

AA 2011-2012



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA TOR VERGATA
FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA
LAUREA TRIENNALE IN SCIENZE MOTORIE



Insegnamento di
BIOMECCANICA

Prof.ssa Maria Guerrisi
Dott. Pietro Picerno

Programma del corso

MODULO 1: Introduzione alla biomeccanica

MODULO 2: Misura e stima

MODULO 3: Centro di massa

MODULO 4: Analisi del salto verticale

MODULO 5: Analisi del cammino

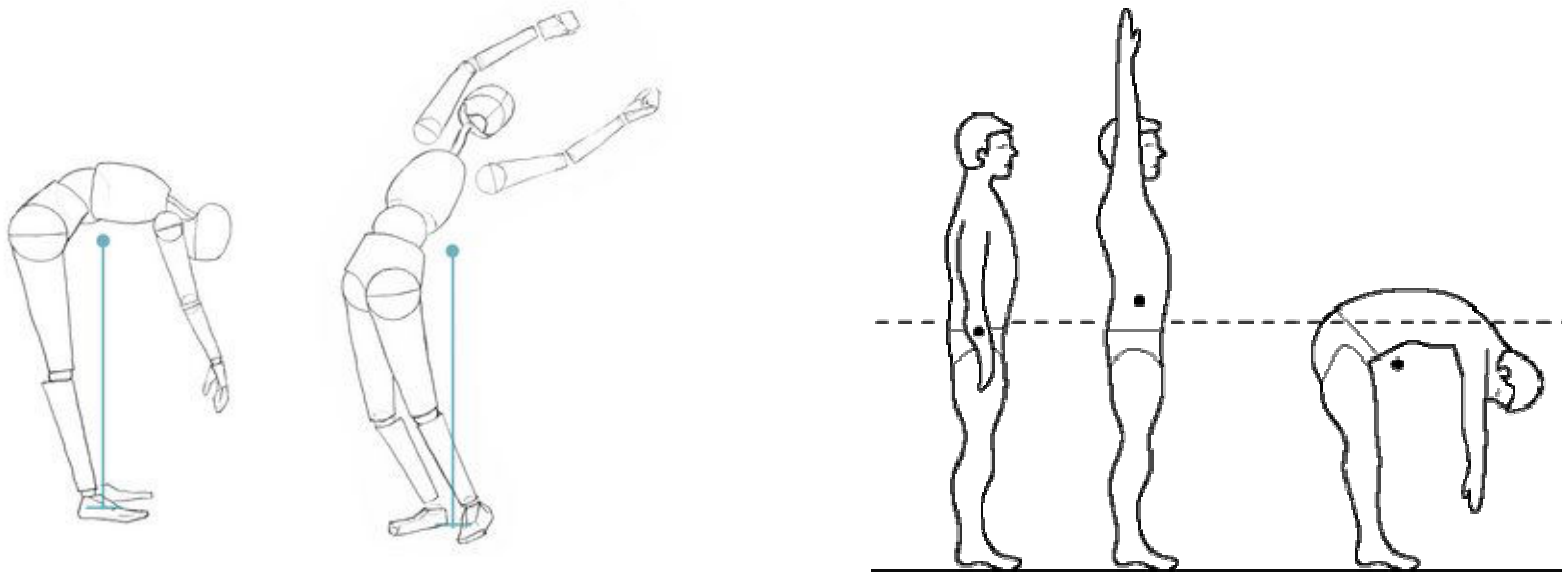
MODULO 6: Macchine da muscolazione

Modulo 3

Centro di massa

Caratteristiche del CM

- Il CM del corpo umano non è un punto anatomico fisso
- Il CM non ha una posizione fissa rispetto ai punti di repere anatomici (come l'ombelico). In alcuni casi, può anche trovarsi al di fuori del corpo.
- La sua posizione varia al variare di come sono distribuite le masse associate a ciascun segmento corporeo



Definizione del CM

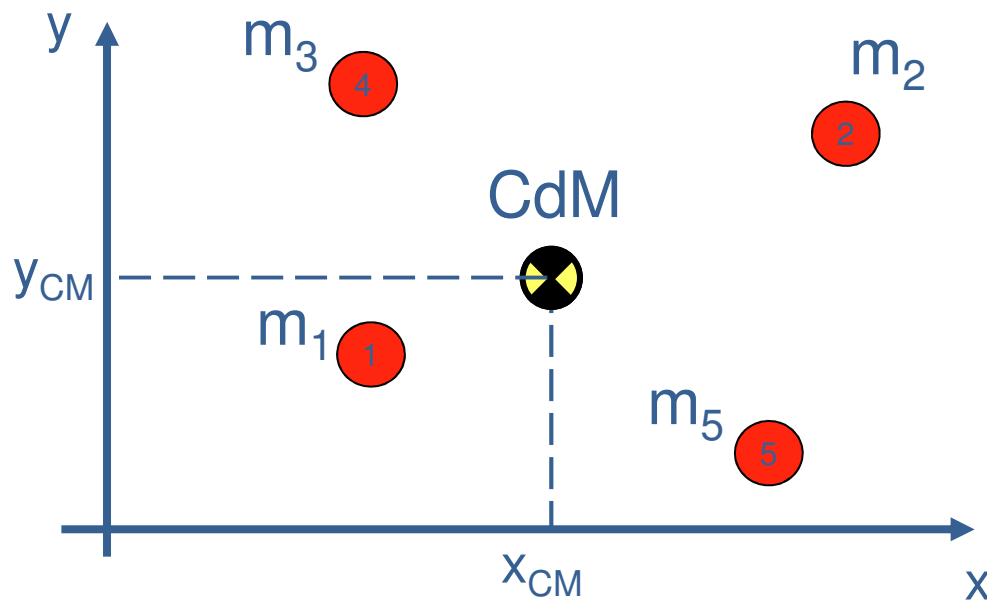
Rappresentiamo un corpo come un insieme di punti (particelle) a ciascuno dei quali attribuiamo una “materialità” e quindi una massa:

