

Principis de biomecànica

LLUÍS RUEDA PELÁEZ

Fisioterapeuta, Podòleg
Centre d'Estudis del Peu M. Rueda

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

Abans d'entrar en la comprensió de la mecànica del cos humà, és necessari conèixer els principis en els quals es basa.

Seguidament s'exposa un resum de la part de la física que més té a veure amb el nostre funcionament mecànic.

CINEMÀTICA I DINÀMICA

El cos humà s'entén com a una estructura arquitectònica amb capacitat de moviment.

La cinemàtica fa referència al moviment dels segments corporals. Aquests es basen en lleis físiques, i determinen la posició estàtica i dinàmica del cos i dels seus segments.

El moviment es produeix gràcies a l'acció de forces (produïdes principalment per la musculatura, però també per forces de reacció, de inèrcia i de la gravetat), i es succeeix a través de les articulacions.

No podem, però, deixar de banda el fet de que el cos humà integra una sèrie de sistemes que fan possible el seu funcionament global. Ens referim al sistema nerviós i el sistema endocrí, que regulen la interacció amb l'exterior i amb el propi cos, al sistema cardío-vascular, digestiu i respiratori, que fan possible l'administració de nutrients, i per tant, d'energia, a les diferents estructures, i el sistema locomotriu,

que permet l'execució de moviments i el manteniment de l'estàtica.

El concepte de dinàmica fa referència a l'estudi de les forces que provoquen el moviment corporal.

La biomecànica és la suma de la cinemàtica i la dinàmica, i per tant, és l'estudi del moviment humà i de les forces que el produeixen.

OBJECTIUS DE LA BIOMECANICA

En tant que la biomecànica engloba el moviment corporal i les causes que el provoquen, els seus objectius clínics seran els següents:

- Conèixer l'anatomia funcional (disposició articular i òssia, moviments articulars, disposició muscular, accions musculars, estructures d'estabilització, eixos de referència del cos humà).

- Millorar-prevenir-guarir lesions.
- Millorar marques/resultats esportius.

CONCEPTES BÀSICS

Mecànica

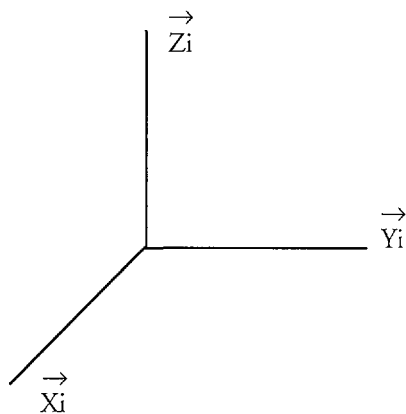
La mecànica és la part de la física que estudia el moviment i les forces que el provoquen. Es divideix en cinemàtica i dinàmica.

a) Cinemàtica: Estudi del moviment

Moviment: Desplaçament d'un cos a l'espai. Diem que un cos es mou quan ocupa diferents posicions a l'espai a través del temps.

Vector de posició: Descriu la posició del mòbil en un instant donat.

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



Vector desplaçament: Diferència entre dos vectors de posició.

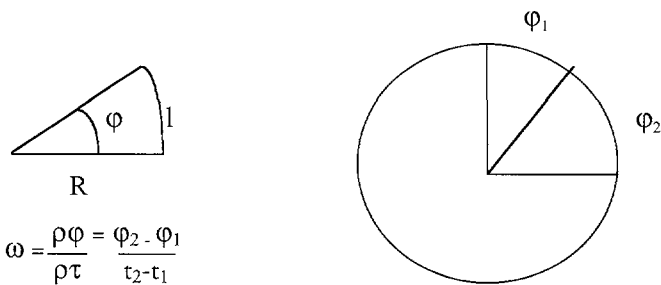
Trajectòria: conjunt de posicions progressives que ocupa un mòbil durant el seu desplaçament.

Velocitat: Variació del vector posició en el temps.

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

$$\text{Velocitat instantània: } \vec{V}_i = \lim_{\rho t \rightarrow 0} \frac{\vec{V}_m}{\rho t}$$

Components intrínsecs de la velocitat:



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

ω = Velocitat angular

V l.c. = Velocitat lineal circular

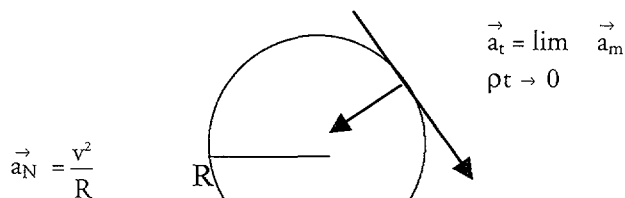
$$V \text{ l.c.} = \frac{\rho l}{\rho t}$$

Acceleració: Variació de la velocitat en el temps.

