

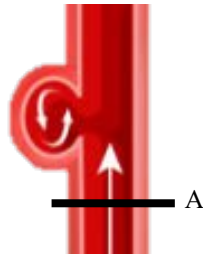
Nome	Cognome	Matricola	Data
			19 Luglio 2023

## ESAME di IMPIANTI PROTESICI

### Esercizio 1 (12 punti)

Il tratto aortico ascendente di un paziente presenta l'aneurisma rappresentato in figura. Supponendo che in corrispondenza della linea di taglio A sia impiantata una protesi valvolare a palla (E parete  $\ll$  E valvola), implementare un modello agli elementi finiti per valutare il profilo di flusso in corrispondenza della protesi e dell'aneurisma. Considerare le simmetrie presenti, fornire una stima numerica con relative unità di misura dei parametri dello studio (condizioni sui domini e ai contorni) e giustificare eventuali ipotesi semplificative.

Descrivere se e come cambierebbe il modello nel caso in cui sia impiantata una protesi valvolare biologica.



Dare, infine, le definizioni dei seguenti termini associati all'analisi agli elementi finiti, riportando eventuali formule matematiche:

1. Analisi Plain Strain;
2. Campo fisico statico;
3. Problema fondamentale;
4. Approccio Euleriano per fluido in movimento.

### Esercizio 2 (6 punti)

Il candidato classifichi le protesi visive. Ne mostri lo schema di funzionamento per ogni classe e ne indichi anche i limiti.

### Esercizio 3 (12 punti)

Supposto di avere un individuo (uomo standard) al quale deve essere impiantata una protesi di gomito in lega di titanio ( $E=110$  GPa):

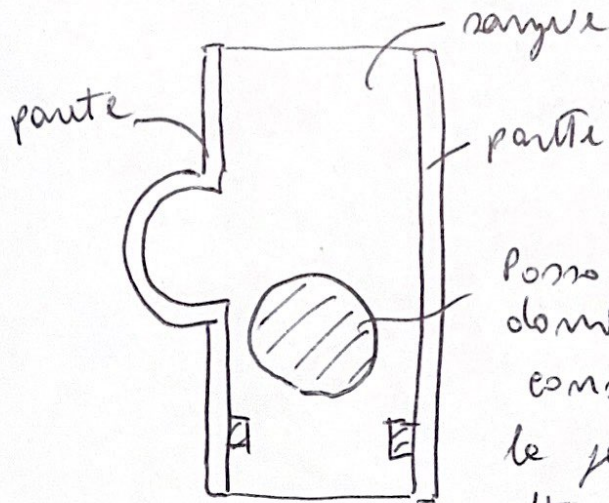
- 1) Dimensionare numericamente la protesi;
- 2) Dimensionare la frazione di cemento osseo massimo che può essere utilizzata nel caso fosse necessario;
- 3) Determinare come varierebbe il dimensionamento della protesi se o l'omero o l'ulna presentassero un grado di porosità differente.

