

Concetti:

- Forza, massa, accelerazione (in particolare di gravità, g)
- Baricentro
- Momento di una forza

- **II° principio della dinamica:** ogni forza, applicata ad un corpo libero di muoversi, determina in questo un'accelerazione nella direzione e verso della forza e proporzionale all'intensità della forza stessa: dove è la **forza**, l'**accelerazione** e **m** la massa inerziale del corpo (una grandezza **scalare** che misura la resistenza che il corpo presenta ad assumere un'accelerazione sotto l'azione della forza).

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

Nel S.I. la **massa (massa inerziale)** è una **grandezza fondamentale** e l'unità di misura è il **Kg** o Kg massa.

Il rapporto F/a non varia: se aumenta l'intensità della forza F applicata, l'accelerazione aumenta in misura direttamente proporzionale. La **forza** è invece una **grandezza derivata**. Nel S.I. l'unità di misura della forza è il **Newton (N)**:

$$1 \text{ N} = \text{Kg} \cdot \text{m/s}^2$$

La massa non dipende dalla latitudine, altitudine o densità del mezzo circostante, ma è una **costante** ed è sempre **positiva**. (Es: la massa non varia se sono sulla Terra o sulla Luna, ma la forza peso SI!!!!)

<http://esamultimedia.esa.int/docs/issedukit/it/html/t0405t1.html>

Il peso (Forza peso) di un oggetto, P , aumenta via via che la sua massa, m , aumenta oppure via via che l'accelerazione gravitazionale, g , aumenta:

$$F_p = P = m \cdot g$$

L'accelerazione gravitazionale (g) viene misurata in m/s^2 e si riferisce all'accelerazione dovuta alla forza gravitazionale locale. Sulla Terra questa accelerazione è pari a $9,8 \text{ m/s}^2$. Sulla Luna l'accelerazione è di $1,6 \text{ m/s}^2$ mentre è pari a $3,7 \text{ m/s}^2$ Marte.

Massa (m) viene misurata in kg.

Peso (P) viene misurato in Newton ($1 \text{ N} = 1 \text{ kgm/s}^2$).

La Forza è una grandezza vettoriale: modulo direzione e verso per essere definita

Massa è una grandezza scalare: solo il valore numerico

$$t = 0 \quad v = 0$$

$$t = 1 \text{ s} \quad v = 9,81 \text{ m/s}$$

$$t = 2 \text{ s} \quad v = 19,6 \text{ m/s}$$

$$t = 3 \text{ s} \quad v = 29,4 \text{ m/s}$$

$$t = 4 \text{ s} \quad v = 39,2 \text{ m/s}$$



$$x = 0$$



$$x = 4,91 \text{ m}$$



$$x = 19,6 \text{ m}$$



$$x = 44,1 \text{ m}$$



$$x = 78,5 \text{ m}$$



x

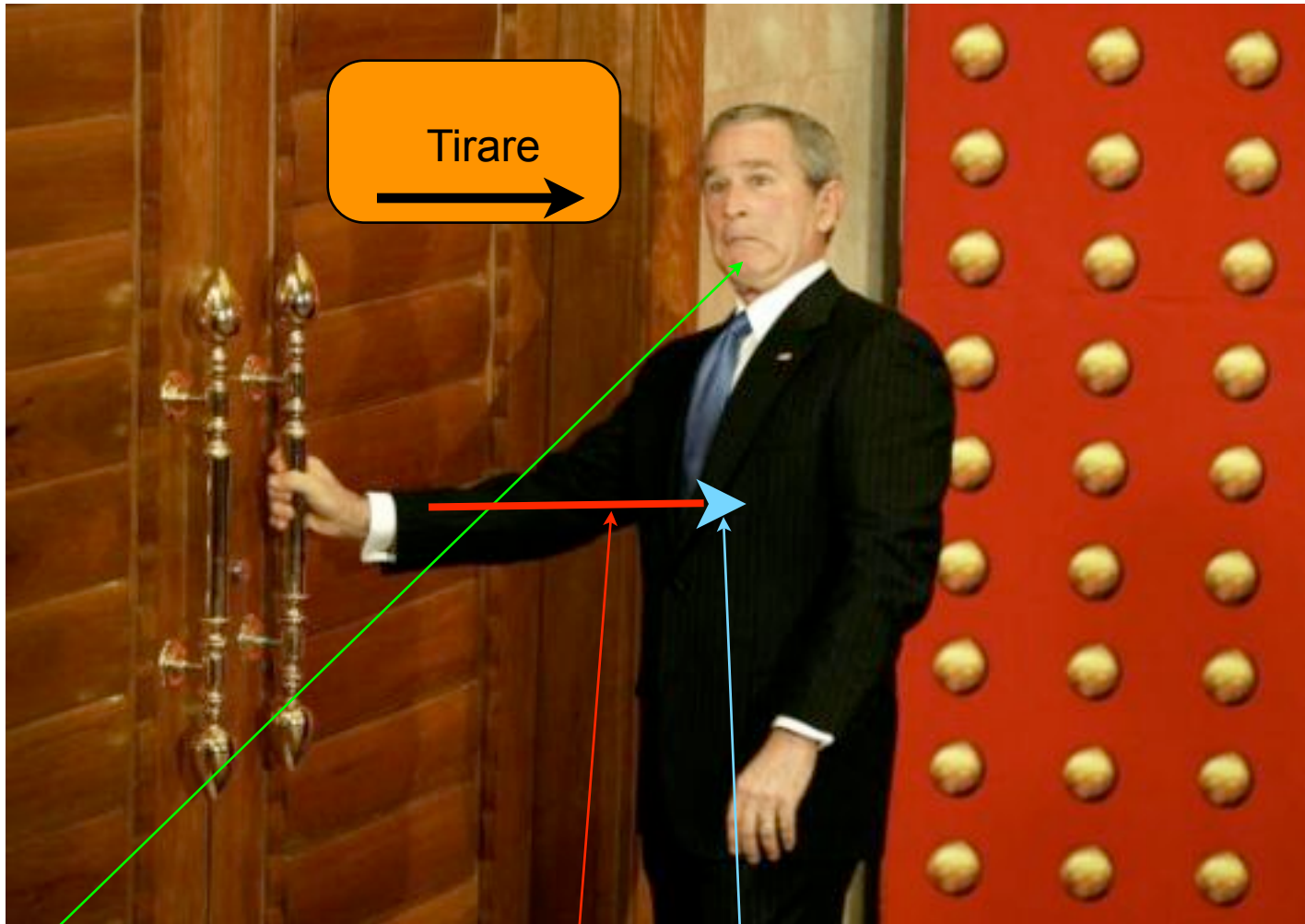
$$v_0 = 0$$

$$v = v_0 + at$$

$$v = at = gt$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad s = \frac{1}{2} gt^2$$

????? Cosa sta facendo Bush ????? Si appoggia alla porta??? la vuole sostenere perchè sta cadendo???? la vuole aprire spingendola???? la vuole aprire tirandola????



