: [Aplicaciones de Ergonomía](#)



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Una vez revisados los contenidos de esta unidad, le invito a desarrollar las actividades recomendadas sobre los temas planteados durante la semana. El cumplimiento de estas actividades servirá como refuerzo de los conocimientos más relevantes de la presente unidad, especialmente en lo referente a la introducción a la biomecánica del cuerpo humano. Se recomienda realizarlas antes de la autoevaluación.

1. Amplíe su conocimiento revisando el video con el tema: [Las leyes de Newton en la biomecánica](#), posterior a ello, realice una pequeña investigación y conteste las siguientes interrogantes:

- a. ¿Qué función cumplen las leyes de Newton en el cuerpo humano?
- b. ¿Cómo las leyes de Newton actúan sobre el movimiento? Nota: conteste las actividades en un cuaderno de apuntes o en un documento Word.

Nota. Por favor, complete la actividad en un cuaderno o documento Word.

2. Para ampliar sus conocimientos, le recomiendo revisar las páginas 170 a 219 y 343 a 398 de la siguiente lectura incluida en la referencia: Pérez, P., & Llana, S. (2015). [Biomecánica básica: aplicada a la actividad física y el deporte](#). (1 ed.). Badalona, España: Paidotribo.
3. Revisar la sección Glosario, de la siguiente referencia: Hamill, J., Knutzen, K. M., & Derrick, T. R. (2017). [Bases del movimiento humano](#). Barcelona: Wolters Kluwer Health.
4. Ha llegado el momento de evaluar lo aprendido. Le invito a reforzar sus conocimientos participando en la siguiente autoevaluación.



## Autoevaluación 1

Seleccione la respuesta correcta según corresponda, elija solamente una opción:

1. Seleccione la respuesta correcta respecto a la segunda ley de Newton:

- a. Afirma que, si la suma vectorial de las fuerzas que actúan sobre un objeto es cero, el objeto permanecerá en reposo o seguirá moviéndose a velocidad constante.
- b. El que la fuerza ejercida sobre un objeto sea cero no significa necesariamente que su velocidad sea cero.
- c. Si no está sometido a ninguna fuerza (incluido el rozamiento), un objeto en movimiento seguirá desplazándose a velocidad constante.
- d. La aceleración será proporcional a la magnitud de la fuerza total y tendrá la misma dirección y sentido que esta.

2. Seleccione la respuesta correcta respecto a la tercera ley de Newton:

- a. El que la fuerza ejercida sobre un objeto sea cero no significa necesariamente que su velocidad sea cero.
- b. Si no está sometido a ninguna fuerza (incluido el rozamiento), un objeto en movimiento seguirá desplazándose a velocidad constante.
- c. La aceleración será proporcional a la magnitud de la fuerza total y tendrá la misma dirección y sentido que esta.
- d. Afirma que cuando un objeto ejerce una fuerza sobre otro, este otro objeto ejerce también una fuerza sobre el primero.

3. ¿Cuál de los siguientes postulados, corresponde a la segunda ley de Newton?

- a. Afirma que si la suma vectorial de las fuerzas que actúan sobre un objeto es cero, el objeto permanecerá en reposo o seguirá moviéndose a velocidad constante.
- b. Afirma que si no está sometido a ninguna fuerza (incluido el rozamiento), un objeto en movimiento seguirá desplazándose a velocidad constante.
- c. Relaciona la fuerza total y la aceleración. La aceleración será proporcional a la magnitud de la fuerza total y tendrá la misma dirección y sentido que esta.
- d. Determina que cuando un objeto ejerce una fuerza sobre otro, este otro objeto ejerce también una fuerza sobre el primero.

4. ¿En qué plano se realizan los movimientos de rotación?

- a. Medio o sagital.
- b. Cornal o frontal.
- c. Transversal u horizontal.
- d. Ninguna opción es correcta.

5. ¿En qué plano se realizan los movimientos de abducción y aducción?

- a. Medio o sagital.
- b. Coronal o frontal.
- c. Transversal u horizontal.
- d. Ninguna opción es correcta.

6. La palanca de segundo grado es aquella que:

- a. Sitúa la resistencia o peso entre el Fulcro o punto de apoyo y la fuerza o Potencia.
- b. Sitúa el Fulcro o punto de apoyo entre la Resistencia o peso y la fuerza o Potencia.



- c. Sitúa la fuerza o Potencia entre el Fulcro o punto de apoyo y la Resistencia o peso.

7. La dinámica se encarga de:

- a. Descripción geométrica del movimiento.
- b. Estudio de las leyes del equilibrio de la materia.
- c. Estudio de las leyes del movimiento de la materia.
- d. Estudio de las fuerzas que generan (modifican o detienen el movimiento).

8. La palanca de segundo grado permite situar la carga (R, Resistencia) entre el Fulcro y el esfuerzo (P, Potencia). Con esto se consigue que el Brazo de potencia siempre sea mayor que el de resistencia ( $BP > BR$ ) y, en consecuencia, el esfuerzo menor que la carga ( $P < R$ ). Este tipo de palancas siempre tiene ganancia mecánica, ¿cuál de los siguientes ejemplos corresponden a las palancas de segundo grado?

- a. El [quitagrapas](#), la pinza de cejas.
- b. El conjunto comprendido: [tríceps braquial](#) - [codo](#) - [antebrazo](#).
- c. La [carretilla](#), los [remos](#).
- d. La flexión de la muñeca con el antebrazo en posición horizontal.

**Conteste verdadero o falso según corresponda:**

9. ( ) La flexión lateral utiliza el movimiento de la cabeza y tronco,
10. ( ) El esqueleto axial incluye las extremidades superiores e inferiores.
11. ( ) El movimiento en el plano sagital en el tobillo se designa pronación y supinación.

[Ir al solucionario](#)



Estimado estudiante, ¡Felicitaciones! Ha concluido satisfactoriamente el estudio de esta unidad.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



#### Semana 3

Estimado estudiante:

Durante la semana 3, iniciaremos con el estudio de la unidad 2, en la cual trataremos acerca de la biomecánica de los tejidos corporales. Es importante conocer su comportamiento mecánico y cómo este reacciona frente a determinadas fuerzas o cargas. Todas estas perspectivas fomentarán una adquisición de aprendizaje idóneo para comprender las causas o etiología de los trastornos musculoesqueléticos.

### Unidad 2: Biomecánica de los tejidos corporales

El hueso, tendón, ligamento y el músculo son algunas de las estructuras básicas que conforman al cuerpo humano. Las propiedades mecánicas de estos tejidos son de gran importancia. Al examinar las propiedades mecánicas de estos tejidos, se presentan las fuerzas externas que se establecen sobre la estructura. La capacidad de una estructura para sobrellevar la deformación depende de la organización del material del que está compuesta y de su forma en general.

#### 2.1 Biomecánica del tejido óseo (Nordin & Frenkel, 2004)

La fuerza aplicada para deformar una estructura y el cambio de forma resultante se denomina tensión y deformación, respectivamente. Para permitir la comparación de estructuras de diferentes tamaños, la tensión y la deformación son cantidades a escala de la fuerza aplicada. Los valores de tensión y deformación se miden utilizando una máquina (extensómetro) que puede aplicar, ya sea distensión (tensión al tensar) o deformación (tensión al

empujar) sobre la estructura. La tensión se establece como la fuerza por unidad de área y se designa la letra griega sigma ( $\sigma$ ). Por lo tanto, la tensión se calcula con la fórmula:

$$\sigma = F/A$$

Donde  $F$  es la fuerza aplicada y  $A$  es la unidad de área sobre la cual se emplea la fuerza. La fuerza se emplea perpendicularmente a la superficie de la estructura sobre un área predeterminada. La unidad del área es el metro cuadrado (m<sup>2</sup>). La unidad en la que se calcula la fuerza es el newton (N). Por lo tanto, la unidad de estrés es el newton sobre metro cuadrado (N/m<sup>2</sup>), o el pascal (Pa).

La deformación también está en un rango de acuerdo con la extensión inicial de la estructura que se evalúa. Esta es causada por el estrés aplicado; es contrastada con la longitud inicial, o en reposo, del material, cuando no se aplica fuerza. La deformación está designada con la letra griega épsilon ( $\epsilon$ ), es así que se define como la tasa de cambio en la longitud en relación con la longitud en reposo. De esta forma:

$$\epsilon = \Delta L/L$$

Donde  $\Delta L$  es el cambio en la longitud de una estructura y  $L$  es la longitud inicial.

Hay varios puntos clave que son relevantes en esta curva para la función final de la estructura. La pendiente de la fracción lineal de la curva es el módulo elástico, o rigidez del material.



Para una mayor comprensión, le invito a revisar el video: [Ensayo de tracción: diagrama tensión-deformación](#).

Entre mayor es la fuerza que se ejerce sobre la estructura, la pendiente de la curva disminuirá eventualmente.

- **Región elástica:** corresponde al punto de vencimiento. Si se retira la tensión conforme el material está en esta región, el material retornará a su longitud original sin generar un daño estructural.
- **Deformación residual:** es la disconformidad entre la longitud original del material y la longitud que se encuentra en reposo.

### 2.1.1 Características biomecánicas del hueso

Las características biomecánicas del hueso son:

- El esqueleto se encuentra compuesto de tejido óseo. Las articulaciones son los empalmes entre los huesos.
- Los ligamentos conectan los huesos con las articulaciones, lo que permite su refuerzo.
- El tejido óseo presenta varias funciones, incluyendo soporte, sitios de inserción, función de palanca, protección, almacenamiento y formación de células sanguíneas.
- Las propiedades mecánicas del hueso son tan variadas y complejas como su conformación.
- La medición de la fortaleza, rigidez y energía del hueso depende tanto de su constitución como de las propiedades estructurales del mismo, además estas varían con la edad y el género, así como con la localización del hueso.
- El hueso debe ser capaz de soportar una gran variedad de fuerzas aplicadas de forma simultánea.
- En una posición estática, el hueso resiste la fuerza de la gravedad, soporta el peso del cuerpo, y absorbe la actividad muscular producida para mantener la postura estática.

## 2.1.2 Fortaleza y rigidez del hueso

Cuando se establece una fuerza externa sobre un hueso u otro material, sucede una reacción interna. La fortaleza puede ser examinada al medir la relación entre la carga impuesta (fuerza externa) y la cantidad de deformación (reacción interna) que se genera en el material. El hueso debe ser rígido, pero flexible; a su vez, debe ser fuerte pero ligero. La fortaleza es necesaria para resistir una carga, y la ligereza es necesaria para admitir el movimiento. La fortaleza en los huesos que toleran peso reside en la capacidad para aguantar el doblamiento al ser rígido. Además, se requiere flexibilidad para captar las fuerzas de gran impacto, y las propiedades elásticas del hueso permiten que se absorba la energía al cambiar su forma sin presentar fallos y posteriormente que se regrese a su longitud original. Si, la energía ejercida sobrepasa la zona de deformación elástica, se genera una deformación plástica a expensas de una microlesión al hueso. Además, si la zona elástica como la plástica son excedidas, la energía aplicada se libera en una fractura.

**Fortaleza:** la fortaleza de un hueso u otro material se establece por el punto de fallo o la carga mantenida antes del fallo. La capacidad general del hueso para sobrellevar una carga depende de tener la suficiente masa ósea con propiedades adecuadas del material y una configuración de fibras que aguante las posibilidades de carga en distintas direcciones.

El fallo de un hueso puede involucrar un único evento traumático o la acumulación de microfracturas. La fortaleza del hueso es suministrada por la mineralización de su tejido: entre mayor sea el contenido mineral, más rígido y fuerte es el material; sin embargo, si el hueso se mineraliza excesivamente, este se vuelve frágil y no puede deformarse con el impacto de la carga. La fortaleza se calcula en términos de almacenamiento de energía o del área bajo una curva de tensión-deformación. La fortaleza de compresión del hueso cortical es mayor que la del concreto, madera o vidrio. Además, la fortaleza del hueso esponjoso es menor que la del hueso cortical, pero el hueso esponjoso puede llegar a deformarse 200 veces más antes del fallo (fractura).

**Rigidez:** está expresada por la pendiente de la curva de deformación en la categoría de la respuesta elástica y representa la resistencia del material a la carga sobre la deformación de la estructura.

El hueso no es tan estable como el vidrio o el metal, y a diferencia de estos materiales, no se comporta de manera lineal, puesto que se vence y se deforma de una manera no uniforme dentro de la fase de carga. Además, este tiene un nivel de rigidez mucho menor que el metal o el vidrio, y se puede fracturar después de una muy poca deformación plástica.

El hueso se deforma no más del 3%, considerándolo dentro de la región elástica de la curva de tensión-deformación y cuando se retira la carga, el hueso se recupera y puede regresar a su forma o longitud original. Con la carga continua, el tejido óseo logra su punto de vencimiento, posteriormente sus fibras externas comienzan a vencerse, con micro desgarros y despegue del material en el hueso. Denomínense como la región plástica de la curva de tensión-deformación. El tejido óseo comienza a deformarse de forma permanente y eventualmente se puede fracturar si la carga continúa en la región plástica. Es así que, cuando la carga se retira, el tejido óseo no regresa a su longitud original, sino que queda permanentemente deformado.

### 2.1.3 Características anisotrópicas

El tejido óseo es un material anisotrópico, lo que hace referencia al comportamiento del hueso, el cual varía con la dirección de la aplicación de carga. El hueso esponjoso proporciona resistencia al doblamiento, y el hueso cortical suministra una resistencia compresiva significativa.

### 2.1.4 Características viscoelásticas

El hueso es viscoelástico, lo que significa que su respuesta depende de la tasa y la permanencia de la carga. A grandes velocidades de carga, el hueso se vuelve más rígido, más fuerte y puede absorber más energía antes de quebrarse. Por otro lado, si se aplica una carga con lentitud, el hueso se

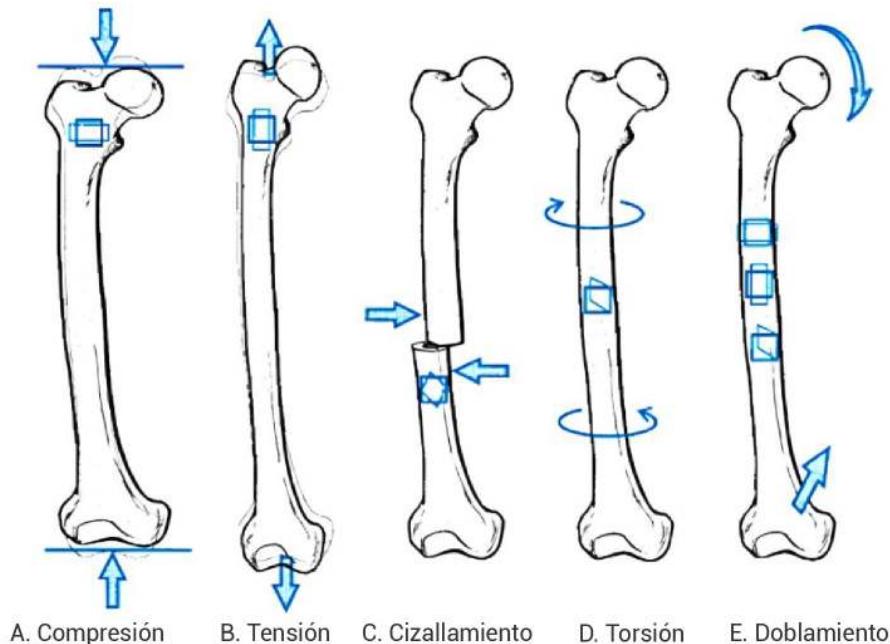
fractura a una carga que es aproximadamente la mitad de la carga que puede ser manejada por el hueso a una razón de carga rápida. El contenido de colágeno del hueso le proporciona la capacidad de soportar cargas de tensión.

### 2.1.5 Tipos de cargas que actúan sobre el hueso

Las principales cargas que actúan sobre el hueso son: compresión, tensión, cizallamiento, doblamiento (flexión) y torsión, tal como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 17**

*Tipos de carga que actúan sobre el hueso*



Nota. Tomado de *Biomecánica. Bases del movimiento humano* (p. 40) [Ilustración], por Hamill, J., Knutzen, K. y Derrick, T., 2017, [Wolters Kluwer Health](#), CC BY 4.0.

## **2.1.6 Características biomecánicas del hueso largo**

La longitud prevalece por otros diámetros, tienen forma tubular (menor peso). Presentan hueso compacto, esponjoso y cavidad medular, están implicados en la locomoción, por lo que conforman las palancas óseas, además de soportar cargas axiales principalmente. Permiten movimientos amplios y rápidos.

## **2.1.7 Características biomecánicas hueso corto.**

Tienen estructura cuboidal, están implicados principalmente en la absorción y transmisión de fuerzas, movimientos de baja amplitud. Presentan gran contenido de hueso esponjoso, por lo que pueden soportar cargas compresivas.

## **2.1.8 Características biomecánicas hueso plano.**

Su función es protectora o de refuerzo, forma y delimita cavidades.

## **2.1.9 Características biomecánicas huesos sesamoideos**

Se desarrollan en el transcurso de un tendón, protegen al tendón de un desgaste excesivo y cambian el ángulo de acción hacia su inserción distal (polea), por lo que proveen ventaja mecánica.

Estimado estudiante, revisar el capítulo 2 consideraciones esqueléticas para el movimiento, el tema denominado lesiones en el sistema musculoesquelético, página 47 de la siguiente referencia: Hamill, J., Knutzen, K. M., & Derrick, T. R. (2017). [Bases del movimiento humano](#). Barcelona: Wolters Kluwer Health.

Para fortalecer sus conocimientos le invito a revisar la siguiente infografía y realizar el quiz que se encuentra en el mismo:

[Tipos de cargas que actúan sobre el hueso](#)



Apreciados estudiantes, como pudieron observar las fuerzas que soporta el hueso son de compresión, tracción, cizallamiento, flexión y torsión, las cuales actúan en coherencia con las características biomecánicas del tejido óseo. Si estas sobrepasan el límite de deformación elástica y plástica estos se fracturan.

## 2.2 Biomecánica del tejido muscular (Nordin & Frenkel, 2004)

Los músculos ejercen una fuerza y, por lo tanto, son los principales colaboradores del movimiento humano. Se utilizan para conservar una posición, elevar o bajar una parte del cuerpo, para interrumpir un segmento que se desplace rápidamente, y para formar una gran velocidad en el cuerpo o sobre un objeto impulsado hacia el aire. El músculo solo tiene capacidad de jalar (contracción), y crea un movimiento por el cruce de una articulación.

### 2.2.1 Propiedades del tejido muscular

Es muy resistente y puede ser estirado o acortado a altas velocidades sin inducir un daño serio al tejido. El desempeño del tejido muscular bajo cargas y velocidades variables están determinados por la: irritabilidad, contractibilidad, extensibilidad y elasticidad.

- **Irritabilidad:** Es la capacidad de responder al estímulo. En un músculo, la estimulación la genera una neurona motora al liberar un neurotransmisor químico. El músculo esquelético es uno de los tejidos más responsivos y sensibles del cuerpo. Sólo el tejido nervioso es más sensible que el músculo esquelético.
- **Contractibilidad:** Es la capacidad de un músculo para formar tensión y acortarse cuando recoge la suficiente estimulación. Algunos músculos esqueléticos pueden reducirse del 50 a 70 % de su longitud en reposo y el valor promedio es de alrededor del 57 % de la longitud en reposo para todos los músculos esqueléticos. La distancia a la que se reduce un músculo está limitada usualmente por el confinamiento físico del cuerpo. Por ejemplo, el músculo sartorio puede aminorarse más de la mitad de su longitud si se

retira y estimula en un laboratorio, al contrario de lo que sucede en el cuerpo, donde la distancia de acortamiento está limitada por la articulación de la cadera y la posición del tronco y muslo.

- **Extensibilidad:** Es la capacidad de un músculo para extenderse o estirarse más allá de su longitud en reposo. El músculo esquelético no puede producir elongación por sí mismo, además se requiere de otro músculo o de una fuerza externa para su elongación. La cantidad de extensibilidad del músculo está establecida por el tejido conjuntivo que lo rodea y que se encuentra dentro de él.
- **Elasticidad:** Es la capacidad de una fibra muscular de retornar a su longitud de reposo posterior al retiro del estiramiento. La elasticidad en el músculo está generada por el tejido conjuntivo dentro del músculo y no por las propias fibras musculares. Las propiedades de elasticidad y extensibilidad son mecanismos protectores para conservar la integridad y la longitud básica del músculo. El tejido muscular siempre retorna a su longitud original. Si el músculo se estira demasiado, se romperá eventualmente.

### **2.2.2 Funciones del músculo y clasificación de los músculos de acuerdo a su función**

El músculo esquelético lleva a cabo varias funciones, todas son importantes para el desempeño eficiente del cuerpo humano. Las tres funciones que se relacionan específicamente con el movimiento humano son la contribución a la producción del movimiento esquelético, asistir en la estabilidad de las articulaciones y mantener la postura y el posicionamiento.

**Producir movimiento:** El movimiento esquelético se genera conforme a las acciones de los músculos y estas crean tensiones que son trasladadas al hueso. Y el resultado de los movimientos son necesarios para la locomoción y otras manipulaciones segmentarias.

**Mantener posturas y posiciones:** Se emplean acciones musculares de menor magnitud para conservar las posturas. Esta actividad muscular es constante y se deriva en pequeños ajustes mientras la cabeza se mantiene en posición y el peso del cuerpo se equilibra sobre los pies.

**Estabilizar las articulaciones:** Las acciones musculares también asisten a la estabilidad de las articulaciones. Las tensiones musculares empleadas son aplicadas sobre las articulaciones a través de los tendones, generando estabilidad donde atraviesa la articulación.

Los músculos esqueléticos también proporcionan otras funciones que no están directamente relacionadas con el movimiento humano como son:

- Facilitan soporte y protección a los órganos viscerales, y resguardan a los órganos internos de la lesión.
- La tensión muscular puede perturbar y controlar las presiones dentro de las cavidades.
- Contribuye al sostenimiento de la temperatura corporal al generar calor.
- Controlan la entrada y salida al cuerpo, por medio del control voluntario sobre la deglución, la defecación y la diuresis.

De acuerdo a su función los músculos se clasifican en músculos agonistas (aquellos cuya acción produce directamente un determinado movimiento, ejemplo el bíceps braquial durante la flexión del brazo), antagonistas (aquellos que realizan el movimiento opuesto de los músculos agonistas, ejemplo, el tríceps en el caso anterior) y sinergistas (aquellos que facilitan y cooperan para hacer eficiente la acción de los músculos agonistas sin efectuar la función de estos).

Por otro lado, los tipos de contracción muscular son:

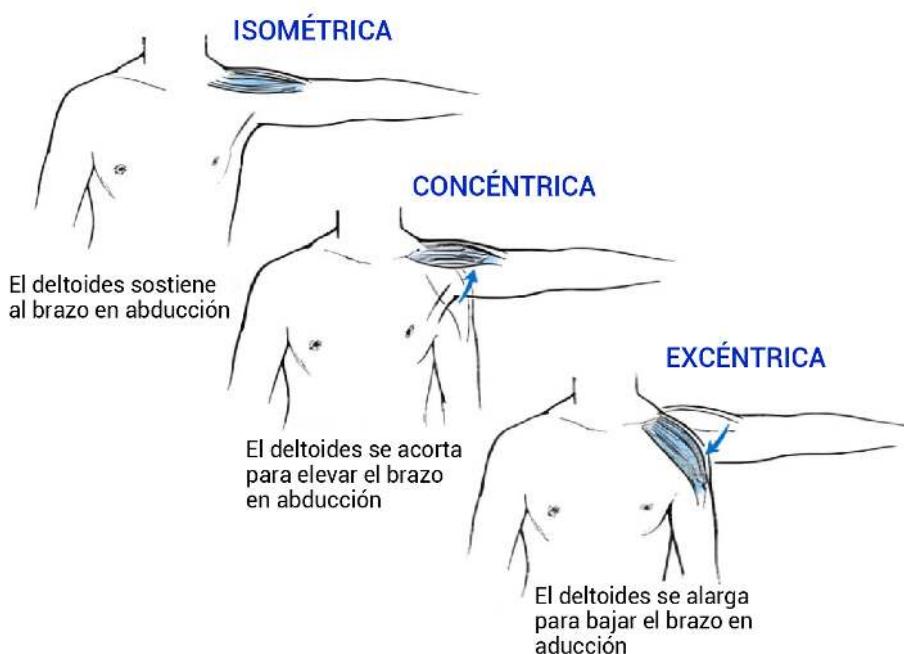
- **Contracción muscular isométrica (estática):** se produce un aumento de la tensión intramuscular sin producirse movimiento articular.
- **Contracción muscular isotónica (dinámica):** el músculo desarrolla tensión intramuscular, que puede ser de tipo concéntrica o excéntrica:
  - **Concéntrica:** Es aquella en la que los extremos del músculo que se contrae se aproximan a la vez que realizan su acción, venciendo así la resistencia externa.

◦ **Excéntrica:** Es aquella en la que los extremos del músculo se alejan a medida que la fuerza externa va venciendo a la generada por la acción contráctil.

• **Contracción muscular isocinética:** se logra con la ayuda de equipos computarizados empleados para la reeducación y entrenamiento muscular.

En la siguiente figura se exponen estos tipos de contracción:

**Figura 18**  
*Tipos de contracción muscular*



Nota. Tomado de *Biomecánica. Bases del movimiento humano* (p. 75) [Ilustración], por Hamill, J., Knutzen, K. y Derrick, T., 2017, [Wolters Kluwer Health](#), CC BY 4.0.

La siguiente tabla presenta una selección de músculos, los movimientos que realizan y el tipo de acción muscular involucrada, con el fin de ilustrar de forma práctica cómo se generan y controlan diferentes movimientos en el cuerpo humano.

**Tabla 1***Tipos de acción muscular según el movimiento*

Músculo	Movimiento	Acción muscular
Bíceps braquial-flexor del codo.	Flexión del codo al levantar.	Concéntrica-acortamiento.
Isquiotibiales-flexor de la rodilla.	Extensión de la rodilla al patear.	Excéntrica-alargamiento
Deltoides anterior- Flexor del hombro.	Flexión del hombro al pararse de manos.	Isométrica-estabilización.

Nota. Adaptado de *Biomecánica. Bases del movimiento humano* (p. 76), por Hamill, J., Knutzen, K. y Derrick, T., 2017, Wolters Kluwer Health..

### **2.2.3 Aspectos que inciden en la fuerza y la velocidad provocada por el músculo esquelético**

Hay distintos factores que se resisten a la fuerza de la contracción muscular, incorporando la resistencia pasiva interna del músculo y el tejido, los músculos antagonistas y los tejidos blandos, y la gravedad o el efecto de la carga que está siendo trasladada o controlada. Los factores que influyen son: la sección transversal del músculo, la longitud del músculo, la longitud de la fibra muscular, la precarga del músculo antes de la contracción, la activación neural del músculo, tipo de fibra y edad del músculo.

Para tener una mejor apreciación sobre lo expuesto, invito al estudiante a considerar las siguientes actividades, con el fin de tener una perspectiva más clara, comprensiva y enriquecedora sobre las bases del movimiento humano.



#### **Actividades de aprendizaje recomendadas**

1. Estimado estudiante, revisar el capítulo 3, páginas 59-96 de la siguiente referencia: Hamill, J., Knutzen, K. M., & Derrick, T. R. (2017). [Bases del movimiento humano](#). Barcelona:Wolters Kluwer Health.

