

<i>Nome</i>	<i>Cognome</i>	<i>Matricola</i>	<i>Data</i>
			07 Giugno 2023

ESAME di IMPIANTI PROTESICI

Esercizio 1 (12 punti)

Considerare una persona che sta svolgendo l'esercizio in figura, supponendo che abbia una protesi di ginocchio impiantata nell'arto inferiore sinistro:



Descrivere l'implementazione di un modello agli elementi finiti per valutare lo stato di tensione all'interno della parte tibiale della protesi, supponendo che il peso sollevato dall'atleta sia pari a 70 kg.

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

Descrivere se e come cambia il modello nel caso in cui la protesi sia impiantata nell'arto inferiore destro.

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

1. Funzioni forma;
2. Problema di Dirichlet;
3. Piano di simmetria;
4. Interazione fluido-struttura ad una via.

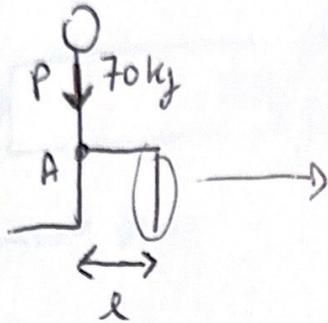
Esercizio 2 (6 punti)

Il candidato classifichi e descriva le protesi valvolari cardiache.

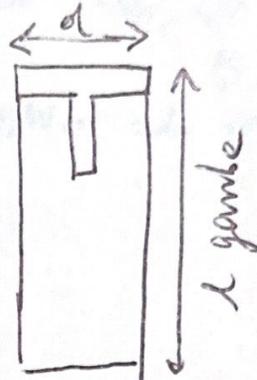
Esercizio 3 (12 punti)

ESERCIZIO 07/06/23

Punto 1.



MODELLO 2D
MECCANICA STRUTTURALE



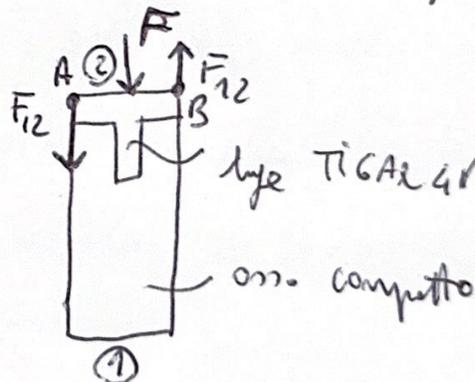
Nel punto A agisce una forza peso totale (F) data dal peso P + peso del tratto

$$F = (70 \text{ kg} + 40 \text{ kg}) \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 1100 \text{ N}$$

Questa forza ha un braccio l rispetto alle tibie SX \rightarrow calcolo momento di trasporto

$$F \cdot l = F_{12} \cdot d$$

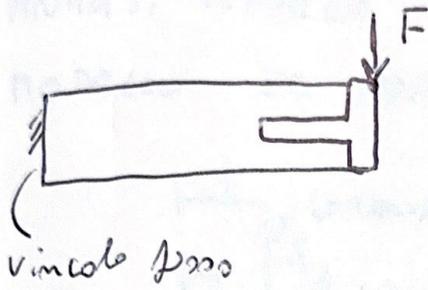
$$F_{12} = \frac{F \cdot l}{d}$$



Condizioni al contorno

- ① Vincolo fisso (A) Carico puntuale
- ② Carico distribuito (B) Carico puntuale

Punto 2.



La forza F non
ha braccio quindi
non ha nessun momento
di trasporto

⇓
Applica solo carico puntuale

Supposto di avere un individuo (uomo standard) al quale deve essere impiantata una protesi d'anca in lega di titanio ($E=150$ GPa), e supposto che il paziente presenti una porosità ossea del 25% ed un grado di mineralizzazione del 150%:

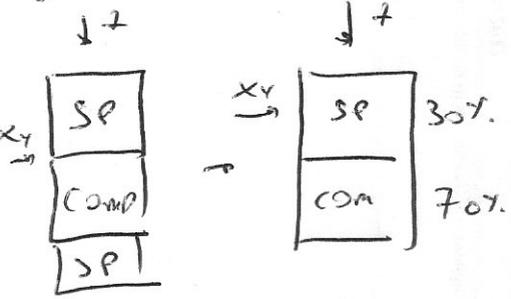
- 1) Determinare che tipologia di protesi deve essere impiantata;
- 2) Dimensionare numericamente la protesi ottenuta al punto 1;
- 3) Determinare che porosità dovrebbe avere l'osso del paziente per poter impiantare l'altra tipologia di protesi rispetto a quella ottenuta al punto 1.

Esercizio n° 2.

