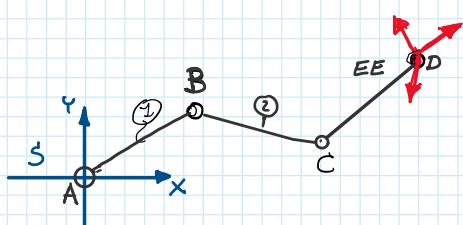


Calibrazione

DH	d	θ	a	α

sistema di n corpi e giunti T_{Si} è ricavare punti corpi in un sist. di ref. S $T_{Si}(q)$ variabili giuntodipende anche dalla geometria dei corpi
(es. tabella DH)

- Quanto modello $T_{Si}(q)$ è accurato nel definire posizione punti?

CINEMAT. DIRITTA $q \rightarrow T_{SE}(q) \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} [P_0]_S = [D]_S \\ \underline{\lambda} \end{array} \right\} \underline{x}$ posa

$q \rightarrow [D]_S, \underline{\lambda}$

calcolati dal modello
anche per valori di q bontà modello con
verifica sperimentale
strumento "preciso"ESEMPIO

$$[D]_S = \begin{bmatrix} 1.5 \\ 2.3 \\ 3 \end{bmatrix}$$

fino a cui è
significativa

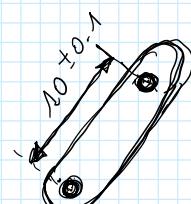
$$\text{sperimentali} \rightarrow \begin{bmatrix} 1.51 \\ 2.29 \\ 3.01 \end{bmatrix}$$

confronto ✓

In general mi posso aspettare che il confronto non sia "positivo"

posa \underline{x} \swarrow calcol.
 \searrow sperimentale \rightarrow NON "UGUALI"
perché?

- geom. nominale
- tolleranze lavoraz.
- giochi nei giunti
- q calcolata via encoder
- offset sullo zero
(zero non coincide modello/robot)

CALIBRAZIONE

- si formula modello con parametri nominali
 - si effettuano misure su robot reale per "correggere" i parametri modello
- Es. parameter DH (ma vale in generale)

per "correggere" i parametri modello

Esempio DH (ma vale in generale)

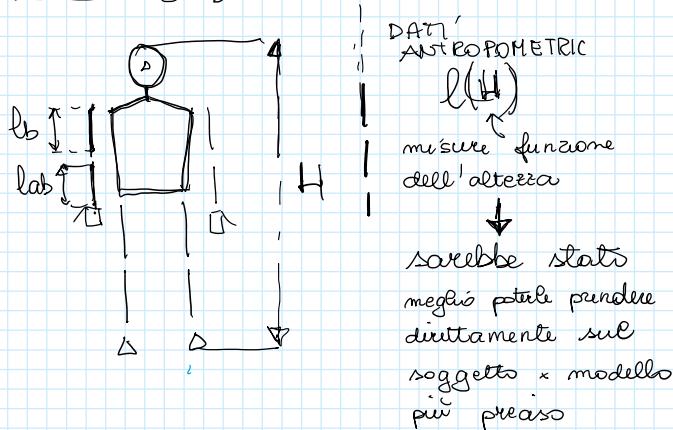
$$\begin{array}{c} a, d, \alpha, \theta \\ \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ a + \Delta a \quad d + \Delta d \quad \alpha + \Delta \alpha \quad \theta + \Delta \theta \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} \text{metodi per calcolare} \\ \text{correzioni da fare sui} \\ \text{parametri} \\ * \text{vedi slide su sito} \end{array}$$

SISTEMA MUSCOLO SQUELETRICO

Adattare modello a soggetto richiede una SCALATURA.



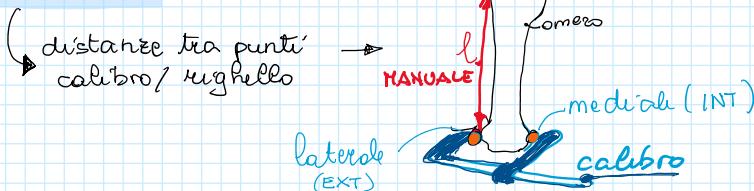
Ricorda Jury Check!



