

Principios de biomecánica

LLUÍS RUEDA PELÁEZ

Fisioterapeuta, Podólogo
Centro de Estudios del Pie M. Rueda

APUNTS. MEDICINA DE L'ESPORT 2006: 148: 39-43

Antes de entrar en la comprensión de la biomecánica del cuerpo humano, se deben conocer los principios en los que se basa.

A continuación se expone un resumen de la parte de la física que más relacionada está con nuestro funcionamiento mecánico.

CINEMÁTICA Y DINÁMICA

El cuerpo humano se entiende como una estructura arquitectónica con capacidad de movimiento.

La cinemática hace referencia al movimiento de los segmentos corporales. Éstos se basan en leyes físicas y determinan la posición estática y dinámica del cuerpo y de sus segmentos. El movimiento se produce gracias a la acción de fuerzas (producidas principalmente por la musculatura, pero también por fuerzas de reacción, de inercia y de la gravedad) y se ejecuta a través de las articulaciones.

No podemos, pero, dejar de lado el hecho que el cuerpo humano integra una serie de sistemas que posibilitan su funcionamiento global. Nos referimos al sistema nervioso y al sistema endocrino, que regulan la interacción con el exterior i con el propio cuerpo; al sistema cardiovascular, digestivo y respiratorio, que posibilitan la administración de nutrientes y, por lo tanto, de energía; a las diferentes estruc-

turas y al sistema locomotor que permite la ejecución de movimientos y el mantenimiento de la estática.

El concepto de dinámica hace referencia al estudio de las fuerzas que provocan el movimiento corporal.

La biomecánica es la suma de la cinemática y la dinámica y, por lo tanto, es el estudio del movimiento humano y de las fuerzas que lo producen.

OBJETIVOS DE LA BIOMECÁNICA

La biomecánica engloba el movimiento corporal y las causas que lo provocan. Sus objetivos clínicos son los siguientes:

- Conocer la anatomía funcional (disposición articular y ósea, movimientos articulares, disposición muscular, acciones musculares, estructuras de estabilización, ejes de referencia del cuerpo humano).

- Mejorar-prevenir-curar lesiones.
- Mejorar marcas/resultados deportivos.

CONCEPTOS BÁSICOS

Mecánica

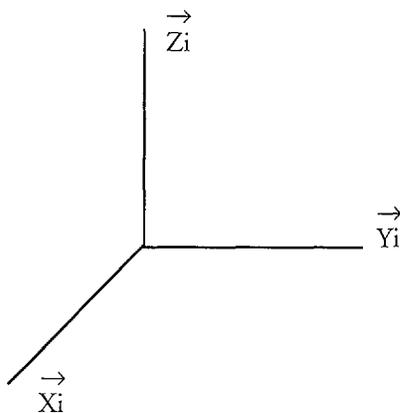
La mecánica es la parte de la física que estudia el movimiento y las fuerzas que lo provocan. Se divide en cinemática y dinámica.

a) Cinemática: Estudio del movimiento

Movimiento: Desplazamiento de un cuerpo en el espacio. Decimos que un cuerpo se mueve cuando ocupa diferentes posiciones en el espacio a través del tiempo.

Vector de posición: Describe la posición del móvil en un instante dado.

$$\vec{r} = \vec{x}_i + \vec{y}_i + \vec{z}_i$$



Vector desplazamiento: Diferencia entre dos vectores de posición.

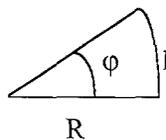
Trayectoria: Conjunto de posiciones progresivas que ocupa un móvil durante su desplazamiento.

Velocidad: Variación del vector posición en el tiempo.

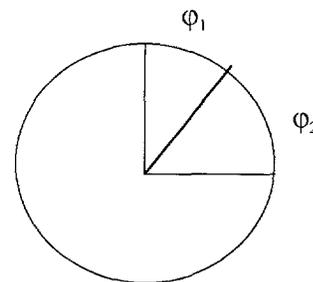
$$\text{Velocidad media: } \vec{V}_m = \frac{\vec{\rho r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1}{\rho t = t_2 - t_1}$$

$$\text{Velocidad instantánea: } \vec{V}_i = \lim_{\rho t \rightarrow 0} \vec{V}_m$$

Componentes intrínsecos de la velocidad:



$$\omega = \frac{\rho \phi}{\rho \tau} = \frac{\phi_2 - \phi_1}{t_2 - t_1}$$



ω = Velocidad angular

V l.c. = Velocidad lineal circular

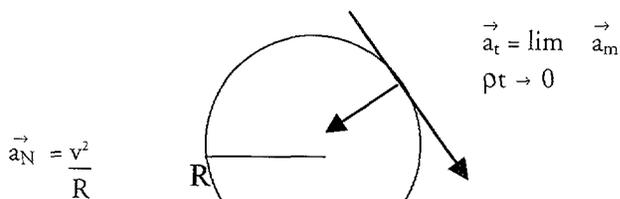
$$V \text{ l.c.} = \frac{\rho l}{\rho t}$$

