

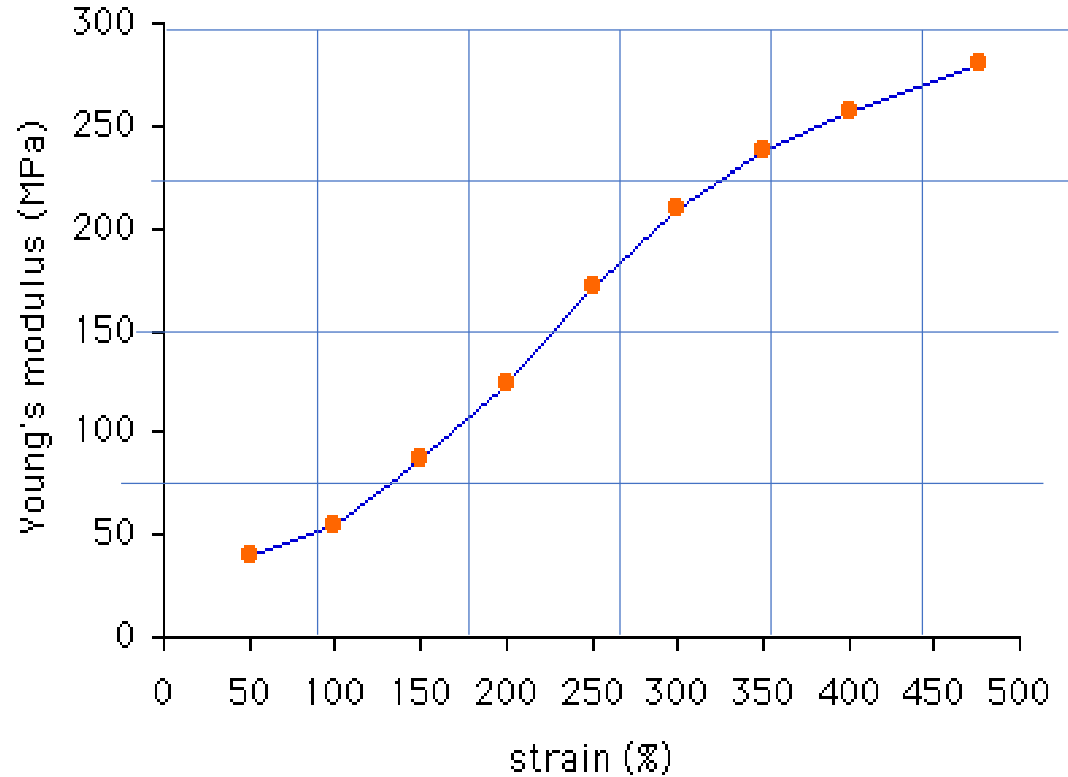
# Esercizi viscoelasticita e conservazione di energia Biomeccanica

Arti Ahluwalia

## Esercizi

1. “La funzione della cartilagine è di assorbire forze”. Verifichiamo questo. Supponiamo uno strato di 2 mm di cartilagine in contatto con 300 mm di ossa. La superficie di cartilagine viene caricata con una forza  $F$ . Se i due tessuti hanno un modulo elastico di 500 MPa & 1000 MPa rispettivamente, calcolare la frazione di energia contenuta in ogni tessuto.
2. E' stato postulato che riscaldamento eccessivo del tendine puo causare danno del tessuto nei atleti. Supponiamo un tipico tendine con un modulo elastico di 1 GPa che si deforma da 0.5% a 2% durante una corsa. Se il rapporto stress-strain è lineare, quanta energia viene rilasciata durante ogni ciclo? Se il calore specifico del tendine è uguale a quella dell'acqua, che percentuale del calore deve essere dissipata per aumentare la temperatura da 1°C in 1000 cicli? Assumiamo che il calore non viene dispersa (è ragionevole?). Danno a causa del calore è plausibile?

3. Nella figura è riportato la curva del modulo elastico vs. deformazione per un filo di diametro  $10\text{ }\mu\text{m}$  e lunghezza  $20\text{ cm}$  di seta della ragnatela. a) Tracciare il diagramma sforzo deformazione. b) Dalle curve stimare il peso massimo di un insetto che riesce a essere intrappolato sul filo senza romperlo. c) considerare adesso un insetto che vola con una velocità di  $10\text{ km/ora}$ . Che peso (minimo) deve avere per rompere il filo mentre vola?



4. Un tessuto biologico di sezione  $1.2 \text{ cm}^2$  e spessore 15 mm viene soggetto ad una prova meccanica. La tabella riporta il dataset raccolto durante l'esperimento. Dalla tabella dire i) di che tipo di prova si tratta, ii) che tipo di modello può essere usato per rappresentare il tessuto, iii) calcolare le costanti dei parametri elastici/viscoelastici del modello.

Time (s)	Length (cm)	Weight (g)
0	1.5	72
5	1.9179	72
10	2.2775	72
20	2.8536	72
50	3.8306	72
80	4.2278	72
100	4.3506	72
200	4.5	72

5. Consideriamo il salto in alto. Se supponiamo che è l'energia elastica è tutto immagazzinato nel tendine di Achilles per effettuare il salto, quanto sarebbe il limite massimo del salto?