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

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

Components intrínsecs de l'acceleració:



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

$$\vec{a}_t = \lim_{\rho t \rightarrow 0} \vec{a}_m$$

a_N : Acceleració normal

a_t : Acceleració tangencial

Típus de moviments:

1. **Moviment rectilini:** És aquell que descriu una línia recta. Per tant, $\vec{a}_N = 0$.
 - 1.1. **Mov. rec. uniforme (M.R.U.):** Moviment descrit per una partícula amb velocitat constant i $\vec{a}_i = 0$.
 - 1.2. **Mov. rec. uniformement accelerat (M.R.U.A.):** Moviment descrit per una partícula amb \vec{a}_i constant.
 - 1.3. **Moviment rectilini accelerat (M.R.A.):** Moviment que descriu una partícula amb \vec{a}_i no constant.

2. Moviment circular: És aquell que descriu una línia curva. Per tant, $\vec{a}_N \neq 0$.

2.1. Mov. circ. uniforme (M.C.U.): Moviment descrit per una partícula amb $\omega = \text{constant}$.

2.2. Mov. circ. uniformement accelerat (M.C.U.A.): Moviment descrit per una partícula amb acceleració constant i ω no constant.

2.3. Moviment rectilini accelerat (M.R.A.): Moviment que descriu una partícula amb acceleració no constant.

Període: Temps que triga una partícula en donar una volta completa.

$$T = 1 / f$$

Freqüència: És la inversa del període, és a dir, les voltes que dona una partícula en un temps determinat.

$$f = 1 / T$$

b) Dinàmica

Estudi de les forces que provoquen el moviment.

Massa: És la quantitat de matèria que presenta un cos.

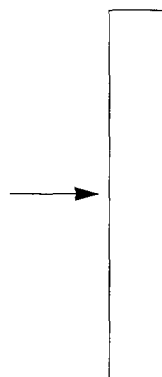
Força: Causa que produeix una deformació en actuar sobre un cos, canviar la seva velocitat o la seva trajectòria.

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

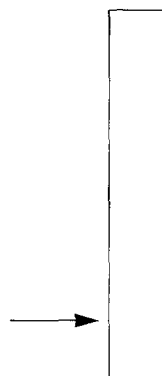
Centre de masses: És el punt en el que es concentren les forces en un cos determinat.

Moviment de translació: Quan les forces que actuen sobre un cos s'apliquen exclusivament al centre de masses, el moviment que es produeix és de translació. És a dir, es produirà un moviment rectilini.

Moviment de rotació: Quan les forces que actuen sobre un cos s'apliquen a un lloc diferent del centre de masses, es produeix un moviment de rotació. És a dir, es produirà un moviment circular. Pot produir-se també un moviment de translació.

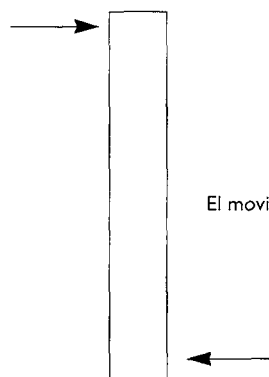


Aplicació de forces al centre de masses.
Mov. rectilini.



Aplicació de forces a un punt diferent del centre de masses.
Mov. Circular. Pot haver també translació.

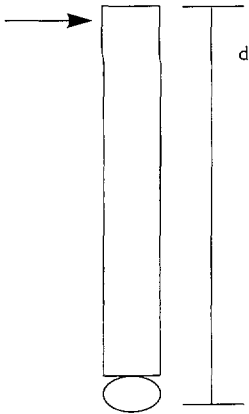
Quan s'apliquen sobre un cos dues forces, amb la mateixa direcció i mòdul, però en sentit diferent, i aplicades a una distància igual del centre de masses, obtenim un moment de forces.



El moviment que es produirà serà de rotació.

Moment de forces: És la capacitat de produir una rotació que presenta una força al ser aplicada sobre un cos. Depèn de la magnitud de la força i de la distància entre el punt d'aplicació i el centre de l'eix a través del qual es produeix el moviment.

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



Lleis de Newton:

1. *Principi de la inèrcia:* Tot cos conserva el seu estat de M.R.U. o de repòs a menys que se l'obligui a canviar mitjançant alguna força.

