



## ANATOMÍA Y CINESIOLOGÍA

# CINÉTICA ANGULAR DEL MOVIMIENTO HUMANO

### I. CONSIDERACIONES PRELIMINARES

#### A. Definiciones:

##### 1. Cinética angular:

Estudia las fuerzas que causan el movimiento angular.

### II. FUERZA ROTATORIA

#### A. ¿Cuándo Ocurre un Movimiento Angular/Rotatorio?

##### 1. En un objeto con un eje fijo (como una puerta o una extremidad del cuerpo):

Cuando la fuerza es aplicada "fuera del centro".

#### B. Fuerza Eccéntrica

##### 1. Concepto:

Aquella fuerza cuya dirección no se encuentra alineada con el centro de gravedad de un objeto moviéndose libremente o con el centro de rotación de un objeto con un eje de rotación fijo.

##### 2. Función:

Causa/producela rotación.

#### C. Torque y Momentos

##### 1. Torque o momento de fuerza:

###### a. Concepto:

1) El efecto rotatorio de una fuerza.

2) El producto de la fuerza y el largo del brazo de torque (o brazo de momento).

###### b. Descripción/cálculo de el *torque* en cualquier punto:

Equivale al producto de la magnitud de la fuerza y su distancia perpendicular ( $\perp$ ) desde la dirección de la fuerza hasta el punto o eje de rotación.



c. Componentes del torque:

1) Brazo de momento (BM) o brazo de torque (BT):

Representa la distancia perpendicular ( $\perp$ ) desde la dirección de la fuerza hasta el eje de rotación.

2) Fuerza (F) ó Peso:

d. Fórmula/ecuación:

$$T \text{ (ó MF)} = F \times BT \text{ (ó BM)}$$

**DONDE:**

T ó MF = Torque o Momento de Fuerza

F = Fuerza

BT ó BM = Brazo de Torque o Brazo de Momento

f. Determinates del torque final producido:

1) La magnitud de la fuerza:

Dado un brazo de torque equivalente, un peso pequeño tendrá un torque más pequeño en comparación con un peso más grande.

2) La magnitud del brazo de torque:

a) Si el brazo de torque para el peso más grande se acorta al moverla más cerca del eje de rotación, el torque para ambos pesos podrían ser iguales.

b) Principio:

Entre más lejos se aplique la fuerza del eje de rotación, mayor será su torque y mayor será el esfuerzo requerido para resistir/contrarestar el efecto de rotación contrario.

3) En general:

a) Para poder aumentar el torque se debe:

- ▶ Alargar la distancia del brazo de torque, o
- ▶ Aumentar la magnitud de la fuerza aplicada.

b) Para poder disminuir el torque:

- ▶ Acortar la distancia del brazo de torque, o
- ▶ disminuyendo la magnitud de la fuerza.

g. Ejemplos:

1) Ejemplo #1:

**PROBLEMA:**

Sin considerar el peso del brazo, determinar el torque requerido por los músculos flexores del codo, de manera que puedan mantener el codo derecho/flexionado horizontalmente (180 grados) mientras se sostiene un peso de 5 libras en la mano, donde la distancia perpendicular entre el centro de gravedad del peso sostenido en la mano y el eje de rotación en el codo es de 1 pie.

**DADO:**

$$F \text{ (Peso)} = 5 \text{ lb}$$

$$BT = 1 \text{ pie}$$

**CONOCIDO:**

$$T = F \times BT$$

**SOLUCION:**

$$T = 5 \text{ lb} \times 1 \text{ pie}$$

$$= \boxed{5 \text{ pies-lb}}$$

2) Ejemplo #2:

**PROBLEMA:**

Sin considerar el peso del brazo, determinar el torque requerido por los músculos flexores del codo, de manera que puedan contrarrestar la fuerza rotatoria de un peso de 5 libras mientras se mantiene flexionado el codo 45 grados, donde la distancia desde el centro de gravedad del peso sostenido en la mano y el eje de rotación en el codo es de 12 pulgadas.