la posizione del centro di massa di un insieme di punti è uguale alla media pesata della posizione dei singoli punti. Il peso* associato a ciascun punto è uguale alla sua massa

* Si tratta di un peso aritmetico e non ha niente a che fare con la forza peso

Definizione matematica (caso piano)

Dato un sistema materiale costituito da n particelle di massa m_i , $i=1\dots n$, ciascuna delle quali ha coordinate x_i e y_i , $i=1\dots n$,



le coordinate del suo CM sono:

$$x_{CM} = \frac{\sum m_i \cdot x_i}{\sum m_i}$$

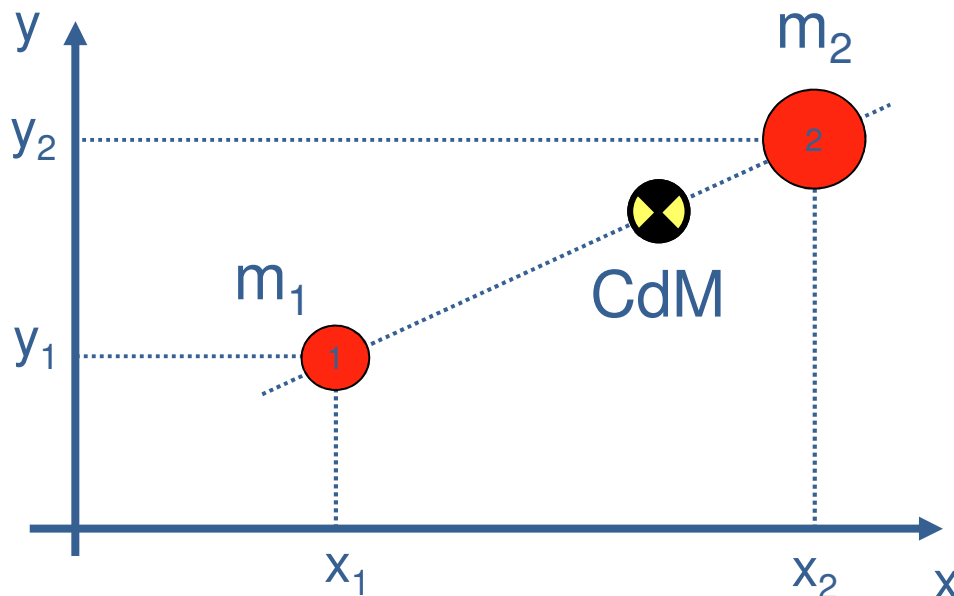
$$y_{CM} = \frac{\sum m_i \cdot y_i}{\sum m_i}$$

Dove Σ vuol dire somma per i che assume valori interi da 1 a n

Esempio

Dato un sistema materiale costituito da 2 particelle di massa m_1 e m_2

se $m_1 < m_2$



$$x_{CM} = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2}{m_1 + m_2}$$

$$y_{CM} = \frac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2}{m_1 + m_2}$$

Centro di massa, baricentro e centro di gravità

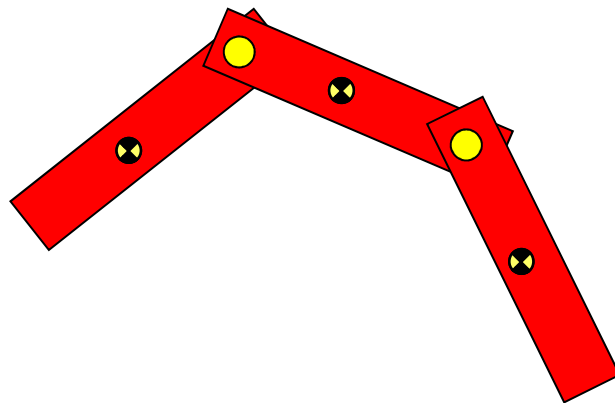
Se un corpo è costituito da materiale omogeneo (stesso materiale in tutte le sue parti), allora il CM coincide con il centro geometrico (baricentro).

E' detto anche centro di gravità in quanto in un campo gravitazione uniforme (come quello terrestre, dove tutti siamo attratti verso il basso con un accelerazione di intensità pari a 9.81 m/s^2) la forza di gravità o forza peso è applicata sul CM che rappresenta dunque un punto materiale in cui è concentrata tutta la massa corporea.

