

<i>Nome</i>	<i>Cognome</i>	<i>Matricola</i>	<i>Data</i>
			6 Novembre 2023

ESAME di IMPIANTI PROTESICI

Esercizio 1 (12 punti)

Considerare un paziente con una protesi valvolare a palla. Descrivere l'implementazione di un modello agli elementi finiti nei seguenti casi:

- A. Modello per valutare lo sforzo di taglio sulla parete della valvola considerando la parete vascolare non cedevole;
- B. Modello per valutare lo stato di tensione all'interno della palla considerando la parete vascolare non cedevole;
- C. Modello per valutare il profilo di velocità prima e dopo la valvola considerando la parete vascolare molto meno rigida della valvola;

Valutare tutti i modelli precedenti nel caso in cui la portata sanguigna in ingresso sia variabile ed assuma i seguenti valori: 5, 5.5, 6 l/min

Considerare le eventuali simmetrie presenti, fornire una stima numerica dei parametri dello studio (condizioni sui domini e ai contorni) e giustificare eventuali ipotesi semplificative.

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

1. Campo fisico variabile
2. Divergenza di un vettore
3. Problema di Dirichlet
4. Nodo

Esercizio 2 (6 punti)

Il candidato classifichi le protesi valvolari cardiache e per ogni tipologia ne descriva i limiti ed i vantaggi. Il candidato descriva i parametri funzionali di validazione di una protesi valvolare cardiaca ed il loro significato.

Esercizio 3 (12 punti)

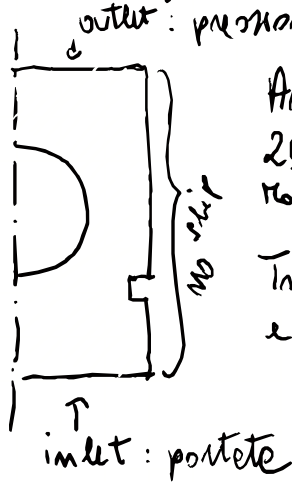
Supposto di avere un individuo (uomo standard) al quale deve essere impiantato una protesi di dito in lega di titanio ($E=110$ GPa) e che presenta una porosità ossea del 20% ed un grado di mineralizzazione del 190%:

- 1) Dimensionare numericamente la protesi;

- 2) Dimensionare la protesi nel caso questa sia ricoperta di nano-idrossiapatite a parità di dati fisiologici;
- 3) Descrivere e motivare come varierebbe il dimensionamento della protesi se il paziente avesse un grado di mineralizzazione del 150%.

ESERCIZIO 1

- A) Velocità e pelle, parte non cedevole,
spazio di taglio sulle pareti della velocità?



Analisi fluidodinamica
2D assiale simmetrica
Modello stazionario

Trascurare le pareti (molto rigide)
e i domini delle velocità.

- B) Velocità e pelle, parte non cedevole,
Stato tensione all'interno delle pelle?

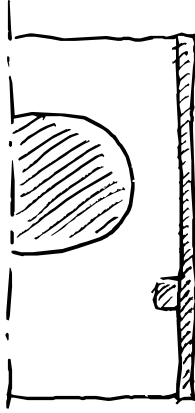


Interazione fluido-struttura
ad 1 via (carico fluidodinamico
sulle meccanica)

Trascurare le pareti (molto rigide)

meccanica

c) Velocità e rotte, parte centrale



Mechanics

Interruzione globale - struttura

a 2 vie

Valvato proprio di velocità su

2 linee di taglio

Per tutti i modelli se esiste una sweep
parametrico sulle variabile relative alle
portate angolari (inlet)

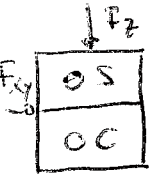
Esercizio 2)

Vedere appunti disponibili in rete

Esercizio 3)