Forza: **modulo** cioè valore della forza, **direzione**, **verso**

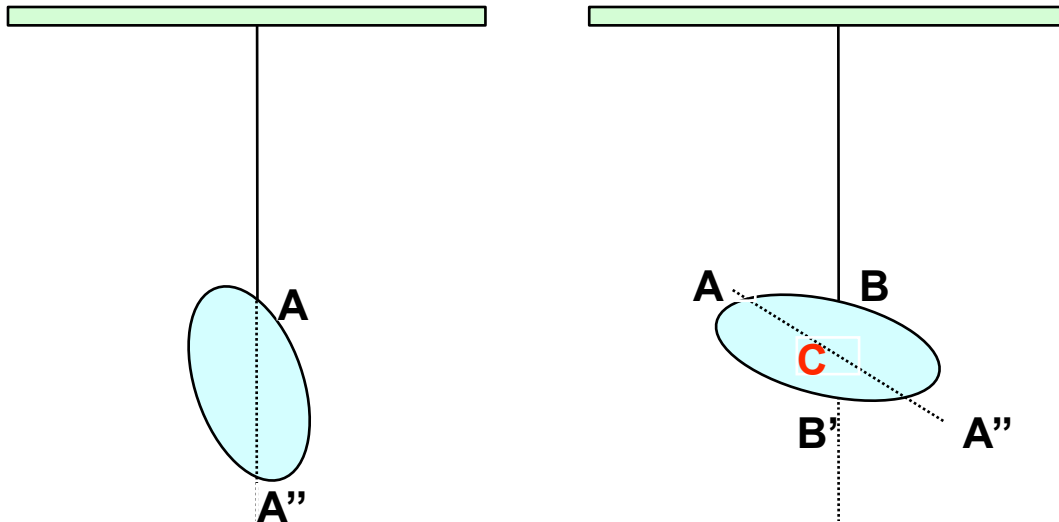
BARICENTRO

Un corpo può essere considerato costituito da tante particelle elementari.

La forza peso agente sul corpo è la risultante di tutte le forze di gravità elementari agenti su ciascuna particella.

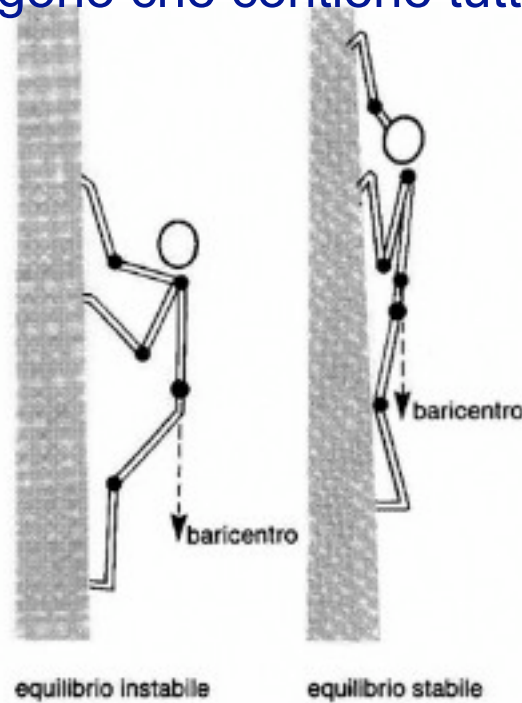
Il baricentro o centro di gravità di un corpo è il punto di applicazione della forza peso che agisce su di esso.

Il baricentro di un corpo può essere determinato facilmente sospendendo il corpo da due punti diversi: ogni volta l'oggetto raggiunge un equilibrio stabile quando il baricentro si trova sulla verticale del punto di sospensione. Ripetendo l'esperimento due volte si individuano due rette il cui punto d'incrocio indica il baricentro

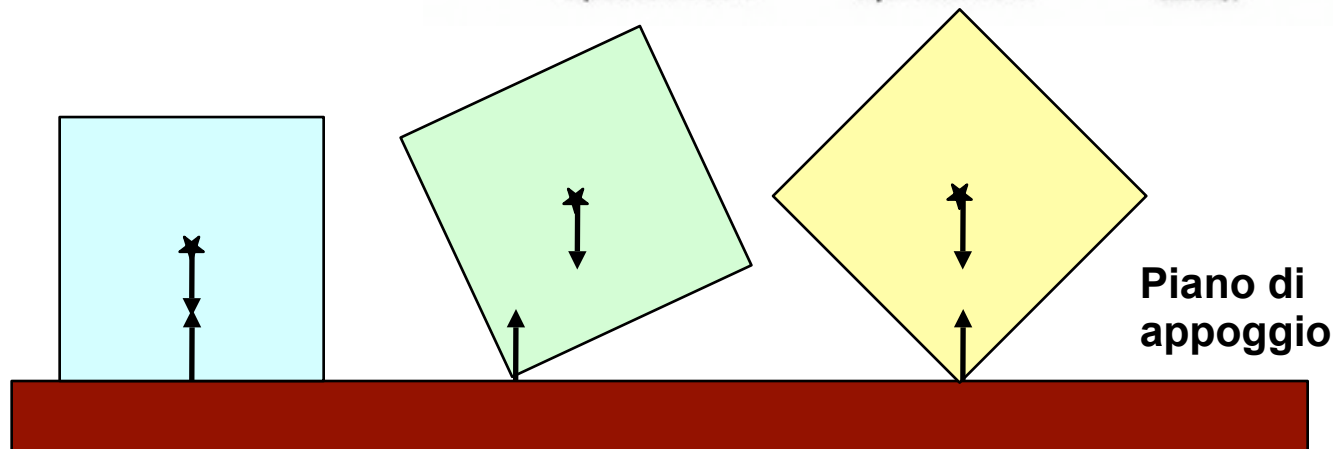


Perché un corpo sia in **equilibrio** bisogna che la verticale passante dal baricentro passi all'interno del poligono di appoggio.

Il **poligono di appoggio** è il poligono che contiene tutti i punti di appoggio.



Se il baricentro del corpo dell'arrampicatore cade sulla base di appoggio, il corpo si trova in equilibrio stabile: uno stile di arrampicata economico, che permette un risparmio di forza, tende sempre a far assumere al corpo una posizione di equilibrio il più possibile stabile.



In tutti e tre i casi le uniche forze agenti sui tre cubi sono la forza peso $\vec{F} = m \cdot \vec{g}$ e la reazione vincolare del piano di appoggio, uguale e contraria alla forza peso (**principio di azione e reazione**).

Per il **cubo A** il perimetro di appoggio è il perimetro della base di appoggio, che coincide con una delle facce del cubo. Siccome la base di appoggio è ampia, **la verticale passante per il baricentro è ben all'interno del perimetro di appoggio. L'equilibrio è stabile** anche se il corpo è sottoposto a piccole perturbazioni. La risultante delle forze agenti sul corpo e il momento totale sono entrambi nulli.

Il cubo B non è in equilibrio: il poligono di appoggio coincide con uno spigolo, e la verticale passante per il baricentro è esterna al poligono di appoggio. La risultante delle forze è nulla, il momento totale no.

Il cubo C è in equilibrio instabile: anche qui il poligono di appoggio coincide con uno spigolo. La verticale passante per il baricentro è compresa nel poligono di appoggio, sia la forza risultante che il momento totale sono nulli, ma il poligono di appoggio è piccolo e piccole perturbazioni possono portare il corpo fuori dalla posizione di equilibrio.

- Nell'**uomo in posizione eretta** la superficie di appoggio è piuttosto modesta. Inoltre, il baricentro si trova a livello della seconda vertebra sacrale, cioè abbastanza in alto.
- L'equilibrio è poco stabile: basta spostare il busto perché il baricentro esca dalla base di appoggio, a meno che non compensiamo spostando il bacino nell'altro senso.
- Durante il moto, poi il baricentro deve essere continuamente spostato sulla verticale del piede d'appoggio.
- I **quadrupedi** hanno un equilibrio molto più stabile perché la base di appoggio, delimitata dai punti di appoggio delle quattro zampe, è molto più ampia.