2. Una vez realizada la lectura anterior, analice el siguiente caso:

### ¿Qué músculos utiliza para levantarse o sentarse?

Se inicia con la acción en la articulación de la rodilla, seguido al ponerse de pie, la rodilla se extiende, y al sentarse, la rodilla se flexiona. ¿Significa esto que, utiliza los extensores de la rodilla para levantarse y los flexores de rodilla para sentarse? No, emplea los extensores de la rodilla para poder ponerse de pie y también para sentarse. A manera de que usted se levanta y luego se sienta, puede percibir la tensión de los extensores de la rodilla (cuádriceps). Los flexores de la rodilla (isquiotibiales) están flácidos relativamente. Intente esto hasta que se convenza de que son de modo sobresaliente los extensores de la rodilla los que están activos al levantarse y al sentarse.

Utilice los extensores de su rodilla para levantarse de su asiento. Los músculos extensores de la rodilla se están reduciendo, pero si se contrae con un poco menos de fuerza, empezará a descender de nuevo de su asiento. Por medio de esta fase de descenso, encontrará que el cuádriceps se está alargando y usted está usando sus músculos extensores de forma excéntrica para examinar la velocidad del movimiento para sentarse. La fuerza que lo está jalando hacia abajo es la gravedad (Hamill et al., 2017).

3. Con la información proporcionada en la unidad 2, apartados 2.1 y 2.2, responda las siguientes preguntas; puede utilizar cualquier fuente de consulta.

- ¿Cuándo se realiza la flexión de antebrazo sobre el brazo, qué tipo de contracción muscular se produce?
- ¿Los músculos que actúan en esta acción son agonistas o antagonistas?, ¿cuáles son los huesos largos de la extremidad superior?
- ¿Cuáles son los huesos cortos de la extremidad superior?

Nota. conteste las actividades en un cuaderno de apuntes o en un documento Word.

Si usted pudo contestar estas preguntas, ya cuenta con los conceptos básicos necesarios para comprender el movimiento corporal humano.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



## Semana 4

Apreciado estudiante, recuerde que es indispensable conocer el comportamiento mecánico de los tejidos corporales, a fin de comprender la etiología de los trastornos musculosqueléticos, es así que a continuación le invito a leer detalladamente la biomecánica del cartílago articular, del tendón, así como del ligamento.

### **Unidad 2: Biomecánica de los tejidos corporales**

#### **2.3. Biomecánica del cartílago articular (Hamill et al., 2017)**

Vamos a explorar la biomecánica del cartílago articular, donde conocerá las características del cartílago y del fibrocartílago, así como su función fundamental en las articulaciones para soportar cargas, facilitar el movimiento y proteger los huesos.

##### **2.3.1. Cartílago**

El cartílago es un tejido firme y flexible generado por células (condrocitos), rodeado de una matriz extracelular. Los principales tipos de cartílago son el articular o hialino y el fibrocartílago.

Las articulaciones se enlazan con los distintos huesos del esqueleto. En las articulaciones con movimiento libre, los extremos articulares de los huesos están protegidos por un tejido conjuntivo denominado cartílago articular. Esta es una sustancia avascular formada por el 60 al 80 % de agua y una matriz sólida compuesta de colágeno y proteoglicano.

El colágeno es una proteína con propiedades mecánicas importantes de rigidez y fortaleza. El cartílago no tiene un aporte vascular y tampoco tiene nervios, y se nutre a través del líquido dentro de la articulación. Además, es anisotrópico, lo que significa que tiene diferentes propiedades materiales para distintas orientaciones en relación con la superficie articular.

El cartílago articular tiene el papel de: transferir las fuerzas compresivas a lo largo de la articulación, admitir el movimiento en la articulación con una reducida fricción y desgaste, redistribuir la tensión de contacto sobre un área más extensa y brindar protección al hueso subyacente. Se ha difundido que el coeficiente de fricción de ciertas articulaciones está en un intervalo de 0.01 a 0.04, el coeficiente de fricción del hielo a una temperatura de 0 °C es de alrededor de 0.01.

### **2.3.2. Fibrocartílago**

Este se posiciona donde el cartílago articular se halla con un tendón o ligamento; actúa como un intermediario entre el cartílago articular o hialino y los otros tejidos conjuntivos. El fibrocartílago se localiza donde se demandan tanto de fortaleza de tensión como la capacidad de resistir altas presiones, como en los discos intervertebrales, la mandíbula y la articulación de la rodilla.

Una estructura de fibrocartílago se designa como un disco articular, o menisco. Los meniscos mejoran también los ajustes entre los huesos que se articulan y que tienen estructuras ligeramente diferentes. Los desgarros en los meniscos por lo general suceden durante un cambio brusco de dirección con todo el peso sobre una extremidad.

## 2.4 Biomecánica del tendón (Hamill et al., 2017)

A continuación, se aborda la biomecánica del tendón, donde se analizarán sus funciones principales, características estructurales y la forma en que transmiten la fuerza muscular al hueso, elementos esenciales para comprender su papel en el movimiento y la estabilidad articular.

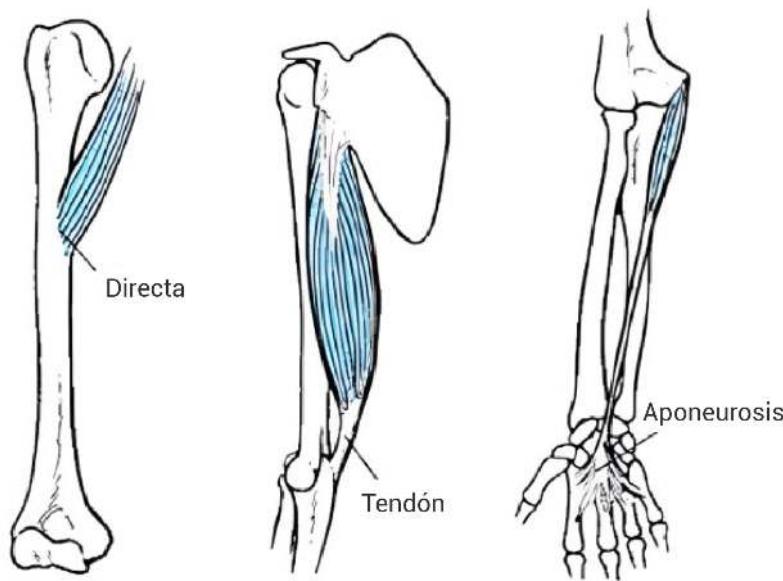
### 2.4.1. Transmisión de la fuerza muscular al hueso

El músculo se acopla al hueso de tres formas, por medio de un tendón, una aponeurosis o un tendón plano. Entre los tipos se encuentran los expuestos en la siguiente figura:



**Figura 19**

Tipos de unión muscular



A. Coracobrachial   B. Cabeza larga del tríceps   C. Palmaris longus

El músculo se une directamente al hueso (**A**) o a través de un tendón (**B**) o mediante una aponeurosis (**C**).

Nota. Tomado de Biomecánica. Bases del movimiento humano (p. 69) [Ilustración], por Hamill, J., Knutzen, K. y Derrick, T., 2017, [Wolters Kluwer Health](#), CC BY 4.0.

#### 2.4.2. Características del tendón

El tendón transmite la fuerza del músculo al hueso. Este se enlaza al músculo en la unión miotendinosa, donde las fibras musculares están entrelazadas con las fibras de colágeno del tendón. Son vigorosos y transportan grandes cargas por medio de conexiones donde las fibras atraviesan la superficie de los huesos. Los tendones pueden resistir al estiramiento, son flexibles y pueden doblarse al pasar sobre los cartílagos, huesos sesamoideos o bursas.

Los tendones están conformados por un haz inelástico de fibras de colágeno, además estas fibras son inelásticas, los tendones pueden responder retrayéndose elásticamente y por la elasticidad del tejido conjuntivo. Pueden resistir grandes fuerzas tensiles generadas por los músculos, y presentan un comportamiento viscoelástico en respuesta a la carga. Se ha reportado que el tendón de Aquiles puede soportar cargas tensiles a un grado igual o mayor al de una lámina de acero de similares dimensiones.

Exponen una respuesta no lineal y exhiben histéresis. Son relativamente rígidos y más fuertes que otras estructuras. Además, responden de manera muy rígida cuando son expuestos a una alta razón de carga. Los tendones deben ser bastante fuertes y rígidos para reproducir fuerza al hueso sin desfigurarse mucho.

## 2.5. Biomecánica de los ligamentos (Hamill et al., 2017)

Un ligamento es una banda corta fuerte de tejido conjuntivo que ensambla hueso con hueso y está desarrollado por colágeno, elastina y fibras de reticulina. Los ligamentos pueden ser capsulares, extracapsulares o intraarticulares.

### 2.5.1. ¿Cuál es la función de un ligamento?

La función de un ligamento básicamente es guiar el funcionamiento normal de la articulación, limitar el movimiento anormal de la articulación, es decir proporcionar estabilidad a la articulación.



Estimado estudiante para una mejor comprensión le invito a revisar el tema articulaciones óseas, principales articulaciones del cuerpo, páginas 49-54 de la siguiente referencia: Hamill, J., Knutzen, K. M., & Derrick, T. R. (2017). [Bases del movimiento humano](#). Barcelona: Wolters Kluwer Health.



## Actividades de aprendizaje recomendadas

1. Apreciado estudiante, a continuación, le recomiendo revisar las páginas 75 a 142, el tema: Biomecánica del cartílago articular; Biomecánica de los tendones y Ligamentos, aquello dará una mejor comprensión del tema impartido, del libro de Anzures, M. B., Frankel, V. H., & Nordin, M. (2013). [Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético. \(4, Ed.\) Barcelona](#): Wolters Kluwer Health.
2. Observe el siguiente video "[Biomecánica de tejidos](#)" y realice un pequeño resumen. Esto le ayudará a comprender las definiciones, características y/o propiedades de los tejidos, que son clave a la hora de la presentación de trastornos musculoesqueléticos relacionados con la actividad laboral, recreativa o repetitiva.
3. Adicionalmente, para mejorar sus conocimientos sobre el tema, recomiendo dar respuesta al siguiente quiz:

[Biomecánica de los tejidos corporales \(quiz\)](#)

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



## Semana 5

Continuando con el estudio de la biomecánica de los tejidos corporales, ahora estimados estudiantes, vamos a revisar el comportamiento biomecánico de los nervios periféricos y de las raíces nerviosas raquídeas; por lo tanto, les invito a leer comprensivamente los siguientes temas:

### Unidad 2: Biomecánica de los tejidos corporales

#### **2.6. Biomecánica de los nervios periféricos y de las raíces nerviosas raquídeas (Nordin & Frenkel, 2004)**

El movimiento humano es monitoreado e intervenido por el sistema nervioso. La naturaleza de esta intervención se da porque muchos músculos deben ser activados para llevar a cabo un movimiento fuerte, como una carrera, o realizar

una llamada telefónica. El sistema nervioso es responsable de la identificación de los músculos que serán activados para un movimiento en particular y luego generar el estímulo para desarrollar el nivel de fuerza que será requerido por ese músculo.

Varios movimientos requieren de una estabilidad de los segmentos adyacentes mientras se desarrolla una habilidad motora fina. Esto demanda una gran coordinación del sistema nervioso para afianzar dichos segmentos como el brazo y antebrazo, mientras que se hacen movimientos pequeños y coordinados en los dedos, como sucede al escribir.

La precisión del movimiento, es otra tarea con la cual se afronta el sistema nervioso. Está relacionada con la tarea de la exactitud del movimiento, por ejemplo, coordina los músculos para arrojar una pelota con la cantidad exacta de fuerza muscular de forma que el lanzamiento sea exitoso.

### **2.6.1. Organización del sistema nervioso**

El sistema nervioso se contempla en dos partes: sistema nervioso central y sistema nervioso periférico. El sistema nervioso central está estructurado por el cerebro y la médula espinal, y debe ser visto como el medio a través del cual se inicia, controla y vigila el movimiento humano. Por otro lado, el sistema nervioso periférico consiste en todas las raíces que se encuentran en la parte externa de la médula espinal. Los nervios periféricos o nervios espinales son responsables principalmente de la acción muscular que ingresan en la parte posterior o dorsal de la columna vertebral, y brotan en forma anterior o ventral a cada costado de los niveles vertebrales de la columna vertebral. Por otro lado, ocho pares de nervios ingresan y emergen en la región cervical, 12 pares en la región torácica, cinco en la región lumbar, cinco en la región sacra y uno en el segmento coccígeo.

## **2.6.2. Comportamiento biomecánico de los nervios periféricos**

Un traumatismo externo sobre las extremidades y un atrapamiento nervioso pueden producir la deformación mecánica de los nervios periféricos, lo que ocasionaría el deterioro de la función nerviosa. Un traumatismo mecánico puede provocar cambios en la estructura y función del nervio.



Los modos comunes de lesión nerviosa son el estiramiento y la compresión, los cuales pueden ser impuestos, respectivamente, por la rápida extensión y el aplastamiento.

### **2.6.2.1. Lesiones por estiramientos (tensiles) de los nervios periféricos**

La máxima carga que puede ser soportada por los nervios mediano y cubital está en el rango de 70 a 220 newtons y 60 a 150 N, respectivamente. Cuando se aplica tensión sobre un nervio, la elongación inicial del nervio por debajo de una muy pequeña carga es seguida por un intervalo en el cual la solicitud y la elongación muestran una relación lineal característica de un material elástico. A medida que se alcanza el límite de la región lineal, las fibras nerviosas empiezan a romperse dentro de los tubos endoneurales y permanecen intactas en el perineuro. La ruptura de las membranas perineurales se produce aproximadamente de 25 a un 30 % de elongación (deformación última) por encima de la longitud in vivo. Después de este punto hay una desintegración de las propiedades elásticas, y el nervio se comporta más como un material plástico.

Las lesiones por estiramiento o tensiles de los nervios periféricos se asocian normalmente con accidentes graves, tales como las sufridas durante el parto por tensión excesiva sobre el plexo braquial, como resultado de una colisión a la velocidad con el vehículo, o después de una caída desde una altura. Tales lesiones pueden provocar una pérdida funcional o total de algunos o todos los nervios de la extremidad superior y con los consecuentes déficits funcionales que representan una considerable discapacidad en términos de pérdida sensitiva y motora.

## **2.6.2.2. Lesiones por compresión de los nervios periféricos**

La compresión de un nervio puede inducir síntomas como el entumecimiento, el dolor o la debilidad muscular.

## **2.6.2.3. Niveles críticos de presión**

La duración de la compresión también influye en el desarrollo de estos cambios. A 30 mmHg de compresión local, pueden aparecer cambios funcionales en el nervio, y puede ponerse en peligro su viabilidad durante compresiones prolongadas (de 4 a 6 horas) a este nivel de presión. Estos cambios parecen estar causados por la disfunción del flujo sanguíneo en la parte comprimida del nervio.

Mayores niveles de presión 200 a 400 mmHg aplicados directamente sobre un nervio, pueden inducir el daño estructural de la fibra nerviosa y un rápido deterioro de la función nerviosa, con una recuperación incompleta, incluso tras períodos más cortos de compresión. El modo de aplicación de la presión influye en la lesión nerviosa, probablemente una compresión directa causa una deformación más pronunciada del nervio, que una presión indirecta, en la cual las capas de tejido entre el instrumental de aplicación de la compresión y el nervio amortiguan al nervio.

La lesión nerviosa causada por la compresión no es directamente proporcional al aumento del nivel de la presión hidrostática en el centro del segmento nervioso comprimido; sin embargo, sí depende en gran medida de la deformación mecánica específica inducida por la presión aplicada.



Las fibras nerviosas de gran diámetro se afectan con frecuencia, pero las fibras de pequeño diámetro no sufren alteración. Por lo tanto, las fibras nerviosas más grandes experimentan una deformación relativamente mayor que las más finas a una presión dada.

#### **2.6.2.4. Comportamiento biomecánico de las raíces nerviosas espinales**

Las raíces nerviosas en la duramadre carecen de epineuro y perineuro, pero, sometidas a cargas de tensión, exhiben tanto elasticidad como fuerza tensil. La carga última para las raíces nerviosas espinales ventrales de la duramadre espinal está entre 2 y 22 N, y para las raíces nerviosas dorsales de la duramadre está entre 5 y 33 N.

La longitud de las raíces nerviosas desde la médula espinal hasta los agujeros intervertebrales varía de 60 mm aproximadamente a nivel de L1 64 MAD-UTPL a 170 mm aproximadamente a nivel de S1. Las propiedades mecánicas de las raíces nerviosas espinales en el ser humano son diferentes para cualquier raíz nerviosa, según sea su localización en el canal vertebral central y en los agujeros intervertebrales laterales. La carga última para la porción intradural de las raíces nerviosas S1 en el ser humano a nivel de S1 es aproximadamente de 13 N y a nivel de la porción del agujero es de aproximadamente 73 N.

Para las raíces nerviosas a nivel de L5 en el ser humano, los valores correspondientes son de 16 N y 71 N respectivamente. Por tanto, los valores de carga última son aproximadamente cinco veces mayores para el segmento de los agujeros de las raíces nerviosas que para la porción intradural de estas mismas raíces nerviosas, bajo carga tensil. Sin embargo, el área de la sección transversal de la raíz nerviosa a nivel del agujero intervertebral es significativamente mayor que el de la misma raíz nerviosa a nivel de la duramadre; por lo tanto, la carga tensil última fue más comparable para dos localizaciones. La deformación última bajo carga tensil es del 13 al 19 % para raíz nerviosa del ser humano a nivel L5-S1.

Las raíces nerviosas en la columna vertebral no son estructuras estáticas; se mueven de manera relativa en torno a los tejidos anexos durante cada movimiento vertebral.

Para permitir tal movimiento, las raíces nerviosas en el agujero intervertebral, por ejemplo, deben tener la capacidad de deslizar, la irritación crónica con la fibrosis consecuente alrededor de las raíces nerviosas, junto con alteraciones tales como una hernia discal y/o estenosis del agujero intervertebral, pueden afectar la capacidad de deslizamiento de las raíces nerviosas.

Pues aquello puede producir lesiones por microestiramientos repetidos de las raíces nerviosas, incluso durante movimientos vertebrales normales, los cuales podrían inducir una irritación tisular aún mayor en los componentes de la raíz nerviosa. El rango normal en los movimientos de las raíces nerviosas de la columna lumbar humana se ha medido de manera experimental sobre cadáveres. Se descubrió que la elevación de la pierna extendida movía raíces nerviosas, aproximadamente de 2 a 5 mm, a nivel de los agujeros intervertebrales.



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Para enriquecer su conocimiento, realice las actividades que se presentan a continuación:

1. Para tener un mejor entendimiento sobre lo expuesto, estimados estudiantes, revisar los temas de Biomecánica de los nervios periféricos y de las raíces nerviosas raquídeas; Biomecánica del músculo esquelético denotados en la siguiente referencia: Anzures, M. B., Frankel, V. H., & Nordin, M. (2013). [Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético](#). (4, Ed.) Barcelona: Wolters Kluwer Health.
2. Revisar el video [Sistema nervioso periférico](#), esto le permitirá comprender de mejor manera el tema planteado de esta semana.
3. Adicionalmente, para profundizar y consolidar sus conocimientos sobre el tema, le sugiero responder al siguiente quiz:  
[Funcionamiento y lesiones del sistema nervioso \(quiz\)](#)
4. Ha llegado el momento de conocer los resultados de su autoaprendizaje. Para ello, le recomiendo realizar la siguiente autoevaluación.



## Autoevaluación 2

**Seleccione la respuesta correcta según corresponda, elija solamente una opción.**

**1. Seleccione la respuesta correcta respecto a la segunda ley de Newton:**

- a. Afirma que, si la suma vectorial de las fuerzas que actúan sobre un objeto es cero, el objeto permanecerá en reposo o seguirá moviéndose a velocidad constante.
- b. El que la fuerza ejercida sobre un objeto sea cero no significa necesariamente que su velocidad sea cero.
- c. Relaciona la fuerza total y la aceleración. La aceleración será proporcional a la magnitud de la fuerza total y tendrá la misma dirección y sentido que esta.
- d. Determina que cuando un objeto ejerce una fuerza sobre otro, este otro objeto ejerce también una fuerza sobre el primero.

**2. ¿En qué plano se realizan los movimientos de rotación?**

- a. Medio o sagital.
- b. Coronal o frontal.
- c. Transversal u horizontal.
- d. Ninguna opción es correcta.

**3. ¿En qué plano se realizan los movimientos de abducción y aducción?**

- a. Medio o sagital.
- b. Medio o sagital.
- c. Transversal u horizontal.
- d. Ninguna opción es correcta.

**4. La palanca de segundo grado es aquella que:**

- a. Sitúa la resistencia o peso entre el Fulcro o punto de apoyo y la fuerza o Potencia.
- b. Sitúa el Fulcro o punto de apoyo entre la Resistencia o peso y la fuerza o Potencia.
- c. Sitúa la fuerza o Potencia entre el Fulcro o punto de apoyo y la Resistencia o peso.

**5. La dinámica se encarga de:**

- a. Descripción geométrica del movimiento.
- b. Estudio de las leyes del equilibrio de la materia.
- c. Estudio de las leyes del movimiento de la materia.
- d. Estudio de las fuerzas que generan (modifican o detienen el movimiento).

**6. Descripción geométrica del movimiento. Estudio de las leyes del equilibrio de la materia. Estudio de las leyes del movimiento de la materia. Estudio de las fuerzas que generan (modifican o detienen el movimiento).**

- a. El quitagrapas, la pinza de cejas.
- b. El conjunto comprendido: tríceps braquial - codo - antebrazo.
- c. La carretilla, los remos.
- d. La flexión de la muñeca con el antebrazo en posición horizontal.

**Conteste verdadero o falso según corresponda.**

7. ( ) **La flexión lateral utiliza el movimiento de la cabeza y tronco:**

8. ( ) **El esqueleto axial incluye las extremidades superiores e inferiores**



**9. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre las lesiones por compresión de los nervios periféricos es correcta?**

- a. La compresión a 30 mmHg durante 4 a 6 horas puede causar cambios funcionales y afectar la viabilidad del nervio.
- b. Las fibras nerviosas de pequeño diámetro son más susceptibles a la compresión que las de gran diámetro.
- c. Los niveles de presión inferiores a 100 mmHg no producen ningún daño en los nervios periféricos.
- d. La lesión nerviosa por compresión es directamente proporcional al aumento de la presión hidrostática en el nervio.

**10. Un trabajador industrial de 45 años realiza inspecciones repetitivas de piezas en una banda transportadora, lo que lo obliga a mantener el cuello en flexión cervical de forma prolongada y constante. Como consecuencia, presenta dolor irradiado hacia el brazo derecho, síntoma compatible con compresión de raíces nerviosas cervicales. ¿Cuál de las siguientes raíces nerviosas es más propensa a sufrir compresión durante movimientos repetitivos de flexión cervical?**

- a. C1-C2.
- b. C5-C6.
- c. T2-T3.
- d. C4-C5.

[Ir al solucionario](#)



Estimado estudiante, ¡Felicitaciones! Ha concluido satisfactoriamente el estudio de esta unidad.



## Semana 6

A continuación, revisaremos la organización de la columna vertebral o raquis y su biomecánica, en la cual se describirán los principales movimientos, el lugar donde se producen y sus diferentes componentes que intervienen en su ejecución, esto servirá para poder identificar las alteraciones a nivel de columna vertebral como procesos de hiperclisisis, escoliosis o rectificación de la columna que pueden dar lugar a los trastornos musculoesqueléticos; toda esta temática otorgará una adquisición más comprensiva sobre el tema.

### **Unidad 3. Biomecánica de la columna vertebral – raquis**

#### **3.1. El raquis en conjunto (Kapandji, 2012)**

La columna vertebral consta de 33 a 34 vértebras, divididas en cinco regiones:

1. Cervical: 7.
2. Dorsal o torácica: 12.
3. Lumbar: 5.
4. Sacra: 5 vértebras fusionadas.
5. Coccígea: 3 o 4 vértebras fusionadas.

La columna vertebral constituye el pilar central del tronco, tiene una función de soporte y desempeña un rol protector del eje nervioso, donde el canal raquídeo inicia a la altura del agujero occipital, alberga el bulbo raquídeo y la médula espinal, de modo que constituye un protector flexible y eficaz. El sacro, constituido por la fusión de cinco vértebras sacras, se integra en la cintura pélvica. El cóccix, articulado con el sacro, es un residuo de la cola de la mayoría de los mamíferos. Está formado por la soldadura de 4 a 6 pequeñas vértebras coccígeas.

### **3.1.1. Las curvas del raquis agrupadas (Kapandji, 2012)**

La columna vertebral en su conjunto es rectilínea en una visión anterior o posterior. En esta actitud, la línea de los hombros y la línea de las fosas sacras son paralelas y horizontales. En cambio, en el plano sagital la columna vertebral presenta cuatro curvas:

1. Curva sacra, fija debido a la soldadura definitiva de las vértebras sacras.  
Es de concavidad anterior.
2. Curva lumbar, o lordosis lumbar, de concavidad posterior.
3. Curva torácica, o cifosis torácica, presenta una convexidad posterior.
4. Curva cervical, o lordosis cervical, de concavidad posterior.

Cuando el individuo está en equilibrio normal, en bipedestación, la parte posterior del cráneo, la espalda y los glúteos son tangentes en un plano vertical. En el plano sagital, estas curvas pueden asociarse a curvas en el plano frontal, lo que da como resultado una gibia o escoliosis.

### **3.1.2. El establecimiento de las curvas raquídeas (Kapandji, 2012)**

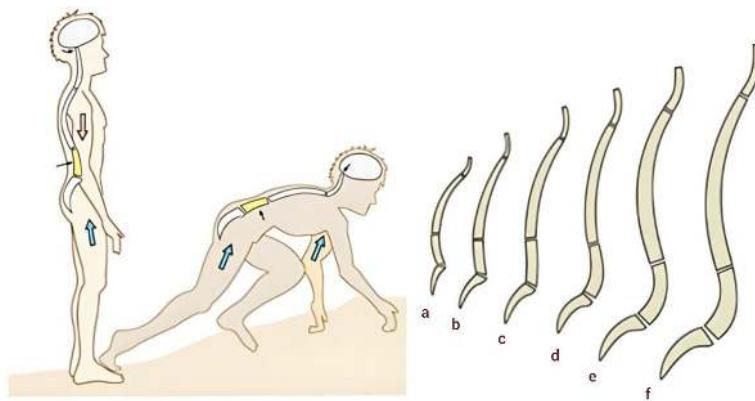
El paso de la cuadrupedia a la bipedestación incita al enderezamiento y posterior a la inversión de la curva lumbar, donde inicialmente es cóncava hacia delante; de esta manera surgió la lordosis lumbar que es cóncava hacia atrás. Simultáneamente, el raquis cervical, que se articulaba con la caja craneal por detrás, se vio progresivamente desplazado por debajo del cráneo.

En el primer día de vida del ser humano, el raquis lumbar es cóncavo hacia delante. Luego, con cinco meses, la curva se mantiene ligeramente cóncava hacia delante; no es hasta los trece meses que el raquis lumbar se hace rectilíneo. A partir de los tres años se puede apreciar una ligera lordosis lumbar que se establecerá a los 8 años y acogerá su curva definitiva a los 10 años.

En la siguiente figura se expone este establecimiento:

**Figura 20**

Establecimiento de las curvas raquídeas



Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 3* (p. 11) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, Editorial Médica Panamericana, CC BY 4.0.