**DADO:**

$$F \text{ (Peso)} = 5 \text{ lb}$$

$$\begin{aligned}
 BT &= \text{Coseno } 45^\circ \times \text{Distancia Entre Peso y Eje Rotación} \\
 &= 0.707 \times 12 \text{ pulgadas} \\
 &= 0.71 \times 1 \text{ pie} \\
 &= 0.71 \text{ pies}
 \end{aligned}$$

**CONOCIDO:**

$$T = F \times BT$$

**SOLUCION:**

$$\begin{aligned}
 T &= 5 \text{ lb} \times 0.71 \text{ pies} \\
 &= \boxed{3.5 \text{ pies-lb}}
 \end{aligned}$$

2. Torque en el cuerpo humano:

a. Forma en que puede ser alterado:

1) Masa o peso de un segmento (extremidad) del cuerpo:

a) Representa la fuerza (por la gravedad):

No puede ser alterada instantáneamente.

2) Largo del brazo de torque:

a) Puede ser cambiado en relación al eje de rotación:

► Implicación:

Esto implica que esta es la única forma en que pueda ser alterado el torque de un segmento debido a la fuerza de gravedad.

► Como se lleva a realiza:

Moviendo un segmento corporal, de manera que la línea de fuerza del peso se acerque o se aleje del eje de rotación.

► Ejemplo:

◆ Las etapas en las sentadillas ("situps"):

- Comparando el torque por la fuerza de gravedad en el tronco cuando el tronco se levanta  $30^\circ$  del suelo con el torque:



Durante este proceso, se reduce el torque gravitacional debido a que la línea de torque se acerca al eje de rotación.

b. El torque producido por las fuerzas musculares en los segmentos/extremidades corporales rotando:

1) El brazo de torque:

a) Determinantes:

- ▶ Punto de inserción del músculo.
- ▶ Posición del segmento/extremidad corporal a cualquier punto en un movimiento dado:

Esto se refiere a los ángulos en que se encuentra.

2) La magnitud de la fuerza del músculo contribuyendo al torque:

Este cambia también conforme cambia el ángulo de tracción.

D. Suma de Torques (o Momentos)

1. La suma de 2 ó más torques (o momentos):

a. Posibles consecuencias:

1) Ausencia de movimiento:

a) Ejemplo:

Cuando las fuerzas paralelas son suficientes para contrerestar/sobrellevar la resistencia de un objeto.

2) Movimiento lineal:

a) Ejemplo:

Dos niños balanceandose en un sube y baja.

3) Movimiento rotatorio:

a) Ejemplo:

- ▶ Cuando fuerzas paralelas iguales y opuestas son ejercidas en lados opuestos del eje de rotación:

♦ Esto se conoce como *fuerzas acopladas*:

♦ Ejemplo práctico:

Manejando un auto, cuando ambas manos son utilizadas en los lados opuestos del guía.

b. Cuando fuerzas paralelas excéntricas son aplicadas en la misma dirección en lados opuestos del centro de rotación de un objeto:

1) Posibles efectos:

a) Ausencia de movimiento, o

b) Movimiento lineal.

2. Principio de los torques (o momentos):

a. El principio de la suma de los torques (o momentos):

El torque (o momento) resultante de un sistema de fuerza debe ser igual a la suma de los torques (o momentos) de las fuerzas individuales de un sistema en el mismo punto.

b. Características:

1) Magnitud.

2) Dirección de la rotación:

a) A favor de las manecillas del reloj (negativo).

b) En contra de las manecillas del reloj (positivo).

c. Posibles efectos:

1) Ausencia de movimiento:

a) Ocurre cuando la suma de los torques (o momentos) en contra de las manecillas del reloj es igual a la suma de los torques (o momentos) a favor de las manecillas del reloj:

En otras palabras, la suma de los torque (o momentos) de todas las fuerzas en cualquier punto en relación al eje equivale a cero.