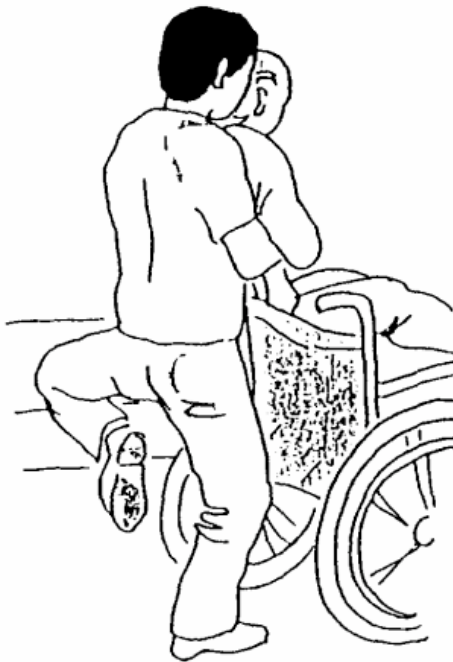


- Gli **uccelli** hanno il baricentro basso, al di sotto delle anche.

Il baricentro si proietta sul terreno all'interno di una zona detta **base d'appoggio**.

Fino a quando la proiezione del centro di gravità si mantiene all'interno della base di appoggio si è in una condizione di equilibrio, quando tale proiezione si sposta verso la sua periferia si perde progressivamente stabilità e si è costretti, per mantenere l'equilibrio, ad un aumento di lavoro muscolare o a una veloce variazione della base di appoggio.

La grandezza e la forma della base di appoggio sono fattori che influenzano la stabilità.



Quando siamo in piedi con base instabile possiamo aumentare la base di appoggio:
allargando le gambe
con l'uso di un supporto esterno
(es. un bastone) appoggiando un ginocchio su una superficie (es. sul letto).

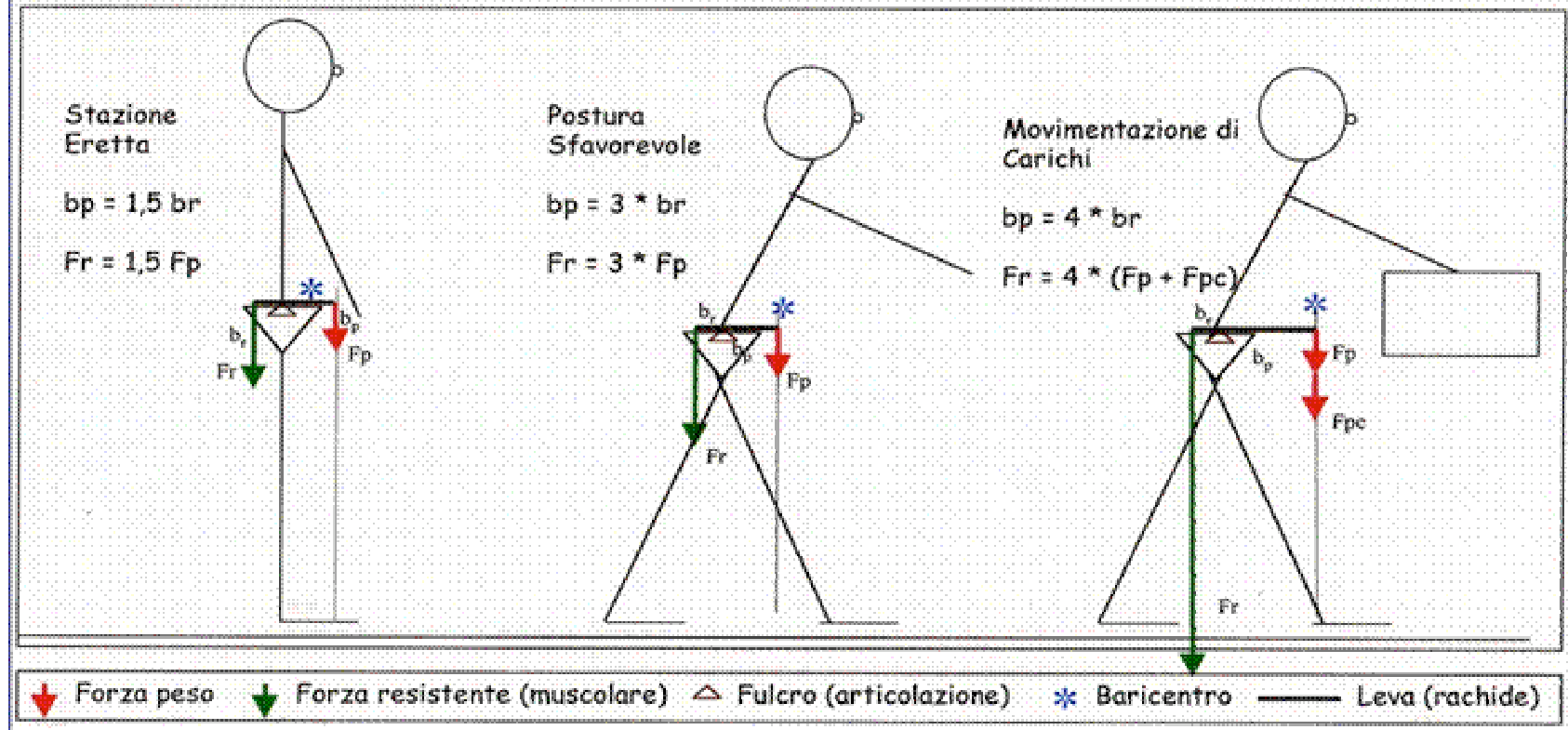
Movimentazione dei carichi

Tra i diversi rischi lavorativi, evidenziati dal D.Lgs. 626/94 con questa lezione prendiamo in esame il rischio derivante da Movimentazione Manuale dei Carichi.

All'interno di una realtà lavorativa di tipo sanitario questa tipologia di rischio si presenta in maniera evidente nelle attività svolte dal personale sanitario assistenziale (infermieri, tecnici, OSS e fisioterapisti), in quanto la “movimentazione di un carico”, rappresenta, nella maggior parte dei casi, **la movimentazione di un paziente non autosufficiente.**

Una scorretta Movimentazione Manuale può comportare, per le sue caratteristiche, o in conseguenza di condizioni ergonomiche sfavorevoli, la possibilità di distorsioni, lesioni muscolari, lombalgie, ernie del disco, fino a lesioni dorso-lombari gravi.

Forze applicate al Disco Intervertebrale



Disco Intervertebrale

- Il **disco intervertebrale** è a diretto contatto dei corpi vertebrali e ha la funzione di ammortizzatore idraulico.