### 3.1.3. Configuración de la vértebra tipo

Compuesta por dos partes principales:

- El arco posterior por detrás.
- El cuerpo vertebral por al frente;

El cuerpo vertebral es la sección más robusta de la vértebra: por lo general tiene una forma cilíndrica, mientras que el arco posterior tiene la forma de una herradura. Y a ambos lados de este arco se establece el macizo de las apófisis articulares; de forma que se deslindan dos partes: por un lado, se localizan los pedículos (por delante del macizo); por detrás, en la línea media, se sujetla la apófisis espinosa.

Este arco posterior se adiciona a la cara posterior del cuerpo vertebral mediante los pedículos. La vértebra completa contempla también las apófisis transversas que se enlazan al arco posterior alrededor de la altura del macizo de las apófisis articulares. Estas distintas partes constitutivas se establecen en sentido vertical. De esta manera, a lo largo de todo el raquis, se establecen

tres columnas: por delante, una columna principal, formada por el apilamiento de los cuerpos vertebrales; por detrás del cuerpo vertebral, dos columnas secundarias constituidas por el apilamiento de las apófisis articulares.

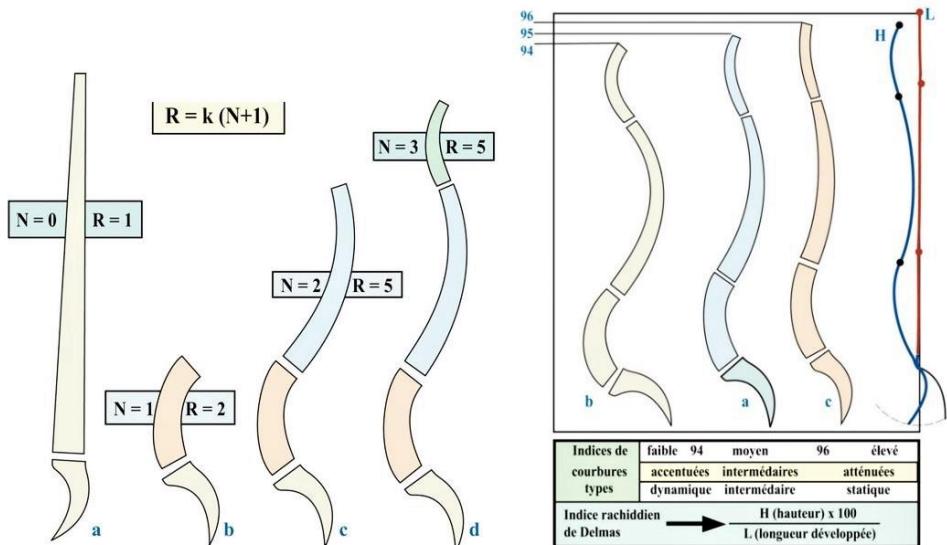
principal, formada por el apilamiento de los cuerpos vertebrales; por detrás del cuerpo vertebral, dos columnas secundarias constituidas por el apilamiento de las apófisis articulares.

### 3.1.4. Las curvas raquídeas

La existencia de curvas raquídeas aumenta la resistencia del raquis a las fuerzas de compresión axial (ver figura 21). El raquis con curvas pronunciadas es de tipo funcional dinámico, con un sacro que tiende hacia la horizontal, mientras que el raquis con curvas poco acentuadas es de tipo funcional estático, con un sacro que tiende hacia la vertical.

**Figura 21**

Curvas raquídeas



Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 3* (p. 15) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, Editorial Médica Panamericana, CC BY 4.0.

### **3.1.5. Las divisiones funcionales de una vértebra**

Por delante, se localiza el cuerpo vertebral, que se integra en el pilar anterior. Este pilar desempeña una función principalmente de soporte, es decir una función estática. Por detrás, el arco posterior, sujeta las apófisis articulares, cuyo apilamiento conforma las columnas de las apófisis articulares, desempeña una función dinámica. En el sentido vertical, la disposición alterna de las piezas óseas y de los elementos de unión ligamentosa permite distinguir un segmento pasivo constituido por la vértebra misma, y un segmento móvil, que comprende de delante atrás:

- Disco intervertebral
- Agujero de conjunción
- Articulaciones cigapofisarias
- Ligamento amarillo y ligamento interespinoso

### **3.1.6. El núcleo pulposo**

El núcleo pulposo tiene una forma parecida a una esfera. Se puede considerar que se comporta como una canica intercalada entre dos planos. Este tipo de articulación denominada “de rótula” permite tres clases de movimiento:

1. Movimientos de inclinación:
  - a. Flexo-extensión en el plano sagital;
  - b. Inflexión lateral en el plano frontal.
2. Movimientos de rotación de una de las mesetas con relación a la otra.
3. Movimientos de deslizamiento o de cizallamiento de una meseta sobre la otra a través de la esfera.

### **3.1.7. Este tipo de articulación ofrece seis grados de libertad**

Los seis grados de libertad son:

- Flexo-extensión: 2

- Inclinación a cada lado: 2
- Rotación derecha-izquierda: 2

Cada movimiento es de escasa amplitud. Los movimientos de gran amplitud solo se pueden obtener gracias a la suma de numerosas articulaciones de este tipo. Estos movimientos complejos están condicionados tanto por la disposición de las carillas articulares posteriores como por la de los ligamentos.

### **3.1.8. El estado de precompresión del disco y la auto estabilidad de la articulación disco vertebral**

Las presiones ejercidas sobre el disco intervertebral son importantes, sobre todo cuánto más se aproxima al sacro. Si se consideran las fuerzas de compresión axial, se puede determinar que cuando la meseta vertebral ejerce una fuerza sobre el disco intervertebral, la presión que recibe el núcleo pulposo equivale a la mitad de la carga aumentada en un 50% y la presión ejercida sobre el anillo fibroso equivale a la otra mitad disminuida en un 50%. El núcleo pulposo soporta pues el 75% de la carga y el anillo fibroso el 25%. Sin embargo, el núcleo pulposo actúa como distribuidor de la presión en sentido horizontal sobre el anillo fibroso.

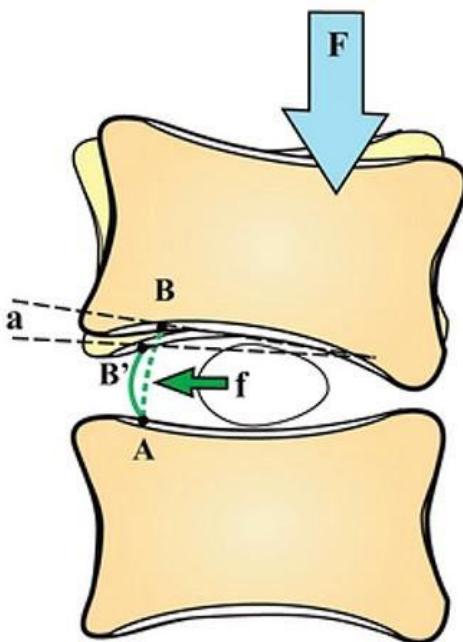
La presión en el centro del núcleo pulposo no es nula, incluso cuando el disco no soporta carga alguna. Esta presión se debe al estado de hidrofilia, que hace que se hinche dentro de su comportamiento inextensible. De este modo se crea un estado de "pretensión". La pretensión del disco intervertebral le permite, de igual modo, resistir mejor las fuerzas de compresión y de inflexión. Con la edad el núcleo pulposo pierde sus propiedades hidrófilas, su presión interna disminuye y el estado de pretensión tiende a desaparecer, lo que explica la pérdida de flexibilidad del raquis senil.

Cuando un disco está expuesto a una presión axial asimétrica, la meseta vertebral superior sufre una inflexión hacia el lado con más carga, desplazándose un ángulo de oscilación. Así, en la figura 22, la fibra AB' estará tensa en la posición AB, aunque, simultáneamente, la presión máxima del

núcleo pulposo del lado de la flecha va a ejercer sobre esta fibra AB de modo que la devuelva a la posición AB', enderezando así la meseta superior y devolviéndolo a su posición inicial. Este mecanismo de auto estabilidad está ligado al estado de pretensión. El anillo fibroso y el núcleo pulposo forman juntos una pareja funcional cuya eficacia depende de la integridad de ambos elementos.

**Figura 22**

*Estado de precompresión del disco y la auto estabilidad de la articulación disco vertebral*



Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 3* (p. 27) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

### 3.1.9. La migración de agua en el núcleo pulposo

El núcleo pulposo reposa en la parte central de la meseta vertebral, parte cartilaginosa, pero con numerosos poros que comunican el compartimento del núcleo pulposo con el tejido esponjoso situado bajo la meseta vertebral.

Cuando se ejerce una presión importante sobre el eje del raquis (peso del cuerpo en bipedestación), el agua que contiene la sustancia cartilaginosa del núcleo pulposo pasa a través de los orificios de la meseta vertebral hacia el centro de los cuerpos vertebrales. Si se mantiene esta presión estática durante todo el día, el núcleo pulposo está claramente menos hidratado que al inicio, se puede deducir que el espesor del disco ha disminuido sensiblemente.

Por el contrario, en decúbito supino los cuerpos vertebrales ya no sufren la presión axial ejercida por la acción de la gravedad. En este periodo de descarga, la hidrofilia del núcleo pulposo atrae el agua que retorna de los cuerpos vertebrales hacia el núcleo pulposo. El disco recobra entonces su grosor inicial. Al ser el estado de precompresión más acentuado por la mañana que por la noche, la flexibilidad raquídea también mayor al comienzo de la jornada.



Con la edad, este estado de imbibición disminuye al tiempo que la hidrofilia, provocando una disminución del estado de precompresión. Esto explica la disminución del estado de estatura como de flexibilidad raquídea en los ancianos.

Aplicando una carga constante sobre un disco vertebral la disminución del grosor del disco no es lineal sino exponencial, lo que sugiere un proceso de deshidratación proporcional al volumen del núcleo pulposo. Cuando se retira la carga, el disco recupera su grosor inicial, pero la curva no es lineal sino exponencial inversa, y la restauración total del grosor inicial del disco requiere cierto tiempo. Si estas cargas y descargas del disco se repiten con demasiada asiduidad, el disco no tiene tiempo de recobrar su grosor inicial. Igualmente, si las cargas y descargas se repiten de manera demasiado prolongada, aunque se espere el tiempo necesario de recuperación, el disco no recupera su grosor inicial. Es así que, se constata un fenómeno de envejecimiento del disco intervertebral.

Ahora, continuemos con el estudio del siguiente tema que trata sobre la biomecánica y las funciones del raquis, explorando cómo sus movimientos y estructuras afectan la movilidad y estabilidad de la columna vertebral.

## Movimientos y biomecánica del raquis

### 3.1.10. Alteraciones del disco conforme el nivel

El grosor del disco no es el mismo en todos los niveles raquídeos:

1. Raquis lumbar: el disco es más grueso, mide 9 mm de altura;
2. Raquis torácico: mide 5 mm de espesor;
3. Raquis cervical: su grosor es de 3 mm.

La noción de proporción de disco en relación con la altura del cuerpo vertebral da idea de la movilidad del segmento raquídeo, cuanto más grande es, más importante es su movilidad:

1. El raquis cervical es el más móvil, posee una relación disco-corpórea de 2/5;
2. El raquis lumbar, un poco menos móvil, posee una relación disco-corpórea de 1/3;
3. El menos móvil es el torácico, su relación disco-corpórea es de 1/5.

### 3.1.11. Conducta del disco intervertebral en las acciones primordiales

Cuando se ejerce sobre el disco una fuerza de tracción axial, las mesetas vertebrales tienden a separarse, lo que aumenta el grosor del disco; al tiempo, su anchura disminuye y la tensión de las fibras del anillo fibroso aumenta. Además, el núcleo pulposo que está en estado de reposo, está ligeramente aplastado y adquiere una forma más esférica. Su elongación disminuye la presión en el interior del núcleo pulposo.

Por otro lado, cuando se ejerce una fuerza de compresión axial, el disco se aplasta y se ensancha, el núcleo pulposo se aplana, su presión interna aumenta de manera notable y se transmite lateralmente hacia las fibras más internas del núcleo pulposo; de este modo, la presión vertical se transforma en fuerzas laterales y la tensión de las fibras del anillo fibroso aumenta.

Durante los movimientos de extensión la vértebra superior se desplaza hacia atrás, el espacio intervertebral disminuye por atrás y el núcleo pulposo se proyecta hacia delante, de modo que se desplaza hacia las fibras anteriores del anillo fibroso aumentando su tensión tirando de la vértebra superior hacia su posición inicial.

Durante la flexión la vértebra superior se desliza hacia delante y el espacio intervertebral disminuye en el borde anterior; el núcleo pulposo se desplaza hacia atrás de modo que se sitúa sobre las fibras posteriores del anillo fibroso aumentando su tensión. Aparece el mecanismo de auto estabilización debido a la acción conjugada de la pareja núcleo pulposo-anillo fibroso. Durante las fuerzas de inflexión lateral la vértebra superior se inclina hacia el lado de la inflexión, el núcleo pulposo se ve desplazado hacia el lado de la convexidad de la curva.

Durante los movimientos de rotación axial las fibras del anillo fibroso, cuya oblicuidad se opone al sentido del movimiento de la rotación, se tensan. Por el contrario, las fibras de las capas intermedias, cuya oblicuidad es inversa, se distienden. La tensión es máxima en las capas centrales cuyas fibras son las más oblicuas; en este caso, el núcleo pulposo está fuertemente comprimido y su tensión interna aumenta proporcionalmente con el grado de rotación.

### **3.1.12. Extensiones totales de la flexoextensión del raquis**

Considerado en conjunto el raquis compone el semejante de una articulación de 3 grados de libertad. Permite movimientos de: Flexo-extensión, Inclinación lateral izquierda y derecha, Rotación axial.

Las amplitudes de estos distintos movimientos elementales, aunque muy escasa en cada nivel del raquis, son globalmente muy importantes.

Las magnitudes segmentarias son las expuestas en la siguiente figura:

**Figura 23**

*Magnitudes segmentarias*



En el raquis lumbar, la flexión es de  $60^{\circ}$  y la extensión es de  $20^{\circ}$ .

Para el conjunto del raquis toracolumbar la flexión es de  $105^{\circ}$  y la extensión es de  $60^{\circ}$ .

En el raquis torácico,  $45^{\circ}$  en el caso de la flexión y  $40^{\circ}$  en el caso de la extensión.

En el raquis cervical, la amplitud se mide entre la meseta superior de T1 y el plano masticatorio. Es de  $60^{\circ}$  en el caso de la extensión y de  $40^{\circ}$  en el de la flexión, es decir una amplitud total próxima a los  $100^{\circ}$ .

La flexión total del raquis es de  $110^{\circ}$ , mientras que la extensión total del raquis es de  $140^{\circ}$ . La suma de estas cifras proporciona ampliamente los  $180^{\circ}$ , que representa el límite en todas las otras articulaciones.

Nota. Luna, J., 2025.

### **3.1.13. Magnitudes globales de la inflexión lateral del raquis**

El movimiento de inflexión lateral se realiza en el plano frontal. La medición de las amplitudes se basa en el eje de las vértebras, o en la dirección de la meseta superior de la vértebra implicada. La línea de referencia de base es la carilla sacra o la meseta sacra, cara superior de S1. En el cráneo se puede tomar como punto de referencia la línea bimastoidea, que pasa por el vértice de ambas apófisis mastoides.

- a. Raquis lumbar  $20^{\circ}$ ;
- b. Raquis torácico  $20^{\circ}$ ;
- c. Raquis cervical  $35^{\circ}$  a  $45^{\circ}$ ;
- d. La inclinación total del raquis entre el sacro y el cráneo es de  $75$  a  $85^{\circ}$  a cada lado.

### 3.1.14. Magnitudes generales del movimiento del raquis en grupo

Se puede medir la rotación total del raquis fijando la pelvis y contando el grado de rotación del cráneo.

- a. La rotación axial en el raquis lumbar es muy poca: 5°.
- b. La rotación axial en el raquis torácico: 35°, se ve favorecida por la disposición de las apófisis articulares.
- c. La rotación axial en el raquis cervical: alcanza de 45 a 50°.
- d. La rotación axial entre la pelvis y el cráneo alcanza o sobrepasa ligeramente los 90°.

### 3.2. Biomecánica de la columna cervical (Kapandji, 2012)

Las vértebras más cercanas al cráneo, C1 (Atlas) y C2 (axis), son atípicas y tienen una función estructural única en la articulación entre la cabeza y la columna cervical.

El raquis cervical está conformado por dos partes anatómicas y funcionalmente distintas:

- **Raquis cervical superior o suboccipital:** Constituido por C1-C2, estas piezas esqueléticas están unidas entre sí además de con el occipital por una compleja cadena articular con tres ejes y tres grados de libertad.
- **Raquis inferior:** se extiende de C3 a C7.

**Biomecánica del raquis cervical superior:** debemos diferenciar dos articulaciones: occipito-atloidea y atlidoaxoidea.

1. **Articulación Occipito-atloidea (Occipital-C1):** Esta articulación forma la unión mecánica entre el atlas y el hueso occipital del cráneo y se produce a través de las dos carillas superiores situadas en las masas laterales del atlas y de las superficies de los cóndilos occipitales. Debido a su forma, la articulación occipito-atloidea puede considerarse como una articulación esférica con tres grados de libertad. El principal movimiento de esta articulación es la flexo-extensión. Se produce alrededor de un eje

transversal que pasa perpendicularmente por el centro de giro, este movimiento se lleva a cabo mediante el deslizamiento de los cóndilos occipitales sobre el atlas.

Durante la flexión los cóndilos occipitales retroceden sobre las masas laterales del atlas, acompañando este movimiento siempre de una flexión en la articulación atlidoaxoidea. También se puede observar como el arco posterior del atlas se aleja del arco posterior del axis. La flexión está limitada por la tensión de las cápsulas y de los ligamentos posteriores. La extensión se ve limitada por el contacto de los elementos óseos; durante los movimientos de extensión forzada. La amplitud total de la flexo-extensión en la articulación occipito-atloidea es de aproximadamente 15°.

**2. Articulación atlidoaxoidea (C1-C2):** Esta articulación constituye la unión mecánica entre el atlas y el axis. Dicha unión está asegurada por tres articulaciones mecánicamente conectadas: Una articulación axial, la atlido-odontoidea, la apófisis odontoide sirve de pivote; y dos articulaciones laterales y simétricas, las atlidoaxoideas, que establecen el nexo entre la cara inferior de las masas laterales del atlas y las superficies articulares superiores del axis.

El movimiento más importante de la articulación atlidoaxoidea es el movimiento de rotación produciéndose el 50 % del movimiento de rotación de la columna cervical en este nivel. En la rotación, se produce un desplazamiento en las dos articulaciones atlidoaxoideas derecha e izquierda, mecánicamente unidas. Como las superficies superiores del axis son convexas, el trayecto descrito por las masas laterales del atlas no es rectilíneo en un plano horizontal, sino curvilíneo de convexidad superior.

#### **Biomecánica del raquis cervical inferior:**

Las articulaciones del raquis cervical inferior poseen dos tipos de movimientos: por una parte, movimientos de flexo-extensión; y por otra, movimientos mixtos de inclinación - rotación.

##### **1. Flexo extensión en el raquis cervical inferior.**

En la posición neutral, los cuerpos vertebrales están unidos por un disco cuyo núcleo está en posición estable y en el que todas las laminillas del anillo fibroso están sometidas a la misma tensión. Además, las vértebras cervicales contactan a través de sus apófisis articulares, cuyas carillas están incluidas en un plano oblicuo hacia abajo y hacia atrás.

En la parte baja del raquis cervical inferior, estas carillas poseen en el plano parasagital una ligera curva cóncava hacia delante, que se corresponde a un centro de rotación situado a bastante distancia por abajo y hacia delante. En el movimiento de extensión, el cuerpo de la vértebra suprayacente se inclina y se desliza hacia atrás.

El movimiento de extensión está limitado por la tensión del ligamento vertebral común anterior y, sobre todo, por los topes óseos que se producen entre las apófisis superiores de ambas vértebras y por el contacto de los arcos posteriores a través de los ligamentos.

El movimiento de flexión no está limitado por límites óseos, sino solo por tensiones ligamentosas: tensión del ligamento vertebral común posterior, de la cápsula de la articulación inter-apofisaria, de los ligamentos amarillos, de los ligamentos interespinales y del ligamento supraespinal o ligamento cervical posterior.

### **Estabilidad espinal:**

La estabilidad espinal es una noción intrigante y algunas veces confusa, y se determina por muchos factores.



Los ligamentos son responsables de gran parte de la estabilidad de la columna vertebral, pero los elementos musculares y óseos también tienen una participación importante.

La estabilidad de la columna espinal es la capacidad de la columna vertebral de mantener su patrón de desplazamiento bajo cargas fisiológicas, de manera que no haya un déficit neurológico inicial o adicional, sin deformidad mayor y sin dolor incapacitante. La inestabilidad se puede analizar al considerar la inestabilidad cinemática y la inestabilidad estructural o de componentes.

La inestabilidad cinemática se enfoca en la cantidad de movimiento o en la cualidad del mismo. El componente de la inestabilidad se dirige a la participación biomecánica clínica de los múltiples componentes de la unidad espinal funcional. En este tipo de inestabilidad, la pérdida o alteración de varias porciones anatómicas determinan la presencia de inestabilidad.

La sinartrosis que existe entre el cuerpo vertebral depende de su estabilidad sobre el anillo fibroso fuerte. Las articulaciones epifisiarias diartrodias son estabilizadas por la cápsula, por los ligamentos interespinales y supraespinales y por el ligamento amarillo. Este grupo de ligamentos se llama el complejo de ligamentos posterior. La columna vertebral depende en gran medida de este complejo ligamentoso para su estabilidad.

*La estabilidad de la columna vertebral según Denis (1983), se da por tres columnas espinales:*

1. **Columna anterior:** Consta del ligamento longitudinal anterior, el anillo fibroso anterior y la mitad anterior del cuerpo vertebral.
2. **Columna media:** consta del ligamento longitudinal posterior, la mitad posterior del cuerpo vertebral y el anillo fibroso posterior.
3. **Columna posterior:** consta de los pedículos, las articulaciones facetarias, las láminas y las apófisis espinosas, así como los ligamentos interespino y supraespino.

La columna anterior y media forman la principal zona de soporte de peso de la columna vertebral, la columna posterior aporta los elementos guía y estabilidad.



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Realice las siguientes actividades recomendadas con el fin de reforzar el contenido de la semana:

1. Luego de haber revisado y estudiado los temas de la presente semana, lo incentivo para una mayor comprensión, revisar el capítulo Biomecánica de la columna cervical de la referencia: Anzures, M. B., Frankel, V. H., & Nordin, M. (2013). [Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético](#). (4, Ed.) Barcelona: Wolters Kluwer Health.
2. Revisar el video "[Biomecánica columna vertebral](#)", esto le ayudará a entender la importancia de la columna vertebral como una estructura de soporte y protección.
3. Luego de haber analizado con detenimientos los contenidos de la guía didáctica, así como lo sugerido, usted podrá responder las siguientes preguntas:
  - ¿Cuáles son las ocupaciones o profesiones que estarían en mayor riesgo de presentar alteraciones o deformidades a nivel de la columna vertebral?
  - ¿Cuáles son las curvaturas que presenta la columna vertebral y cuál es su papel?

Nota. conteste la actividad en un cuaderno de apuntes o en un documento Word.

Es importante considerar que gran parte de las alteraciones o deformidades de la columna vertebral se deben al mantenimiento de posturas inadecuadas, levantamiento de pesos de forma inadecuada y deformidades congénitas.

4. Adicionalmente, para mejorar sus conocimientos sobre el tema, recomiendo dar respuesta al siguiente quiz:

[Biomecánica y movilidad de la columna cervical \(quiz\)](#)



Hemos terminado la semana 6. Ahora, estimado estudiante, le invito a continuar con la semana 7, donde culminaremos la biomecánica de la columna vertebral, específicamente el segmento lumbar.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



## Semana 7

Apreciado estudiante, a continuación, se detallan los puntos más importantes referentes al tema de la biomecánica de la columna lumbar, para lo cual le invito a realizar una lectura comprensiva y tener una claridad más idónea del tema ya mencionado.

### Unidad 3. Biomecánica de la columna vertebral – raquis

#### 3.3. Biomecánica de la columna lumbar (Kapandji, 2012) (Nordin & Frenkel, 2004)

Las cargas sobre la columna se producen principalmente por el peso corporal, la actividad muscular, la presolicitación ejercida por los ligamentos y las cargas externamente aplicadas. Los cálculos simplificados de las cargas en diferentes niveles de la columna se pueden efectuar con el uso de la técnica de cuerpo libre para las fuerzas coplanares (Nordin & Frenkel, 2004).

La información directa relacionada con las cargas sobre la columna al nivel de los discos intervertebrales individuales se puede obtener registrando la presión dentro de los discos tanto *in vitro* como *in vivo*. Debido a que este método es demasiado complejo para una aplicación general, se usa a menudo un método de medición semidirecta. Esto implica medir la actividad bioeléctrica de los músculos del tronco y correlacionar esta actividad con los valores calculados para las fuerzas de contracción muscular. Los valores obtenidos se correlacionan bien con los obtenidos a través de la medición de la presión intradiscal y, por lo tanto, se pueden usar para predecir las cargas sobre la columna (Nordin & Frenkel, 2004).



Las cargas estáticas sobre la columna lumbar se examinan durante posturas comunes como la bipedestación, la sedestación y también la elevación, una actividad común que implica cargas externas.

La columna se puede considerar como una vara elástica modificada debido a la flexibilidad de la columna espinal. El comportamiento absorbe impactos de los discos y las vértebras, la función de estabilización de los ligamentos longitudinales y la elasticidad de los ligamentos amarillos. Las dos curvaturas de la columna en el plano sagital-cifosis y lordosis también contribuyen a la capacidad del tipo muelle de la columna y le permite a la columna vertebral soportar cargas más elevadas que si estuviera recta.

Expuestas las dimensiones de la biomecánica de la columna lumbar, es pertinente que el lector considere revisar el tema Biomecánica de la columna lumbar, páginas 266 - 292 de la siguiente referencia: Anzures, M. B., Frankel, V. H., & Nordin, M. (2013). [Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético](#). (4, Ed.) Barcelona: Wolters Kluwer Health.

A continuación, le invito a asumir el rol de especialista en salud ocupacional o ergonomía mediante la evaluación de un caso práctico. Para ello, complete el siguiente quiz, cuyo objetivo es identificar hábitos, prevenir lesiones y promover el cuidado adecuado.

### [Evaluando la columna lumbar de Juan](#)



### Actividades de aprendizaje recomendadas

Para enriquecer su conocimiento, realice las actividades que se presentan a continuación:

1. Revisar el tema Conceptos biomecánicos básicos aplicados al raquis de la siguiente referencia: Pérez Soriano, P., & Llana Belloch, S. (2015). [Biomecánica básica: aplicada a la actividad física y el deporte](#). (1 ed.). Badalona, España: Paidotribo. Obtenido de enlace web.

2. Luego de haber analizado los contenidos, ¿es necesario plantearse las siguientes interrogantes?

- ¿Piensa usted que la ejecución de una ocupación o profesión, puede influir directamente en la presentación de trastornos musculoesqueléticos?
- ¿Considera usted, importante el mantenimiento de una adecuada biomecánica corporal, a la hora de ejecutar tareas como levantar peso, mantenerse en bipedestación, sedestación o en decúbito?

Es conocido que los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo o la ejecución de determinadas tareas, afectan principalmente a la espalda, razón por la cual es de su importancia que la columna vertebral conserve su biomecánica fisiológica, además que una higiene postural aporta positivamente al mantenimiento de una buena salud y así conservar el bienestar físico.

Nota. Por favor, complete la actividad en un cuaderno o documento Word.

