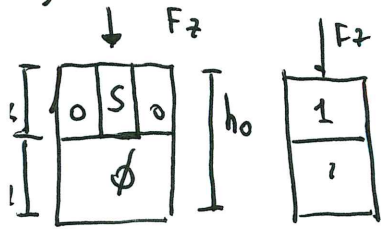


1) Poiché il sistema è statico posso ammettere.



$$E_z = \frac{E_1 E_2}{f_1 E_1 + f_2 E_2}$$

$$E_1 = f_0' E_0 + f_s E_s$$

$$E_2 = E_0$$

$$f_2 = f_0'' = \frac{\pi r_{0m}^2 h_2}{\pi r_{0m}^2 h_{0m}} = \frac{h_2}{h_{0m}}$$

$$f_s = \frac{\pi r_{st}^2 h_1}{\pi r_{0m}^2 h_{0m}} = \frac{r_{st}^2 h_1}{r_{0m}^2 h_{0m}}$$

$$f_0' = \frac{\pi (r_{0m}^2 - r_{st}^2) \cdot h_1}{\pi r_{0m}^2 h_{0m}} = \frac{(r_{0m}^2 - r_{st}^2) h_1}{r_{0m}^2 h_{0m}}$$

$$f_1 = \frac{h_1}{h_{0m}}$$

$$E_1 = \frac{(r_{0m}^2 - r_{st}^2) h_1}{r_{0m}^2 h_{0m}} E_0 + \frac{r_{st}^2 h_1}{r_{0m}^2 h_{0m}} \cdot E_s =$$

$$= \frac{(r_{0m}^2 - r_{st}^2) h_1 E_0 + r_{st}^2 h_1 E_s}{r_{0m}^2 h_{0m}}$$

$$E_z = \frac{(r_{0m}^2 - r_{st}^2) h_1 E_0^2 + r_{st}^2 h_1 E_s E_0}{r_{0m}^2 h_{0m}}$$

$$\frac{h_2}{h_{0m}} \cdot \frac{(r_{0m}^2 - r_{st}^2) h_1 E_0^2 + r_{st}^2 h_1 E_s E_0}{r_{0m}^2 h_{0m}} + \frac{h_1}{h_{0m}} \cdot E_0$$

$$E_z = \frac{[(r_{0m}^2 - r_{st}^2) h_1 E_0^2 + r_{st}^2 h_1 E_s E_0] h_{0m}}{h_2 [(r_{0m}^2 - r_{st}^2) h_1 E_0 + r_{st}^2 h_1 E_s] + h_1 E_0 r_{0m}^2 h_{0m}} = 17 \text{ GPa}$$

$$E_{xy} = f_1 E_1 + f_2 E_2$$

F_{xy}

0	S	0
0		

1
2

$$E_1 = \frac{E_0 E_S}{f_0' E_S + f_S E_0}$$

$$E_2 = E_0$$

$$E_{xy} = \frac{h_1}{h_{om}} \cdot \frac{E_0 E_S}{\frac{(2'_{om} - 2'_{st}) h_1 E_S + 2'_{st} h_1 E_0}{2'_{om} h_{om}}} + \frac{h_2}{h_{om}} \cdot E_0$$

$$E_{xy} = \frac{h_1 E_0 E_S 2'_{om}}{(2'_{om} - 2'_{st}) h_1 E_S + 2'_{st} h_1 E_0} + \frac{h_2}{h_{om}} E_0 = 12 \text{ GPa}$$

2) Per mobilizzare vuol dire che un mezzo tensore induce una variazione
all'ordine dello stato. io so che $T = \frac{6 \cdot J}{2}$

dove $6 = \frac{F_{xy}}{A_{xy}}$

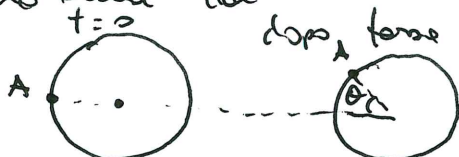
$$F_{xy} = P_{xy} = P K \sin \alpha \quad l = 1 \text{ cm}$$

nel caso delle spole $K = 12 \quad \alpha = 30 \quad P = \frac{P_{testa}}{2} + P_{arrotto} = 150 \text{ N}$

$$F_{xy} = 900 \text{ N} \quad A_{xy} = \frac{2}{3} \pi r_{om}^2 = 2.1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$6 \approx 4.28 \text{ MPa}$$

se c'è una mobilitazione vuol dire che l'intero supporto cilindrico subisce
una torsione che



quindi il numero 2 serve a dO

$$J = \frac{\pi}{2} [r_{om}^4 d\theta^4 - r_{om}^4] = \frac{\pi}{2} r_{om}^4 d\dot{\theta} \quad \text{il braccio serve } r_{om} d\theta$$