2) Movimiento/efecto rotatorio (torque):



- a) Ocurre cuando la suma de los momentos a favor de las manecillas del reloj no es igual a la suma de los momentos en contra de las manecillas del reloj:

El torque será el resultado de la diferencia entre las dos fuerzas opuestas y en dirección de la fuerza mayor.

### III. MAQUINAS SIMPLES

#### A. Concepto

La máquina es un dispositivo que permite a una fuerza aplicada vencer una resistencia determinada.

#### B. Utilidad/Importancia/Función

El uso de una máquina halla su indicación cuando la intensidad de la fuerza aplicada es menor que la resistencia que debe vencerse, o bien para permitir que la fuerza se aplique en forma más conveniente.

#### C. Palancas

##### 1. Concepto:

La palanca es un tallo rígido capaz de moverse alrededor de un punto denominado *fulcro* (F).

##### 2. El trabajo se realiza cuando:

Una fuerza o *esfuerzo* (E), aplicada a un punto de la palanca, actúa sobre otra fuerza o peso (P), ejerciendo su acción sobre un segundo punto de la palanca.

##### 3. Componentes:

###### a. Brazo de esfuerzo (BE):

La distancia perpendicular desde el fulcro al punto de esfuerzo (E).

###### b. Brazo de resistencia o peso (BR):

La distancia desde el fulcro al punto de peso (P) se considera como brazo de peso.

##### 4. Ejemplo en el cuerpo:

- a. El hueso representa una de las palancas del cuerpo,

capaz de movimiento alrededor de un fulcro formado en las superficies articulares de un juntura.

- b. El esfuerzo que mueve la palanca es suministrado por la fuerza de la contracción muscular, aplicada en el punto de su inserción en el hueso, mientras que el peso puede estar en el centro de gravedad de la parte que debe moverse o del objeto que debe elevarse.

#### 5. Tipos/clases de palancas:

Existen tres géneros o clases de palancas, cada uno de los cuales se caracteriza por las relativas posiciones del fulcro, esfuerzo y peso.

##### a. *Primer género:*

- 1) El fulcro se halla entre el esfuerzo y el peso.
- 2) Puede estar situado en la parte central, o hacia el lado del esfuerzo o del peso, con lo que los dos brazos de peso y de esfuerzo pueden ser iguales o uno de ellos puede ser más largo que el otro.

##### b. *Segundo género:*

- 1) El peso se halla entre el fulcro y el esfuerzo.
- 2) Implicación:

El brazo de esfuerzo es siempre más largo que el brazo de peso.

##### c. *Tercer género:*

- 1) El esfuerzo se halla entre el fulcro y el peso.
- 2) Implicación:

El brazo de peso es siempre más largo que el brazo de esfuerzo.

#### D. Ventaja mecánica.

##### 1. Concepto:

La eficacia de una fuerza con relación a una palanca. (la relación del peso al esfuerzo).

##### 2. Fórmula/Cálculo:



$$V.M. = \frac{P}{E}$$

DONDE:

VM = Ventaja mecánica.

Momento de fuerza  $10 \times 2 = 20 \text{ m. kg}$        $4 \times 5 = 20 \text{ m. kg}$

$$V.M. = \frac{10}{5} = 2$$

2. Determinantes:

- a. La fuerza ejercida (P) o (E).
- b. Distancia perpendicular de la fuerza desde el fulcro (brazo de peso o brazo de esfuerzo).
- c. El producto de estos dos factores se denomina momento de fuerza.

3. No se logra ninguna ventaja mecánica:

- a. Cuando los brazos de peso y de esfuerzo son de igual longitud:
  - 1) En este caso se requerirá un esfuerzo de igual intensidad que el peso que debe levantarse.
  - 2) No se logra ninguna ventaja en estos casos, pero la máquina dispuesta de esta forma es útil para la medición de pesos como, por ejemplo, en la balanza común.