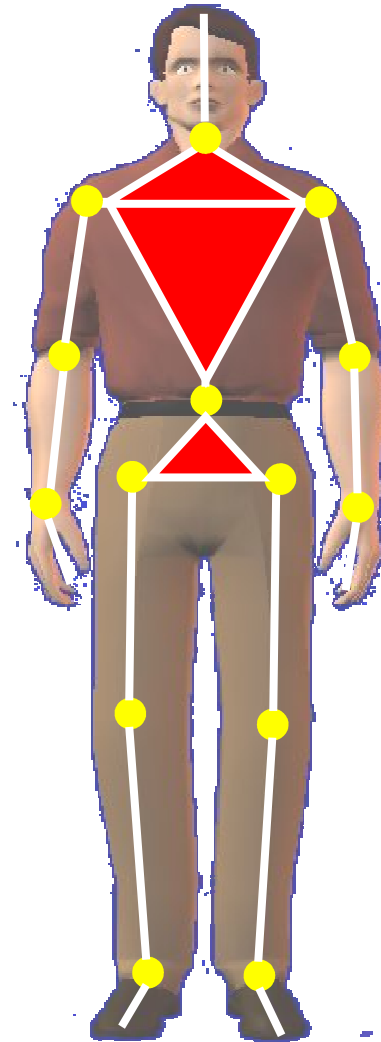
Essendo applicata sul centro di massa, la forza peso ha momento nullo (ecco perché, in assenza di forze esterne generate da vincoli come durante il volo, il CM è l'unico punto del nostro corpo che non ruota)

CM del corpo umano

Il corpo umano può essere rappresentato come un insieme di corpi (i segmenti corporei) articolati fra di loro.



=

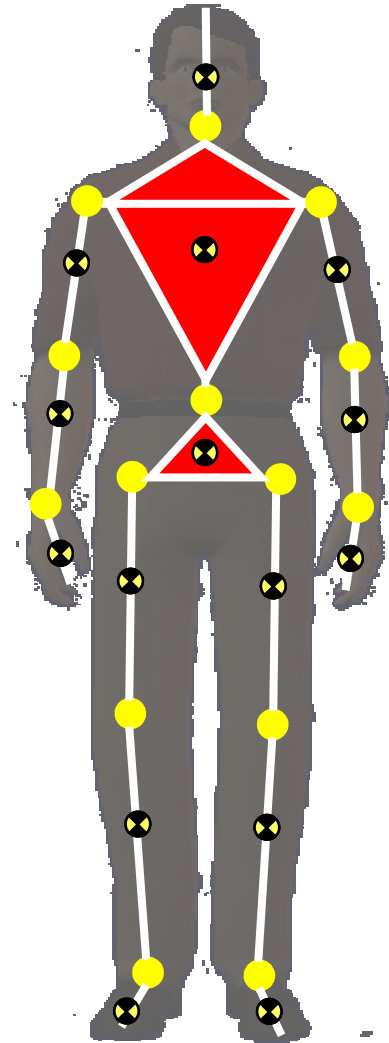


CM del corpo umano

Il corpo umano può essere rappresentato come un insieme di corpi (i segmenti corporei) articolati fra di loro.

A ciascuno di questi può essere associata una massa ed un centro di massa.

NB: se un segmento corporeo viene rappresentato utilizzando un corpo rigido, allora il suo CM non modifica mai la propria posizione rispetto al segmento stesso.



CM del corpo in 2D

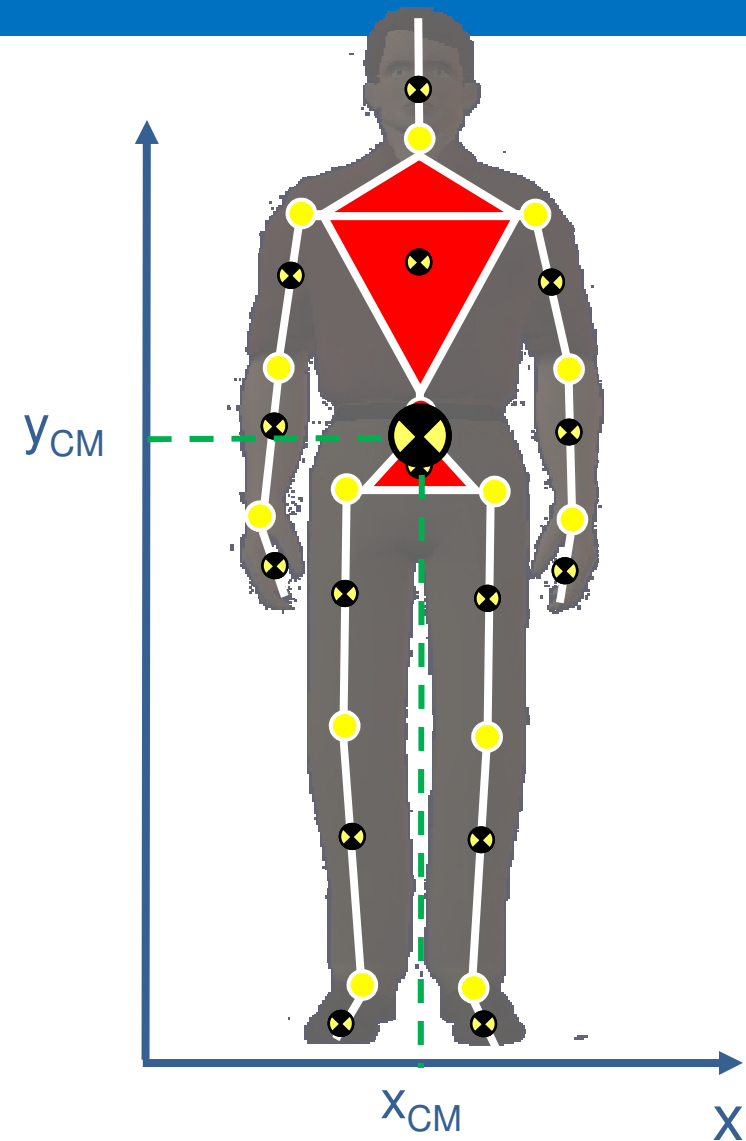
Dati, per ciascun segmento corporeo i-esimo,