Aceleración: Variación de la velocidad en el tiempo.

$$\text{Aceleración media: } \vec{a}_m = \frac{\vec{\rho v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\rho t = t_2 - t_1}$$

$$\text{Aceleración instantánea: } \vec{a}_i = \lim_{\rho t \rightarrow 0} \vec{a}_m$$

Componentes intrínsecos de la aceleración:



$$\vec{a}_N = \frac{v^2}{R}$$

a_N : Aceleración normal

a_t : Aceleración tangencial

Tipos de movimientos:

1. Movimiento rectilíneo: Es aquel que describe una línea recta. Por lo tanto, $\vec{a}_N = 0$.
 - 1.1. Mov. rec. uniforme (M.R.U.): Movimiento descrito por una partícula con velocidad constante e $\vec{a}_i = 0$.
 - 1.2. Mov. rec. uniformemente acelerado (M.R.U.A.): Movimiento descrito por una partícula con \vec{a}_i constante.
 - 1.3. Movimiento rectilíneo acelerado (M.R.A.): Movimiento que describe una partícula con \vec{a}_i no constante.

2 Movimiento circular: Es aquel que describe una línea curva. Per lo tanto, $\vec{a}_N \neq 0$.

2.1. Mov. circ. uniforme (M.C.U.): Movimiento descrito por una partícula con $\omega = \text{constante}$.

2.2. Mov. circ. uniformemente acelerado (M.C.U.A.): Movimiento descrito por una partícula con aceleración constante y ω no constante.

2.3. Movimiento rectilíneo acelerado (M.R.A.): Movimiento que describe una partícula con aceleración no constante.

Período: Tiempo que tarda una partícula en dar una vuelta completa.

$$T = 1 / f$$

Frecuencia: Es la inversa del período, es decir, las vueltas que da una partícula en un tiempo determinado.

$$f = 1 / T$$

b) Dinámica

Estudio de las fuerzas que provocan el movimiento.

Masa: Es la cantidad de materia que presenta un cuerpo.

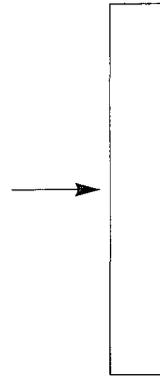
Fuerza: Causa que produce una deformación al actuar sobre un cuerpo, cambiar su velocidad o su trayectoria.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

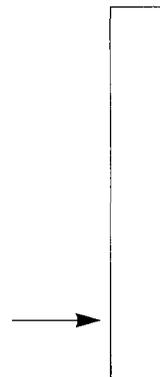
Centro de masas: Es el punto donde se concentran las fuerzas en un cuerpo determinado.

Movimiento de traslación: Cuando las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se aplican exclusivamente al centro de masas, el movimiento que se produce es de traslación. Es decir, se producirá un movimiento rectilíneo.

Movimiento de rotación: Cuando las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se aplican a una zona diferente del centro de masas, se produce un movimiento de rotación. Es decir, se producirá un movimiento circular. Puede producirse también un movimiento de traslación.

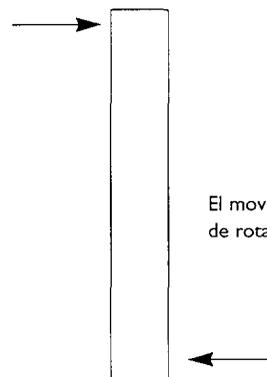


Aplicación de fuerzas en el centro de masas. Mov. rectilíneo.



Aplicación de fuerzas en un punto diferente del centro de masas. Mov. Circular. También puede haber traslación.

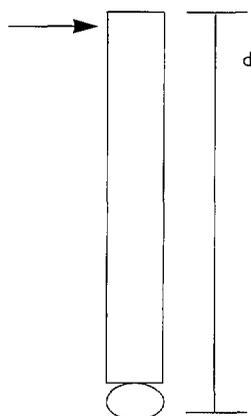
Cuando se aplican sobre un cuerpo dos fuerzas, con la misma dirección y módulo, pero en sentido contrario, y se aplican a una distancia igual del centro de masas, obtenemos un momento de fuerzas.



El movimiento que se producirá será de rotación.