$E_{protesi} = 140 \text{ GPa}$ $p = 0.2$ $A = 1.9$

Il modello della struttura ossea del d.b



$$E_z = \frac{E_{oc} \cdot E_{os}}{f_{os} E_{oc} + f_{oc} E_{os}} = 0.51 \text{ GPa}$$

osso sano

$$E_{xy} = f_{os} E_{os} + f_{oc} E_{oc}^{xy} = 0.73 \text{ GPa}$$

$$E_{oc}^t = 17 \text{ GPa}$$

$$E_{oc}^{xy} = 12 \text{ GPa}$$

$$E_{os} = 0.5 \text{ GPa}$$

$$f_{os} = 98\%$$

$$f_{oc} = 2\%$$

Ossa malata

$$E_z^m = E_z \cdot (1-p)^2 \cdot A^B = 0.51 (0.8)^5 (1.9) = 0.32 \text{ GPa}$$

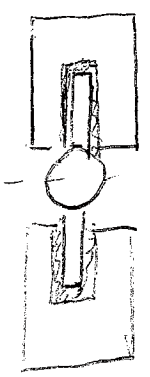
$\alpha = 5 \quad \beta = 1$

$$E_{xy}^m = E_{xy} (1-p)^2 \cdot A^B = 0.73 (0.8)^5 (1.9) = 0.45 \text{ GPa}$$

Come si nota la struttura ossea ha moduli elastici $< 0.5 \text{ GPa}$ quindi non si potrebbe impiantare alcuna protesi.

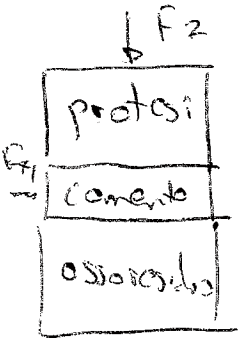
Supponiamo di dimensionare ugualmente tenendo conto di una struttura cementata.

la struttura è simmetrica quindi le dimensioni sono solo metà.
 Il raggio del giunto delle protesi è simile al raggio del giunto della noce del paziente.



$$r_{gp} = r_{noce}$$

Qindi loro dimensione solo alterne e raggio delle protesi.



$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{E_z} &= \frac{f_p}{E_p} + \frac{f_c}{E_c} + \frac{f_{os}}{E_{os}} \\ E_{xy} &= f_p E_p + f_c E_c + f_{os} E_{os}^{xy} \\ f_p + f_c + f_{os} &= 1 \end{aligned} \right\}$$

$$E_{cemento} = 2 \text{ GPa}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{f_p}{4 \cdot 10^3} + \frac{f_c}{2} + \frac{f_{os}}{0.32} &= \frac{1}{0.51} \\ f_p \cdot 110 + f_c \cdot 2 + f_{os} \cdot 0.45 &= 0.73 \\ f_p + f_c + f_{os} &= 1 \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} 9 \cdot 10^{-3} f_p + 5 \cdot 10^{-4} f_c + 3.125 f_{os} &= 1.96 \\ 110 f_p + 2 f_c + 0.45 f_{os} &= 0.73 \\ f_c &= 1 - f_{os} - f_p \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} 9 \cdot 10^{-3} f_p + 5 \cdot 10^{-4} (1 - f_{os} - f_p) + 3.125 f_{os} &= 1.96 \\ 110 f_p + 2 (1 - f_{os} - f_p) + 0.45 f_{os} &= 0.73 \\ f_c &= 1 - f_{os} - f_p \end{aligned} \right.$$

$$\begin{cases} 9 \cdot 10^{-3} k_p + 5 \cdot 10^{-1} - 5 \cdot 10^{-1} k_{os} - 3 \cdot 10^{-1} k_p + 3.125 k_{os} = 1.46 \\ 110 k_p + 2 - 2 k_{os} - 2 k_p + 0.45 k_{os} = 0.73 \\ k_c = 1 - k_{os} - k_p \\ \text{= taxonabile} \end{cases}$$

$$k_p (9 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-1}) + k_{os} (3.125 - 5 \cdot 10^{-1}) = 1.46 - 0.5$$

$$k_p (110 - 2) + k_{os} (0.45 - 2) = 0.73 - 2$$

$$k_c = 1 - k_{os} - k_p$$

$$\begin{cases} -0.5 k_p + k_{os} 2.625 = 1.46 \\ 98 k_p - 1.55 k_{os} = -1.27 \\ k_c = 1 - k_{os} - k_p \end{cases}$$