- la massa m_i
- le coordinate del CM x_i, y_i

la posizione del CM dell'intero corpo è data da:

$$x_{CdM} = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}$$

$$y_{CdM} = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}$$

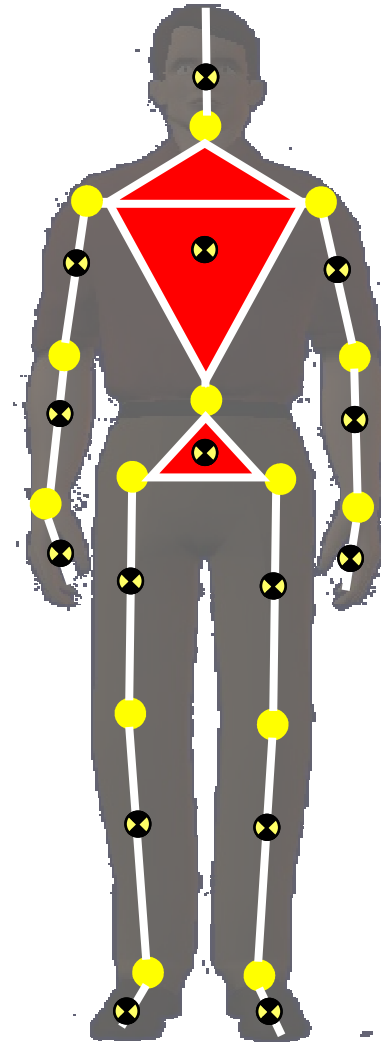


Parametri inerziali

Si dicono parametri inerziali dei segmenti corporei:

- la massa
- la posizione del CM
- (il momento di inerzia)

I valori di questi parametri con riferimento ad uno specifico soggetto, non sono, normalmente, misurabili. Occorre perciò procedere ad una operazione di stima utilizzando opportune equazioni di regressione – disponibili in letteratura - e dati misurabili.



Misura/stima lunghezza segmenti

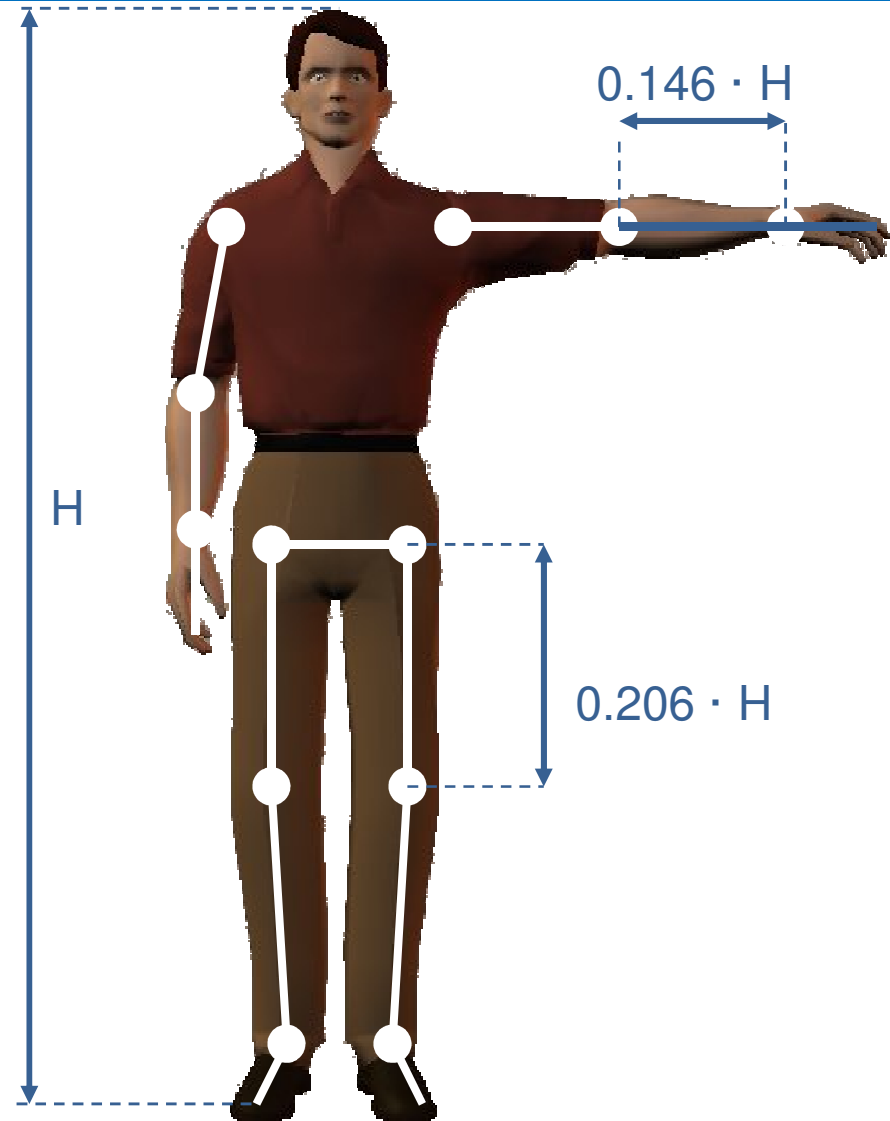
La lunghezza di un segmento corporeo si misura come distanza fra i centri articolari prossimale e distale.