3. Finalmente, es momento de conocer los resultados de autoaprendizaje, para ello le recomiendo que realice la siguiente autoevaluación:



### Autoevaluación 3

**Conteste verdadero o falso según corresponda.**

1. ( ) La articulación entre dos cuerpos vertebrales adyacentes es una anfiartrosis.
2. ( ) La flexión total del raquis es de 110°, mientras que la extensión total del raquis es de 140°.
3. ( ) La curva sacra es de concavidad posterior.
4. ( ) La curva lumbar o lordosis lumbar es de concavidad posterior.

5. ( ) Aplicando una carga constante sobre un disco vertebral, la disminución del grosor del disco es lineal.
6. ( ) La existencia de curvas raquídeas aumenta la resistencia del raquis a las fuerzas de compresión axial.
7. ( ) La presión en el centro del núcleo pulposo es nula cuando el disco no soporta carga alguna.

**Seleccione la respuesta correcta según corresponda, elija solamente una opción.**

**8. Seleccione la respuesta correcta según corresponda, elija solamente una opción**

- a. 110°.
- b. 75°.
- c. 60°.
- d. 40°.

**9. Considerando el raquis en conjunto, su amplitud global de rotación es de:**

- a. 110-120°.
- b. 90-95°.
- c. 75-60°.
- d. 40-50°.

**10. ¿A qué edad comienza a apreciarse una ligera lordosis lumbar?**

- a. 13 meses.
- b. 3 años.
- c. 5 años.
- d. 8 años.

[Ir al solucionario](#)



Estimado estudiante, ¡Felicitaciones! Ha concluido satisfactoriamente el estudio de esta unidad.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



## Semana 8

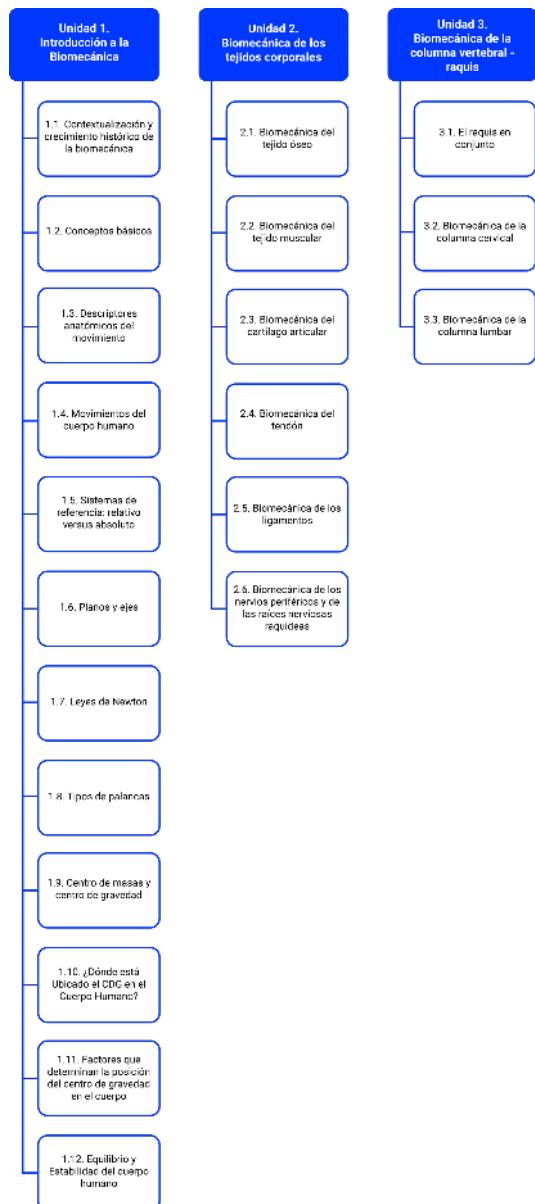
### Actividades finales del bimestre

Apreciado estudiante, ¡Felicitaciones! Hemos llegado al final de este bimestre, como preparación para el examen bimestral, dedique esta semana, a recordar y reforzar los temas revisados en las unidades expuestas en la siguiente figura:



**Figura 24**

*Repaso bimestre 1*



Nota. Luna, J., 2025.

Esta semana usted se debe dedicar a estudiar, reforzar y comprender los temas revisados desde la semana 1 hasta la semana 7 de clases, como preparación para la evaluación bimestral. Para ello le recomiendo, además de revisar los contenidos en la guía didáctica, repasar las actividades de gamificación y autoevaluaciones.





## Segundo bimestre



### Resultado de aprendizaje 1:

Conoce la mecánica involucrada en el movimiento del cuerpo y sus principios físicos.

Tal como se mencionó al inicio del primer bimestre, la asignatura presenta un único resultado de aprendizaje, el cual abarca todo el campo de la materia, así al finalizar el presente curso el estudiante habrá obtenido el conocimiento sobre la biomecánica del movimiento corporal humano necesario para comprender la etiología de los trastornos musculoesqueléticos y con esto realizar programas, planes de prevención del riesgo.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas

Recuerde revisar de manera paralela los contenidos con las actividades de aprendizaje recomendadas y actividades de aprendizaje evaluadas.



### Semana 9

Estimados estudiantes:

La presente unidad tratará sobre la biomecánica de la extremidad superior (hombro, codo, muñeca y mano), en la cual se describe la estructura, soporte y movimientos de las diferentes articulaciones que la conforman, así como las acciones musculares que contribuyen al movimiento.

## **Unidad 4. Biomecánica del miembro superior**

### **4.1. Biomecánica del complejo articular del hombro**

La cintura escapular está constituida de dos pares de huesos: una clavícula y la otra escápula a cada costado, conectan la extremidad superior con el tórax y permiten su movimiento respecto a este. El hombro está constituido por 5 articulaciones que conforman el complejo articular del hombro (figura 25).

#### **4.1.1. Primera agrupación:**

- Unión real y fundamental: glenohumeral (1).
- Unión “falsa” y suplementaria: la subdeltoidea (2).

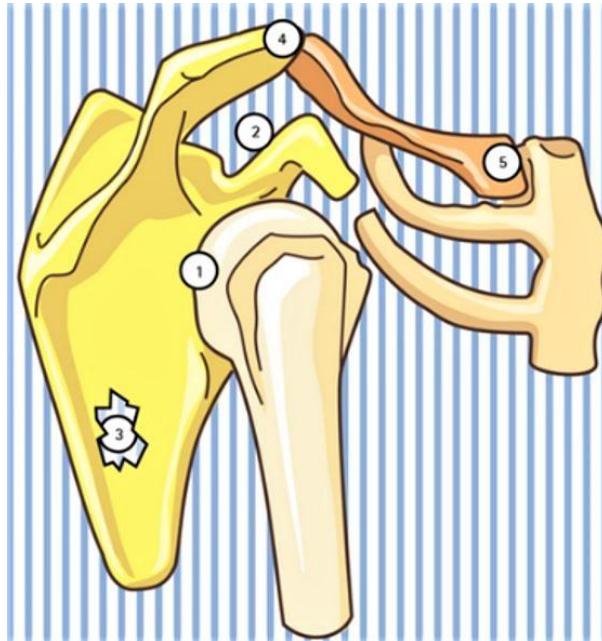
#### **4.1.2. Segunda agrupación:**

- Uniones “falsas” y fundamentales: la escapulotorácica (3).
- Uniones reales y suplementarias: la acromioclavicular (4) y la esternoclavicular (5).

#### **4.1.3. Complejo articular del hombro:**

**Figura 25**

*Complejo articular de hombro*



*Nota.* Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 1* (p. 23) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

##### **1. Articulación glenohumeral:**

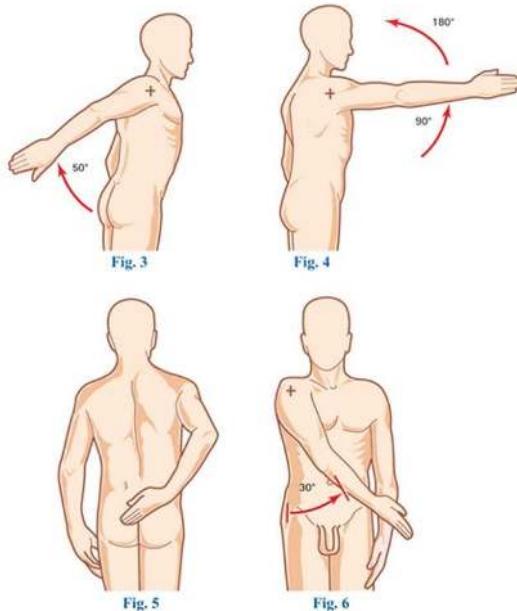
Es una articulación esferoidal multiaxial con la mayor libertad de movimiento del cuerpo, con un pobre perfil óseo y estabilizada fundamentalmente por músculos.

##### **1. Eje transversal - plano sagital:** Ver figura 26

- Extensión: desplazamiento de limitada extensión, 45 a 50°.
- Flexión: desplazamiento de gran extensión, 180°.

**Figura 26**

Articulación glenohumeral



Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 1* (p. 7) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

## 2. Eje anteroposterior - plano frontal: Ver figura 27

- A partir del eje anatómico, la aducción no es posible si no se agrupa con una extensión, la cual es limitada; y con una flexión, la aducción alcanza entre 30 y 45°.
- La anchura de la abducción consigue los 180°; el brazo queda perpendicular por arriba del tronco. La abducción, a partir de la postura anatómica, pasa por tres fases:
  1. Abducción de 0° a 60° que puede realizarse solamente en la coyuntura glenohumeral;
  2. Abducción de 60° a 120° (Fig. 9) que exige la colaboración de la articulación escapulotorácica;

3. Abducción de 120° a 180° que emplea, además de la articulación glenohumeral y la articulación escapulotorácica, la oblicuidad del lado contrario del tronco.

**Figura 27**

Eje anteroposterior-plano frontal



Fig. 7

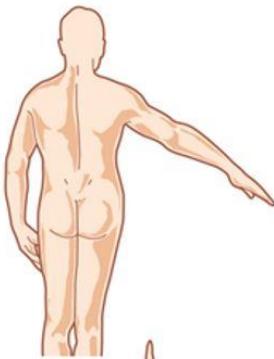


Fig. 8

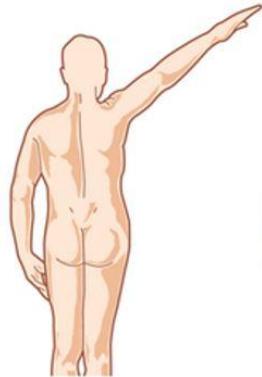


Fig. 9

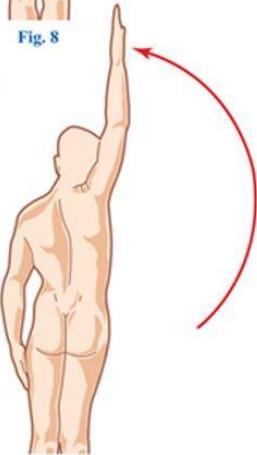


Fig. 10

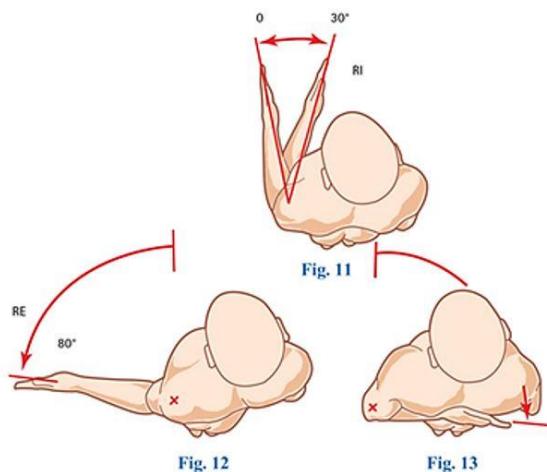
Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 1* (p. 9) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

3. Eje longitudinal – plano horizontal: Ver figura 28.

Puede ejercerse en distintas posiciones del hombro. Se refiere al giro espontáneo o inherente de las articulaciones con tres posiciones y tres grados de libertad.

- Rotación externa: Su extensión es de  $80^\circ$ , nunca consigue los  $90^\circ$ .
- Rotación interna: Su extensión es de  $100$  a  $110^\circ$ . Para conseguirlo, se necesita pertinente mente que el antebrazo pase por detrás del tronco, lo que determina cierto grado de amplitud al hombro. Este desplazamiento es fundamental para que la mano pueda conseguir la espalda. Para poder ejercer la asepsia perineal posterior.

**Figura 28**  
*Eje longitudinal-plano horizontal*



Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 1* (p. 11) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

**Flexo extensión horizontal:** Se realiza en torno al eje vertical, de la conexión glenohumeral y escapulotorácica.

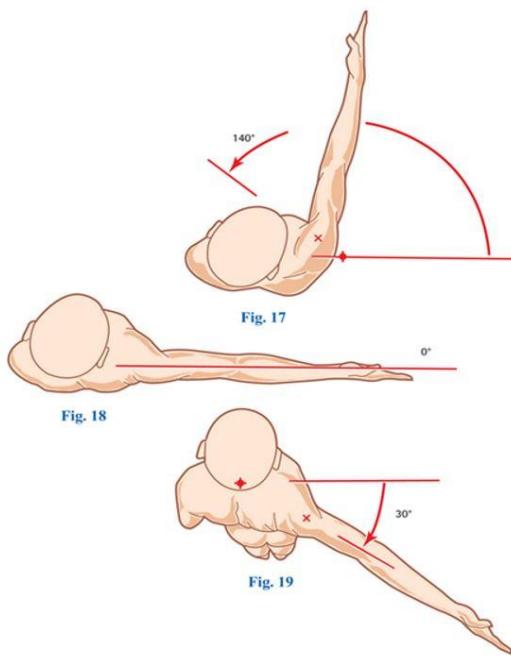
- Eje anatómico:** la extremidad superior está en abducción de  $90^\circ$  en la parte frontal, lo que sustituye el comportamiento de la musculatura posterior:
  - Músculo deltoides, porción acromial
  - Músculo supraespinoso;

- Músculo trapecio: porciones superiores (acromial y clavicular) e inferior (tubercular);
- b. *Flexión horizontal*: desplazamiento que agrupa la flexión y la aducción de 140° de extensión. Pone en actividad los siguientes músculos:
- Músculo deltoides, porción anterointerna y anteroexterna.
  - Músculo subescapular
  - Músculos pectorales mayor y menor
  - Músculo serrato anterior.
- c. *Amplitud horizontal*: desplazamiento que agrupa la extensión y la aducción de menor extensión, 30-40 grados. Pone en actividad los siguientes músculos, mismo que se exponen en la figura 29:
- Músculo deltoides haces posteroexternos y posterointernos
  - Músculo supraespinoso
  - Músculo infraespinoso
  - Músculos redondos mayor y menor
  - Músculo romboides
  - Músculo trapecio, haz espinoso
  - Músculo dorsal ancho.



**Figura 29**

*Amplitud horizontal*



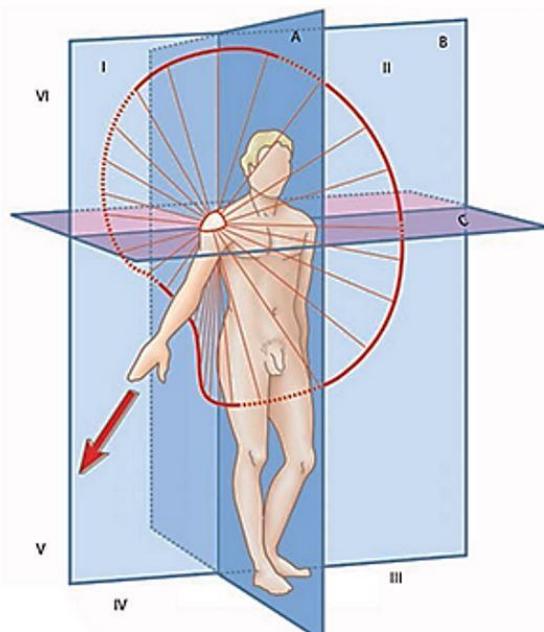
Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 1* (p. 13) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

### El desplazamiento de circunducción:

La circunducción modifica los desplazamientos sustanciales respecto de tres posiciones. El brazo expone en el área un cono irregular: el cono de circunducción. Su cima se encuentra en el punto teórico del hombro, su lado es equivalente a la extensión del miembro superior, pero su apoyo configura un cono desequilibrado debido al tronco. En la siguiente figura se coloca su representación:

**Figura 30**

Desplazamiento de circunducción



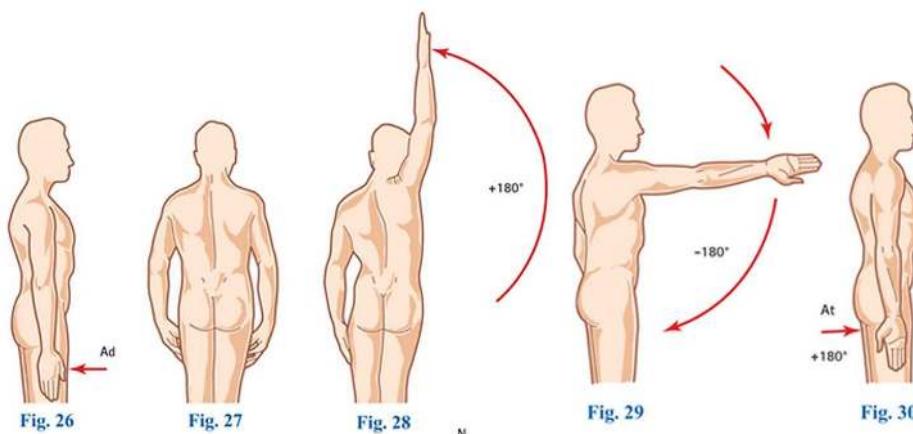
**Fig. 20**

Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 1* (p. 15) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

La “paradoja” de Codman: La maniobra de Codman se efectúa rotación conjunta + adjunta, lo que da como resultado el ciclo ergonómico, mismo que se expone en la siguiente figura:

**Figura 31**

Desplazamiento de circunducción



Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 1* (p. 19) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

1. **Articulación subdeltoidea:** Desde la perspectiva anatómica no se refiere de una articulación; no obstante, si lo es desde la perspectiva fisiológica, porque está conformada por dos superficies que se oscurecen entre sí. La articulación subdeltoidea está proceduralmente conexa a la articulación glenohumeral: ya sean los distintos desplazamientos en la articulación glenohumeral conduce una acción en la articulación subdeltoidea.
2. **Articulación escapulotorácica:** En esta situación se engloba nuevamente de una articulación fisiológica y no anatómica. Es la articulación más esencial del colectivo, no obstante, no puede desempeñarse sin aquellas dos a las que está proceduralmente juntada.
3. **Articulación acromioclavicular:** Auténtica articulación, situada en la porción fuera de la clavícula.
4. **Articulación esternoclavicular:** Auténtica articulación, localizada en la porción intrínseca de la clavícula.

#### 4.1.4. La coaptación muscular del hombro

Se componen en dos agrupaciones:

##### 4.1.4.1. Los músculos coaptadores transversales

En el que la dirección compone la cabeza humeral en la cavidad glenoidea (ver figura 32):

- El músculo supraespinoso 1
- El músculo infraespinoso 3
- El músculo redondo menor 4
- El músculo subescapular 2
- El tendón de la porción larga del músculo bíceps braquial 5

**Figura 32**

Músculos coaptadores transversales



Fig. 64

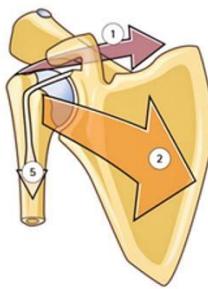


Fig. 65

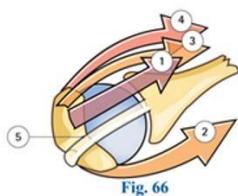


Fig. 66

Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 1* (p. 37) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

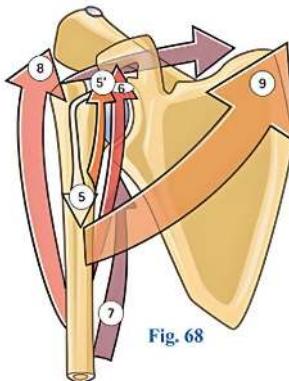
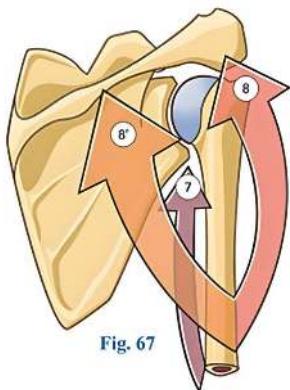
#### **4.1.4.2. Los músculos coaptadores longitudinales:**

Sostienen la parte superior e imposibilitan que la cabeza humeral se separe por debajo de la glenoide en adecuación de una carga apoyada con la mano (ver figura 33).

- El músculo deltoides 8, con sus dos haces lateral 8' y posterior 8''.
- La porción larga del músculo tríceps braquial 7. 3) El tendón de la porción larga del músculo.
- Músculo coracobraquial 6.
- El músculo pectoral mayor en cuanto a su porción clavicular 9.

**Figura 33**

*Músculos coaptadores longitudinales*



Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 1* (p. 37) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, Editorial Médica Panamericana, CC BY 4.0.

Ahora, le invito a revisar el siguiente storytelling que presenta una situación laboral donde un colaborador enfrenta dificultades con nuevas tareas que requieren el uso del miembro superior.

[Evaluando a Roy](#)



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Apreciado estudiante, después de considerar todos los aspectos de la biomecánica de la extremidad superior, tanto en su estructura, movimientos, entre más, considero que ponga a su disposición el siguiente material para tener un mejor aporte del tema ya expuesto.

1. Revisar el capítulo Biomecánica del hombro, páginas 323 -341 de la siguiente referencia: Nordin, M. Frankel, V. H. y Anzures, M. B. J. (Trad.). [Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético](#) (4a. ed.). L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona: Wolters Kluwer Health, 2013.
2. Revisar el siguiente video [Biomecánica de la articulación glenohumeral](#). Una vez realizado esto, contestar las siguientes preguntas:
  - ¿Cuáles son los movimientos que se producen en la articulación glenohumeral?
  - ¿Cuáles son los músculos que intervienen en cada uno de los movimientos?

*Nota.* conteste la actividad en un cuaderno de apuntes o en un documento Word.

Si usted pudo resolver estas preguntas, ya cuenta con los conocimientos básicos acerca de la biomecánica del hombro.

### Retroalimentación

Movimientos que se producen en la articulación glenohumeral son flexión, extensión, abducción, aducción, rotación interna, externa y circunducción. Por otro lado, los principales músculos que intervienen en la flexión son deltoides, bíceps braquial y pectoral mayor; en la extensión el tríceps braquial, deltoides, redondo mayor y dorsal ancho; en aducción el pectoral mayor, redondo mayor y dorsal ancho; en la abducción el deltoides y

supraespinoso; en la rotación interna el subescapular, pectoral mayor, dorsal ancho y redondo mayor; en la rotación externa el infraespinoso y redondo menor.

## Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



### Semana 10

Continuado con la revisión de la biomecánica de miembro superior, a continuación, se presenta la biomecánica del codo, resaltando los aspectos más relevantes, que le permitirán identificar sus movimientos, los elementos que intervienen y las articulaciones en las cuales se producen.

#### Unidad 4. Biomecánica del miembro superior

##### **4.2. Biomecánica de codo (Kapandji, 2012) (Donoso, 1998)**

El codo, desde la anatomía, configura una sola articulación porque verdaderamente existe una sola cavidad articular; pero posibilita diferenciar dos labores diferentes:

- **Prono-supinación:** que se da fundamentalmente en la articulación radiocubital superior.
- **Flexo-extensión:** sucede en la articulación humerocubital y humeroradial.

La articulación del codo es de clase gozne; a la altura del extremo inferior del húmero hay dos elementos: la tróclea humeral que tiene el parentesco a una polea y el cóndilo humeral con una extensión hemisférica anterior. Ocupa dos amplitudes: la gran cavidad sigmoidea del cúbito y la cúpula radial de la concavidad tienen igual curvatura del cóndilo.



Las dos extensiones dan como consecuencia un absoluto conexo, a partir de la presencia del ligamento anular. La faceta humeral evidencia en su conformación media dos cavidades: por delante la fosita suprattroclear que recepta al pico de la apófisis coronoides en la flexión y tras la fosita olecraneana que asila al pico del olécranon en la extensión.

La faceta humeral se encuentra flexionada hacia el frente en un ángulo de 45° y la cavidad sigmoidea se encuentra dirigida hacia el frente y lo alto, prosiguiendo también un eje de 45° de tendencia sobre la horizontal. Estos dos acontecimientos propician los desplazamientos de flexoextensión del codo.

En el codo existen varias bolsas sinoviales de importancia, particularmente en relación con la inserción del tríceps; una de ellas está situada entre el tendón del tríceps y la superficie superior del olécranon, la otra más voluminosa e importante se ubica entre la piel y la superficie dorsal del olécranon, la cual se inflama y muestra tumefacción como resultado de algún traumatismo, infección o a consecuencia de la gota.

El codo es una de las articulaciones más congruentes y, en consecuencia, más estable del cuerpo, pero, al igual que la rodilla, los mecanismos de valgo forzado la pueden desequilibrar. La estabilidad pasiva del codo está determinada por la integridad de sus estructuras óseas y ligamentosas (Miralles, 2000).

La articulación del codo está fortalecida por los ligamentos laterales internos y externos, mismos que desempeñan una doble labor: garantizar la coaptación articular e imposibilitar los movimientos laterales de la articulación. Si se rompe uno de los ligamentos, se pierde el contacto entre las superficies articulares y constituye el mecanismo habitual de la luxación del codo.

La cabeza radial se halla enteramente condicionada por su función articular de rotación axial y de flexo-extensión; la forma anatómica de la tróclea determina que una extensión, el brazo y antebrazo formen un ángulo obtuso abierto hacia afuera, el cual es más evidente en la mujer y que determina el llamado valgas fisiológico.

#### 4.2.1. Pronosupinación

Esta actividad requiere de la configuración mecánica de dos articulaciones: el radiocubital superior y el radiocubital inferior, porque desde la perspectiva anatómica, esta es diferente de la articulación radiocarpiana.

Esta rotación longitudinal del antebrazo introduce un tercer grado de libertad en el complejo articular de la muñeca. La rotación longitudinal, por otro lado, es la solución que un segundo hueso (el radio que soporta el peso de la mano) realiza al girar alrededor del primero que es el cúbito gracias a la presencia de las dos articulaciones radiocubitales.

La extensión del movimiento articular en supinación es de  $90^{\circ}$  y en pronación no supera los  $85^{\circ}$  por la curvatura anatómica del radio en el plano sagital. La pronosupinación es indispensable para el control de la actitud de la mano en las actividades de la vida diaria como alimentación, aseo, trabajo, etc.

La extensión está limitada por el pico olecraniano - fosita olecraniana, cápsula articular, y músculos flexores.

Si se produce una extensión forzada (ver ejemplo de figura 34) se produce:

- Flexión del olecranon que prosigue con un desgarro capsular.
- El olecranon puede resistir, pero la cápsula y los ligamentos se rompen y se produce una luxación posterior del codo.

**Figura 34**

Ejemplo de extensión forzada



Fig. 44



Fig. 45



Fig. 46

Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 1* (p. 91) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

La flexión está limitada por:

- Si la flexión es activa el contacto de las masas musculares ( $145^\circ$ ), y hay impacto óseo y tensión capsular.
- Si la flexión es pasiva, esta puede sobrepasar los  $145^\circ$ , el impacto es a la cabeza radial contra la fosita supracondílea y de la coronoidea contra la fosita supratroclear. Tensión de la parte posterior de la cápsula y tensión pasiva del tríceps. En estas condiciones, la flexión puede alcanzar los  $160^\circ$ .