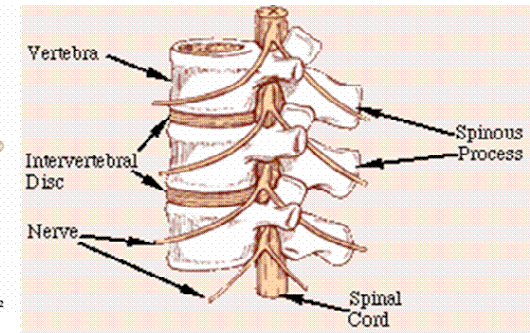
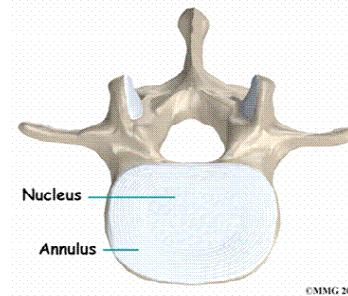
E' formato da due parti distinte:

Una parte centrale,
il **nucleo polposi** formato
da una sostanza gelatinosa
costituita per oltre l'88%
di acqua

Una parte anulare esterna,
l'**anello fibroso**, caratterizzato

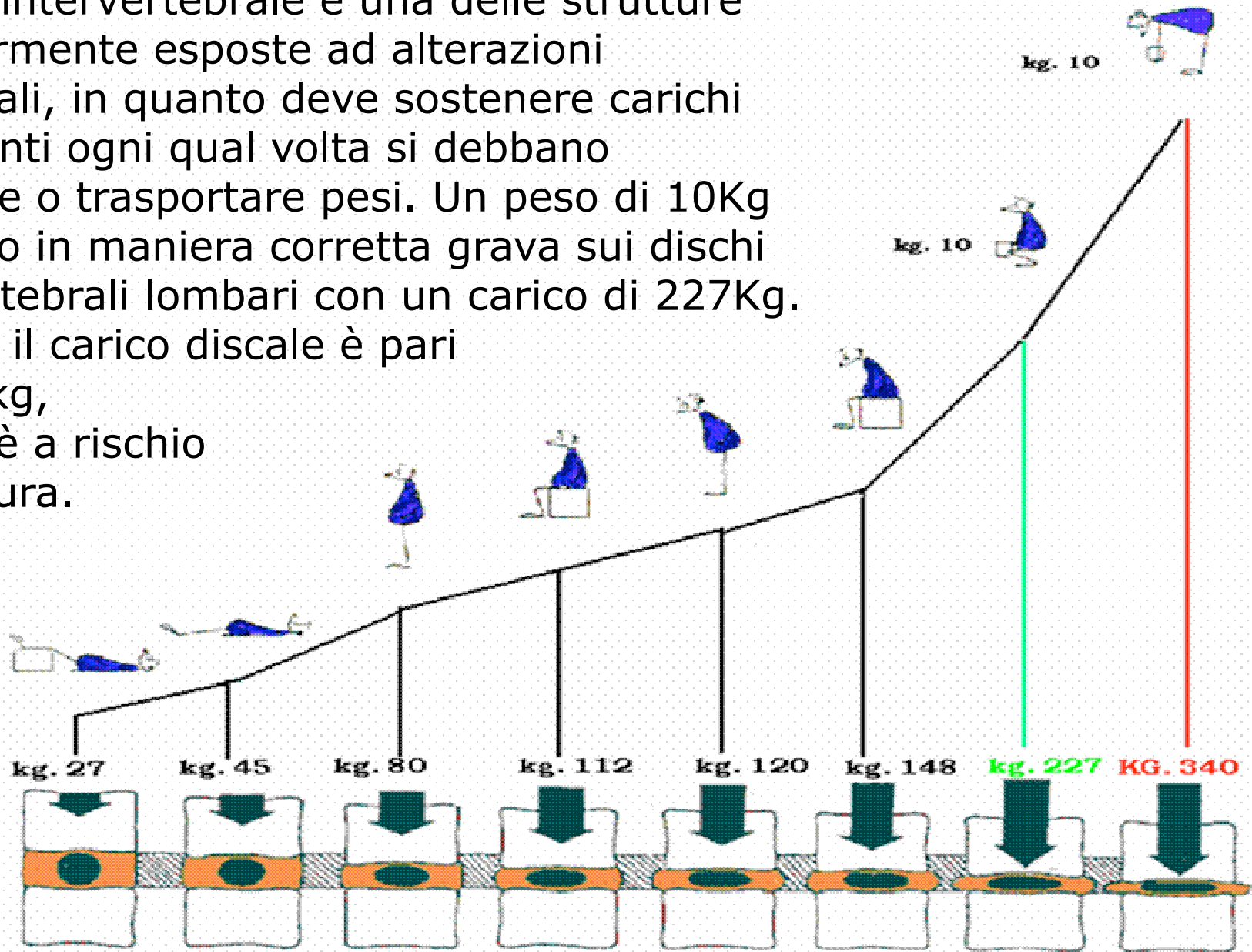
da strutture fibro-cartilaginee disposte in strati concentrici attorno al nucleo centrale. La parte anteriore diretta verso l'addome è abitualmente più spessa e forte della corrispondente parte posteriore. La funzione del nucleo polposi è quella di ridistribuire le forze di compressione nei vari segmenti del rachide, permettendo alle vertebre significativi micro-movimenti in ogni direzione che sommandosi si traducono in quei movimenti di grande ampiezza che caratterizzano la nostra colonna vertebrale.

L'anello fibroso, invece, ha funzione di mantenere a stretto contatto i corpi vertebrali, di contenere il nucleo polposi e di resistere alla tensione.



Pressione sui dischi intervertebrali

Il disco intervertebrale è una delle strutture maggiormente esposte ad alterazioni strutturali, in quanto deve sostenere carichi importanti ogni qual volta si debbano sollevare o trasportare pesi. Un peso di 10Kg sollevato in maniera corretta grava sui dischi intervertebrali lombari con un carico di 227Kg. Quando il carico discale è pari a 350 kg, il disco è a rischio di frattura.

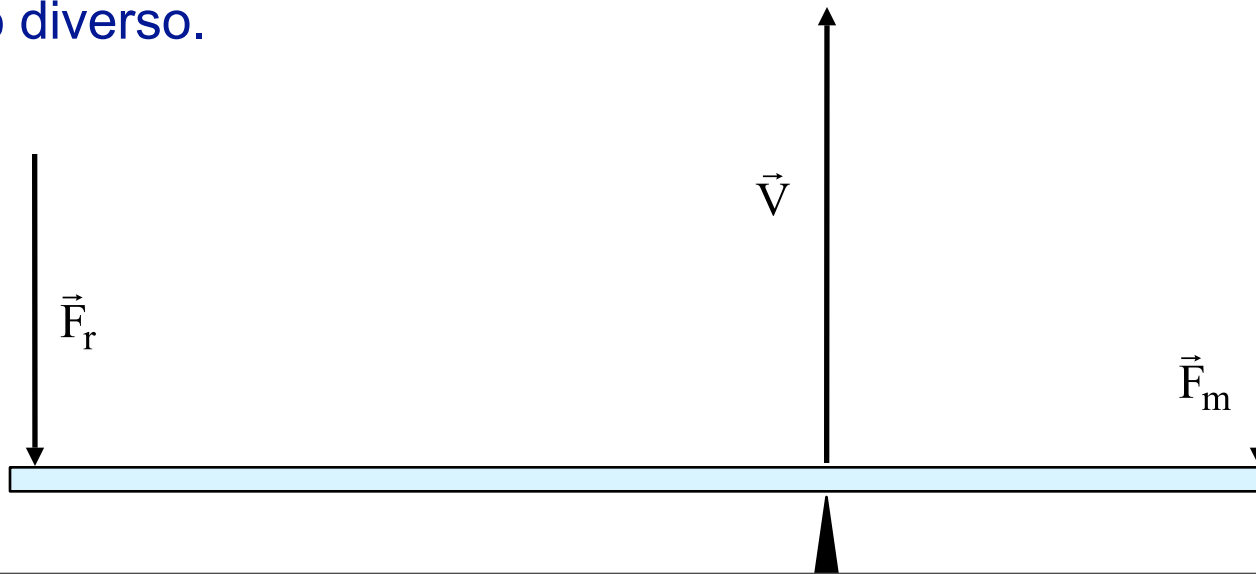


I muscoli e le Leve

I muscoli scheletrici (che rappresentano l'elemento attivo del movimento), inserendosi sulle ossa (che rappresentano l'elemento passivo del movimento), per mezzo della contrazione muscolare determinano il movimento. Questo possibile grazie anche alle articolazioni (che rappresentano l'elemento di congiunzione e perno delle ossa). Tutto l'apparato locomotore è basato su un sistema di leve.