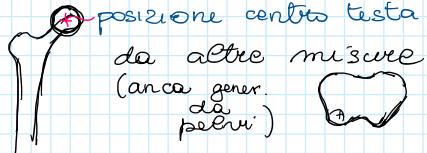
come possiamo misurare l_b / lab su soggetto? Guardando anatomia osso (in più coperto da tessuti molli)
 non facile!

Si devono identificare punti reperi anatomico PALPABILI (vd. fili Dempster/Claesee)

misura MANUALE



- per fare da θ un modello su un soggetto posso prendere più misure per varie ossa e integrare con dati statistici per end non rilevabili come

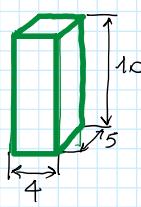


- Generalmente si adatta modello generico a soggetto per questo si identificano punti reperi e

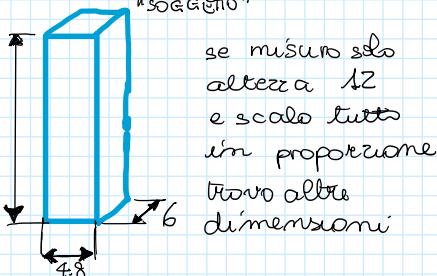
- Generalmente si adatta modello generico a soggetto per questo si identificano punti riferimenti e
a) prendono misure b) posizionano marker

OSSERVAZIONE

PARALLELEPIPEDO "MODELLO"



PARALLELEPIPEDO "SOGLIEITO"



se misuro solo
altezza 12
e scalo tutto
in proporzione
trovo altre
dimensioni

$$\text{fattore scala} = \frac{12}{10} = 1.2$$

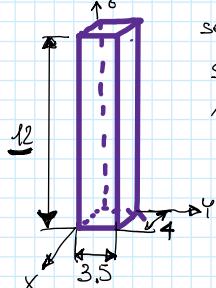
$$4 \rightarrow 4 \cdot 1.2 = 4.8$$

$$5 \rightarrow 5 \cdot 1.2 = 6$$

SCALATURA ISOTROPA

ma potrei avere parallelepedi con
altre proporzioni nelle varie direzioni

SOGGETTO ANISOTROPO

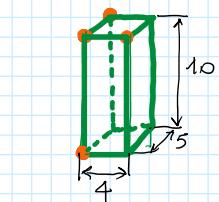


Se usassi 1.2 come fattore di
scala sbaglierei altre misure...

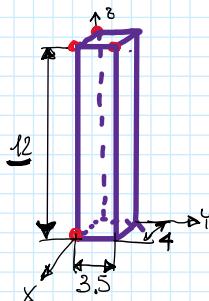
Meglio usare diversi

$$f_x = \frac{12}{10} \quad f_y = \frac{4}{5} \quad f_z = \frac{3.5}{4}$$

Questa scalatura ANISOTROPA si fa "bene"
con uso marker



marker virtuali
su modello



marker sperimentali
su corpo

software adatta
proporzioni per
far sovrapporre
marker virtuali e sperimentali

N.B. questa operazione va fatta per i vari
corpi (ossa) del modello.

Poiché i marker su osso sono messi in
modo "vario" nello spazio (non // assi come
per parallelepipedo) possono "influenzarsi"
reciprocaamente



Per ciascuno si ottengono uno o più fattori di scala che varieranno intorno ad 1

Queste informazioni di scalatura sono importanti anche per

- posizionare correttamente goniometri
- collocare punti di origine/inserzione muscolari
- posizionare baricentri corpori

"Bontà" della scalatura ha effetto anche sui risultati della cinematica inversa -

- Per capire come ottenere le informazioni dai marker sperimentali → slide su laboratorio analisi movimento
vd. file su Teams
 - 01- Calibrazione-robotica
 - Lab Mov -2020