ESERCIZIO 13/07/23

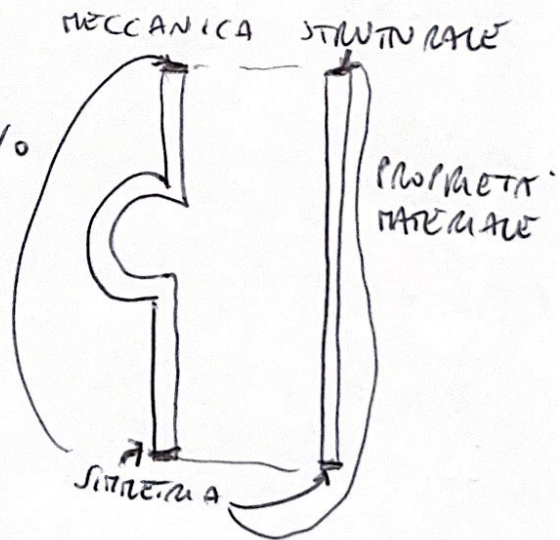
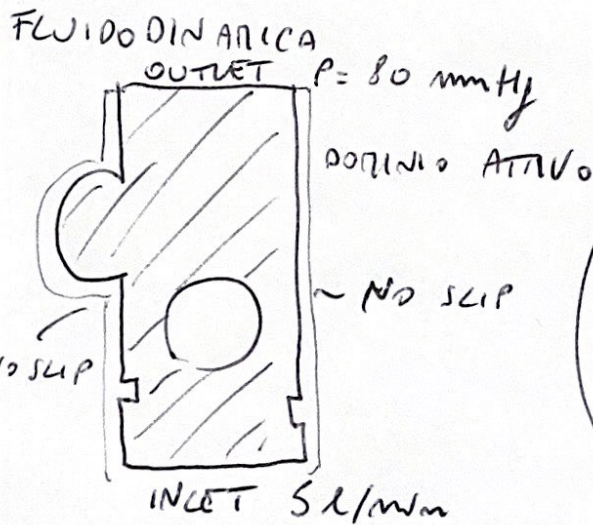
MODELLO 2D, INTERAZIONE FLUIDO STRUTTURALE

A 2 VIE PERCHE' PARETE DEL VASO

CEDEVOLE (E PARETE << E VACUOLA)

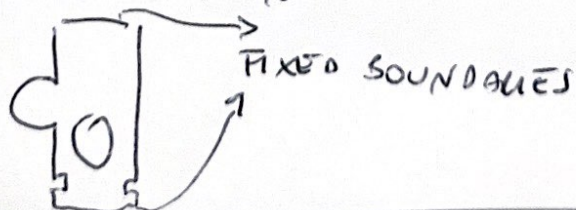


Possibile trascorrere questi domini (non è un mesh considerato) perché le geometrie non si alterano dal passo



MOVING MESH

DEFORMING DOMAIN



Il modello non cambia in scuole  
biologiche, ma in questo caso non è  
possibile trascrivere le formule perché  
viene modificata dal Miss.

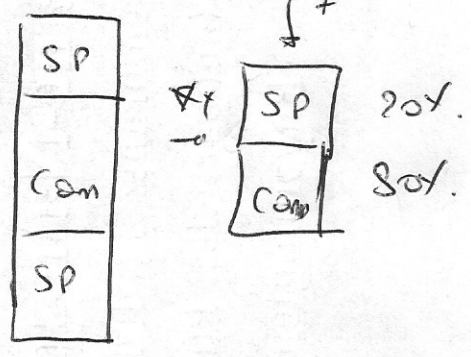
Esercizio n° 1.

Bisogna descrivere le protesi visive, ricordandosi che tra queste rientrano gli occhiali e le lenti a contatto esterne e anche.

Esercizio n° 3

Considero il modello di osso sano dell'omero e dell'ulna che sono simili tranne che per le frazioni volumetriche di osso compatto e spongioso

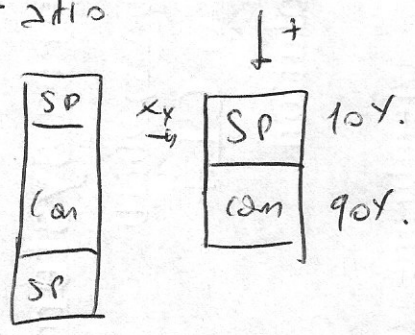
Omero



$$E_z^{om. sano} = \frac{E_c^2 E_{osp}}{f_{sp} E_c^2 + f_{com} E_{sp}} = 2.74 GPa$$

$$E_{xy}^{om. sano} = f_{sp} E_{sp} + f_c E_c^{xy} = 9.7 GPa$$

Ulna



$$E_z^{ulna. sano} = \frac{E_c^2 E_{osp}}{f_{sp} E_c^2 + f_{com} E_{sp}} = 3.95 GPa$$