In assenza di dati misurati, si possono usare delle equazioni di regressione che stabiliscono una relazione matematica fra lunghezza dei segmenti corporei e statura (H) del soggetto.

Esempi:

$$L_{\text{avambraccio}} = 0.146 \cdot H$$

$$L_{\text{coscia}} = 0.206 \cdot H$$



Posizione del CM di un segmento

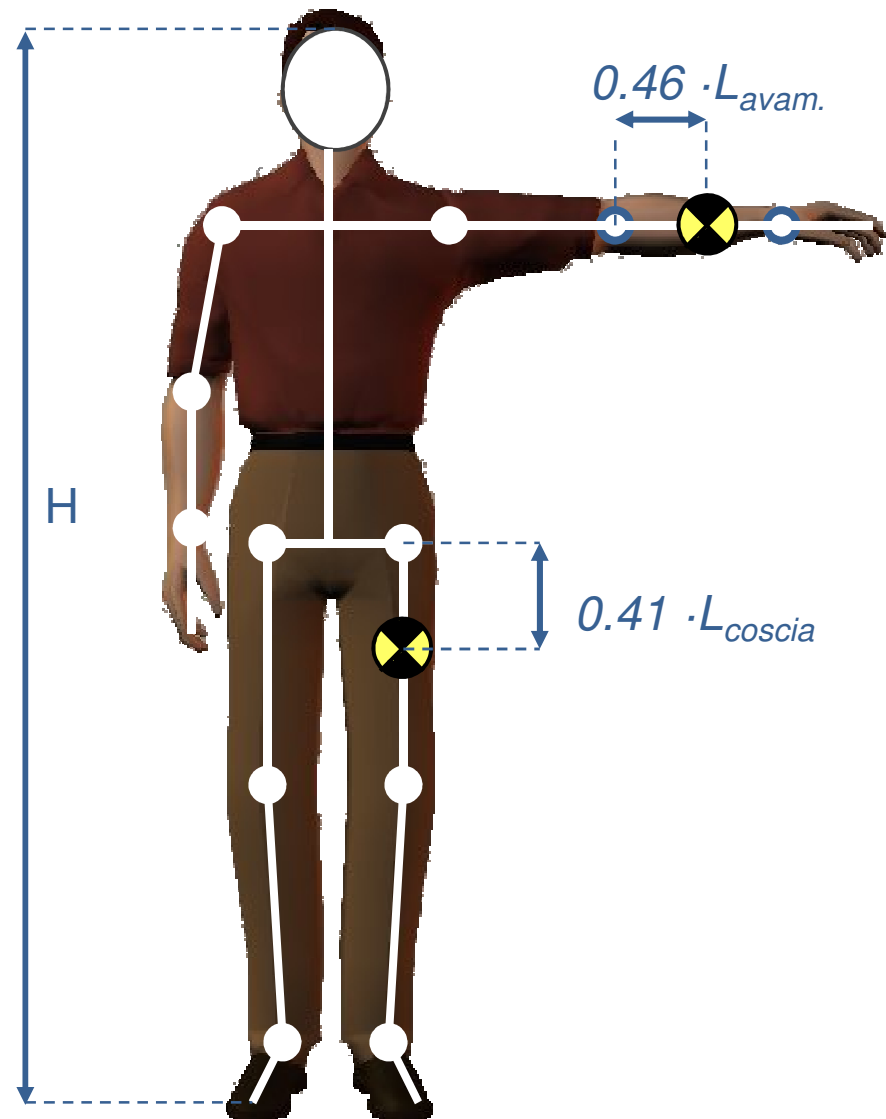
La posizione del centro di massa di un segmento corporeo può essere descritta in termini di distanza dall'articolazione prossimale lungo l'asse longitudinale del segmento stesso.

Questa distanza è espressa in percentuale della lunghezza (L) del segmento corporeo.