#### 4.2.2. Músculos de la articulación del codo

**Flexores:** conforman el bíceps braquial, el braquial anterior y el supinador largo. El músculo branquial anterior es un músculo flexor en forma exclusiva; el supinador largo es un flexor característico y actúa como accesorio de la supinación solamente en la pronación extrema. El bíceps braquial tiene una acción esencial en la flexión del codo y en forma adjunta actúa en la supinación de una manera importante.

La eficacia de los músculos flexores es máxima cuando la articulación del codo se encuentra en 90°. Por otro lado, la acción de los músculos flexores se lleva a cabo según el esquema de las palancas de tercer género; es decir, será favorecida la velocidad y amplitud del movimiento en detrimento o a expensas de la potencia. Son músculos flexores de carácter secundario el pronador redondo, el palmar mayor y palmar menor, cubital anterior y flexor común superficial de los dedos.

**Extensores:** Está otorgada básicamente por el tríceps, el cual está conformado de tres cabezas, dos de aquellas denominadas como monoarticulares y una es biarticular. La efectividad del tríceps tiende a cambiar con el grado de flexión del codo, de forma que, en una flexión ligera del codo de 20 a 30°, se manifiesta la eficacia del músculo.

La fuerza del tríceps es mayor cuando el hombro se encuentra en antepulsión, por el contrario, la fuerza es menor en el movimiento en que se asocia la extensión del codo con la antepulsión del hombro. La fuerza de los músculos flexores varía de acuerdo a las posiciones de pronosupinación. La fuerza en pronación es mayor que la fuerza de supinación con una relación 5:3 debido a que las fibras musculares en el caso de la pronación se encuentran más distendidas, lo que determina un trabajo más eficaz. La posición funcional del codo se ubica a los 90° de flexión y en un desplazamiento de pronosupinación indiferente, hecho que es de utilidad para inmovilizaciones en lesiones osteoarticulares o de tejidos blandos que afectan a la muñeca, al antebrazo, al codo o al hombro.

#### 4.2.3. Músculos

**Músculos de la supinación:** El supinador corto actúa al desenrollarse y lo hace alrededor del cuello del radio. El bíceps braquial que se halla inserto en el vértice de la curvatura supinadora a nivel de la tuberosidad bicipital actuando mediante tracción. Su eficacia es máxima cuando el codo está en flexión a 90° y constituye el músculo de mayor potencia entre todo el grupo de pronosupinadores. El supinador largo tiene una acción supinadora incipiente.

**Músculos de la pronación:** El pronador cuadrado está enrollado alrededor del extremo inferior del cúbito y actúa desenrollando este hueso alrededor del radio. El pronador redondo se inserta sobre el vértice de la curvatura pronadora, es decir, en el tercio medio del radio. Actúa mediante un mecanismo de tracción, pero su momento de acción es particularmente débil cuando el codo se encuentra en extensión. Los músculos pronadores son menos potentes que los supinadores. Los pronadores están inervados por un nervio común que es el mediano, en cambio, que los supinadores están inervados por el radial y el musculocutáneo.



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante, a fin de tener una visión más clara y amplia del tema desarrollado, invito a desarrollar las siguientes actividades:

1. Revisar el tema de Biomecánica del codo, páginas 345 - 360 de la siguiente referencia: Nordin, M. Frankel, V. H. y Anzures, M. B. J. (Trad.). [Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético](#) (4a. ed.). L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona: Wolters Kluwer Health, 2013.
2. Observe el video [Biomecánica del codo](#), esto le permitirá consolidar los conocimientos revisados esta semana.

Una vez revisados los contenidos, le invito a contestar las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los factores que limitan la flexión y extensión activa?
- ¿Cuáles son los músculos que intervienen en la flexión a nivel de la articulación del codo?

*Nota.* Conteste la actividad en un cuaderno de apuntes o en un documento Word.

En sí, la flexión activa está limitada por el contacto de las masas musculares, el impacto óseo y la tensión capsular. La extensión activa está limitada por el pico olecraniano y la fosita olecraniana, cápsula

articular y por la acción de los músculos flexores. Los músculos que intervienen en la flexión son bíceps braquial, el braquial anterior y el supinador largo.

## Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



### Semana 11

Estimado estudiante:

En la presente semana se abordarán los contenidos referentes a la biomecánica de la muñeca y mano. Es importante que conozca los movimientos, amplitudes articulares, articulaciones, músculos que intervienen, razón por la cual le invito a leer detenidamente los siguientes puntos:

### Unidad 4. Biomecánica del miembro superior

#### 4.3. Biomecánica de la muñeca y mano: (Kapandji, 2012) (Nordin et al., 2013)

Las articulaciones de la muñeca son la unión radiocarpiana que conecta la cavidad glenoidea antebraquial con el cóndilo carpiano; y la articulación medio-carpiana que conexa las dos hiladas del carpo. El área articular de la muñeca tiene dos niveles de emancipación que posibilitan que la mano sea encaminada bajo cualquier grado para agarrar o apoyar un elemento. En ese aspecto, los desplazamientos de la muñeca se accionan alrededor de dos ejes.

Los movimientos de la muñeca se logran con una gran estabilidad de las articulaciones, combinándose el control de la fuerza y precisión, lo que permite alcanzar objetivos concretos. La estabilidad viene dada por la capacidad para mantener una relación normal entre los diferentes huesos que conforman el complejo articular y los tejidos blandos que los limitan, bajo una carga fisiológica en todo el arco de movilidad. De esa manera, para que estas u otras articulaciones sean funcionales, deben de tener un arco de movilidad funcional



estable, lo que implica transferir cargas fisiológicas sin generar estrés anormal en el cartílago articular y un movimiento en todo su rango sin alteraciones súbitas de la alineación de sus huesos (Medina et al., 2016).

#### 4.3.1. Movimientos en flexo-extensión

El movimiento de flexión e inclinación de la palma de la mano hacia la cara anterior del antebrazo, se genera en la siguiente hilera del carpo que produce la presión de los ligamentos de la articulación mediocarpiana (fundamentalmente el ligamento piramidal-trapecio-trapezoide) para terminar moviendo el escafoideas (que accionará el semilunar y piramidal). Este movimiento de flexión varía entre unos 70 y 90 grados y en él las articulaciones intercarpianas intervienen en aproximadamente un 60 % y la articulación radiocarpiana en un 40 %.



La flexión se consigue cuando se activan los músculos: palmar mayor, cubital anterior, abductor del pulgar, y los flexores de los dedos, con estos en extensión, y se reduce de manera importante cuando se realiza de manera sinérgica a la flexión de los dedos o con la flexión previa de estos.

El movimiento de extensión, aproximación de la cara dorsal de la mano hacia el dorso del antebrazo, tiene un arco de movilidad entre 65 y 85 grados y, a diferencia del movimiento de flexión, este movimiento se debe fundamentalmente a la articulación radiocarpiana, que aporta aproximadamente el 66 % del rango y menos a las articulaciones mediocarpianas que contribuyen con el 34 %. Esto se debe a que la cara articular del radio se extiende dorsalmente más que las caras articulares distales del semilunar y el escafoideas. La extensión de la muñeca se minimiza si se junta a la extensión anterior de los dedos.

#### **4.3.2. Movimientos de abducción-aducción**

El movimiento de abducción es la oblicuidad radial de la muñeca, tiene una amplitud que oscila entre 15 y 25 grados con la muñeca en supinación, pero en general entre 20 y 60, dado que la estiloides cubital es más corta que la radial. Este movimiento se inicia en la segunda hilera del sistema de huesos del carpo que se mueve hacia el radio, mientras la primera hilera se mueve hacia cubital además de flexionarse, en este movimiento el escafoídes y el semilunar se desplazan medialmente, llegando este último a articularse con el ligamento triangular interno. El 60 % de este movimiento es responsabilidad de la articulación mediocarpiana. El movimiento de aducción, oblicuidad cubital de la muñeca, se genera en la siguiente hilera que se dinamiza hacia el cubital, en donde la primera se mueve a radial, generando movimientos contrarios a la abducción en las dos hileras del hueso del carpo. Al igual que el movimiento de abducción, el 66 % del movimiento es responsabilidad de la articulación mediocarpiana.

En sentido general, los movimientos de la muñeca siempre son combinados; esto se produce por los procesos de contracción y relajación de músculos agonistas y antagonistas para cada movimiento. Algunos autores plantean que el movimiento del carpo se puede entender mejor si se considera que se produce en tres columnas: la central o de flexo-extensión (formada por los huesos semilunar, grande, ganchoso, trapecio y trapezoide); columna medial, con movilidad rotatoria, formada por el piramidal, hueso que pivota sobre el resto del carpo y la columna lateral, formada por el escafoídes, móvil y con independencia. En ese concepto, los huesos de la primera hilera escafoídes y el piramidal contribuyen a estabilizar la columna central del carpo sobre la que recaen los movimientos de flexo-extensión y abducción-aducción.

El escafoídes varía de posición cuando se producen movimientos de flexión y extensión y el piramidal realiza movimientos de rotación cuando se realizan movimientos de pronación y supinación. Con la muñeca en hiperextensión, el escafoídes se encuentra en situación longitudinal, paralela al radio, ajustado al semilunar y a la carilla articular trapecio-trapezoidea. En esta posición, el carpo es una estructura sólida. Como se ha podido describir, los movimientos no



ocurren sobre un eje transverso fijo de rotación, como se había sugerido previamente, sino sobre un centro de rotación que cambia con los diferentes grados de amplitud articular. La posición de la muñeca y el apoyo a la mano, por lo tanto, tienen que combinar fuerza y precisión con una amplia gama de movimiento y la estabilidad.



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Apreciado estudiante, para enriquecer su conocimiento, realice las actividades que se presentan a continuación:

1. A fin de tener una visión o contextualización más oportuna y amplia del tema, incentivo a que revise el tema de Biomecánica del carpo y de mano, de las páginas 365 - 392 de la siguiente referencia: Nordin, M. Frankel, V. H. y Anzures, M. B. J. (Trad.). [Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético](#) (4a. ed.). L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona: Wolters Kluwer Health, 2013.
2. Revisar el video [Biomecánica y función de la muñeca](#), lo cual afianzará sus conocimientos respecto al tema de esta semana. A continuación, le invito a responder las siguientes preguntas:
  - ¿Cuáles son los huesos del carpo?
  - ¿Cuál es la importancia de los movimientos de la mano?

Nota. conteste la actividad en un cuaderno de apuntes o en un documento Word.

En sí, los huesos del carpo se dividen en dos filas: la primera conformada por el escafoideas, el semilunar, el piramidal y el pisiforme; y la segunda fila por el trapecio, el trapezoide, el grande y el hueso ganchoso. Los movimientos de la mano son indispensables para la ejecución de las actividades de la vida diaria como la alimentación, aseo, trabajo, vestimenta, entre otras.

3. Ahora es momento de conocer los resultados de autoaprendizaje, para ello le recomiendo que realice la siguiente autoevaluación.



## Autoevaluación 4

**Conteste verdadero o falso según corresponda.**

1. ( ) Pronosupinación: que se da principalmente en la articulación radiocubital superior.
2. ( ) La extensión del movimiento articular en supinación es de 90° y en pronación no sobrepasa los 85° dado la curvatura anatómica del radio en el plano sagital.
3. ( ) La pronosupinación es indispensable para el control de la actitud de la mano en las actividades de la vida diaria.
4. ( ) La flexión a nivel de la articulación del codo está limitada por el choque entre el pico olecraniano y la fosita olecraniana.
5. ( ) El músculo braquial anterior es un músculo extensor en forma exclusiva.

**Seleccione la respuesta correcta según corresponda, elija solamente una opción.**

**6. ¿Cuál de las siguientes opciones no corresponde al complejo articular del codo?**

- a. Humerocubital.
- b. Humeroradial.
- c. Radiocubital superior.
- d. Glenohumeral.

**7. ¿Qué porcentaje de tensión compresiva total soporta la apófisis coronoides cuando se extiende la articulación de codo?**

- a. 60 %..
- b. 50 %..
- c. 70 %..

d. 40 %..



**8. La fuerza generada en la articulación del codo es mayor cuando se inicia:**

- a. La flexión.
- b. La extensión.
- c. La pronación.
- d. La supinación.



**9. La estabilidad longitudinal del antebrazo la proporciona:**

- a. La membrana interósea y el fibrocartílago triangular.
- b. La cápsula, el tríceps braquial y la apófisis coronoides.
- c. El olécranon y la banda anterior del ligamento colateral medial.
- d. Músculos antagonistas de la flexión de codo.



**10. La flexo extensión del antebrazo ocurre en:**

- a. El plano coronal y eje anteroposterior.
- b. El plano transversal y eje longitudinal.
- c. El plano sagital y eje transversal.
- d. Ninguna de las opciones es correcta.



[Ir al solucionario](#)



Estimado estudiante, ¡Felicitaciones! Ha concluido satisfactoriamente el estudio de esta unidad.



## Semana 12

Como se pudo comprender, distintos factores procedimentales actúan en la biomecánica de la muñeca y mano; a continuación, la presente unidad estimado estudiante, ahondará sobre la Biomecánica de la pelvis y la extremidad inferior, con este conocimiento usted podrá identificar correctamente las articulaciones y los movimientos que se producen.

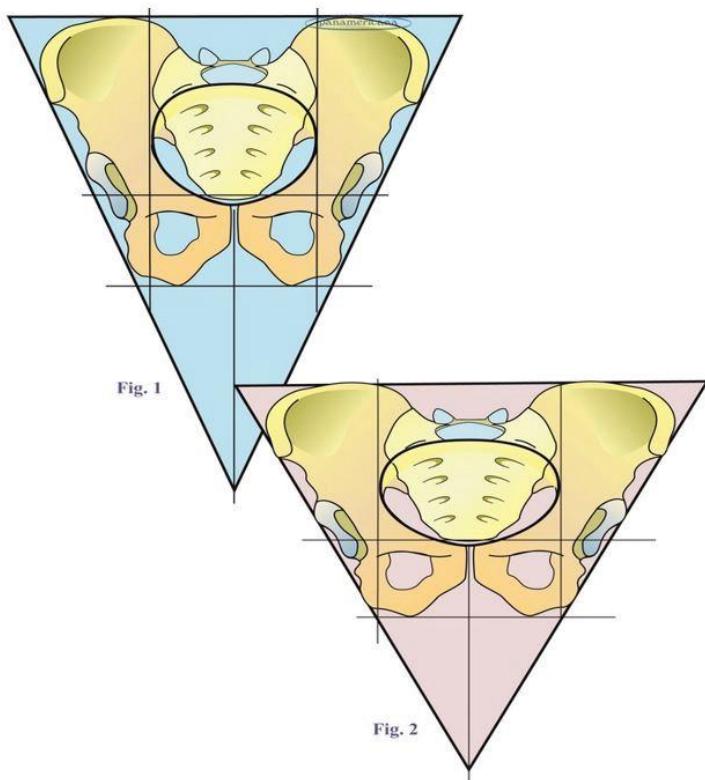
### **Unidad 5. Biomecánica de la cintura pélvica y miembro inferior**

#### **5.1. La cintura pélvica (Kapandji, 2012)**

La cintura pélvica forma la base del tronco, constituye el sostén del abdomen y lleva a cabo la unión entre los miembros inferiores y el tronco, está compuesta por tres piezas óseas (dos huesos ilíacos y el sacro) y tres articulaciones que son la articulación coxofemoral, sacroilíaca y la sínfisis del pubis, las cuales trabajan sincrónicamente para dar movilidad y estabilidad al cuerpo. En la figura 35 se lo representa:



**Figura 35**  
*Cintura pélvica*



*Nota.* Tomado de Fisiología Articular. Tomo 3 (p. 49) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

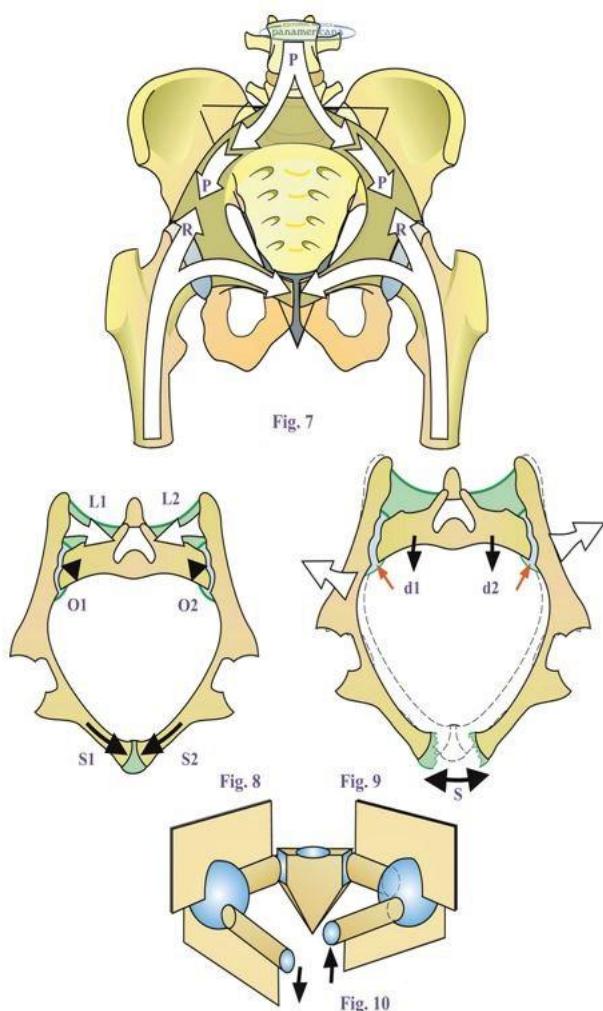
La cintura pélvica tiene, en conjunto, la forma de un embudo con una gran base superior que conecta la cavidad abdominal y la pelvis a través del estrecho superior. En el caso de la cintura pélvica, el dimorfismo sexual se aprecia con claridad, la cintura pélvica femenina es mucho más ancha y mucho más extensa; el triángulo en cuyo interior se inscribe posee una base más amplia que el de la pelvis masculina. La pelvis masculina es más alta respecto a la femenina, el estrecho superior es más ancho y más abierto en la mujer que en el hombre. Esta diferencia está relacionada con la función de la gestación y sobre todo con la del parto, puesto que el feto y en particular su cabeza, que constituye la parte más voluminosa del mismo. La cintura pélvica, considerada

en conjunto, transmite fuerzas entre el raquis y los miembros inferiores, el peso que soporta la quinta vértebra lumbar se reparte en dos partes iguales hacia los alerones del sacro, para, a continuación, a través de las espinas ciáticas, dirigirse hacia la cavidad cotiloidea. En este punto se recibe la resistencia del suelo del fémur y la cabeza femoral, una parte de esta resistencia opuesta a la altura de la síntesis pública tras haber atravesado la rama horizontal del pubis. En la siguiente figura se expone su arquitectura:



**Figura 36**

Arquitectura de la cintura pélvica



Nota. Tomado de Fisiología Articular. Tomo 3 (p. 53) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

**Pelvis:** Los huesos ilíacos están articulados con el sacro y por medio de él con la columna vertebral, constituyendo las articulaciones sacroilíacas, a nivel de la línea media los huesos ilíacos forman la llamada sínfisis del pubis.

### **5.1.1. Movimientos**

Las articulaciones sacroilíacas tienen movimientos muy limitados llamados de nutación y contranutación. El movimiento de nutación es aquel donde la base del sacro se dirige hacia abajo en tanto que su vértice se dirige hacia arriba. El movimiento de contranutación se produce en sentido inverso y por ello la base del sacro se eleva y el vértice baja constituyendo en conjunto un movimiento de báscula.

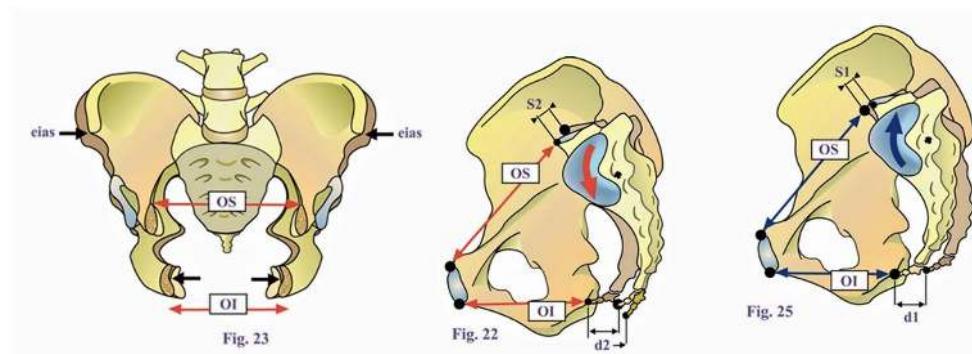
Estos movimientos tienen importancia en la gestante y en las posturas viciosas de la pelvis. La síntesis pubiana solo puede tener modificaciones mecánicas durante el embarazo y el parto. En conjunto, los movimientos de la pelvis se consideran con mayor propiedad como movimientos de la columna vertebral a nivel de la articulación lumbosacra y se clasifica en:

- Rotación o inclinación hacia delante.
- Rotación o inclinación hacia atrás.
- Inclinación lateral: es la depresión o elevación de una cresta ilíaca con respecto a la otra, correspondiente al lado opuesto.
- Giro sobre un eje vertical. Hacia la derecha o hacia la izquierda.

En la siguiente figura se expone estos movimientos:

**Figura 37**

Nutación y contranutación



Nota. Tomado de Fisiología Articular. Tomo 3 (p. 53) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



### Semana 13

Apreciado estudiante, una vez expuesta las conformaciones que involucran la pelvis y la extremidad inferior, en esta semana se revisará la biomecánica de la cadera, con lo cual comprenderá los diversos movimientos que se presentan a nivel de articulación coxofemoral, así como los componentes que intervienen.

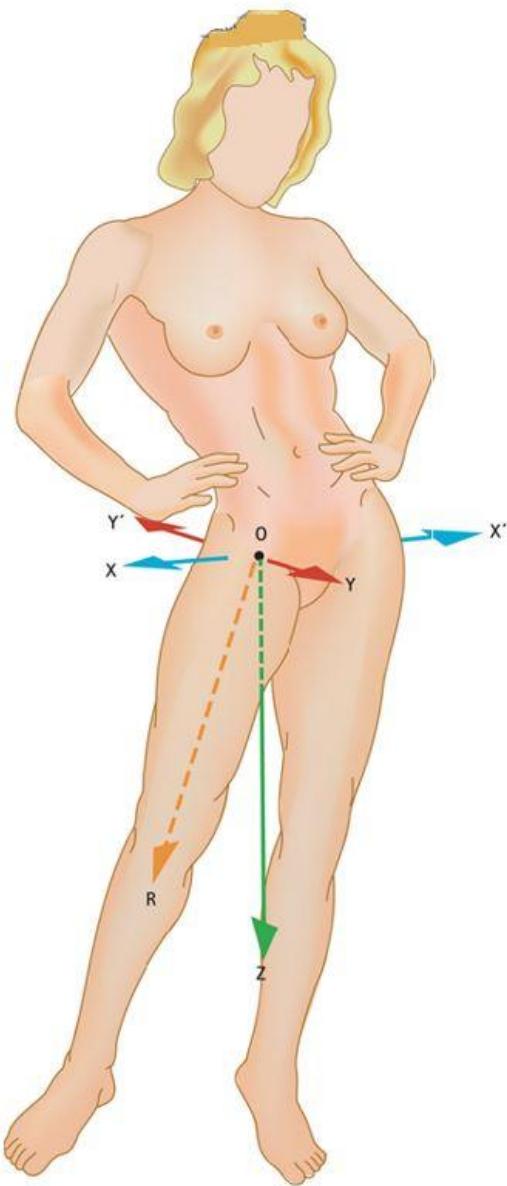
## Unidad 4. Biomecánica del miembro superior

### 5.2. Biomecánica de la cadera (Kapandji, 2012)

La articulación de la cadera, es la conexión cerca del miembro inferior, cuyo desempeño es dirigido en todas las trayectorias del área. Está originada de 3 núcleos y de 3 niveles de libertad de desplazamiento. Los desplazamientos de la cadera ocupan una sola articulación, designada articulación coxofemoral, misma que representa es una enartrosis. Sus movimientos son los expuestos en la siguiente figura:

**Figura 38**

Biomecánica de la cadera



Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 2* (p. 5) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

### 5.2.1. Eje transversal

Se expresan las actividades de:

**Flexión:** Actividad que dirige la cara anterior del muslo a la confluencia del tronco. La extensión de la flexión se sujeta de los siguientes aspectos:

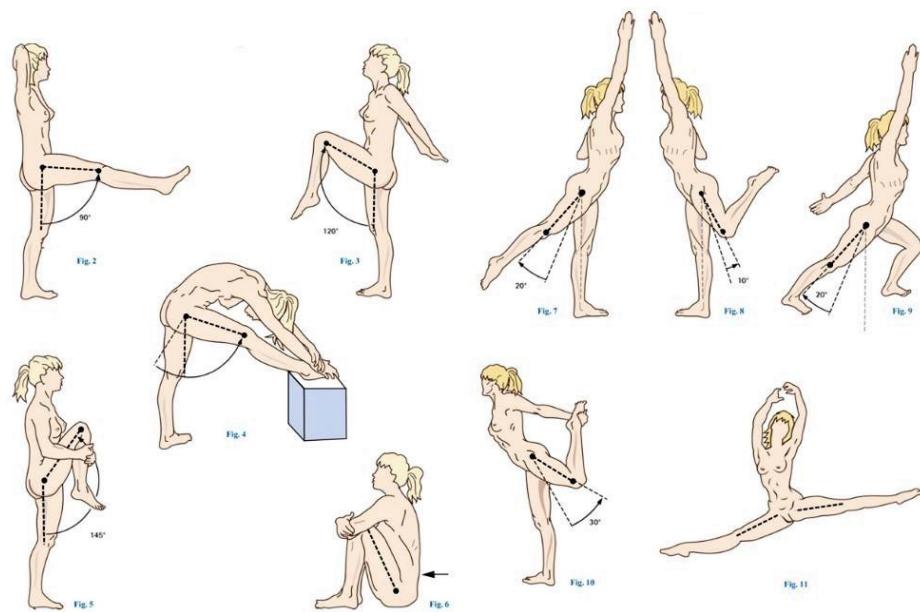
- **La flexión activa:** No es tan extensa como la pasiva. El eje de la rodilla participa en la extensión de la flexión de cadera, porque, si la rodilla está en amplitud, la flexión es de 90°, de forma que, si la rodilla se encuentra flexionada, la flexión es mayor de 120°.
- **La flexión pasiva:** Rebasa generalmente 120°, pero la postura de rodilla también incide como en flexión activa. Con la rodilla flexionada puede rebasar los 140°.

**Extensión:** Desplazamiento que lleva al integrante inferior por detrás de la línea vertical del tronco, tal como se muestra en la figura 39. Su extensión es más menor que la flexión, dado a la tensión del ligamento ileofemoral y a los siguientes aspectos:

- **La extensión activa:** Es de mínima extensión que la pasiva. Con rodilla en amplitud, la extensión consigue los 20°.
- **La extensión pasiva:** Se sitúa al adelantar un pie, predisponiendo el cuerpo hacia lo posterior, con lo que el otro está inmóvil, es de 20°, pero si se dilata con vigor se puede alcanzar los 30°.