Chiamiamo **leva** un'asta rigida libera di ruotare intorno ad un asse perpendicolare all'asta stessa, detto **fulcro**.

Una leva è una macchina semplice che consente di equilibrare una forza, chiamata **motrice** o (impropriamente) **potenza**, applicata in un punto della leva, con un'altra forza detta **resistente**, applicata in un punto diverso.



- Nel corpo umano il segmento osseo è l'asse della leva, l'articolazione è il fulcro , la forza peso è la potenza e la forza muscolare è la resistenza, quindi la leva articolare è in equilibrio quando:

forza muscolare x distanza dei muscoli dall'articolazione

=

Peso x distanza del peso dall'articolazione

A livello del fulcro della leva, se la applichiamo alle vertebre lombari ,si sommano il peso sollevato, la forza necessaria per svolgere il compito, il peso delle strutture sovrastanti (capo, torace , arti superiori e visceri) e la tensione generata dai muscoli e legamenti che agiscono a questo livello.

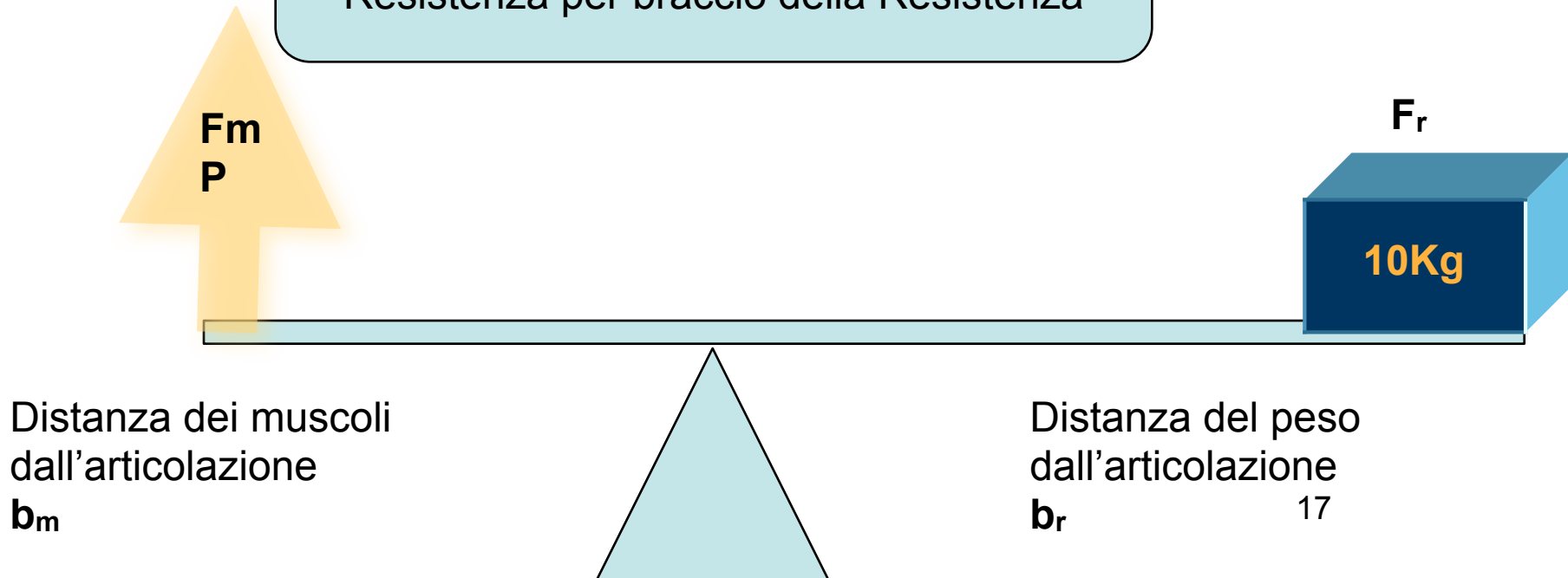
Tale somma prende il nome di **sovraccarico discale**

Perché tenere un peso più vicino al corpo?

Minore è la distanza del peso sollevato dall'articolazione
minore sarà la forza muscolare necessaria a sollevarlo, quindi minore
sarà il sovraccarico discale

Equilibrio di una leva

$$\begin{array}{c} \text{Potenza} \times \text{braccio della Potenza} \\ = \\ \text{Resistenza per braccio della Resistenza} \end{array}$$



Questa situazione determina che, tutte le volte che c'è movimento, si produce una **leva che può essere di primo, di secondo o di terzo tipo**. Il fulcro della leva è dato dall'asse di rotazione (di solito l'articolazione, ma può anche essere un punto di appoggio o di presa); la potenza è data dal punto in cui viene applicata la forza (di solito l'origine o l'inserzione muscolare, non il ventre muscolare); la resistenza è data dal punto in cui viene generata la resistenza stessa (un peso, lo spostamento di un segmento corporeo, la gravità, ecc.).

- Nel nostro corpo tutte le articolazioni, ossia le regioni di 'snodo' tra le parti fisse, realizzano delle leve: quando sono in condizioni di equilibrio consentono il blocco dell'articolazione, in caso contrario ne consentono il movimento.

Notiamo che:

$$F_m \cdot b_m = F_r \cdot b_r \rightarrow F_m = F_r \frac{b_r}{b_m}$$

Momento di
una forza

Il rapporto
della leva.

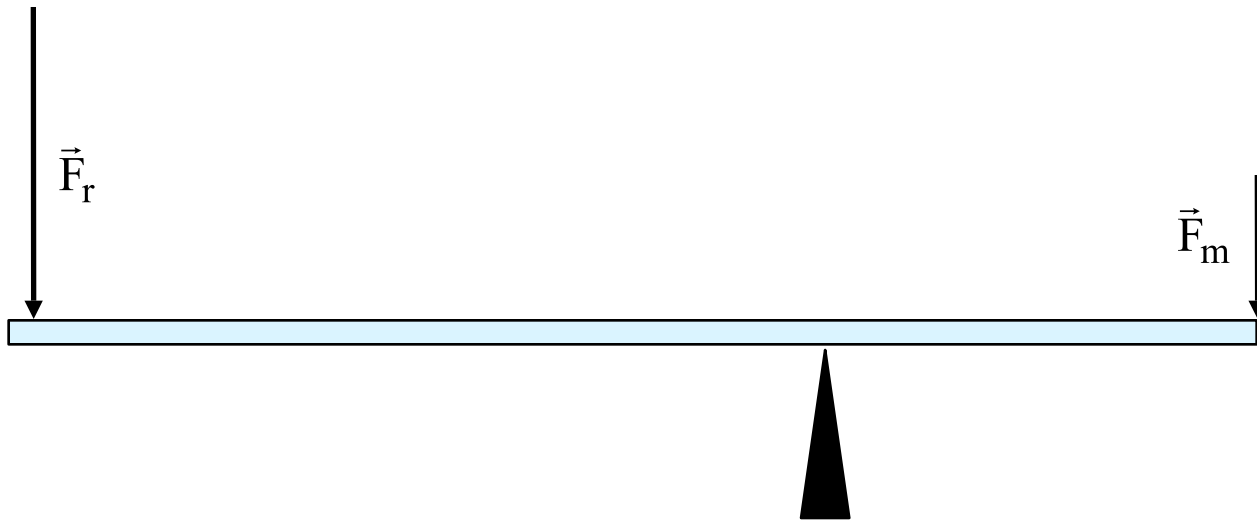
$$G = \frac{F_r}{F_m} = \frac{b_m}{b_r}$$

è chiamato **guadagno meccanico**

A seconda della posizione reciproca del fulcro e dei punti di applicazione di forza motrice e resistenza si distinguono **tre tipi di leve**: leve del I° tipo o **interfisse**, leve del II° tipo o inter-resistenti e leve del III° tipo o leve **interpotenti**.