Si vedano gli appunti di lezione.

Esercizio n° 3

1) Costruisco il modello di ossa sano



$$E_{T}^{\text{sano}} = \frac{f_c \cdot E_{SP}^T}{f_c E_{SP} + f_{SP} E_c^T} \approx 1.56 \text{ GPa}$$

$$E_{T+T}^{\text{sano}} = f_c E_c^{xy} + f_{SP} E_{SP}^T \approx 8.55 \text{ GPa}$$

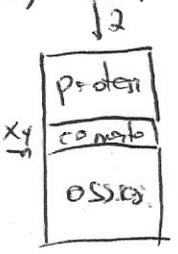
Io so che $p = 0.25$ $A = 1.5$

$$E_{\text{res}}^T = E_0^T (1-p)^5 A^{B=1} = 0.55 \text{ GPa}$$

$$E_{\text{res}}^{xy} = E_0^{xy} (1-p)^5 A^{B=2} = 3.04 \text{ GPa}$$

Esendo $E_T < 1 \text{ GPa}$ ma $> 0.5 \text{ GPa}$ la protesi sarà anisot.

2) Imposto il sistema di equazioni. Applico il metodo dell'omogeneizzazione



$$\frac{1}{E_T^{\text{sano}}} = \frac{f_p}{E_p} + \frac{f_{\text{com}}}{E_{\text{com}}} + \frac{f_{\text{os.res}}}{E_{\text{os.res}}^T}$$

$$E_{T+T}^{\text{sano}} = f_p E_p^{xy} + f_{\text{com}} E_{\text{com}}^{xy} + f_{\text{os.res}} E_{\text{os.res}}^{xy}$$

$$f_p + f_{\text{com}} + f_{\text{os.res}} = 1$$

$$E_{\text{os.res}} = E_{\text{res}}^T (1 - f_p)^5 \approx E_{\text{res}}^T (1 - f_p)^2$$

trascurando i termini a potenze maggiori

Suppongo $E_{\text{res}} = 1 \text{ GPa}$.

$$f_{os.ves} = 1 - k_p - f_{con}$$

$$E_{xy}^{Sano} = k_p E_p + f_{con} E_{con} + f_{os.ves} E_{os}^{xy} (1 - k_p)^2 =$$

$$= k_p E_p + f_{con} E_{con} + (1 - k_p - f_{con})^2 \cdot 3.04 \cdot (1 - k_p)^2$$

poiché $f_{con} < k_p$ e $E_{con} = 14 E_p$ trascurando f_{con} nelle $1 - k_p$

$$E_{xy}^{Sano} = k_p E_p + (1 - k_p)^3 \cdot 3.04$$

$$8.55 = 150 k_p + (1 - k_p^3 - 3k_p + 3k_p^2) \cdot 3.04$$

$$8.55 = 150 k_p + 3.04 - 3.04 k_p^3 - 9.12 k_p + 9.12 k_p^2$$

$$-3.04 k_p^3 + 9.12 k_p^2 + 4.4088 k_p - 5.51 = 0$$

$$x_1 = 8.43 \text{ non acc.}$$

$$x_2 = -5.51 \text{ non acc.}$$

$$x_3 = 0.036 \text{ accettabile}$$

poiché sta dimensionando lo stelo

$$k_p = \frac{\pi r_{st}^2 h_{st}}{\pi r_{fem}^2 h_{fem}}$$

$$r_{st}^2 h_{st} = 0.036 r_{fem}^2 h_{fem}$$

$$r_{fem} = 7 \text{ cm} = 7 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

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

$$r_{st}^2 h_{st} = 0.036 \cdot 49 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 0.072 \cdot 10^{-4}$$

$$r_{st}^2 = \frac{0.0027}{h_{st}} \quad (o)$$

Applico isostress

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

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

$$|F_z| = |-P - P_{ogg} - k P_{cos \alpha}| = 1167.7$$

$$|F_{xy}| = |-k P \sin \alpha| = 361.7$$

$$P = +700 N$$

$$P_{ogg} = 100 N$$

$$k = 10$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_{st} = 0.16 R_{st}$$

Sostituisco in (0)

$$r_{st}^2 = \frac{0.0027}{0.16 R_{st}}$$

$$r_{st}^3 = \frac{0.077}{0.16} = 0.018$$

$$r_{st} \approx 0.26 \text{ cm}$$

raggio delle tette + cotone + metal back = raggio corpo ecotabile

$r_{cot} = 1 \text{ cm}$ per il tipo di usura

r_{test} ~~o~~ r_{test} come raggio base

$$r_{metal\ back} = 1 - 1 - 0.26 = 0.74 \text{ cm}$$