**Figura 39**

Movimiento de extensión de la cadera



Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 2* (p. 7 - 9) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

### 5.2.2. Eje anteroposterior

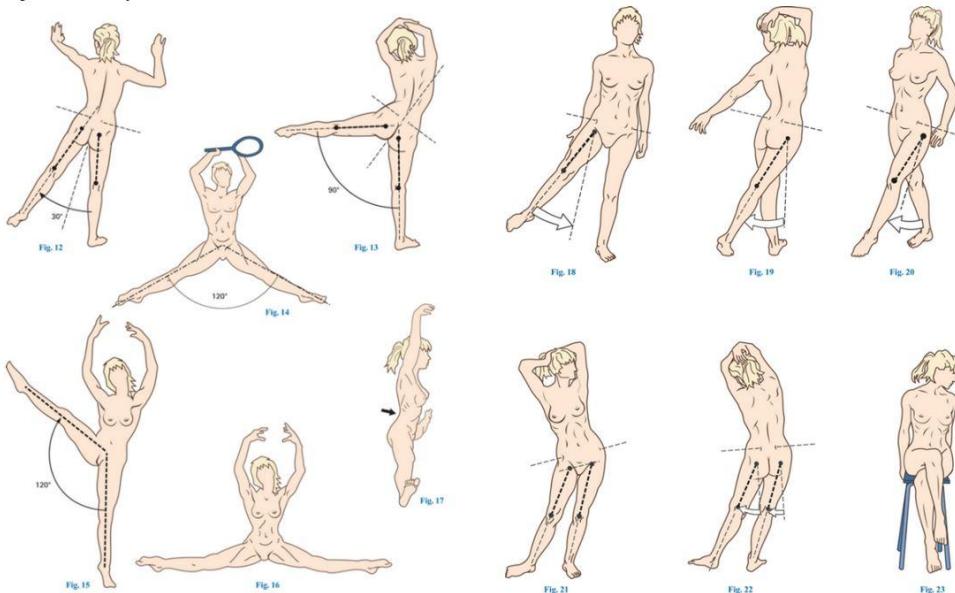
Se dan las actividades de:

- **Abducción:** Desplazamiento que conduce a la sección inferior hacia la parte externa. El ángulo más prominente alcanzado es de 90°, infiriendo que a cada cadera le incumbe una extensión de 45°. Es probable alcanzar un incremento de la extensión máxima de la abducción por entrenamiento arribando a una abducción activa de 120 - 130°. Conforme a la abducción pasiva se puede alcanzar los 180°.
- **Aducción:** Desplazamiento que lleva a la parte baja hacia dentro. En el área anatómica, los dos componentes inferiores se encuentran en contacto, por lo que este desplazamiento no se genera. Para que ocurriese, es pertinente

que vaya relacionado a otras actividades. Sea cual sea, la extensión es de 30°.

En la siguiente figura puede observar estos movimientos:

**Figura 40**  
*Eje anteroposterior de la cadera*



Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 2* (p. 11 - 13) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

### 5.2.3. Eje vertical

Se dan las actividades de:

- **Rotación externa:** Actividad que encamina la punta del pie hacia la parte externa. Su extensión es de 60°, referenciada desde el área de boca abajo con la rodilla flexionada 90°.
- **Rotación interna:** Actividad que encamina la punta del pie hacia la parte interna. Su extensión es de 30°, referenciada desde el área de boca abajo con la rodilla flexionada 90°.

La figura 41 expone estos movimientos:

**Figura 41**

*Eje vertical de la cadera*

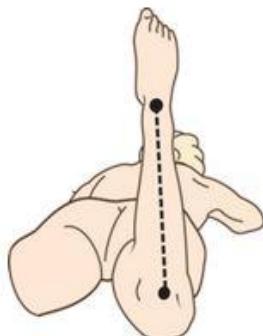


Fig. 24

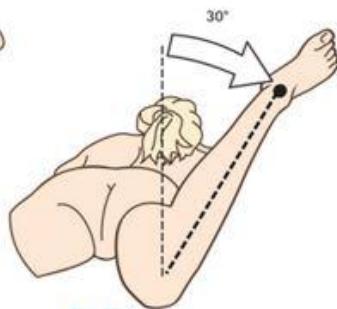


Fig. 25

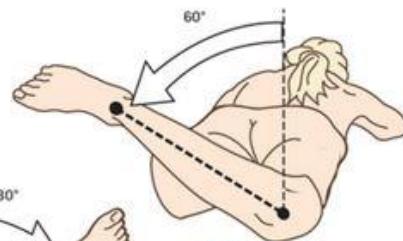


Fig. 26

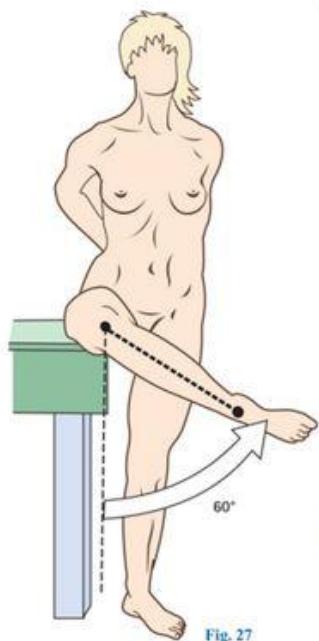


Fig. 27



Fig. 28



Fig. 29

Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 2* (p. 15) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, Editorial Médica Panamericana, CC BY 4.0.

#### **5.2.4. Composición de los tres ejes**

Se produce el movimiento de circunducción. Al alcanzar la circunducción su máxima extensión, el componente menor describe en el espacio la forma de un cono, llamado cono de circunducción, en el que el vértice se encuentra invadido por el eje de la articulación coxofemoral La articulación coxofemoral es una enartrosis, que expresa gran equilibrio, porque debe hacer frente a las fuerzas de respuesta que se genera a su grado como efecto del peso del cuerpo frente el suelo. Esta articulación conexa dos espacios articulares, las mismas que son: La cabeza del fémur y la cavidad cotiloidea de la pelvis. El ángulo establecido entre ambos centros, en su juntura, es de 125°.

El casco del fémur y fémur característicamente están construidos por tejido macizo muy sólido a la compactación estática y dinámica, siendo así muy complicado de quebrar. Igualmente, la cavidad cotiloidea, restringida por la ceja cotiloidea, posibilita la posición de la cabeza del fémur con lo que es improbable que se luxe. La articulación coxofemoral ve aumentada su estabilidad, debido al comportamiento de una serie de ligamentos y músculos como:

- **Ligamento redondo:** Localizado en el trasfondo cotiloideo; apoya la cabeza del fémur, determina el desplazamiento de abducción.
- **Cápsula articular y sus fibras:** Agrega al fémur con el coxal, intercediendo por debajo del macizo trocantéreo. Los haces que comprenden son el longitudinal, el oblicuo, el transverso, el redondo y el arciforme.
- **Ligamentos ileofemorales, isquiofemorales y pubofemorales.** En bipedestación, aquellos ligamentos obstaculizan la extensión.

Ciertos músculos que salen del macizo trocantéreo se sujetan alrededor de la cabeza y cuello del fémur.

#### **5.2.5. Músculos que participan en las actividades de la cadera**

**Músculos flexores de la cadera:**



Estos músculos para ser flexores tienen que interceder enfrente del centro transversal. Examinando uno por uno, nos da el siguiente efecto:

- **Psoas - ilíaco:** Es el de más fuerza en la flexión. Del mismo modo, se desempeña como rotador externo y de aductor.
- **Sartorio:** Es flexor de la cadera y de forma accesoria abductor y conductor externo.
- **Recto antepuesto del cuádriceps.**
- **El tensor de la fascia lata:** Posibilita el desplazamiento de flexión y abducción.
- Algunos músculos adquieren, de modo secundario, un elemento de flexión encima de la cadera como:
  - El pectíneo, el aductor mediano, el recto interno y los fascículos antepuestos de los glúteos menor y mediano.

### Músculos extensores de la cadera:

Estos músculos para ser extensores tienen que situarse antepuestos al eje transversal.

- **Glúteo mayor:** Es el más fuerte. Va entrelazado de los fascículos glúteo mediano y menor, de igual manera, es el conductor externo.
- **Los isquiotibiales**, particularmente el bíceps largo, el semimembranoso, el semitendinoso y el tercer fascículo del aductor mayor.



La basculación de la pelvis del frente y la anterior, es dirigida por el ligamento de Bertin, por lo que obstaculiza la extensión. La actividad de subir las escaleras es visibilizada por los isquiotibiales y el glúteo mayor.

### Músculos abductores de la cadera:

Estos músculos para ser abductores tienen que transitar por fuera del eje frontal. Uno de ellos es el *Deltoides glúteo*, el cual es el engranaje más significativo de la abducción. Esta área muscular está construida por el glúteo mayor, mediano y menor, y por el tensor de la fascia lata.

Para que la pelvis en el apoyo monopodal esté en igualdad, actúan los abductores de la pierna de apoyo.

Para que la pelvis en el apoyo bipodal esté en equilibrio, actúan los abductores de la pierna de apoyo y los aductores de la pierna que no está en apoyo, de forma simultánea.

### **Músculos aductores de la cadera:**

Estos músculos para ser aductores transitan intrínsecamente por el eje frontal.

- El aductor mayor: es el más fuerte.
- También se asocian de forma liviana otros músculos, como puede ser: el recto interno, el semimembranoso, el semitendinoso, el bíceps largo, el glúteo mayor, el cuadrado crural, el pectíneo, el recto interno, el aductor mediano, el obturador interno, el aductor menor y el obturador externo.

### **Músculos que generan movimientos externos de la cadera:**

Estos músculos para que generen movimientos externos, deben transitar por la parte anterior del eje vertical.

- Los pelvitrocantéreos: En este grupo sobresalen, el piramidal, el obturador interno y externo y los géminos.
- De la agrupación de los aductores: el cuadrado crural, el pectíneo y los fascículos posteriores del aductor mayor.

### **Los músculos que generan movimientos internos de la cadera:**

Estos músculos para que generen movimientos internos deben transitar por delante del centro vertical.

- El tensor de la fascia lata.
- El glúteo menor.
- El glúteo mediano.
- En la línea media y por detrás, se encuentran el aductor mayor, el mediano y el menor, la porción larga del bíceps y el piramidal.

Ahora, continuemos con el estudio del siguiente tema que trata sobre la estructura y los movimientos de la rodilla, explorando cómo sus componentes interactúan para permitir la movilidad y estabilidad esenciales en nuestras actividades diarias.

## Movimientos y estructura de la rodilla

### 5.3. Biomecánica de la rodilla: (Kapandji, 2012)

La rodilla es la conexión entre el muslo y la pierna. Tiene 2 grados de libertad de desplazamiento, como es la flexión y la extensión; y el movimiento en el centro longitudinal de la pierna, que se manifiesta cuando la rodilla se encuentra en flexión.

Desde la perspectiva procedural, la rodilla asocia dos factores opuestos como adquirir gran estabilidad y conseguir una gran movilidad.

#### 5.3.1. Ejes y movimientos de la rodilla

Los ejes y movimientos de la rodilla se basan en:

- **Eje transversal:** el primer grado de libertad de movimiento permite la flexión y extensión.
- **La extensión:** no hay una extensión limitada; sin embargo, se puede realizar, sobre todo de manera plausible, una actividad de extensión de 5 a 10°, desde el eje de referencia; esta se denomina como hiperextensión.
- **La flexión:** permite acercar la parte posterior de la pierna sobre el muslo por acción de los músculos isquiotibiales.
- **La flexión activa:** consigue los 140° si la cadera está en flexión anterior y solamente llega a 120° si la cadera se encuentra en extensión. Esta distinción de extensión se debe a la minimización de la efectividad de los isquiotibiales cuando la cadera está en movimiento.
- **La flexión pasiva:** consigue una expansión de 160° y posibilita que el talón entre en contacto con la nalga.

- **Eje longitudinal:** el segundo grado de libertad de movimiento representa la rotación, pero con la rodilla en flexión.
- **La rotación interna** encamina la punta del pie internamente y se asocia en el desplazamiento de aducción del pie.
- **La rotación externa** tiene la punta del pie para fuera y se asocia en el desplazamiento de abducción del pie.
- **Eje anteroposterior:** un tercer grado de movimiento, con la rodilla en flexión, son los movimientos de lateralidad.

En la siguiente figura puede observar su representación:



**Figura 42**

Centro anteroposterior

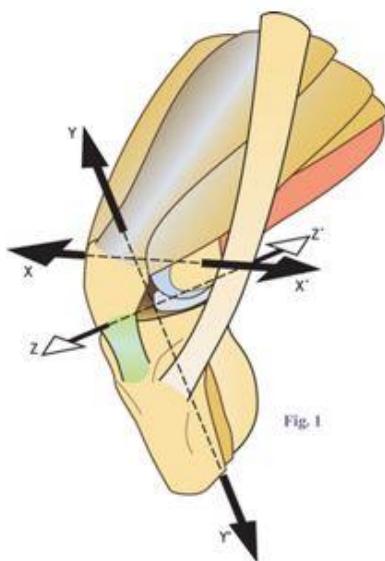


Fig. 1

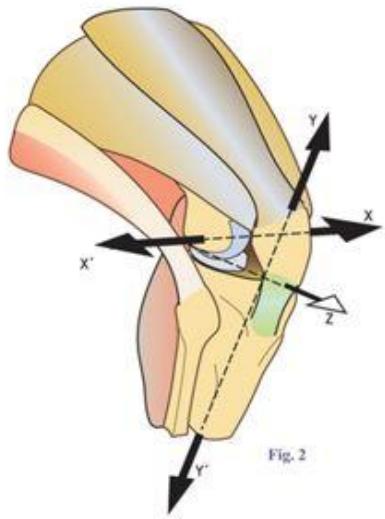


Fig. 2

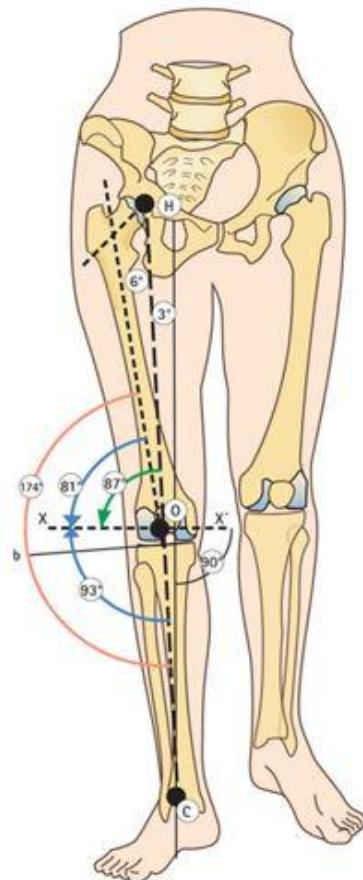


Fig. 3

Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 2* (p. 69) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, Editorial Médica Panamericana, CC BY 4.0.

### 5.3.2. Movimientos laterales de la rodilla

El ángulo de valgus tiende a variar con patologías conforme los sujetos:

Cuando el ángulo de valgus se contrapone, ocurre un genu varum. El eje de la rodilla se mueve hacia fuera. El genu varum puede observarse de 2 formas:

- Por el cálculo del ángulo del área diafisiario del fémur y el de la tibia; es más prominente que su valor fisiológico de 170°, en otros términos, es de unos 180-185°.
- Por el cálculo del desplazamiento externo del eje de la rodilla con vínculo al centro mecánico del componente inferior.

Cuando el cálculo de valgus se cierra, se refiere a un genu valgum. Para visualizar el genu valgum se puede estimar por 2 técnicas:

- Por el cálculo del ángulo de los centros epifisiarios, donde su valor se comprende por debajo del ángulo fisiológico de 170°.
- Por el cálculo del movimiento interno del eje de la rodilla con vínculo al centro mecánico del componente inferior.

En la figura 43 se exponen los movimientos laterales de la rodilla:

**Figura 43**

Movimientos laterales de la rodilla

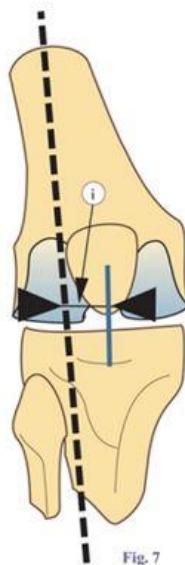
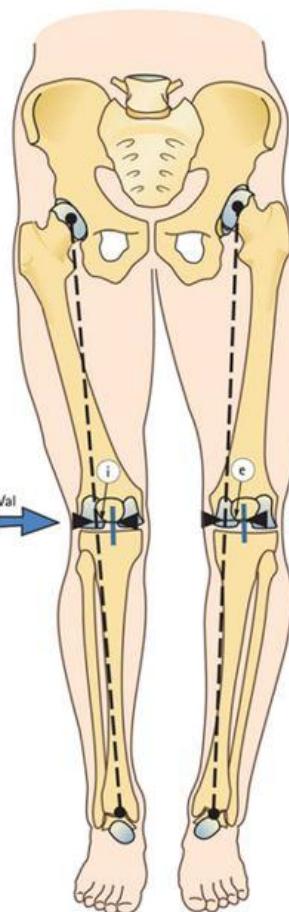


Fig. 7



Val

Var

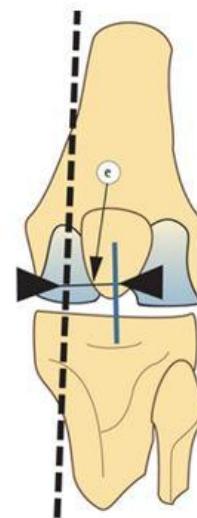


Fig. 5

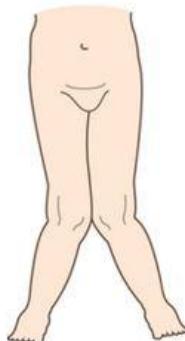


Fig. 8

Fig. 4

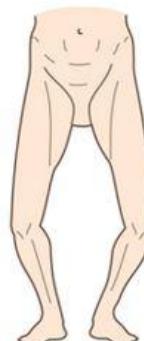


Fig. 6

Nota. Tomado de *Fisiología Articular. Tomo 2* (p. 71) [Ilustración], por Kapandji, A., 2012, [Editorial Médica Panamericana](#), CC BY 4.0.

### **5.3.3. La rodilla está compuesta por dos articulaciones**

- **Femorotibial:** Conexión de los dos cóndilos femorales respecto a las dos cavidades glenoideas de la meseta tibial. Las dos glenoides se encuentran deslindadas por la cresta tibial y su eje se modifica respecto de las labores de los cóndilos, pero el caso más regular es: Glenoides cóncavas para arriba y cóndilos convexos para abajo. Los grados de cada uno de los radios de curvatura de los cóndilos son los siguientes:
- **Femoropatelar:** Conexión de la escotadura intercondílea con rótulo. Comprenden los ligamentos cruzados y ocupa una cápsula articular cubierta de cartílago hialino.

### **5.3.4. Desplazamiento de los cóndilos respecto de las glenoides en la flexión-extensión.**

La flexión y la extensión se originan en la rodilla, porque los cóndilos ejercen dos funciones: 1º giran sobre sí y 2º se dinamizan en los cóndilos. A lo largo de la rodadura pura en donde se da la iniciación de la flexión, es diferente conforme el cóndilo que se considere: para el cóndilo interno la rodadura solo se presencia en los 10-15° originarios de la flexión, y para el cóndilo externo la rodadura insiste hasta los 20° de flexión. Estos 15 o 20° de rodadura, son parte de la extensión normal de las actividades de flexión amplitud que se ejecuta en la marcha normal.

### **5.3.5. Desplazamiento de los cóndilos respecto de las glenoides en las actividades de giro axial**

En la vuelta externa de la tibia bajo el fémur, el cóndilo externo se encamina en la glenoide externa, por el otro lado, el cóndilo interno se regresa en la glenoide interna. En cambio, en la vuelta interna el cóndilo externo regresa en su glenoide, de manera que en el interno se prolonga sobre la glenoide interna.



### 5.3.6. Cápsula articular y los ligamentos de la rodilla

La cápsula articular es una cubierta fibrosa que asocia la extremidad inferior del fémur y la extremidad superior de la tibia, conservándolas en relación entre sí, generando las paredes no óseas de la cavidad articular.

Los ligamentos de la rodilla son:

1. **Ligamento adiposo:** Este se encamina hacia abajo e inherentemente en la rótula. Tiene el aspecto de una pirámide y sus ejes de fijación son: la parte de atrás y la posterior de la escotadura intercondílea y la parte frontal e inferior de la rótula.
2. **Ligamento rotuliano:** Denominado como ligamento yugal.
3. **Ligamento cruzado antero - externo:** Se adhiere en la parte posterior de la tibia y en la cara posterior del cóndilo externo. En la flexión, este ligamento tiene la obligación del movimiento del cóndilo hacia enfrente. Obstaculiza el giro interno con la rodilla en amplitud.
4. **Ligamento cruzado postero - interno:** Se adhiere en la parte frontal de la tibia y en la cara interna del cóndilo interno. En la amplitud, este ligamento tiene la obligación del movimiento del cóndilo hacia atrás. Obstaculiza el giro interno con la rodilla en amplitud.
5. **Ligamento semimembranoso.**
6. **Ligamento aleros meniscos rotulianos:** Se encuentran en los lados del menisco y propician conservar una equidad transversal de la rótula.
7. **Ligamentos laterales internos y externos:** Los dos se tensionan en la amplitud y se sueltan en la flexión. Se adhieren en la cara posterior del cóndilo respecto de la cabeza del peroné (externo) y en la cara posterior media del cóndilo del interior de la tibia (interno). Obstaculizan el giro externo con la rodilla en amplitud.
8. **Ligamentos femoro - rotulianos:** Configuran dos grandes alerones en la rótula.

### **5.3.7. Meniscos interarticulares y sus conductas a lo largo de los movimientos**

La no conformidad del espacio articular está nivelada por la interposición de los meniscos. Los meniscos se entremezclan entre los cóndilos y glenoides, salvo en el eje o de cada glenoide y a la altura de las espinas tibiales.

#### **Movimientos de los meniscos en la flexión- extensión.**

Durante la extensión, las aletas meniscorrotulianas, se tensan por el avance de la rótula que arrastra al ligamento yugal, tirando de los meniscos hacia delante. La tensión del ligamento menisco femoral simultánea la tensión del ligamento cruzado postero interno, impulsa hacia delante al cuerno posterior del menisco externo.

En la flexión el menisco externo es generado hacia atrás por la dilatación del poplíteo y el procedimiento interno es generado hacia atrás por la dilatación del semimembranoso, que se incluye en su reborde posterior, mientras tanto el cuerno previo es percibido por las fibras del cruzado antero-externo.

#### **Movimiento de los meniscos en la rotación axial**

En la rotación externa de la tibia bajo el fémur, el menisco externo está estimulado hacia la parte anterior de la glenoide externa, por el otro lado, el menisco interno es direccionado hacia atrás.

En la vuelta interna, el menisco céntrico se dinamiza mientras el externo regresa.



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Una vez referenciados todos los aspectos que engloban a la biomecánica de la cadera y los movimientos de la articulación coxofemoral, invito al lector a considerar y que sea partícipe de una revisión más enriquecedora de la biomecánica de la cadera, misma que se encuentra anexada de la siguiente manera:

1. Revisar los temas sobre Biomecánica de la cadera y de la rodilla, páginas 181 - 222 de la siguiente referencia: Nordin, M. Frankel, V. H. y Anzures, M. B. J. (Trad.). Bases [biomecánicas del sistema musculoesquelético](#) (4a. ed.). L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona: Wolters Kluwer Health, 2013.
2. Revisar el video [Biomecánica de la cadera](#), el cual le servirá para afianzar los conocimientos de esta semana. Luego conteste las siguientes preguntas:
  - ¿Qué tipo de articulación es la coxofemoral?
  - ¿Qué movimientos se producen y cuáles son los rangos de movilidad articular?

Nota. conteste la actividad en un cuaderno de apuntes o en un documento Word.

3. Revisar el siguiente video: [Biomecánica y función del complejo articular de la rodilla I](#), esto permitirá una mayor comprensión que le servirá para la aplicación de estos conocimientos en su práctica profesional.
4. Adicionalmente, para mejorar sus conocimientos sobre el tema, recomiendo realizar la siguiente actividad interactiva:  
[Biomecánica de la cadera \(quiz\)](#)

Como pudo evidenciar, la articulación de la cadera o articulación coxofemoral es de tipo diartrosica, es decir, que permite varios movimientos; por lo tanto, es poliaxial, ya que permite movimientos en

los tres ejes y planos anatómicos. Los movimientos son flexión, extensión, aducción, abducción, rotación interna, rotación externa y circunducción.

## Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



### Semana 14

Estimado estudiante, durante la semana 14, iniciaremos con el estudio de la biomecánica del pie y el tobillo, considerando que la principal tarea del pie y del tobillo es dar una interrelación estable, adaptable y eficiente entre el cuerpo y el piso para la deambulación o locomoción. El conocimiento de esto es esencial para la comprensión de la biomecánica de la marcha y entender cada una de sus fases, razón por la cual invito a leer y estudiar los siguientes contenidos:

#### Unidad 4. Biomecánica del miembro superior

##### 5.4. Biomecánica del pie y tobillo (Donoso, 1998) (Nordin et al., 2013) (Kapandji, 2012)

El pie transfiere el peso del cuerpo al piso durante la marcha. Las articulaciones están habilitadas para realizar la configuración pertinente para el ajuste fino sobre distintos terrenos. Desde esta tensión concentrada, tanto el tobillo como el pie son afectados a menudo por deformidades espásticas que generalmente no afectan a otras partes del cuerpo. Más aún, el pie sufre, con frecuencia, el efecto de diversas alteraciones sistémicas como la artritis reumatoidea y la diabetes.



#### **5.4.1. Ejes del complejo articular del pie son**

Los ejes del complejo articular del pie son:

- **Transversal:** transita por los dos maléolos y compete al eje de la articulación tibiotarsiana; está dentro del plano frontal e influye en los desplazamientos de flexión y extensión del pie.
- **Longitudinal de la pierna:** este es vertical y condiciona los movimientos de aducción y abducción del pie, movimientos que son posibles gracias a la rotación axial de la rodilla.
- **Longitudinal del pie:** este es horizontal, está dentro del plano sagital e incide en el curso de la planta del pie, de forma que le posibilita visualizar hacia abajo, afuera o adentro. Estos desplazamientos otorgan el nombre de pronación o supinación.

#### **5.4.2. Desplazamientos del pie**

El astrágalo se asocia en una mortaja que incrementa cuantiosamente la equidad de la articulación y que de manera pura permite el movimiento de flexo-extensión.

- **Flexión o dorsiflexión:** tiene una amplitud de 20 a 30°.
- **Flexión plantar o extensión:** alcanzan los 30° a 50°.

En los movimientos extremos no solo actúa la articulación tibiotarsiana, sino que se añade la amplitud propia de las articulaciones del tarso, las cuales, a pesar de ser menos importantes, deben ser consideradas.

- **Abducción y aducción puras:** a nivel de tobillo equivalen a 10 y 20° respectivamente.

Los principales movimientos observados en las articulaciones del pie incluyen las expuestas en la siguiente figura:

**Figura 44**

*Movimientos de las articulaciones del pie*



**Articulación intertarsiana**

Movimientos de deslizamiento.

**Articulaciones metatarsofalángicas**

Tienen potencialmente los mismos movimientos que las articulaciones metacarpofalángicas y consisten en extensión, flexión y ligera aducción-abducción.

**Articulaciones tarsometatarsianas**

Movimientos de deslizamiento.

**Articulaciones interfalangicas**

Permiten la flexo-extensión de los dedos del pie.