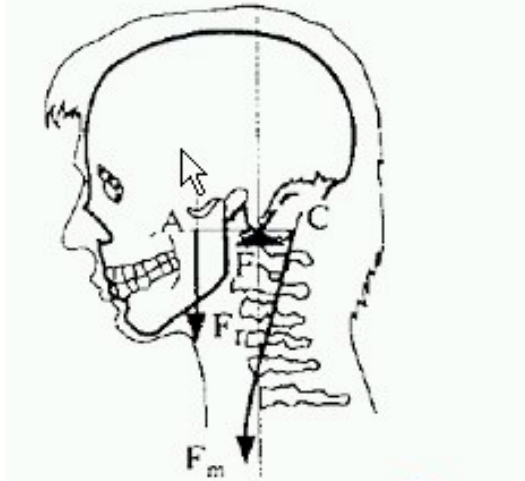
Leve del 1° tipo o interfisse. Il fulcro è tra i punti di applicazione delle due forze (come nella leva che abbiamo visto nel primo esempio).

Il guadagno può essere maggiore o minore di uno.



Nel corpo umano, l'**articolazione atlanto-occipitale** costituisce il fulcro di una leva del 1° tipo: la verticale passante per il baricentro della testa è davanti all'articolazione, **il peso della testa è la forza resistente** e la potenza è data dai muscoli splenici. La testa è stabile perché l'attacco dei muscoli è relativamente lontano dal fulcro.

Se il baricentro della testa e il punto di applicazione dei muscoli distano rispettivamente 8 cm e 2 cm dal fulcro, e la testa ha una massa di 8 Kg, e quindi pesa circa 80 N, quale forza devono esercitare i muscoli per bilanciare il peso della testa?



A= baricentro testa

$b_r = 2 \text{ cm}$

$b_m = 8 \text{ cm}$

$F_r = \text{forza peso testa} = 8\text{Kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 \approx 80 \text{ N}$

equilibrio: $F_r \cdot b_r = F_m \cdot b_m$

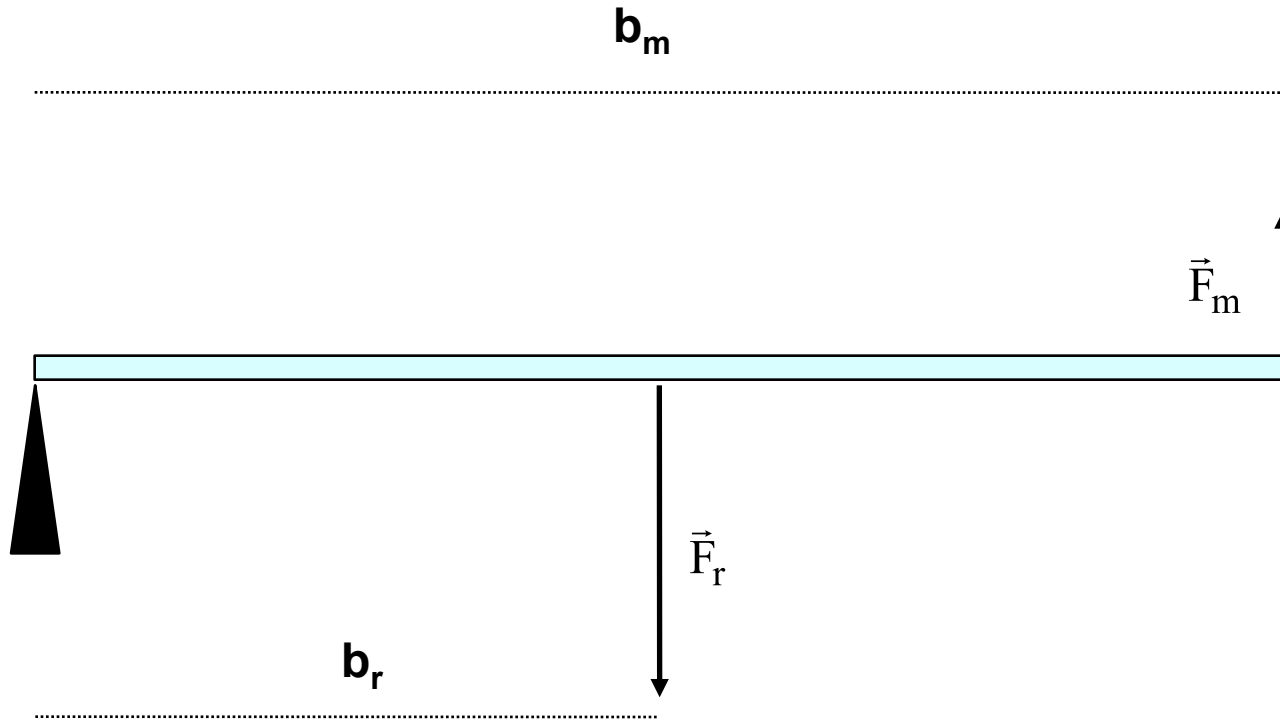
$$G = \frac{b_m}{b_r} = \frac{0.02}{0.08} = 0.25 < 1 \rightarrow \text{Leva svantaggiosa}$$

$$F_r \cdot b_r = F_m \cdot b_m \rightarrow 80 \cdot (0.08) = F_m \cdot 0.02$$

$$F_m = \frac{F_r \cdot b_r}{b_m} \approx \frac{80 \cdot 0.08}{0.02} = 320 \text{ N}$$

320 N è il peso di un corpo di massa uguale a circa 32 Kg

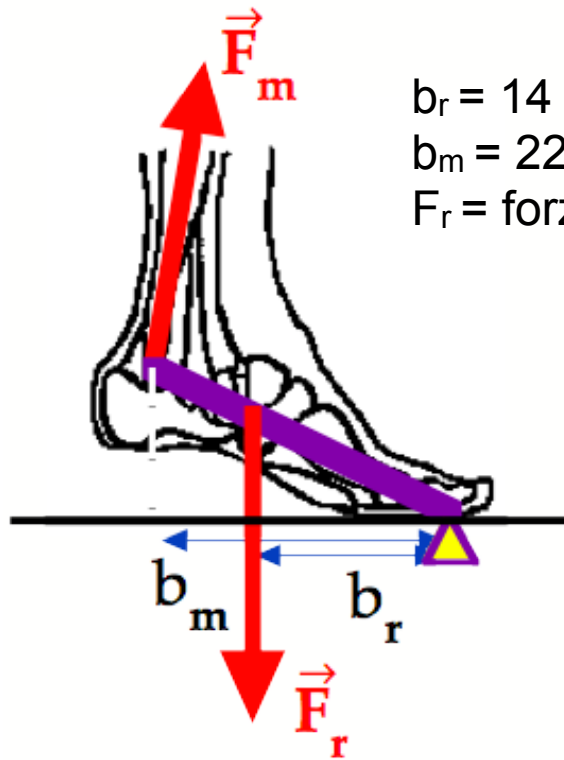
- **Leve del II° tipo o interresistenti.** Il punto di applicazione della forza resistente è compreso tra il fulcro e il punto di applicazione della potenza.