$$k_{os} = \frac{1.46 + 0.5 k_p}{2.625}$$

$$98 k_p - 1.55 \left(\frac{1.46 + 0.5 k_p}{2.625} \right) = -1.27$$

$$k_c = 1 - k_{os} - k_p$$

$$k_{os} = \frac{1.46 + 0.5 k_p}{2.625}$$

$$98 k_p - 0.59 (1.46 + 0.5 k_p) = -1.27$$

$$k_c = 1 - k_{os} - k_p$$

$$f_{ar} = \frac{246 + 0.5 k_p}{2.625}$$

$$98 k_p - 0.86 - 0.295 k_p = -1.27$$

$$f_c = 1 - f_{ar} - k_p$$

$$f_p = 97.705 = -0.41$$

ne prendo il valore assoluto

$$|f_p| = \frac{0.41}{97.705} = 4 \cdot 10^{-3} = 0.4 \%$$

$$f_{or} = 55 \%$$

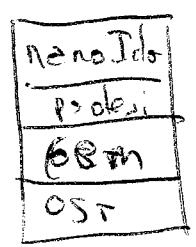
$$f_c = 1 - 0.55 - 0.004 = 0.44 \%$$

Ho dimostrato che l'osso deve essere fortemente rinforzato con cemento per poter essere impiantato una protesi.

punto 2)

$$E_{neocidrossipolietilene} = 25 \text{ GPa}$$

In questo caso il modello è



$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{E_z} &= \frac{f_{ar}}{E_{ar}} + \frac{f_p}{E_p} + \frac{f_c}{E_c} + \frac{f_{ost}}{E_{ost}} \\ E_{xy} &= f_{ar} E_{ar} + f_p E_p + \frac{f_c}{E_c} E_c + f_{ost} E_{ost} \\ 1 &= f_{ar} + f_p + f_c + f_{ost} \end{aligned} \right.$$

4^e equazione isotress $\frac{F_z}{\pi r^2 \delta t} = \frac{F_{xy}}{2\pi r \delta t h \delta t} \Rightarrow \frac{\delta t}{r h \delta t} = \frac{F_z}{F_{xy}} \Rightarrow \delta t = 2 h \delta t \frac{F_z}{F_{xy}}$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{0.51} &= \frac{f_{NI}}{250} + \frac{f_P}{110} + \frac{f_C}{2} + \frac{f_{OSR}}{0.32} \\ 0.73 &= 250 f_{NI} + 110 f_P + 2 f_C + 0.45 f_{OSR} \\ 1 &= f_{NI} + f_P + f_C + f_{OSR} \\ \frac{F_x}{F_{x1}} \cdot 2hst &= 2st \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} & \begin{matrix} * & ** \end{matrix} \\ 0.004 f_{NI} + 0.009 f_P + 0.5 f_C + 3.125 f_{OSR} &= 1.96 & (1) \\ 250 f_{NI} + 110 f_P + 2 f_C + 0.45 f_{OSR} &= 0.73 \\ 1 &= f_{NI} + f_P + f_C + f_{OSR} \\ \frac{F_{x1}}{F_{x2}} \cdot 2hst &= 2st \end{aligned} \right.$$

essendo le forze volumetriche < 1 ; termini * e ** sono trascurabili all'equazione (1.)

$$0.5 f_C + 3.125 f_{OSR} = 1.96 \quad \Rightarrow \quad \frac{1.96 - 3.125 f_{OSR}}{0.5} = f_C$$

$$f_C = 3.92 - 6.25 f_{OSR}$$

Sostituzione in eq. 1

$$250 f_{NI} + 110 f_P + 7.84 - 12.5 f_{OSR} + 0.45 f_{OSR} = 0.73$$

$$250 f_{NI} + 110 f_P - 12.05 f_{OSR} = -7.11$$

Sostituzione in eq. 3

$$1 = f_{NI} + f_P + 3.92 - 6.25 f_{OSR} + f_{OSR}$$

$$1 = f_{NI} + f_P + 3.92 - 5.25 f_{OSR}$$

$$f_{NI} + f_P - 5.25 f_{OSR} = -2.92$$

(a) $250 k_{VI} + 110 k_P - 17.02 k_{OS} = -7.11$

(b) $k_{VI} + k_P - 5.72 k_{OS} = -2.91$

* tempe fusibile e quindi la fusione sia in Col che (b)

$$\begin{cases} 250 k_{VI} + 110 k_P = -7.11 \\ k_{VI} + k_P = -2.91 \end{cases}$$

=> $k_P = -5.16$ valore non ammissibile quindi: care era prevedibile non si può realizzare protesi in questo di cheramici

Punto 3)

Se $A = 150 \times$, i noduli d'ostri sarebbero più bassi e le protesi non sarebbe dimensionabili care si è visto precedentemente e non dopo appattire solidificazione delle strutture esse.