$$T = \frac{6 \cdot J}{2} = 4.28 (\pi P_o) \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{r_{om}^4 d^4 \theta}{r_{om} d\theta} = 6.7 r_{om}^3 d^3 \theta \cdot 10^6 =$$

$$= 6.7 d^3 \theta$$

per avere effetto di mobilitazione e rotture $T = G_{ROT} \cdot r_{om} =$

$$= 120 \cdot 10^6 \cdot 10^{-7} = 120 \cdot 10^4 P_o.$$

nel nostro caso non avviene perché anche nel caso di rotture complete

$$d\theta = 2\pi \quad T \approx 1660 P_o.$$

Esercizio 2.

(4)

1) Vedere appunti.

2) Legge di Fourier

$$\frac{dT}{dt} = D \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

(dato sopra D per ossa e ~~cerello~~ cervello)

$$D_{\text{oss}} = \frac{\text{conduttività termica}}{\text{densità} \cdot \text{calore specifico}} = \frac{0.32}{1908 \cdot 1313} \frac{\text{W}}{\text{g} \cdot \text{m}} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \frac{\text{kg} \cdot \text{C}}{\text{J}} = 1.27 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$D_{\text{cervello}} = \frac{0.51}{1046 \cdot 3630} = 1.34 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Possiamo assumere le due D simili e pari a $1.3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$

Risolve l'equazione di Fourier.

$$\begin{aligned} \begin{cases} \frac{dT}{dt} = A \\ D \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = A \end{cases} & \Rightarrow \begin{cases} T(t) = At + B \\ T(x,t) = At + 37 \end{cases} \quad \text{da } T(0) = 37^\circ \text{C } B = 37 \\ & \Rightarrow \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{A}{D} = 0 \quad \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{A}{D} x + C \Rightarrow T(x,t) = \frac{A}{D} \frac{x^2}{2} + Cx + D \end{aligned}$$

$$T(0,0) = 37^\circ \quad T(0) = E = 37$$

Perdebrunne 1 so che $\forall t$ e per $x = S_{pos}$ o $x_{sp} = \text{quello}$ (5)

$$T_{AA} x = 40.$$

$$\text{dello 2 ho } 40 = \frac{A}{D} \frac{S_{pos}^2}{2} + \left(S_{pos} + 3 \right)$$

$$\Rightarrow C = \frac{3}{S_{pos}} - \frac{A}{2D} S_{pos}.$$

Sostituiscono (2)

$$T(x, t) = \frac{A}{D} \frac{x^2}{2} + \left(\frac{3}{S_{pos}} - \frac{A}{2D} S_{pos} \right) \cdot x + 3 +$$

dello 1 ho

$$A = \frac{T(x, t) - 3 +}{t}$$

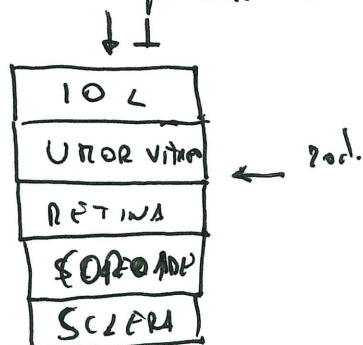
$$T(x, t) = \frac{T(x, t)}{2Dt} x^2 - \frac{3 + x^2}{2Dt} + \left(\frac{3}{S_{pos}} - \frac{A}{2D} S_{pos} \right) \cdot x + 3 +$$

$$T(x, t) \cdot \left[1 - \frac{x^2}{2Dt} \right] = 3 + - \frac{3 + x^2}{2Dt} + \left(\frac{3}{S_{pos}} - \frac{A}{2D} S_{pos} \right) \cdot x$$

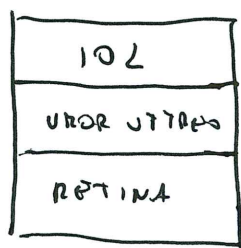
$$T(x, t) = \frac{3 + - \frac{3 + x^2}{2Dt} + \left(\frac{3}{S_{pos}} - \frac{A}{2D} S_{pos} \right) \cdot x}{\left(1 - \frac{x^2}{2Dt} \right)}$$

Lo IOL lo posso vedere come un cilindretto di materiale polimerico posto al posto del ~~perno~~ del cristallino.

Lo schema quindi è



Le pressioni essendo l'occhio approssimabile ad una sfera agisce uniformemente in tutte le direzioni, quindi posso scomporre il problema in direzione \perp e \parallel . In direzione \perp ho un modello di Reuss dove vince l'elemento più elastico che nel nostro caso sono umore vitreo e retina.