Nota. Luna, J., 2025.

Se considera que la eversión únicamente sucede en las articulaciones tarsiana, y es probable sin movimientos sincrónicos de la base mayor del pie con los dedos hacia afuera. La inversión, de igual forma, solamente ocurre en las articulaciones tarsianas. La pronación es la suma de la eversión más abducción y la supinación la suma de la inversión y la aducción.

#### **5.4.3. Acciones musculares**

En los desplazamientos del tobillo y el pie participan doce músculos (tibial anterior, extensor propio del dedo gordo, extensor general de los dedos, peroneo anterior, gemelos, sóleo, plantar delgado, flexor largo de los dedos, flexor largo del dedo gordo, peroneo lateral largo, peroneo lateral corto y tibial

posterior). Nombrados estos músculos, se encuentran 19 músculos propios que mejoran el sostenimiento de los arcos del pie y generan desplazamientos de los dedos.

**Extensores de los dedos:** Participan tres músculos: el extensor propio del dedo, extensor común de los dedos y un intrínseco, el pedio. La garganta del pie posee tres correderas tendinosas: la corredera anterior, la corredera por detrás del maléolo externo y la corredera por detrás del maléolo lateral interno. La corredera anterior está cercada por el ligamento anular anterior del tras, el mismo que actúa como aplicador y polea de reflexión permitiendo el paso del tibial preliminar, extensor del dedo gordo, el extensor general de los dedos y el peroneo antepuesto.

Por detrás del maléolo lateral externo se encuentra el peroneo lateral largo (posición más posterior) y en su porción anterior el peroneo lateral corto. A nivel del maléolo lateral interno, de adelante hacia atrás y de dentro afuera se localizan el tibial de enfrente, flexor general de los dedos y el flexor del dedo gordo.

**Flexores del tobillo:** Los músculos que doblan la articulación, son los que transitan por enfrente de la base transversal; se seccionan en dos agrupaciones conforme su ubicación en relación con la base longitudinal del pie:

En la parte intrínseca, el extensor del dedo gordo y el tibial antedicho, estos músculos son aductores y supinadores, con lo que es más aductor y más supinador aquel que está más apartado de la base del pie que es el tibial previo.

Por fuera está el extensor general de los dedos y el peroneo posterior; estos son abductores y pronadores, siendo más abductor y más pronador, el que se sitúa más alejado del eje del pie (peroneo posterior). Para conseguir la curvatura pura del tobillo sin aducción, supinación, abducción o pronación, es fundamental que los dos grupos musculares accionen de forma sincrónica y equitativa, de esa manera son contemplados músculos sinérgico-antagonistas.

De los músculos flexores dos se desempeñan de forma directa y dos de manera no directa. Los que tienen acción directa son el tibial anterior y el peroneo anterior, cuando los músculos del compartimento anterior se paralizan el sujeto no puede elevar el pie, trastorno que se conoce como pie equino, por lo que el paciente se ve obligado a levantar la pierna para que la punta del pie no se clave en el suelo. Si el extensor común conserva cierta eficiencia, el pie cae, pero desviado hacia afuera, a esta patología se denomina pie equino valgo.



Es conocido que el envejecimiento ha sido asociado con la disminución de la elasticidad de los músculos esqueléticos, comprobándose recientemente que el grupo dorsiflexor del tobillo no se afecta en su tensión y elasticidad.

**Flexores de los dedos:** Son los músculos o tendones ubicados en la planta del pie y se disponen de la profundidad a la superficie en tres planos detallados a continuación:

- **Plano profundo:** Corresponde a los músculos interóseos y a los anexos del quinto dedo y del dedo gordo.
- **Plano medio:** Corresponde a los flexores largos e involucra al flexor común de los dedos cuya contracción simultánea corrige las desviaciones axiales de los tendones y al flexor propio del dedo gordo cuya segunda falange es flexionada con fuerza por el mencionado tendón.
- **Plano superficial:** Representado por el flexor corto plantar que es el equivalente del flexor común superficial de los dedos de la mano, de igual forma son flexores de la segunda falange.

**Extensores del tobillo:** el tríceps sural es un músculo significativo, como también efectivo, es considerado como uno de los más fuertes del cuerpo, luego del glúteo mayor y el cuádriceps, por su postura axial, tienen un desempeño muy prominente.

El tríceps sural está compuesto de tres cuerpos musculares con el tendón terminal común que es el tendón de Aquiles (músculos gemelos y el sóleo), de las cabezas, una solo es monoarticular y las dos biarticulares que corresponden a los gemelos.

La efectividad de los gemelos al ser biarticulares, se encuentran sujetados a la fuerza de la flexión de la rodilla; así, cuando la rodilla está ampliada, los gemelos están en tracción pasiva y pueden otorgar su fuerza máxima, esta postura posibilita dar al tobillo una parte de la fuerza del cuádriceps.

Cuando la rodilla está en flexión, los gemelos se encuentran estirados al máximo, abandonando toda efectividad (indudablemente solamente actúa el músculo sóleo).

Los gemelos no son flexores de la rodilla, el tríceps sural rinde su máxima potencia cuando la posición de partida es flexión del tobillo y extensión de la rodilla.

De igual manera que el tríceps sural, hay 5 músculos que tienen una actividad extensora en el tobillo: el plantar delgado (músculo inestable y endeble), hacia fuera de los peroneos que también son abductores y pronadores; hacia dentro el tibial posterior, el flexor común de los dedos y el flexor del dedo gordo, que representan los aductores y supinadores. La amplitud pura se dimana, de esa manera, de la acción sinérgica opuesta de las agrupaciones musculares internas y externas. La fuerza de los extensores accesorios es de una catorceava parte de la potencia total en extensión (el tríceps 6,5 kg y los extensores accesorios 0,5 kg). La potencia de los peroneos representa la mitad de la potencia global de los extensores accesorios.

**Músculos abductores-pronadores:** Los peroneos que transitan por atrás del centro diagonal y externos al centro longitudinal son de igual modo extensores, abductores y pronadores.

El peroneo lateral reducido representa ser más abductor y en la pronación percibe el auxilio del peroneo trasero y extensor común de los dedos, desde ese enfoque, la abducción-pronación es el producto de una acción sinérgico-opuesta de todos los peroneos y del extensor común de los dedos.

El peroneo lateral largo ocupa un rol importante, tanto en los desplazamientos del pie como en la estática y movimiento de la bóveda plantar, de esa manera, es abductor - pronador y además extrema las curvas de los tres arcos de la bóveda plantar y configura su sostén muscular esencial.

Por otro lado, es extensor y tiene acción directa al bajar la cabeza del primer metatarsiano e indirecta al llevar el primer metatarsiano hacia afuera. En consecuencia, la amplitud pura del pie es el producto de la contracción sinérgica-opuesta del tríceps y del peroneo lateral largo.

**Músculos aductores- supinadores:** Los tres músculos retro maleolares intrínsecos son a la vez extensores, supinadores y aductores. El más esencial de estos es el tibial frontal que se adhiere en el tubérculo del escafoides, y ocupa una conducta aductora muy activa siendo opuesta del peroneo lateral reducido en forma directa. Igualmente, es el supinador y desempeña un rol importante en el sostén y dirección de la bóveda plantar.

El tibial subsiguiente en la extensión y aducción, admite el auxilio del flexor común de los dedos y del flexor del dedo gordo. El tibial trasero y el extensor propio del dedo gordo, al encaminarse frente del eje diagonal son flexores, y por añadidura aductores y supinadores.

El tibial posterior es más supinador que aductor, al explanar el arco interno del pie entre tanto realiza la supinación. Es el opuesto directo del peroneo lateral prolongado y su acción aductora es más templada que la del tibial posterior. Además, es flexor del tobillo y su compresión sinérgico-opuesto con el tibial frontal, genera aducción-supinación sin desplazamientos de flexión o extensión y su contracción genera un pie talo varo.

El extensor propio del dedo gordo es un aductor-supinador más endebil que el tibial trasero: la fuerza de los supinadores es de 2,82 kg que se excede a la de los pronadores (1.116 kg); falto de apoyo, el pie gira por sí solo en supinación.



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante, una vez explicados los distintos procedimientos que se interrelacionan en la biomecánica del pie y el tobillo, invito al lector a que considere revisar el siguiente tema, mismo que hace alusión a lo ya expuesto, con el motivo de que adopte una mejor apreciación de este:

1. Revisar el tema de Biomecánica del pie y del tobillo, páginas 225 - 252 de la siguiente referencia: Nordin, M. Frankel, V. H. y Anzures, M. B. J. (Trad.). [Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético](#) (4a. ed.). L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona: Wolters Kluwer Health, 2013.
2. Para ampliar los conocimientos estudiados en la semana 14, le invito a revisar el video [Biomecánica del pie](#), luego responda las siguientes preguntas buscando información en fuentes confiables que considere necesarias:
  - ¿Cuál es el eje longitudinal del pie y por dónde pasa?
  - ¿Cuáles son los movimientos del pie?

Nota. conteste la actividad en un cuaderno de apuntes o en un documento Word.

El eje longitudinal del pie pasa por el centro del astrágalo y el borde externo del segundo metatarsiano. Este es horizontal y pertenece al plano sagital, lo que hace que condicione la orientación de la planta del pie. Los movimientos del pie son dorsiflexión, flexión plantar, aducción, abducción, supinación y pronación.

3. Ahora es momento de conocer los resultados de autoaprendizaje, para ello le recomiendo que realice la siguiente autoevaluación:



## Autoevaluación 5

**Conteste verdadero o falso según corresponda.**

1. ( ) El centro transversal se orienta por los dos maléolos y pertenece al centro de la articulación tibio-tarsiana; está entendido en el plano subsiguiente e influye en los desplazamientos de flexión y extensión del pie.
2. ( ) Flexión o dorsiflexión: tiene una amplitud de 30 a 50°.
3. ( ) La pronación del pie es la adición de la eversión más abducción y la supinación, la suma de la inversión y la aducción.
4. ( ) El tríceps sural está compuesto de tres cuerpos musculares con el tendón terminal común que es el tendón de Aquiles (músculos géminos y el crural), de las cabezas, una solo es monoarticular y las dos biarticulares que corresponden a los gemelos.
5. ( ) La efectividad de los gemelos, al ser biarticulares, está subordinada a la fuerza de la flexión de la rodilla.

**Seleccione la respuesta correcta según corresponda, elija solamente una opción.**

6. **Señale lo correcto. El pie realiza movimientos en torno al eje vertical y se realizan en el plano horizontal los movimientos de:**
  - a. Aducción y abducción.
  - b. Supinación y pronación.
  - c. Dentro y afuera.
  - d. Flexión y extensión.
7. **Los músculos de la planta del pie se disponen desde la profundidad hasta la superficie en tres planos:**
  - a. Plano profundo, medio y superficial.

- b. Plano profundo, medio e intermedio.
- c. Plano profundo, medio, corto.
- d. Plano profundo, medio y superior.

**8. Señale la opción correcta.**

- a. El tibial delantero en la extensión y aducción admite el auxilio del flexor común de los dedos y del flexor del dedo gordo.
- b. El tibial trasero y el extensor del dedo gordo, al encaminarse frente al centro transversal, son extensores.
- c. El tibial trasero es más pronador que aductor al explanar el arco propio del pie, en tanto realiza la supinación.
- d. El tibial trasero es extensor del tobillo y su compresión sinérgico-opuesta con el tibial frontal.

**9. La inversión es la suma de los movimientos de:**

- a. Supinación + aducción + rotación interna.
- b. Pronación + abducción + rotación externa.
- c. Circunducción + abducción + rotación interna.
- d. Inclinación + aducción y rotación externa.

**10. El arco interno del pie está conformado por:**

- a. Se halla en la cabeza del primer metatarsiano y las tuberosidades subsiguientes del calcáneo.
- b. Se encuentra entre la cabeza del primer metatarsiano y la cabeza del quinto metatarsiano.
- c. Se halla en la cabeza del 5.<sup>º</sup> metatarsiano y en las tuberosidades posteriores del calcáneo.
- d. Se encuentra entre la cabeza del quinto metatarsiano y el primer hueso cuneiforme del pie.

[Ir al solucionario](#)



Estimado estudiante, ¡Felicitaciones! Ha concluido satisfactoriamente el estudio de esta unidad.

## Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



### Semana 15

Apreciados estudiantes, estamos culminando los contenidos de la asignatura, en esta unidad se presenta la biomecánica de la marcha, para lo cual es necesario que se lea comprensivamente los siguientes contenidos, esto permitirá identificar sus fases y sub - fases del ciclo de la marcha, que les servirá para identificar trastornos o alteraciones en la misma.

### Unidad 6. Biomecánica de la marcha (Nordin et al., 2013)

#### 6.1. Introducción

La locomoción o marcha es una actividad funcional que requiere interacciones complejas y coordinación entre la mayor parte de las articulaciones principales del cuerpo, sobre todo de las extremidades inferiores. Esta actividad fundamental ha sido el tema de estudio de los científicos durante varios siglos con respecto a la descripción tanto de los movimientos característicos del cuerpo como de las condiciones patológicas e intervenciones terapéuticas.

#### 6.2. Consideraciones anatómicas

Algunas consideraciones anatómicas son:

- **Cadera:** durante la marcha, el movimiento con respecto a la articulación coxofemoral o cadera es triaxial: la flexión-extensión se realiza con respecto a un eje medio lateral; la aducción-abducción ocurre con respecto a un eje anteroposterior y la rotación interna-externa se efectúa con respecto a un eje longitudinal. Aunque los movimientos de flexión-

extensión son de la más alta amplitud, en los otros dos planos son considerables y consistentes tanto dentro de los individuos como entre ellos. Asimismo, el deterioro en cualquiera de los tres planos de movimiento o en todos ellos causa desviaciones problemáticas, en la cadera y las otras articulaciones, del patrón característico de la marcha.

- **Rodilla:** también son posibles tres grados de libertad de rotación angular durante la marcha. El principal movimiento es el de flexión-extensión de la rodilla con respecto a un eje medio lateral. También podría ocurrir rotación interna-externa de la rodilla con respecto a un eje longitudinal y la aducción abducción (varo-valgo) en relación con un eje anteroposterior, pero con menos consistencia y amplitud entre los individuos saludables debido a las restricciones del tejido liso y los huesos a estos movimientos.
- **Tobillo y pie:** el movimiento del tobillo o región maleolar está restringido por las limitaciones morfológicas de la articulación supraastragalina, la cual permite solo flexión de la planta (extensión) y dorsiflexión (flexión). Los movimientos de las articulaciones del tobillo, subastragalina, del tarso, metatarsiana y falángica contribuyen a la progresión uniforme del centro de masa del cuerpo a través del espacio. Hay ajustes constantes en estas articulaciones en respuesta a las características del terreno en el que se apoyan y a las acciones de los músculos que las cruzan, lo cual proporciona una interacción uniforme entre el cuerpo y la gran variedad de superficies de apoyo que se encuentran mientras se camina. La pérdida de movimiento normal o de la función muscular en estas articulaciones afecta directamente no solo el pie y el tobillo, sino también al resto de las articulaciones de la extremidad inferior.
- **Parte superior del cuerpo:** algunas veces la pelvis y el tórax se consideran por separado, o bien, como en muchos estudios publicados, como una unidad rígida que comprende el segmento cabeza, brazos y tronco. Las extremidades superiores y la cabeza no han recibido tanta atención como el tronco y las extremidades inferiores en las publicaciones especializadas.

## 6.3. Ciclo de la marcha

La locomoción bípeda es una actividad cíclica que consta de dos fases para cada extremidad: apoyo y balanceo. La marcha es relativamente simétrica por lo que se refiere a los movimientos angulares de las principales articulaciones, patrones de actividad muscular y soporte de carga de las extremidades inferiores, y como resultado es efectiva para trasladar el centro de masa del cuerpo en la dirección de locomoción.

Un ciclo de marcha completo o zancada se define como la presencia de una fase de apoyo y una fase de balanceo u oscilación sucesiva que realiza una extremidad. Los límites de una zancada se acotan desde cuando ocurre un evento específico de la marcha en una extremidad hasta que vuelve a ocurrir el mismo hecho en la extremidad ipsilateral.



En general, el contacto del talón con el suelo, o contacto inicial, se usa como el hecho que define los límites de una zancada.

### 6.3.1. Fase apoyo

Abarca el 60 % de la zancada y consta de dos períodos de doble apoyo de la extremidad (inicial y final): cuando el pie contralateral está en contacto con el suelo y un período intermedio de apoyo sencillo de la extremidad que sucede cuando la extremidad contralateral se encuentra en fase de balanceo u oscilación.

El apoyo se puede dividir en seis partes o períodos.

1. El contacto inicial, o del talón: con el suelo se define como el instante en que el pie toca el piso. La respuesta ante la carga es un intervalo durante el cual la planta del pie toca el piso y el peso del cuerpo es aceptado en la extremidad de apoyo.
2. El período de respuesta ante la carga: coincide con el final del doble apoyo inicial de la extremidad en alrededor del 10 al 12 % de la zancada.

3. El apoyo intermedio: es el período en el cual la tibia gira sobre el pie estacionario en la dirección de la locomoción. El inicio del apoyo intermedio coincide con el apoyo sencillo de la extremidad y dura aproximadamente del 10 al 30 % de la zancada.
4. El apoyo final o posición final: es el período durante el cual el peso del cuerpo es transferido desde las regiones posterior e intermedia del pie al antepié. Esto abarca del 30 al 50 % de la zancada y coincide con el inicio del apoyo doble final de la extremidad.
5. El prebalanceo o preoscilación: sucede en forma simultánea con el apoyo doble final de la extremidad y dura desde casi del 50 al 60 % de la zancada. Durante la preoscilación, el peso se transfiere a la extremidad contralateral como preparación para la fase de oscilación.
6. El final de la preoscilación: corresponde a cuando la punta del pie se despega del piso, es decir, el momento en el cual el pie rompe el contacto con el suelo, con lo que se señala el inicio de la fase de oscilación.

### **6.3.2. Fase de oscilación**

Ocupa el 40 % del ciclo de la marcha y se divide en tres períodos:

1. La oscilación o balanceo inicial: dura casi del 60 al 73 % de la zancada (alrededor de un tercio de la fase de oscilación=), desde que la punta del pie se despega del piso hasta que el pie se balancea, es opuesto al pie de apoyo.
2. El balanceo intermedio: finaliza cuando la tibia de la extremidad que oscila tiene dirección vertical y abarca del 73 % al 87 % de la zancada.
3. La oscilación final: dura del 87 % al 100 % de la zancada y finaliza en el momento del contacto inicial. 6.4. Valores normales de los parámetros, tiempo y distancia para la marcha del adulto a una velocidad libre.

## 6.4 Valores normales de los parámetros, tiempo y distancia para la marcha del adulto a una velocidad libre

El tiempo de zancada se refiere al lapso que transcurre al dar una zancada sencilla. La longitud de la zancada se refiere a la distancia cubierta por dicha zancada en la dirección de locomoción.

El paso se define como el hecho en que sucede un evento en un pie y que abarca hasta que sucede el mismo evento en el pie opuesto. Lo más común es delimitarlo por medio del contacto inicial. Lateralmente, se determina por la extremidad que oscila; por ejemplo, el paso derecho está delineado por el contacto inicial izquierdo hasta el siguiente contacto inicial derecho.

La longitud del paso se refiere a la distancia que cubre un paso en la dirección de la locomoción.

El ancho del paso se refiere a la distancia perpendicular a la dirección de locomoción, que cubre dicho paso según lo medido a partir de los puntos de contacto de los talones. Dos pasos consecutivos hacen una zancada. Si bien las variables del paso pueden ser distintas en la derecha y la izquierda en una persona, las variables de la zancada se conservan constantes independientemente de si la zancada está delimitada por los contactos iniciales derecho o izquierdo, debido a que la zancada es la suma de los pasos derecho e izquierdo (Backus, 2012). La siguiente tabla resume los valores normales de los parámetros de tiempo y distancia para la marcha del adulto a velocidad libre.

**Tabla 2**

Valores normales de los parámetros tiempo y distancia para la marcha del adulto a una velocidad libre

Parámetro	Rango de valores
Zancada o tiempo del ciclo	1.0 – 1.2 m/s
Zancada o longitud del ciclo	1.2 – 1.9 m
Longitud del paso	0.56 – 1.1 m
Ancho del paso	7.7 – 9.6 cm
Cadencia	90 – 140 pasos/minuto
Velocidad	0.9 – 1.8 m/s

Nota. Adaptado de *Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético* (4 ed.) [Ilustración], por Nordin, M., Frankel, V. H., y Anzures, M. B., 2013, Wolters Kluwer Health.

## 6.5. Cinemática angular

La cinemática angular se enfoca en describir los movimientos de rotación de las articulaciones durante la marcha. En esta sección, analizaremos detalladamente cómo la cadera, rodilla, tobillo, pie, pelvis y tronco se mueven en los diferentes planos, coordinando sus desplazamientos para permitir un desplazamiento eficiente y equilibrado.

### 6.5.1. Cadera

En el contacto inicial, la cadera se flexiona casi 30°. En toda la fase de apoyo, la cadera se extiende hasta que alcanza aproximadamente 10° de extensión en la posición o apoyo final. Durante la preoscilación y en casi toda la mayor parte

de la fase de oscilación, la cadera se flexiona a un máximo de alrededor de 35° y luego empieza a extenderse justamente antes del siguiente contacto inicial cuando, la extremidad inferior se extiende para colocar el pie sobre el suelo.

La cadera es neutral con respecto a la aducción-abducción en el contacto inicial. Al final del doble apoyo inicial de la extremidad o apoyo intermedio temprano, la cadera alcanza su posición máxima de aducción de casi 5°. En todo el resto de apoyo, la cadera muestra abducción aproximadamente de 10° cuando la punta del pie deja el piso, luego con firmeza muestra aducción en toda la oscilación como preparación para el siguiente contacto inicial.

Los movimientos rotacionales de la cadera son más variables entre los individuos durante la marcha. En el contacto inicial, la cadera gira externamente casi 5° y permanece así durante toda la respuesta ante la carga y el apoyo intermedio temprano. Empieza a girar internamente a menos de 2° de rotación neutral cerca de la mitad del apoyo final, luego invierte la dirección y gira externamente, cuando el talón empieza a elevarse, a su máximo de 15° de rotación externa durante la oscilación inicial. Cuando la extremidad se balancea y se adelanta a la pierna opuesta de apoyo durante la oscilación intermedia, su cadera gira internamente a menos de 3° de la posición neutral, luego se balancea entre 3 y 5° de rotación externa durante la oscilación final.

### **6.5.2. Rodilla**

En el contacto inicial, la rodilla casi está extendida por completo, luego se flexiona gradualmente a su flexión máxima de la fase de apoyo de casi 20° durante la parte temprana del apoyo intermedio. En la parte última del apoyo intermedio, de nuevo se extiende casi del todo y luego se flexiona a los 40° durante la preoscilación. Inmediatamente después de que la punta del pie deja el piso, la rodilla sigue flexionándose hasta su máximo de 60 a 70° en la oscilación intermedia, luego se extiende otra vez preparándose para el siguiente contacto inicial.

la fase de apoyo debido a que hay restricciones óseas y ligamentosas en la posición relativamente extendida de la rodilla. La alineación esquelética del individuo desempeña un papel principal en los movimientos de aducción-abducción en la rodilla. Durante la preoscilación y la oscilación inicial, cuando el peso es transferido a la extremidad opuesta, la rodilla podría adoptar la posición de abducción (valga) hasta 10°, pero entonces recobrarían su posición de aducción cerca de la oscilación.



La rotación interna y externa con respecto a la rodilla durante la marcha, como en el caso de aducción-abducción, la determinan principalmente los mecanismos óseos y ligamentosos, y es variable entre las personas.

### 6.5.3. Tobillo y pie

**Articulación supraastragalina:** en el contacto inicial, la articulación del tobillo es neutral o exhibe ligeramente la flexión plantar de 3 a 5°. Desde el contacto inicial hasta la respuesta ante la carga, el tobillo manifiesta la flexión plantar, es decir, se extiende, a un máximo de 7° cuando el pie baja a la superficie de apoyo. Durante todo el apoyo intermedio, el tobillo presenta dorsiflexión a un máximo de 15° cuando la pierna inferior gira anterior y medialmente sobre el pie que sirve de apoyo. Durante el apoyo final y el prebalanceo o preoscilación, el tobillo presenta flexión plantar de casi 15° cuando se transfiere el peso del cuerpo a la extremidad contralateral, un instante después de que la punta del pie deja el piso, el tobillo exhibe rápidamente dorsiflexión hasta la posición neutral para lograr subir los dedos y luego podría presentar flexión plantar leve durante la oscilación final como preparación para el contacto inicial.

**Articulación subastragalina:** esta articulación gira tanto en el apoyo como en la oscilación, pero es el movimiento durante el apoyo el que influye en la alineación que soporta el peso de la extremidad inferior completa. Al igual que la articulación del tobillo o tibiotarsiana, el arco de movimiento en la articulación subastragalina es pequeño comparado con la rodilla y la cadera, pero es el movimiento de esta articulación el que posibilita que el pie se

adapte a varias superficies. La articulación subastragalina funciona como una charnela durante la marcha para transmitir rotación interna y externa desde la tibia a las rotaciones (eversión e inversión) con respecto al pie. Asimismo, la articulación subastragalina transmite inversión y versión desde el pie a la rotación externa e interna con respecto a la tibia.

**Articulación mediotarsiana:** el movimiento con respecto al eje transversal de la articulación mediotarsiana afecta el arco longitudinal del pie. Después del contacto del antepié durante la respuesta ante la carga, el arco longitudinal se aplana en el trayecto del apoyo sencillo de la extremidad. El arco se restablece cuando el talón se levanta.

La extensión mediotarsiana es otro de los mecanismos para absorber el choque cuando el peso del cuerpo se dirige a la extremidad de base, en el momento de la respuesta ante la carga y el apoyo intermedio temprano. Este movimiento, el cual acompaña el contacto del antepié en el inicio del apoyo intermedio, se presenta después de la eversión subastragalina.

**Articulaciones del antepié e interfalangicas:** en el contacto inicial los dedos dejan el piso y las articulaciones metatarsofalangicas están a 25° de extensión. Entonces los dedos se flexionan a la posición neutral después de que el antepié hace contacto al final de la respuesta ante la carga. Se conserva una posición neutral en el apoyo intermedio completo. Durante el apoyo final, cuando el talón se levanta, las articulaciones metatarsofalangicas se extienden aproximadamente 21° mientras los dedos siguen en contacto con el suelo y la parte posterior del pie se eleva en el espacio. Esta extensión metatarsofalangica aplica tensión en la aponeurosis plantar, la cual a su vez ejerce una fuerza de inversión pasiva en la parte posterior del pie.

La fuerza de apriete en la aponeurosis plantar produce supinación en el pie e intensificación del arco longitudinal del mismo. La rigidez posterior de la articulación intertarsiana desde el calcáneo hasta la fractura metatarsiana, confiere rigidez a todo el pie y facilita el impulso. Durante la preoscilación se alcanza un máximo de 58° de la extensión del dedo. En la oscilación, los dedos se flexionan levemente, pero siguen en extensión.

Para finalizar, hay un incremento mínimo en la extensión del dedo como preparación para el contacto inicial. Hay poca o ninguna extensión en la articulación metatarsofalángica al caminar, aunque de alguna manera está presente durante las actividades atléticas. En el transcurso de la marcha, poco o ningún movimiento ocurre en las articulaciones interfalangicas, excepto que durante la preoscilación se nota ligera flexión.