- Il guadagno è sempre maggiore di uno.

Lo schiacciamento è una leva del II° tipo.

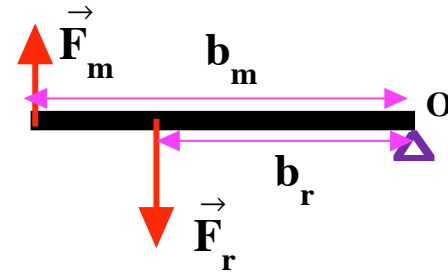
- Nel caso di un uomo in punta di piedi, si sfrutta una leva del II° tipo, **dove il fulcro è dato dalla base di appoggio** (dita e articolazione metatarso-falangea), la **forza resistente dal peso dell'uomo che grava sulla giunzione tra tibia e caviglia** e la **forza motrice dai muscoli del polpaccio che agiscono sul calcagno** attraverso il tendine di Achille:



$$b_r = 14 \text{ cm}$$

$$b_m = 22 \text{ cm}$$

$$F_r = \text{forza peso corpo} = 80\text{Kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \approx 800 \text{ N}$$



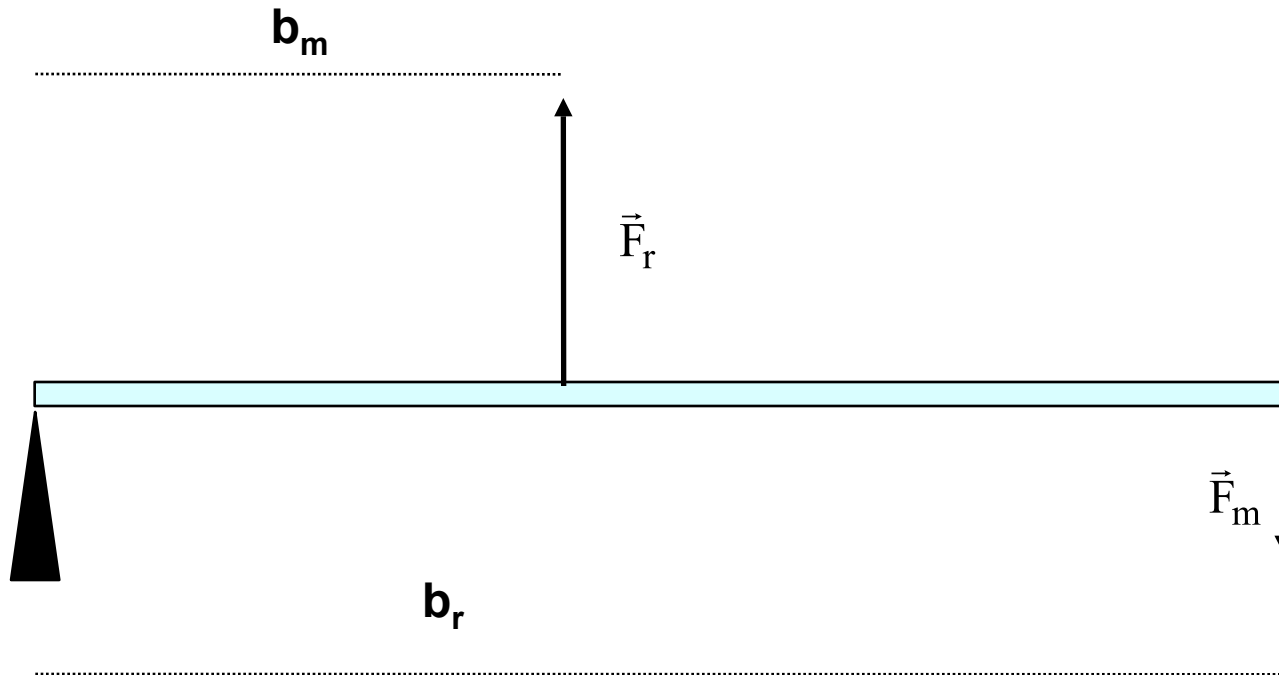
equilibrio: $F_r \cdot b_r = F_m \cdot b_m$

$$G = \frac{b_m}{b_r} = \frac{0.22}{0.14} = 1.57 > 1 \rightarrow \text{Leva vantaggiosa}$$

$$F_r \cdot b_r = F_m \cdot b_m \rightarrow 800 \cdot (0.14) = F_m \cdot 0.22$$

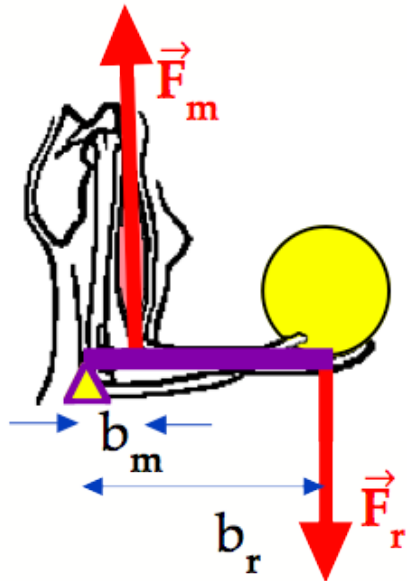
$$F_m = \frac{F_r \cdot b_r}{b_m} = \frac{800 \cdot 0.14}{0.22} = 509 \text{ N}$$

- **Leve del III° tipo o interpotenti.** Il punto di applicazione della forza motrice è posto tra il fulcro e il punto di applicazione della forza resistente.



Il guadagno è sempre minore di uno (leva svantaggiosa).

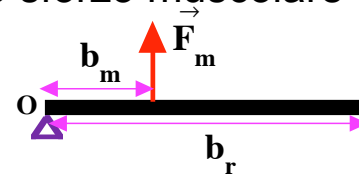
Nel corpo umano, braccio e avambraccio costituiscono una leva del III° tipo, dove il gomito è il fulcro, la resistenza è il peso del braccio e della mano (più quello di eventuali oggetti) e la forza motrice è costituita dallo sforzo muscolare del bicipite.



$$b_r = 35 \text{ cm}$$

$$b_m = 3 \text{ cm}$$

$$F_r = \text{forza peso corpo (avambraccio + peso)} = (2\text{Kg} + 3\text{Kg}) \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \approx 50 \text{ N}$$