4. Se obtendrá una gran ventaja por el uso de la palanca:  
(Esto se denomina ventaja o aplicación mecánica):

- a. Cuando la longitud del brazo de esfuerzo es mayor que la del brazo de peso, se requerirá un menor esfuerzo para lograr un resultado semejante.
- b. Tipos de palancas en que se logra esto:
  - 1) Las palancas de primer género cuando el fulcro se halla más cercano al peso que al esfuerzo.
  - 2) En las palancas de segundo género.

5. Cuando se produce una desventaja mecánica:

- a. En los casos en que el brazo de peso es superior al brazo de esfuerzo:

1) Ejemplo:

Las palancas de primer género cuando el fulcro está más cercano al brazo de esfuerzo que al de peso y en todas las palancas de tercer género.

E. Palancas del Cuerpo

En el cuerpo humano se hallan ejemplos de palancas de los tres generos pero las más numerosas son las de tercer género.

1. Primer género:

a. Característica:

El hecho dominante de este género es la estabilidad y el estado de equilibrio puede lograrse con o sin ventaja mecánica.

b. Ejemplos:

- 1) Se produce durante el balanceo de la cabeza:

a) La palanca:

Representado por el cráneo.

b) El fulcro:

Representado por las articulaciones occipitoatloideas.

c) El peso:

Se halla situado en la parte anterior, en la cara.

d) El esfuerzo:

Sería realizado por la contracción de los músculos posteriores del cuello, con su inserción en el hueso occipital.

- 2) Los movimientos de inclinación de la pelvis sobre las cabezas femorales.



## 2. Segundo género:

### a. Característica:

Esta es la palanca de potencia ya que siempre aporta una ventaja mecánica.

### b. Ejemplo:

#### 1) En la extremidad inferior:

Cuando se elevan los talones para mantenerse de puntillas sobre los dedos.

##### a) La palanca:

Los huesos tarsianos y metatarsianos se estabilizan por la acción muscular para formar la palanca.

##### b) El fulcro:

Se halla situado en la articulación metatarsofalángica y el peso del cuerpo se transmite al astrágalo a través de la articulación del tobillo.

##### c) El esfuerzo:

Se aplica en la inserción del tendón de Aquiles por la contracción de los músculos de la pantorrilla.

#### 2) En el brazo:

La acción del músculo supinador largo, que flexiona la articulación del codo, puede considerarse como otro tipo de palanca relativamente poco frecuente en el cuerpo humano.

## 3. Tercer género:

### a. Cantidad:

En el cuerpo humano existen muchos más ejemplos de palancas de tercer género que de los otros tipos.

### b. Característica:

Este tipo de palanca, en el que existe siempre una desventaja mecánica, es la palanca de velocidad, en la que la pérdida de la ventaja mecánica se compensa

sobradamente por la ventaja que se logra por la rapidez y amplitud del movimiento. Tanto en los tiempos del hombre primitivo como en los modernos, se ha demostrado que la rapidez y la amplitud del movimiento son mucho más útiles que la potencia.

Cuando la palanca es el antebrazo, el fulcro se halla en la articulación del codo, y cuando el esfuerzo es realizado por el músculo bíceps y el peso es algún objeto sostenido en la mano, podrá observarse que una pequeña contracción muscular se traducirá en un movimiento mucho más extenso y rápido de la mano. Otro ejemplo simple es la acción de los músculos posteriores del muslo al flexionar la rodilla.

#### *Palancas del hogar y de trabajo*

En los instrumentos y utensilios domésticos pueden observarse muchos ejemplos de palancas. La balanza, la máquina de coser y una barra usada como alzaprima son palancas de primer género, mientras que la tijera está constituida por palancas gemelas de este tipo con un fulcro común. El carretón de una rueda es un típico ejemplo de palanca de segundo género y es digno de observar que cualquier puerta es más fácil de abrir cuanto más alejado se halle el puño de los goznes. La palanca de tercer género está representada por un hombre sosteniendo una larga escalera con su pie apoyado contra la pared, o por las pinzas de azúcar, que son dobles palancas de este género.