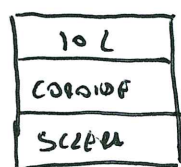


Essendo l'umor vitreo un fluido viscoso ~~per~~ gelifica l'unico elemento su cui lo IOL può indurre problemi è la retina.



poiché non ci sono problemi ~~per~~ cercare lo IOL deve comportarsi \perp come la retina stessa quindi $5 \text{ MPa} < E_{\perp \text{ IOL}} < 10 \text{ MPa}$.

In direzione radiale ho un modello Voigt e vincono gli elementi più rigidi cioè sclera e coroide.



poiché l'elemento più sensibile tra i due è la coroide su cui è posizionata la retina ho che $E_{\text{rad IOL}} \approx 700 \text{ MPa}$.

Come si vede tale ipotesi deve essere arbitraria.

sapendo che $\sigma = 25 \cdot 133.33 \text{ Pa} \approx 3.3 \text{ KPa}$.

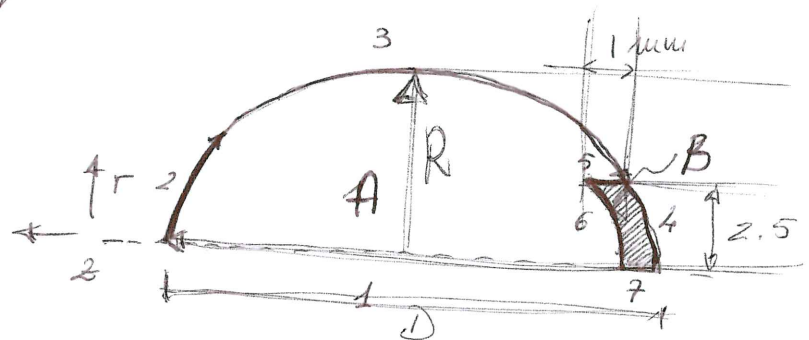
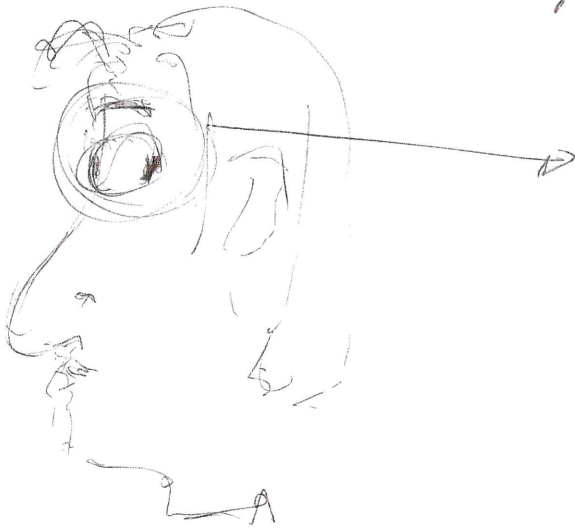
ovvero in caso isotropo $\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{3.3 \cdot 10^3}{700 \cdot 10^3} = 4.7 \cdot 10^{-3} \text{ strain}$.

~~$\epsilon = \frac{1}{700}$~~ $\epsilon_{max} = 0.66 \text{ strain}$.

Ma se la ipotesi è realistico in un unico materiale non può essere arbitraria ma isotropa, quindi le deformazioni devono essere uguali e quindi poiché deve alterare poco l'ambiente e quindi le deformazioni $E_{ottimale} = 700 \text{ KPa}$.

- modello sfottocarro
- utilizzo delle equazioni di Fourier (conduzione calore) (Poisson)
- geometria 2D assialsimmetrica

note: anche se la geometria reale non è perfettamente assialsimmetrica (ad esempio la posizione e forme delle protesi) è molto meglio, all'inizio, partire con un modello semplificato



geometria modello
 $D = 2R = 10 \text{ mm}$

Domínio { A Occhio (vengono fatti insieme cornea, a ~~lente~~, sclera)
 B Protesi

→ Proprietà fisiche di interesse

	conduttività $W/(m \cdot K)$	calore specifico $J/(kg \cdot K)$	non strettamente necessario così come la densità sorgente calore W/m^3
A	Acqua	Acqua	no
B	Sclero	Sclero	5/ Volume

→ Condizioni al contorno

- 1, 7 Assialsimmetrica
- 3, 4 Temperatura = $T_{\text{corpo umano}} (37^\circ C)$
- 5, 6 Continuità
- 2 Flusso di calore con coeff. h di Newton e $T_{\text{inf}} = 25^\circ C$

Dimensioni max elementi mesh

1 mm/10 → fore in modo che ci siano almeno 10 el nelle protesi