Dati

Peso persona 50 kg

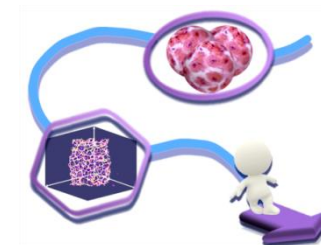
Tendine 1.5 cm diametro, lungo 35 cm

Modulo elastico 1 GPa

Deformazione 2%



E' il tendine piu' grande



6) Nella figura, è riportato un modello a parametri concentrati di un legamento.

- Che tipo di risposta stress relaxation e creep ha il modello?
- Disegnare le risposte al creep e stress
- Quali sono i valori di sforzo e deformazione a  $t=0$  e  $t \rightarrow \infty$  ?

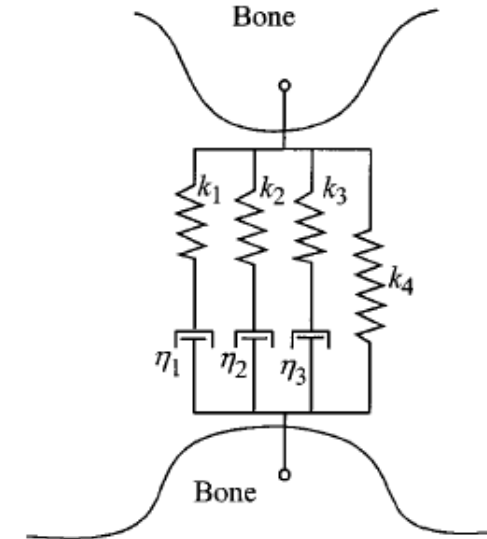


Fig. 2 Spring-dashpot model of an ankle ligament

7) Calcolare il modulo elastico della pelle addominale nelle due direzioni, spiegando perché sono diverse.

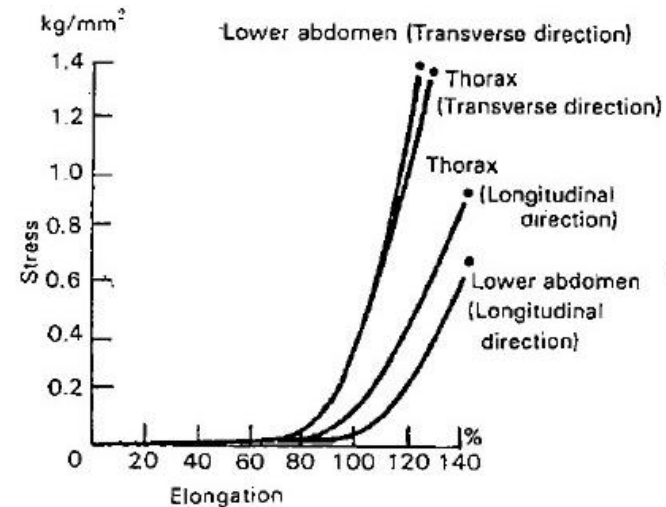


FIG. 199. Stress-strain curves in tension of the skin of persons 20 to 29 years of age.

### Domande

8. Per deformare un pezzo di aorta da 2 a 2.3 cm, ci vuole uno stress di 1MPa . Dopo un ora nella stessa posizione deformata, lo stress è. 0.75 MPa.

Quale il tempo caratteristico del sistema, assumendo che sia di tipo Maxwell?

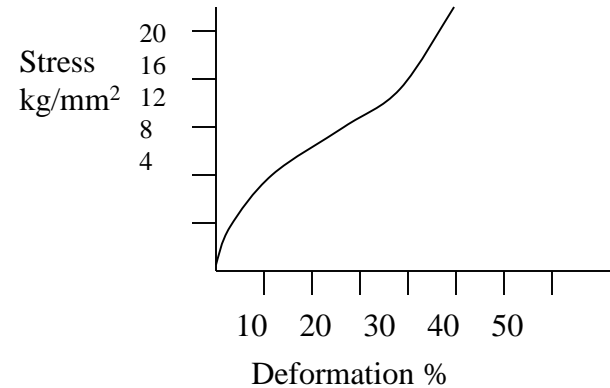
Qualè lo sforzo esercitato dopo 5 ore?

9. A polyethylene sample is deformed by 20%. Later the load is removed, the sample recovers 50% of its deformation after 1 hour at room temperature.

Assuming a Voigt model, what is the characteristic relaxation time?

How much of this deformation does it recover after 5 hours?

11. Questo è una curva sforzo deformazione del capello



Calcolare il modulo elastico e confrontare con elastina e collagene. Che molecole è e come è la sua struttura molecolare?

12. Una persona di 60 kg trasmette 2 volte suo peso alle ginocchia mentre corre (perche?). Questa forza è distribuita sulla cartilagine. Quando cade, l'area di contatto cambia da  $15 \text{ cm}^2$  a  $0.5 \text{ cm}^2$ . Calcolare lo stress, la deformazione e l'energia di deformazione nei due casi. La forza rimane uguale. Lo spessore della cartilagine è 5mm ed è linearmente elastico con un modulo di 100 MPa.