Esempi:

$$CM_{\text{avambraccio}} = 0.46 \cdot L_{\text{avambraccio}}$$

$$CM_{\text{coscia}} = 0.41 \cdot L_{\text{coscia}}$$



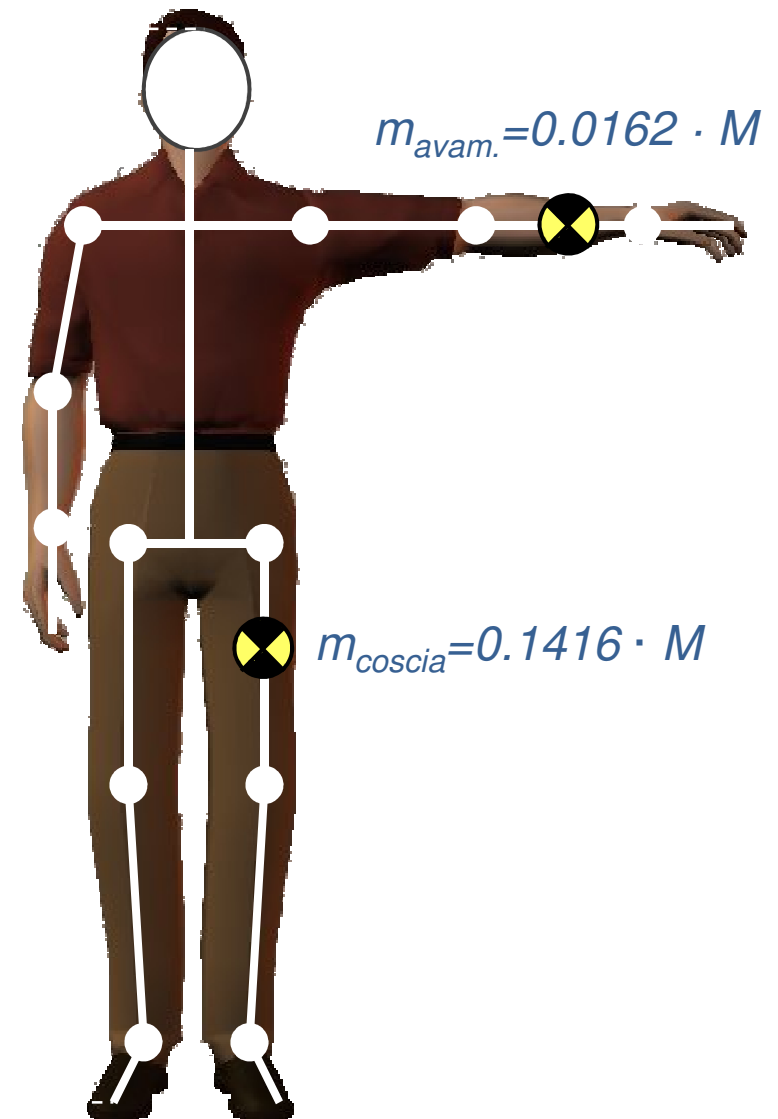
Stima della massa di un segmento

La massa di un segmento corporeo può essere espressa in funzione della massa dell'intero corpo.

Esempi:

$$m_{\text{avambraccio}} = 0.0162 \cdot M_{\text{corpo}}$$

$$m_{\text{coscia}} = 0.1416 \cdot M_{\text{corpo}}$$



Parametri inerziali: tabella di riferimento

segmento	Massa [%]		Posizione del CM sull'asse longitudinale [%]	
	femmine	maschi	femmine	maschi
testa	6,68	6,94	58,94	59,76
tronco - parte superiore	15,45	15,96	20,77	29,99
tronco - parte media	14,65	16,33	45,12	45,02
tronco - parte inferiore	12,47	11,17	49,20	61,15
tronco intero	42,57	43,46	41,51	44,86
braccio	2,55	2,71	57,54	57,72
avambraccio	1,38	1,62	45,59	45,74
mano	0,56	0,61	74,74	79,00
coscia	14,78	14,16	36,12	40,95
gamba	4,81	4,83	44,16	44,59
piede	1,29	1,37	40,14	44,15

de Leva, Journal of Biomechanics 29, 9 (1996): 1228

Stima dei parametri inerziali: curiosità

- Questi parametri sono stati determinati in base ad un certo numero di cadaveri che sono stati sezionati e divisi in segmenti.
- La popolazione è stata divisa solo per genere, massa e statura del soggetto.
- Sono quindi in qualche modo dei dati “mediati”.

a massa di ciascun segmento è stata determinata pesando ciascun segmento sulla bilancia.

- Come hanno fatto secondo voi a trovare invece la posizione del CM di ciascun segmento?

Stima della posizione del CM

La posizione del CM totale di un individuo non può essere misurata in alcun modo in quanto il CM è un punto “virtuale”, impalpabile e che varia la sua posizione al variare della posizione dei segmenti corporei

Quello che possiamo misurare mediante fotogrammetria è la posizione di punti di repere (esterni, palpabili e ben identificabili) dalla quale possiamo stimare, cioè dedurre, la posizione dei centri di massa di ciascun segmento a partire dalla lunghezza e dalla massa del segmento (vedi slides successive);

La posizione dei punti di repere che identificano il segmento ci aiutano a tracciare la traiettoria del CM del segmento (essendo un corpo rigido, la loro posizione relativa non varia);

Possiamo perciò dire che la posizione del CM totale è stimato a partire dalla stima della posizione dei CM di ciascun segmento corporeo, a sua volta stimato a partire dalla misura di posizione di punti di repere e una tabella antropometrica.