$$E_{xy}^{ulna. sano} = f_{sp} E_{sp} + f_c E_c^{xy} = 10.85 GPa$$

$$E_{os. nes}^z = E_{sano}^z (1 - f_p)^5$$

$$E_{os. nes}^{xy} = E_{sano}^{xy} (1 - f_p)^5$$

Impongo il sistema omnia  $x_p$   $\left[ \begin{matrix} prot. \\ os. nes \end{matrix} \right]$

$$\begin{cases} \frac{1}{E_z^{sano}} = \frac{f_p}{E_p} + \frac{f_{os. nes}}{E_{os. nes}^z} & (1) \\ E_{xy}^{sano} = f_p E_p + f_{os. nes} E_{os. nes}^{xy} & (2) \\ f_p + f_{os. nes} = 1 & (3) \end{cases}$$

$$f_{os. nes} = 1 - f_p$$

Parte dall'eq. (2)

$$E_{xy}^{\text{Seno}} = k_p E_p + k_{\text{as pes}} E_{\text{as pes}}^{xy}$$

$$9.7 = 110 k_p + (1 - k_p) E_{\text{Seno}}^{xy} (1 - k_p)^5$$

$$9.7 = 110 k_p + (1 - k_p)^6 \cdot 9.7$$

$$9.7 = 110 k_p + 9.7 [1 - 6 k_p + 15 k_p^2 - 20 k_p^3 + 15 k_p^4 - 6 k_p^5 + k_p^6]$$

$$\cancel{9.7} = \cancel{k_p \cdot 110} + \cancel{9.7} - 58.2 k_p + 145.5 k_p^2 - 194 k_p^3 + 145.5 k_p^4 - 58.2 k_p^5 + 9.7 k_p^6$$

$$9.7 k_p^6 - 58.2 k_p^5 + 145.5 k_p^4 - 194 k_p^3 + 145.5 k_p^2 + 51.8 k_p - 9.7 = 0$$

$k_p = 0$  non accettabile

$$9.7 k_p^6 - 58.2 k_p^5 + 145.5 k_p^4 - 194 k_p^3 + 145.5 k_p^2 + 51.8 k_p - 9.7 = 0$$

Risolvo ed ho.

$$x_1 = -0.253 \quad \text{non accettabile}$$

$$x_2 = +8.658 - 0.97i$$

$$x_3 = -8.658 + 0.97i$$

$$x_4 = 0.668 - 1.605i$$

$$x_5 = 0.668 + 1.605i$$

Lo soluzione accettabile è la parte reale della 4 o 5 in quanto noi abbiamo dati su percentuale e quello di miscalibro.

$$k_p = 0.668 \quad k_p = \frac{\pi R_{st}^2 h_{st}}{\pi R_{om}^2 h_{om}} = \frac{R_{st}^2 h_{st}}{R_{om}^2 h_{om}} \Rightarrow R_{st}^2 = k_p \frac{R_{om}^2 h_{om}}{h_{st}}$$

$$R_{om} = 7 \text{ cm} = 7 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$h_{om} = 50 \text{ cm} = 50 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$R_{st}^2 = \frac{0.0001}{\frac{h_{st}}{h_{om}}} = \frac{10^{-4}}{h_{st}} \quad (d)$$

Considero l'isostress

9

$$\frac{F_z}{A_z} = \frac{F_{xy}}{A_{xy}} \Rightarrow \frac{F_z}{\pi R_{st}^2} = \frac{F_{xy}}{2\pi R_{st} h_{st}} \Rightarrow \frac{F_z}{R_{st}} = \frac{F_{xy}}{2h_{st}}$$

$$h_{st} = \frac{F_{xy}}{2F_z} \cdot R_{st}$$

$$|F_z| = |-P - P_{agg} - k P \cos \alpha| = 308 \text{ N}$$

$$|F_{xy}| = |-k P \sin \alpha| = 692 \text{ N}$$

$P = 100 \text{ N}$  considero tutto il peso delle teste sulle spalle  
 $P_{agg} = 100 \text{ N}$   
 $k = 7$   
 $\alpha = 30^\circ$