#### 6.5.4. Tronco y pelvis

En el contacto inicial, la pelvis está inclinada anteriormente casi  $7^{\circ}$ m, está rotada hacia delante alrededor de  $5^{\circ}$  y está a nivel de derecha a izquierda. Durante la respuesta ante la carga, la pelvis se inclina hacia arriba sobre el lado de la extremidad de apoyo un máximo de  $5^{\circ}$ , regresando después a la neutral en el siguiente contacto inicial de la extremidad que se balancea. Durante la fase de apoyo, la pelvis gira hacia atrás sobre el lado de la extremidad de apoyo y se inclina en dirección anterior. El desplazamiento total de la inclinación anteroposterior es de casi  $5^{\circ}$ , en el vaso de la inclinación lateral, alrededor de  $10^{\circ}$ , y para el giro hacia delante y hacia atrás, aproximadamente de  $10^{\circ}$ . El movimiento del tronco durante la marcha es en dirección opuesta, o fuera de la fase, a los movimientos de la pelvis.



#### Actividades de aprendizaje recomendadas

Apreciados estudiantes, estamos culminando los contenidos de la asignatura, en esta unidad se presenta la biomecánica de la marcha, para lo cual es necesario que realice las siguientes actividades, esto permitirá identificar sus fases y subfases del ciclo de la marcha, que les servirá para identificar trastornos o alteraciones en la misma.

1. Estimado estudiante, valorado el tema de la biomecánica de la marcha y sus distintos aspectos procedimentales referentes al tema, incentivo a usted, que considere revisar el tema de la Biomecánica de la marcha, páginas 427 - 443 de la siguiente referencia: Nordin, M. Frankel, V. H. y Anzures, M. B. J. (Trad.). [Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético](#) (4a. ed.). L'Hospitalet de Llobregat,

Barcelona: Wolters Kluwer Health, 2013, con el propósito de que visibilice de mejor manera la biomecánica de la marcha.

2. Revisar el video "[Análisis biomecánico de la marcha normal y deportiva](#)" y luego responda las siguientes preguntas.

- ¿Qué es la marcha?
- ¿Cuáles son sus fases?

Nota. conteste la actividad en un cuaderno de apuntes o en un documento Word.

La marcha humana consiste en un proceso de locomoción, en el que el cuerpo humano, en posición bípeda y erguida, con actividad alternante de los miembros inferiores y el mantenimiento del equilibrio dinámico. Las fases de la marcha en sí son dos: fase de apoyo y fase de oscilación.

3. Ahora es momento de conocer los resultados de autoaprendizaje, para ello le recomiendo que realice la siguiente autoevaluación.



### Autoevaluación 6

**Conteste verdadero o falso según corresponda.**

1. ( ) Durante la marcha, el movimiento con respecto a la articulación coxofemoral o cadera es triaxial
2. ( ) La locomoción bípeda es una actividad cíclica que consta de dos fases para cada extremidad: apoyo y balanceo
3. ( ) La marcha es relativamente simétrica, por lo que se refiere a los movimientos angulares de las principales articulaciones, patrones de actividad muscular y soporte de carga de las extremidades inferiores
4. ( ) La fase de apoyo abarca el 40 % de la zancada y consta de dos períodos de doble apoyo de la extremidad (inicial y final).

5. ( ) La fase de oscilación ocupa el 60% del ciclo de la marcha y se divide en dos períodos.
6. ( ) El ciclo de la marcha o zancada, se define como el hecho que sucede en una extremidad inferior hasta que vuelve a ocurrir el mismo evento en la misma extremidad inferior.
7. ( ) Las limitaciones de movimiento afectan únicamente a la cadera.

**Seleccione la respuesta correcta según corresponda, elija solamente una opción.**

**8. Los valores normales de la longitud del paso durante la marcha en un adulto a una velocidad libre son:**

- a. m – 1.2 m.
- b. 0.60 – 1.1 m.
- c. 0.70 – 1.2 m.
- d. 0.56 – 1.1 m.

**9. ¿Cuántos grados se extiende la cadera en toda la fase de apoyo final?**

- a. 10°.
- b. 20°.
- c. 30°.
- d. 40°.

**10. Señale la opción correcta respecto a la biomecánica de la marcha:**

- a. Los movimientos rotacionales de la cadera son más variables entre los individuos durante la marcha.
- b. En el contacto inicial, la rodilla está flexionada por completo y luego se extiende.
- c. En el plano de movimiento de aducción-abducción, la rodilla es muy inestable durante la fase de apoyo.



- d. En el transcurso de la marcha existe gran cantidad de movimiento en las articulaciones interfalángicas.

[Ir al solucionario](#)



Estimado estudiante, ¡Felicitaciones! Ha concluido satisfactoriamente el estudio de esta unidad.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



#### Semana 16

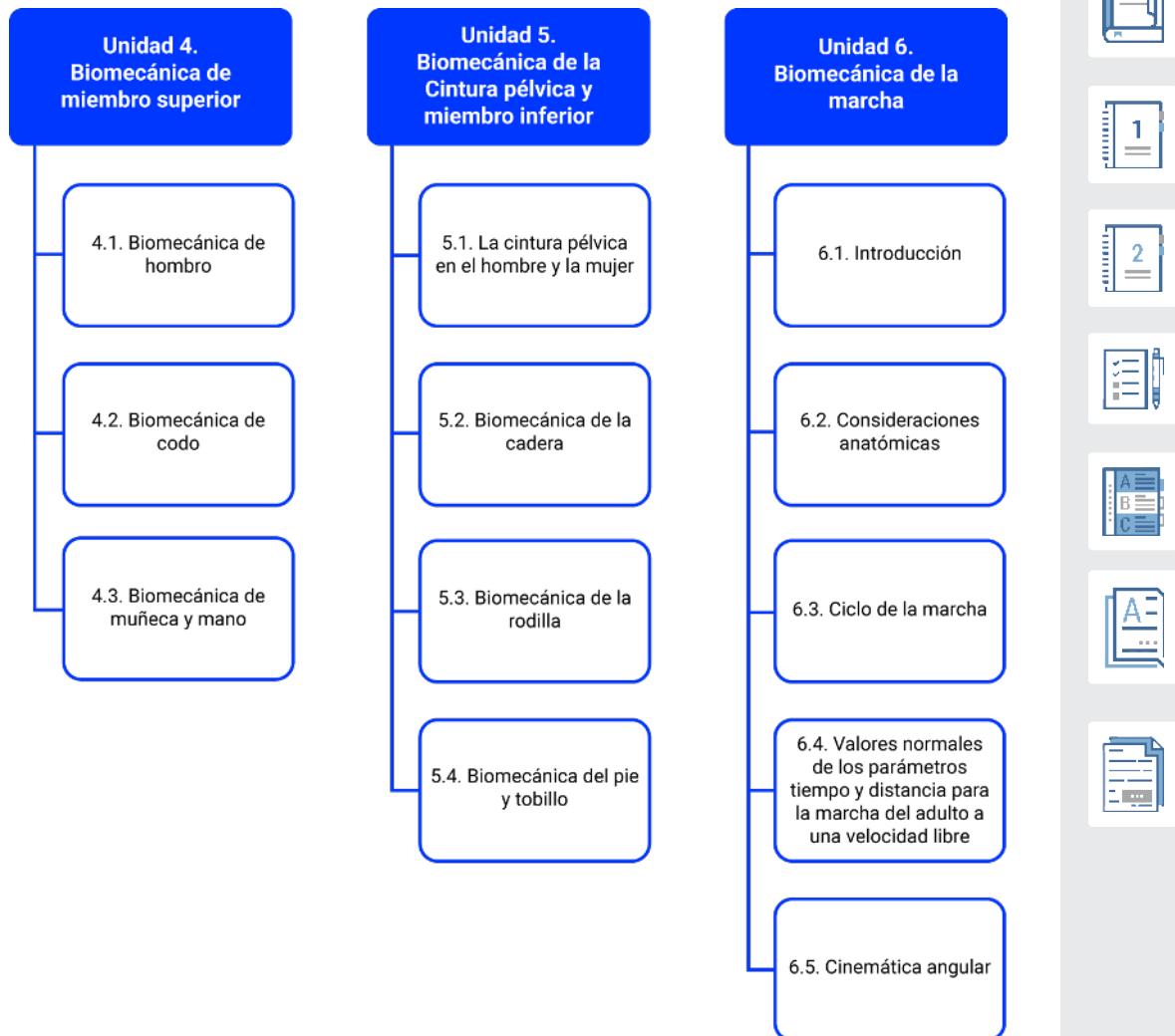
#### Actividades finales del bimestre

Apreciado estudiante, hemos llegado al final de este bimestre. Como actividad de preparación para el examen bimestral, dedique esta semana a recordar, estudiar y reforzar los temas de cada una de las unidades, las cuales se exponen en la siguiente figura:



**Figura 45**

Repaso bimestre 2



Nota. Luna, J., 2025.



## 4. Solucionario

### Autoevaluación 1

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	d	<p>La segunda ley de Newton establece que la aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él y en la misma dirección. Esto es fundamental en biomecánica para analizar cómo las fuerzas musculares generan movimiento. Entender esta ley permite calcular la magnitud y dirección de fuerzas necesarias para realizar distintas actividades físicas.</p>
2	d	<p>La tercera ley de Newton señala que por cada acción existe una reacción igual y opuesta. En términos biomecánicos, cuando un músculo aplica fuerza a un hueso, el hueso ejerce una fuerza reactiva sobre el músculo. Este principio es esencial para el equilibrio y la estabilidad del cuerpo durante el movimiento y la postura.</p>
3	c	<p>La segunda ley de Newton también se aplica para relacionar fuerza, masa y aceleración mediante la fórmula <math>F=ma</math>. Esto es clave para entender cómo los músculos generan aceleraciones en los segmentos corporales, y cómo la masa del cuerpo afecta el esfuerzo requerido para cambiar el movimiento. Su aplicación es crucial en rehabilitación y diseño de ayudas biomecánicas.</p>
4	c	<p>Los movimientos de rotación ocurren en el plano transversal (u horizontal), lo que implica que el eje del movimiento es vertical (longitudinal). Este tipo de movimientos es común en giros de cabeza, rotación del tronco y movimientos de extremidades, permitiendo la orientación y posicionamiento en el espacio. Es un concepto básico para entender la movilidad articular tridimensional.</p>
5	b	<p>Abducción y aducción son movimientos que ocurren en el plano coronal o frontal, donde las extremidades se alejan o se acercan al plano medio del cuerpo. Este plano divide el cuerpo en anterior y posterior, y estos movimientos son fundamentales para acciones como separar los brazos o piernas, esenciales en actividades funcionales y deportivas.</p>

**Pregunta    Respuesta    Retroalimentación**

- 6      a      En la palanca de segundo grado, la Resistencia (carga) se encuentra entre el Fulcro (punto de apoyo) y la fuerza aplicada. Esto ofrece una ventaja mecánica porque el Brazo de potencia es mayor que el Brazo de resistencia, facilitando el levantamiento de cargas pesadas con menor esfuerzo muscular. Ejemplos comunes incluyen la acción de ponerse de puntillas. Este principio es importante en análisis de movimientos eficientes y prevención de lesiones.
- 7      c      La dinámica es la rama de la mecánica que estudia las causas del movimiento, es decir, las fuerzas y cómo afectan a los cuerpos. A diferencia de la cinemática, que describe el movimiento sin considerar fuerzas, la dinámica permite comprender y predecir cómo las fuerzas musculares, gravitatorias y externas modifican la velocidad y trayectoria del cuerpo y sus segmentos.
- 8      c      La carretilla es un ejemplo típico de palanca de segundo grado donde la carga se sitúa entre el punto de apoyo y la fuerza aplicada. Esto permite que el brazo de fuerza sea mayor que el brazo de carga, logrando que se necesite menos esfuerzo para mover cargas pesadas. Este conocimiento es esencial en biomecánica para optimizar herramientas y mejorar la eficiencia de movimientos físicos.
- 9      Verdadero      La flexión lateral consiste en inclinar la cabeza o el tronco hacia un lado, disminuyendo el ángulo entre los segmentos. Este movimiento es clave para la movilidad y permite ajustar el equilibrio corporal en diversas actividades, como caminar sobre superficies irregulares o realizar movimientos deportivos que requieren lateralización.
- 10     Falso      El esqueleto axial comprende la cabeza, el cuello y el tronco, incluyendo columna vertebral, costillas y esternón. Las extremidades superiores e inferiores forman parte del esqueleto apendicular. Esta división es fundamental para entender la función y biomecánica de las diferentes regiones del cuerpo, especialmente en estudios de postura y movimiento.
- 11     Falso      En el tobillo, pronación y supinación son movimientos compuestos que involucran múltiples planos y ejes, incluyendo inversión, eversión, dorsiflexión y flexión plantar. Estos movimientos permiten adaptarse a diferentes superficies y estabilizar el cuerpo durante la marcha. Por tanto, no se limitan al plano sagital, sino que involucran un patrón tridimensional complejo.

**Ir a la autoevaluación**

## Autoevaluación 2

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	c	La segunda ley de Newton establece que la aceleración de un objeto es proporcional a la fuerza neta aplicada y ocurre en la misma dirección de esa fuerza, fundamental para comprender el movimiento.
2	c	Los movimientos de rotación ocurren en el plano transversal u horizontal, que divide el cuerpo en partes superior e inferior.
3	b	Los movimientos de abducción y aducción se realizan en el plano coronal o frontal, que divide el cuerpo en partes anterior y posterior.
4	a	En la palanca de segundo grado, la resistencia se encuentra entre el punto de apoyo y la fuerza, como sucede en una carretilla.
5	d	La dinámica estudia las fuerzas que generan, modifican o detienen el movimiento, diferenciada de la cinemática y estática.
6	c	La carretilla y los remos son ejemplos clásicos de palancas de segundo grado, útiles para entender las aplicaciones biomecánicas.
7	Verdadero	La flexión lateral involucra el movimiento coordinado de la cabeza y el tronco para lograr la inclinación hacia los lados.
8	Falso	El esqueleto axial incluye el cráneo, la columna vertebral y la caja torácica, pero no las extremidades superiores ni inferiores, que pertenecen al esqueleto apendicular.
9	a	Compresiones locales a 30 mmHg durante períodos prolongados pueden alterar la función nerviosa y poner en riesgo la viabilidad del nervio, destacando la importancia de evitar compresiones prolongadas.
10	b	La raíz nerviosa C5-C6 es más vulnerable a la compresión durante movimientos repetitivos de flexión cervical, lo que puede explicar el dolor irradiado al brazo derecho en el caso clínico.

[Ir a la autoevaluación](#)

### Autoevaluación 3

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	Las anfiartrosis son articulaciones semimóviles que permiten un pequeño grado de movimiento, lo que es esencial para la flexibilidad y estabilidad de la columna vertebral.
2	V	La flexión y extensión del raquis varían según la región y la edad; además, factores como la postura y la salud muscular pueden modificar estos rangos.
3	F	La curva sacra tiene concavidad anterior, formando una cifosis, que es crucial para distribuir el peso corporal hacia las extremidades inferiores.
4	V	La lordosis lumbar ayuda a amortiguar impactos y distribuir las cargas durante el movimiento, protegiendo la columna de lesiones.
5	F	La deformación del disco vertebral bajo carga es viscoelástica, por lo que el cambio en grosor es no lineal y depende del tiempo y la magnitud de la carga.
6	V	Las curvas raquídeas funcionan como un sistema de muelles que absorben y dispersan fuerzas, aumentando la resistencia y flexibilidad frente a cargas compresivas.
7	F	En estado sin carga, el núcleo pulposo no genera presión, pero bajo carga su presión aumenta para mantener la integridad estructural del disco.
8	a	La flexión del raquis involucra múltiples segmentos vertebrales y es esencial para actividades diarias como inclinarse, lo que demuestra la importancia de una buena movilidad articular.
9	b	La rotación del raquis es limitada en comparación con otros movimientos, pero es vital para actividades que requieren giros, como deportes o movimientos cotidianos.
10	b	La aparición temprana de la lordosis lumbar está asociada con el desarrollo del control motor y la postura erguida en el niño, marcando un hito en el crecimiento motor.

[Ir a la autoevaluación](#)

## Autoevaluación 4

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	La pronosupinación permite la rotación del antebrazo, fundamental para colocar la mano en distintas posiciones funcionales durante las actividades cotidianas.
2	V	La supinación y pronación tienen rangos típicos cercanos a 85-90°, determinados por la anatomía del radio y su curvatura. Esto afecta la amplitud rotacional del antebrazo.
3	V	La pronosupinación es clave para actividades finas como escribir, comer o manipular objetos, demostrando la importancia de la movilidad y control neuromuscular en el antebrazo.
4	F	La flexión activa limitada por el contacto de las masas musculares y el impacto óseo y tensión capsular, la pasiva por el impacto de la cabeza radial contra la fosita supracondilea y de la coronoidea contra la fosita supratroclear, tensión de la parte posterior de la cápsula y tensión pasiva del tríceps.
5	F	El músculo braquial anterior es un flexor potente del codo, no extensor, y es importante para movimientos de flexión, independientemente de la posición del antebrazo.
6	d	La articulación glenohumeral corresponde al hombro, no forma parte del complejo del codo, que está compuesto por las articulaciones humerocubital, humeroradial y radiocubital superior.
7	a	La apófisis coronoides soporta una gran parte de la tensión durante la extensión del codo, actuando como estabilizador óseo clave para evitar luxaciones anteriores.
8	a	La fuerza muscular es mayor al iniciar la flexión, gracias a la mecánica del brazo y la palanca muscular, lo que facilita levantar objetos y realizar movimientos precisos.
9	a	Estos componentes proporcionan estabilidad longitudinal al antebrazo, permitiendo una transmisión eficiente de fuerzas entre el radio y el cúbito durante movimientos.
10	c	La flexo-extensión del antebrazo se realiza en el plano sagital, permitiendo movimientos como doblar y estirar el codo, fundamentales para la funcionalidad del brazo.

[Ir a la autoevaluación](#)

## Autoevaluación 5

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	El eje transversal definido por los maléolos es fundamental para los movimientos de flexión y extensión en la articulación tibiotarsiana, permitiendo la movilidad esencial del pie.
2	F	La amplitud normal de la dorsiflexión del tobillo generalmente es de aproximadamente 10 a 20 grados, no de 30 a 50 grados. Valores mayores podrían indicar hiperflexibilidad o error en la medición.
3	V	La pronación y supinación son movimientos complejos que combinan eversión/inversión con abducción/aducción, lo que permite al pie adaptarse a diferentes terrenos y mantener la estabilidad.
4	F	El tríceps sural está formado por tres músculos: los dos gemelos (cabezas medial y lateral), que son biarticulares, y el sóleo, que es monoarticular. La afirmación confunde la clasificación de estos músculos.
5	V	La acción de los gemelos depende de la posición de la rodilla, ya que al ser biarticulares, su efectividad en la flexión del tobillo está influenciada por la flexión o extensión de la rodilla.
6	a	Los movimientos de aducción y abducción en el pie ocurren en torno al eje vertical dentro del plano horizontal, permitiendo ajustar la orientación del pie para mantener el equilibrio.
7	a	La organización muscular en tres planos facilita funciones específicas: los planos profundos brindan estabilidad, los medios permiten movimiento y los superficiales contribuyen a la fuerza.
8	a	La cooperación entre músculos permite movimientos complejos y precisos del pie, donde el tibial anterior coordina con otros flexores para controlar la posición del pie durante la marcha.
9	a	La inversión es un movimiento combinado que eleva el arco del pie, importante para absorber impactos y adaptarse a superficies irregulares.
10	a	El arco interno es vital para la distribución del peso corporal y la absorción de impactos, y su estructura ósea proporciona soporte y flexibilidad al pie.

[Ir a la autoevaluación](#)

## Autoevaluación 6

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	La articulación coxofemoral es triaxial, permitiendo movimientos en los tres planos: flexo-extensión, abducción-aducción y rotación interna-externa, lo que facilita la complejidad del movimiento durante la marcha.
2	V	La locomoción bípeda consta de las fases de apoyo (cuando el pie está en contacto con el suelo) y balanceo (cuando el pie está en el aire), lo que permite un ciclo coordinado y eficiente de la marcha.
3	V	Aunque la marcha es en general simétrica, pequeñas diferencias pueden aparecer entre extremidades debido a factores biomecánicos, pero el patrón básico es muy similar en movimientos y actividad muscular.
4	F	La fase de apoyo representa aproximadamente el 60 % del ciclo de la marcha y contiene un solo período de doble apoyo (inicio), no dos. El 40 % restante corresponde a la fase de oscilación.
5	F	La fase de oscilación ocupa cerca del 40 % del ciclo de la marcha, no el 60 %, y se divide en tres periodos: aceleración, medio balanceo y desaceleración.
6	V	El ciclo de la marcha se define desde un evento específico (por ejemplo, contacto del talón) en una extremidad hasta que el mismo evento se repite en esa misma extremidad, marcando un ciclo completo.
7	F	Las limitaciones de movimiento pueden afectar varias articulaciones durante la marcha, no solo la cadera, sino también rodilla, tobillo y columna, influenciando la mecánica global del cuerpo.
8	d	La longitud del paso en adultos normales suele variar entre 0.56 y 1.1 metros, dependiendo de la altura, velocidad y condiciones individuales, reflejando un patrón eficiente de marcha.
9	a	La extensión de la cadera durante la fase final de apoyo suele ser alrededor de 10°, lo que contribuye a la propulsión y estabilización del cuerpo durante el desplazamiento.
10	a	Los movimientos rotacionales de la cadera muestran gran variabilidad entre individuos debido a diferencias anatómicas y patrones de marcha, mientras que otros aspectos tienden a ser más consistentes.



Ir a la autoevaluación





## 5. Glosario

**Biomecánica:** instrucción científica que por finalidad se centra en el estudio de las composiciones de índole mecánica que hay en los seres vivos, particularmente del cuerpo humano, relaciona los conocimientos de la mecánica, la ingeniería, la anatomía, la fisiología y otras doctrinas, para analizar la conducta del cuerpo humano y solucionar las contrariedades ocasionada de las distintas naturalidades a las que puede verse obligado.

**Elasticidad muscular:** la capacidad innata de los músculos de acortarse y alargarse, pudiendo y regresar a su punto normal nuevamente.

**Fuerza muscular:** capacidad que tienen los músculos para oponerse a resistencias externas.

**Goniometría:** la goniometría es utilizada para medir de manera objetiva el rango de movimiento articular, en medicina humana y en medicina veterinaria.

**Movilidad articular:** grado de movimiento de cada articulación.

**Movimientos acíclicos:** son aquellos en los que predomina la fuerza y mantiene un patrón no secuencial de movimientos durante todo su desarrollo.

**Movimientos cílicos:** desplazamientos en una misma dirección, utilizando el movimiento previo para continuar en el siguiente.

**Receptores cinestésicos:** se encargan de responder a los estímulos generados por el movimiento o tensión muscular, proveen información sobre cómo ocurre el movimiento dentro del cuerpo.



## 6. Referencias bibliográficas

Behar Rivero, D. S. (2011). Biofísica de las ciencias de la salud. Oriente.

Behar, D. S. (2011). Biofísica de las ciencias de la salud. Oriente.

Hernández Galera, C., & Gutiérrez Gómez, J.C. (2014). *Principios de biomecánica en COT. Propiedades biomecánicas de los tejidos del aparato locomotor* (Cap.13). En M. Ruiz Ibán (Coord.), *Manual del residente de Cirugía Ortopédica y Traumatología*. Hospital Universitario Ramón y Cajal. [https://unitia.secot.es/web/manual\\_residente/CAPITULO%2013.pdf](https://unitia.secot.es/web/manual_residente/CAPITULO%2013.pdf)

Backus, B. &. (2012). *Guia práctico experimental 18 - Análisis de la marcha* versión 1. Obtenido de <https://www.studocu.com/co/document/instituto-tecnologico-metropolitano/ingenieria-de-rehabilitacion-i/guia-practico-experimental-18-analisis-de-la-marcha-version-1/41800991>

Donoso, P. (1998). Kinesiología básica y kinesiología aplicada. Quito: Ediciones Médicas CIEZT.

Hamill, J., Knutzen, K., & Derrick, T. (2017). Biomecánica: Bases del movimiento humano. Barcelona: Wolters Kluwer Health.

Izquierdo, M. (2008). Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Panamericana.

Kapandji, A. I. (2012). Fisiología articular. Tomo 1. Miembro superior (6 ed.).

Madrid: Médica Panamericana.

Kapandji, A. I. (2012). Fisiología Articular. Tomo 3. Tronco y raquis (6 ed.).

Madrid: Médica Panamerica.

Kapandji, A. I. (2012). Fisiología articular. Tomo2. Miembro inferior (6 ed.).



Madrid: Médica Panamericana.

Kendall's. (2007). Músculos. Pruebas Funcionales. Postura y Dolor. Marbán.



Medina, C. E., Benet, M., & Martínez, F. M. (2016). El complejo articular de la muñeca: aspectos anatofisiológicos y biomecánicos, características, clasificación y tratamiento de la fractura distal del radio. Scielo, 430- 446.



Miralles, R. C. (2000). Biomecánica clínica del aparato locomotor. Barcelona: Masson.



Nordin, M., & Frenkel, V. H. (2004). Biomecánica básica del sistema musculoesquelético. Madrid: S.A. McGRAW-HILL.



Nordin, M., Frankel, V. H., & Anzures, M. B. (2013). Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético (4 ed.). Barcelona: Wolters Kluwer Health.



Pérez Soriano, P., & Llana Belloch, S. (2015). Biomecánica básica aplicada a la actividad física y el deporte. Barcelona: Paidotribo.

Pérez, P., & Llana, S. (2015). Biomecánica básica aplicada a la actividad física y el deporte. Barcelona: Paidotribo.

Tortora, G., & Derrickson, B. (2013). Principios de Anatomía y Fisiología.

México: Panamericana.



---

## 7. Anexos

---

## Anexo 1. Glosario de términos anatómicos

Término direccional	Definición	Ejemplo de uso
Superior (cefálico o craneal)	Hacia la cabeza o la porción más elevada de una estructura.	El corazón es superior al hígado.
Inferior (caudal)	Alejado de la cabeza o hacia la parte más baja de una estructura.	El estómago es inferior a los pulmones.
Anterior (ventral)	Cerca o en la parte frontal del cuerpo.	El esternón es anterior al corazón.
Posterior (dorsal)	Cerca o en la parte posterior del cuerpo.	El esófago es posterior a la tráquea.
Medial	Cercano a la línea media.	El cúbito es medial al radio.
Lateral	Alejado de la línea media.	Los pulmones son laterales al corazón.
Intermedio	Entre dos estructuras.	El colon transverso es intermedio entre el colon ascendente y el colon descendente.
Ipsilateral	Del mismo lado del cuerpo que otra estructura.	La vesícula biliar y el colon ascendente son ipsilaterales.
Contralateral	Del lado opuesto del cuerpo hay otra estructura.	El colon ascendente y el colon descendente son contralaterales.
Proximal	Cercano a la unión de un miembro con el tronco; cercano al origen de una estructura.	El húmero (hueso del brazo) es proximal al radio.
Distal	Alejado de la unión de un miembro con el tronco; alejado del origen de una estructura.	Las falanges (huesos de los dedos) son distales al carpo (huesos de la muñeca).
Superficial (externo)	En la superficie corporal o cercana a ella.	Las costillas son superficiales a los pulmones.
Profundo (interno)	Alejado de la superficie del cuerpo.	Las costillas son profundas a la piel del pecho y la espalda.

Nota. Adaptado de *Principios de Anatomía y Fisiología* (p.14), por Tortora, G. y Derrickson, B., 2013, Editorial Panamericana.