In laboratorio: fotogrammetria optoelettronica

Misura della posizione
di repere anatomici

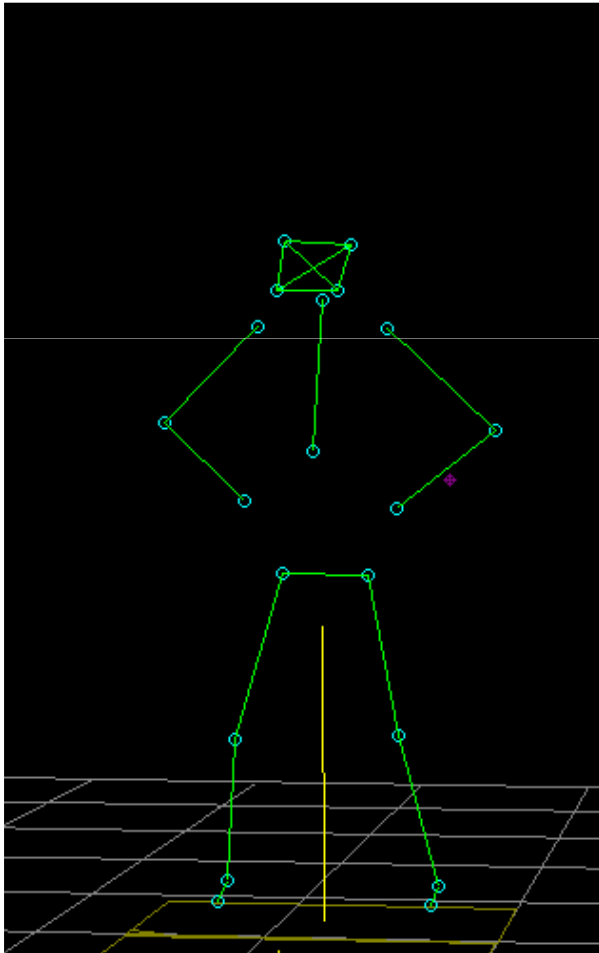
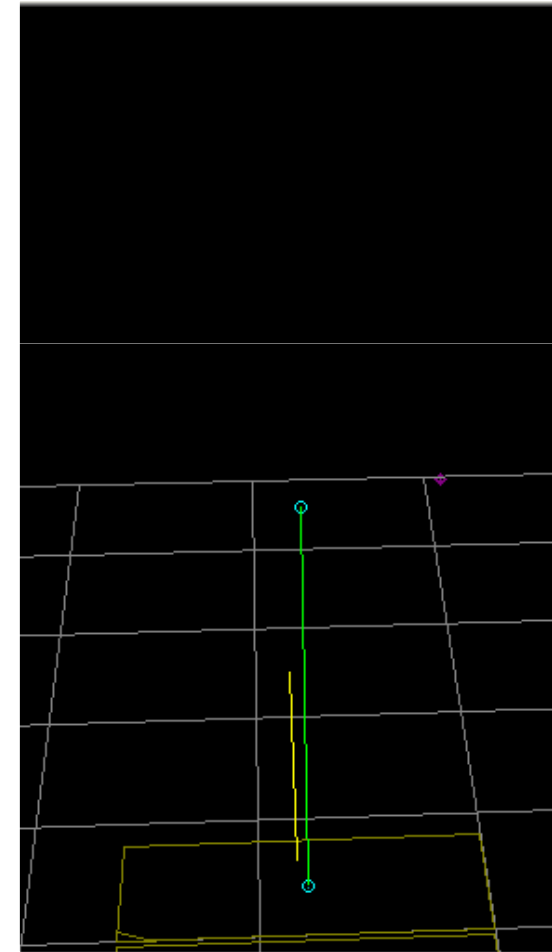