$$h_{st} = \frac{692}{616} R_{st} = 1.12 R_{st}$$

Sostituisco (1)

$$R_{st}^2 = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{1.12 R_{st}} \Rightarrow R_{st} = 0.045$$

$$h_{st} = 0.05$$

Ripeto lo stesso per la parte radiale, tutto il sistema è uguale, cambiano solo i moduli elastici:

$$10.85 = 110 k_p + (1 - k_p)^6 10.85$$

$$10.85 = 110 k_p + 10.85 [1 - 6 k_p + 15 k_p^2 - 20 k_p^3 + 15 k_p^4 - 6 k_p^5 + k_p^6]$$

$$10.85 = 110 k_p + 10.85 - 65.1 k_p + 162.75 k_p^2 - 217 k_p^3 + 162.75 k_p^4 - 65.1 k_p^5 + 10.85 k_p^6$$

$$10.85 k_p^6 - 65.1 k_p^5 + 162.75 k_p^4 - 217 k_p^3 + 162.75 k_p^2 + 44.9 k_p = 0$$

$k_p = 0$  non accettabile

(4)

$$10.35 k_p^5 - 65.1 k_p^4 + 162.75 k_p^3 - 217 k_p^2 + 162.75 k_p + 44.9 = 0$$

Risolvo ed ho

$$x_1 = -0.21 \quad \text{non occ.}$$

$$x_2 = 2.43 - 0.95 i$$

$$x_3 = 2.43 + 0.95 i$$

$$x_4 = 0.67 - 0.95 i$$

$$x_5 = 0.67 + 0.95 i$$

Come sopra è accettabile lo ~~scelta~~ parte reale dello soluzione 4 e 5

$k_p = 0.67$  poiché è uguale alle precedenti ed essendo le potenze simmetriche lo soluzione può essere espresso per l'angolo radiale simmetrico.

il punto avrà raggio simile al raggio del gamut.

punto 7.

Per avere il cemento 0.5  $E_{osso} < 1 GPa$ . la presenza stessa si ha in corrispondenza del modulo elastico minimo cioè 0.5 GPa.

Per avere ho



$f_{rem}$
$k_p$
$f_{osso}$

$$f_{rem} = 1 GPa$$

ma il modello è analogo a quello dell'illu

$$\frac{1}{0.24} = \frac{k_p}{E_p} + \frac{f_{os.ves}}{E_{os.ves}} + \frac{f_{rem}}{E_{rem}}$$

$$0.7 = k_p E_p + f_{osnes} E_{osnes} + f_{rem} E_{rem}$$

$$k_p + f_{rem} + f_{osnes} = 1$$

$E_{osnes} = 0.5$  per avere necessità di costo.

5

$$0.44 = \frac{0.68}{110} + \frac{f_{os.nes}}{0.5} + \frac{f_{cen}}{1}$$

$$9.7 = 0.68 \cdot 110 + f_{os.nes} \cdot 0.5 + f_{cen}$$

$$0.68 + f_{cen} + f_{os.nes} = 1$$

$$f_{os.nes} = 0.32 - f_{cen}$$

$$9.7 = 74.8 + 0.5 (0.32 - f_{cen}) + f_{cen}$$

$$-65.1 = 0.16 - 0.5 f_{cen} + f_{cen}$$

$$-65.26 = 0.5 f_{cen} \Rightarrow f_{cen} \text{ negativo quindi non ce n'è!}$$

Lo stesso vale per il raggio

Punto 3

Cambiando la porosità cambio il modulo elastico dell'osso renchico dell'ulna e del radio, quindi si perderebbe la simmetria e le dimensioni degli steli sarebbero diverse e precisamente maggiori laddove la porosità è maggiore.