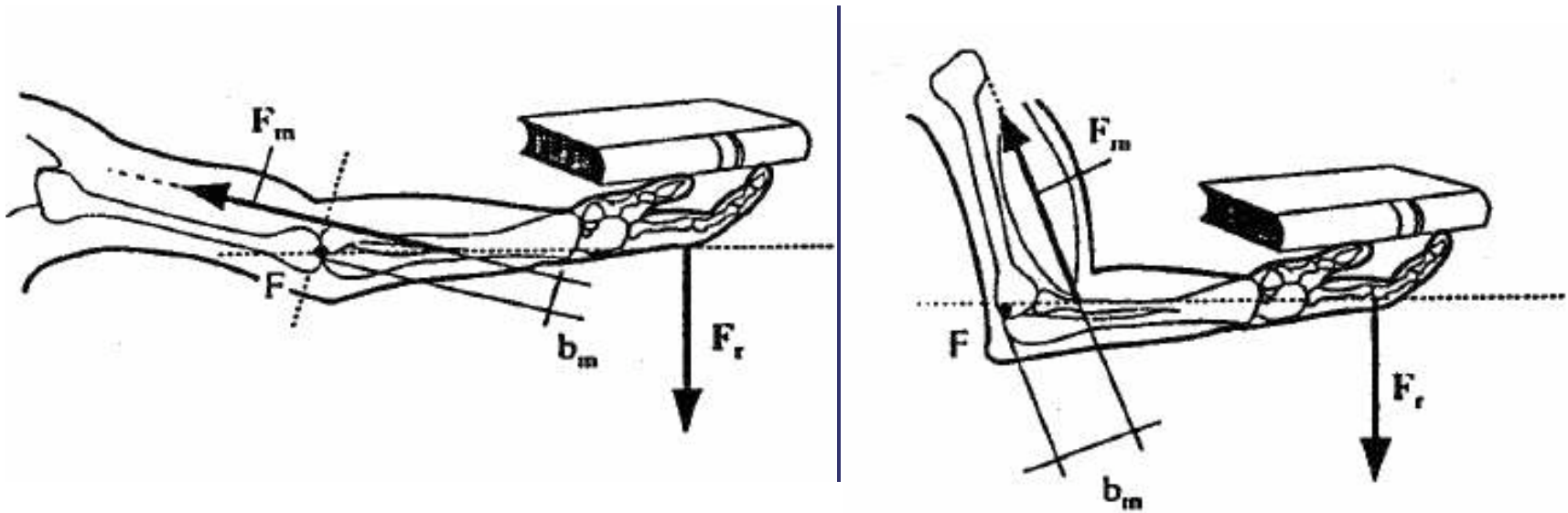
equilibrio: $F_r \cdot b_r = F_m \cdot b_m$

$$G = \frac{b_m}{b_r} = \frac{0.03}{0.35} = 0.08 < 1 \rightarrow \text{Leva svantaggiosa}$$

$$F_r \cdot b_r = F_m \cdot b_m \rightarrow F_m \cdot (0.03) = 50 \cdot 0.35$$

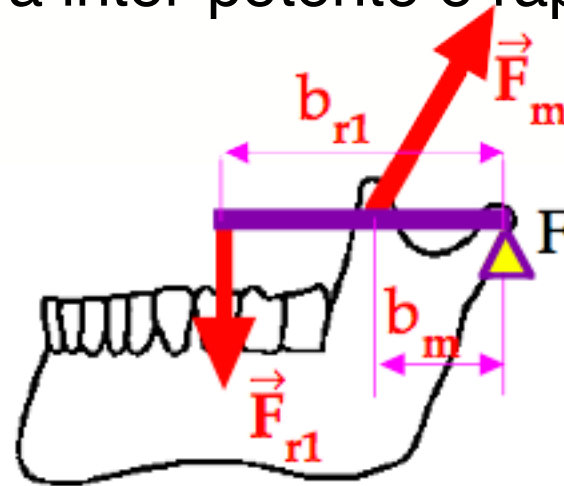
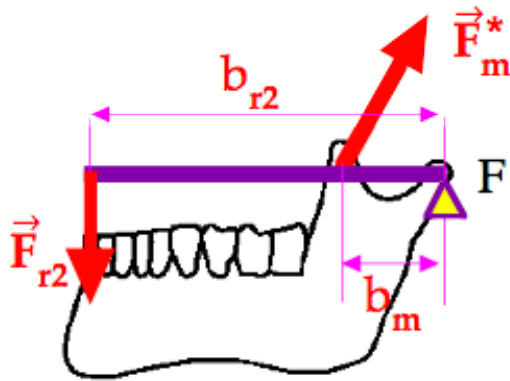
$$F_m = \frac{F_r \cdot b_r}{b_m} = \frac{50 \cdot 0.35}{0.03} = 583 \text{ N}$$

- L'articolazione del gomito col braccio disteso è più svantaggiosa dell'articolazione del gomito col braccio raccolto vicino al tronco poiché in questo caso si può aumentare il braccio della potenza (b_m) e diminuire quello della resistenza.



Mandibola

Un altro esempio di leva inter-potente è rappresentato dalla mandibola.



A parità di potenza e di braccio b_m , il guadagno di questa leva è maggiore in corrispondenza dei denti posteriori rispetto a quelli anteriori, essendo $b_{r1} < b_{r2}$ cioè la forza esercitata in corrispondenza dei molari è maggiore rispetto a quella esercitata dagli incisivi e dai canini.

Approfondimento momento di una forza

Momento di una forza: dato un corpo rigido (cioè non deformabile) sul quale

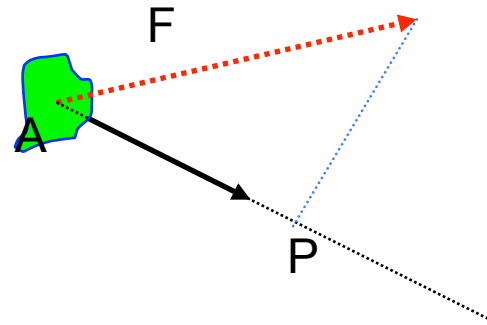
agisce una forza $\vec{F}$

applicata nel punto **A** si **definisce momento della forza** rispetto ad

un punto **P** il vettore $\vec{M}$

prodotto vettoriale della forza per il vettore $\overrightarrow{AP}$.

$$\vec{M} = \vec{F} \times \overrightarrow{AP}$$



Ricordando le regole del prodotto vettoriale, l'**intensità** del momento

$\vec{M}$ è data da,

$$F \cdot AP \cdot \sin\theta$$

la **direzione** è perpendicolare al piano individuato da $\vec{F}$

- Il prodotto $F \cdot AP \cdot \sin\theta$ prende il nome di **braccio della forza** (**b**) ed è uguale alla distanza tra il punto P e la retta di applicazione della forza.
- Il modulo del momento è quindi uguale a Fb .

Quando il momento di una forza agente su di un corpo rigido è diverso da 0, il corpo è soggetto ad una rotazione intorno al punto P.

EQUILIBRIO DI UN CORPO RIGIDO

Un **corpo rigido** è in equilibrio quando:

1) la risultante $\vec{R}$ di tutte le forze agenti sul corpo è nulla:

$$\sum_i \vec{F}_i = \vec{R} = 0$$

2) la risultante $\vec{M}_T$

dei momenti di tutte le forze applicate al corpo è nulla:

$$\sum_i \vec{M}_i = \vec{M}_T = 0$$

Se la condizione (2) è soddisfatta in un punto qualsiasi dello spazio, lo è anche in qualunque altro punto.

La prima condizione è soddisfatta perché la risultante delle due forze $\vec{F}_r$ e $\vec{F}_m$ è equilibrata dalla reazione vincolare $\vec{V}$ in corrispondenza del fulcro. In questa situazione la leva non trasla.

Perché la leva non ruoti intorno al fulcro bisogna che il **momento totale** sia nullo. Questo avviene quando la somma dei momenti di $\vec{F}_m$ e $\vec{F}_r$ rispetto al fulcro è nulla, cioè quando:

$$\vec{M}_m = \vec{M}_r$$

Se i momenti sono paralleli tra loro è sufficiente che sia

$$M_m = M_r \quad F_r \cdot b_r = F_m \cdot b_m$$

dove b_m e b_r sono i bracci della forza motrice e resistente rispetto al fulcro. Se le forze agiscono perpendicolarmente alla leva, b_m e b_r sono le distanze dei punti di applicazione delle due forze dal fulcro.