Momento de fuerzas: Es la capacidad de producir una rotación que presenta una fuerza al ser aplicada sobre un cuerpo. Depende de la magnitud de la fuerza y de la distancia entre el punto de aplicación y el centro del eje a través del cual se produce el movimiento.

$$M = F \cdot d \cdot \sin \alpha$$



Leyes de Newton:

1. *Principio de la inercia: Cualquier cuerpo conserva su estado de M.R.U. o de reposo a menos que le obligue a cambiar aplicando alguna fuerza.*

$$F_1 + F_2 + F_3 \dots = F_R$$

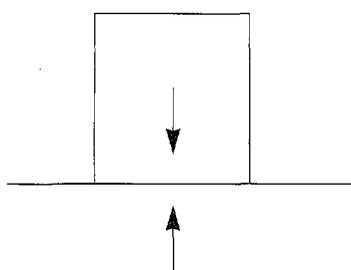
2. *Principio fundamental de la dinámica: La variación del movimiento que experimenta un cuerpo, es proporcional a la fuerza que actúa sobre éste y se realiza en la dirección en que actúa la fuerza.*

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

3. *Principio de acción y reacción: Si una partícula A ejerce una fuerza sobre una partícula B, la partícula B ejerce una fuerza sobre A de igual módulo y dirección, pero en sentido contrario.*

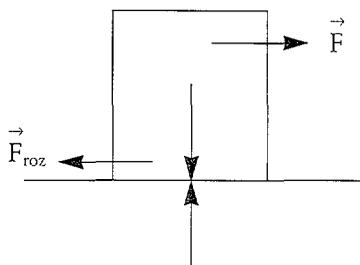
Inercia: Resistencia que presenta un cuerpo a los cambios de velocidad.

Fuerza normal: Es la fuerza de reacción que ejerce una superficie sobre un cuerpo determinado que se apoya sobre ella (el cuerpo ejerce sobre la superficie una fuerza de acción).



$$\vec{F}_{\text{cuerpo}} = \vec{F}_{\text{superficie}}$$

Fuerza de rozamiento: Es la fuerza tangencial a la superficie y de sentido contrario al movimiento que aparece al ser desplazado un cuerpo sobre una superficie.



Peso: Es la fuerza con que el planeta atrae a un cuerpo. Es la fuerza de la gravedad.

$$P = m \cdot g \quad g: \text{Gravedad, } 9,8 \text{ m/s}^2, \text{ al planeta Tierra.}$$

Centro de gravedad: Es el punto de aplicación de la fuerza que ejerce la gravedad sobre un cuerpo.

CONCEPTOS BIOMECAÑICOS

Sólido-rígido

Conjunto de partículas entre las cuales existe una cohesión que da firmeza y consistencia al conjunto en sí y donde la distancia entre las partículas que la integran es variable.

Características de un sólido-rígido:

- En un movimiento de traslación, la velocidad que experimentan todas las partículas que componen el sólido-rígido es la misma.
- En un movimiento de rotación, la velocidad angular que experimentan todas las partículas que lo componen es la misma. La velocidad lineal, pero, varía en función de la partícula que se examine.
- La suma de fuerzas de cohesión entre las partículas que lo componen es 0.

Poleas y cuerdas

En el cuerpo existen mecanismos capaces de aumentar la eficacia de los esfuerzos activos (producidos por la musculatura).

Uno de estos sistemas es el llamado "cuerda". Su función es variar el punto de aplicación de la fuerza, aumentando, de este modo, el brazo de palanca (es decir, la distancia del

punto en el que se aplica la fuerza en el eje a través del cual se produce el movimiento). Por lo tanto, y dado que la distancia es directamente proporcional al momento de fuerza, este se verá incrementado. Así pues, se aumentará la eficacia del grupo muscular encargado de realizar el movimiento. Un claro ejemplo sería el del tendón (éste, por su parte, debe poder soportar la tensión).

- La tensión se entiende como una fuerza de reacción que aparece cuando un cuerpo aplica una fuerza sobre otro a través de un vínculo.

El sistema de polea se utiliza para variar la dirección de la fuerza, al mismo tiempo que incrementa la distancia al variar el punto de aplicación. Por lo tanto, también aumenta el momento de fuerza. Se trata de un sistema facilitador del movimiento. Un ejemplo es la rótula.

El cuerpo humano, mecánicamente, se comporta como un conjunto de sólidos-rígidos articulados. Los movimientos corporales se dan siempre a través de articulaciones, enmarcados en un plano de movimiento y a través de un eje

de movimiento; por lo tanto, siempre son movimientos rotacionales.

No obstante, en el cuerpo también podemos identificar pequeños movimientos de traslación que son aquellos que se producen cuando hay rozaduras o deslizamientos. Pero, éstos nunca provocarán grandes movimientos ni desplazamientos de segmentos corporales de ningún tipo, aunque muchas veces permitirán una adaptación de estructuras óseas que posibilitarán que los movimientos rotacionales se produzcan de la mejor manera.

Podemos observar, también, que los movimientos activos no sólo dependen de la fuerza muscular, sino que también existen sistemas de facilitación de movimiento como los sistemas de poleas y de cuerdas.

Así pues, debemos tener en cuenta que para estudiar la cinemática del cuerpo humano, es necesario comprender la mecánica de traslación y la mecánica de rotación, y viceversa. Por lo tanto, debemos conocer los principios de la mecánica para poder conocer los principios del movimiento y de la estática corporal.