TABELLA
ANTROPOMETRICA



Stima della posizione
del CM totale

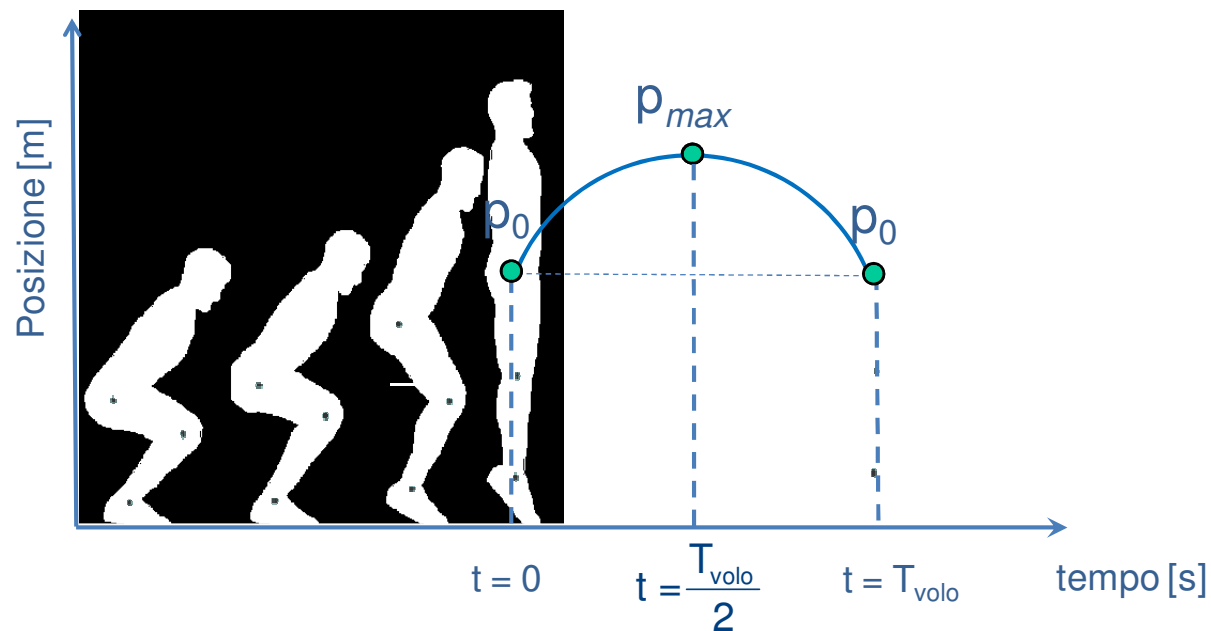


Esercizio

- Si prenda una foto rappresentante un atleta che assume una determinata postura e la si stampi su carta millimetrata
- Si definisca un sistema di riferimento xy con origine arbitrariamente scelta
- Con un righello si misurino le lunghezze dei segmenti e usando la tabella si stimi la posizione di ciascun CM
- Si proietti ciascun CM sugli assi xy del sistema di riferimento
- Si misurino le coordinate x e y (in millimetri) di ciascun CM
- Si calcoli il CM totale del corpo dell'atleta e si identifichi sulla foto rispetto al sistema di riferimento xy

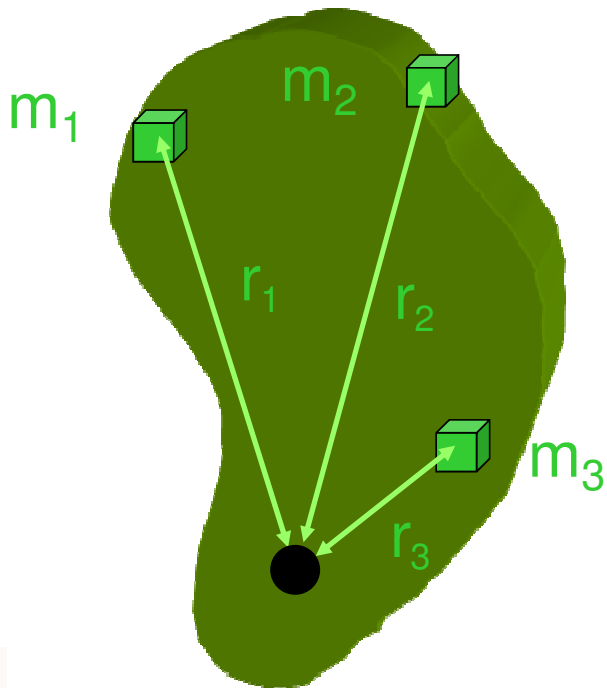
Rilevanza nell'analisi del movimento

$$p = \frac{1}{8} \cdot g \cdot (T_{\text{volo}})^2 \quad \rightarrow \quad p = 1.226 \cdot (T_{\text{volo}})^2$$



Il momento di inerzia

- Il parametro I si dice “momento di inerzia” e dipende dalla:
 - massa del corpo
 - dalla distribuzione di questa intorno al punto di riferimento



Definizione matematica:

$$I = \sum m \cdot r^2$$

Il momento di inerzia

- È un parametro inerziale
- Diversamente dalla massa, che rappresenta l'inerzia, cioè la riluttanza o resistenza ai movimenti traslatori, il momento di inerzia rappresenta la riluttanza ai movimenti rotatori
- Diversamente dalla massa, l'atleta può modificare il proprio momento d'inerzia, cambiando quindi le proprie caratteristiche nei confronti delle rotazioni.
- Diversamente dal significato ordinario, in fisica la parola “momento” non ha nulla a che vedere con il tempo. Si riferisce, invece, al concetto di “rotazione”.

Domanda

- Sono seduto su una sedia a giro con le mie braccia distese. Una persona applica una forza su una delle mie mani e questa forza genera un momento (M) rotatorio attorno all'asse di giro della sedia e io comincio a girare con una certa accelerazione angolare α :

$$M = I \cdot \alpha$$

- Perché se chiudo le braccia la mia velocità di rotazione aumenta?
- Perché diminuisco il mio momento di inerzia (cioè cambio la distribuzione delle mie masse e in questo caso le avvicino all'asse/centro di rotazione)
- E ciò, anche in assenza di ulteriori forze esterne applicate per farmi ruotare, mi fa aumentare l'accelerazione angolare

Modulo 3: apprendimento

Dopo questa lezione dovrete essere in grado di::

- definire il centro di massa
- saper determinare matematicamente il centro di massa
- conoscere la differenza tra centro di massa, baricentro e centro di gravità
- conoscere come si determina il centro di massa totale di un soggetto
- conoscere la differenza tra massa e momento di inerzia