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

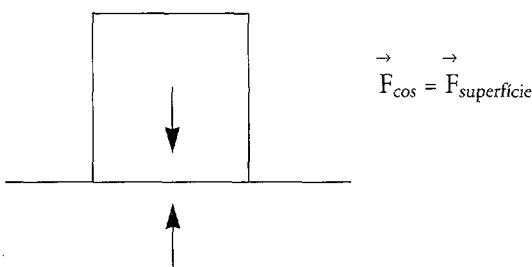
2. *Principi fonamental de la dinàmica:* La variació del moviment que experimenta un cos, és proporcional a la força que actua sobre aquest, i es realitza en la direcció en què actua la força.

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

3. *Principi d'acció i reacció:* Si una partícula A exerceix una força sobre una partícula B, la partícula B exerceix una força sobre A d'igual mòdul i direcció, però en sentit contrari.

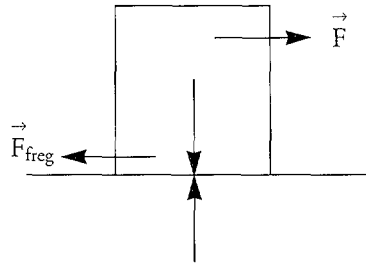
Inèrcia: Resistència que presenta un cos als canvis de velocitat.

Força normal: És la força de reacció que exerceix una superfície sobre un cos determinat el qual s'arreprenja sobre ella (el cos exerceix sobre la superfície una força d'acció).



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

Força de fregament: És la força tangencial a la superfície i de sentit contrari al moviment que apareix al ser desplaçat un cos sobre una superfície.



Pes: És la força amb la que el planeta atrau a un cos. És la força de la gravetat.

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

Centre de gravetat: És el punt d'aplicació de la força que exerceix la gravetat sobre un cos.

CONCEPTES BIOMECÀNICS

Sòlid-rígid

Conjunt de partícules entre les quals existeix una cohesió que dona fermesa i consistència al conjunt en si i en el que la distància entre les partícules que l'integren és invariable.

Característiques d'un sòlid-rígid

- En un moviment de translació, la velocitat que experimenten totes les partícules que componen el sòlid-rígid és la mateixa.
- En un moviment de rotació, la velocitat angular que experimenten totes les partícules que el componen és la mateixa. La velocitat lineal, però, varia en funció de la partícula que s'examina.
- La suma de forces de cohesió entre les partícules que el componen és 0.

Politjes i cordes

En el cos existeixen mecanismes capaços d'aumentar l'eficàcia dels esforços actius (produïts per la musculatura).

Un d'aquests sistemes és el que anomenem "corda". La funció d'aquest és la de variar el punt d'aplicació de la força, augmentant així el braç de palanca (és a dir, la distància

del punt en el qual s'aplica la força a l'eix a través del qual es produirà el moviment). Per tant, i en tant que la distància és directament proporcional al moment de força, aquest es veurà incrementar. Així doncs, s'augmentarà l'eficàcia del grup muscular encarregat d'efectuar el moviment. Un exemple clar seria el del tendó (aquest, per la seva banda, ha de ser capaç de soportar la tensió).

- La tensió s'entén com a una força de reacció que apareix quan un cos efectua una força sobre un altre a través d'un lligam.

El sistema de politja és utilitzat per variar la direcció de la força, al mateix temps que incrementa la distància al variar el punt d'aplicació. Per tant, augmenta també el moment de força. És un sistema facilitador, doncs, del moviment. Un exemple és la ròtula.

El cos humà, mecànicament, es comporta com a un conjunt de sòlids-rígid articulats. Els moviments corporals es donen sempre a través d'articulacions, enmarcats en un pla

de moviment i a través d'un eix de moviment; per tant, són sempre moviments rotacionals.

No obstant, en el cos podem també identificar petits moviments de translació, que són aquells que es donen quan es produeixen lliscaments o fregaments. Aquests, però, mai provocaran grans moviments ni desplaçaments de segments corporals de cap mena, però en molts casos permetran una adaptació d'estructures òssies que possibilitaran el fet de que els moviments rotacionals esmentats es produeixin de la millor manera.

Podem observar també, que els moviments actius no només depenen de la força muscular, sinó que també existeixen sistemes de facilitació de moviment, com són els sistemes de politjes i de cordes.

Així doncs, hem de tenir en compte que per estudiar la cinemàtica del cos humà, és necessari comprendre la mecànica de translació i la mecànica de rotació, i viceversa. Per tant, hem de conèixer els principis de la mecànica per poder conèixer els principis del moviment i l'estàtica del corporal.

