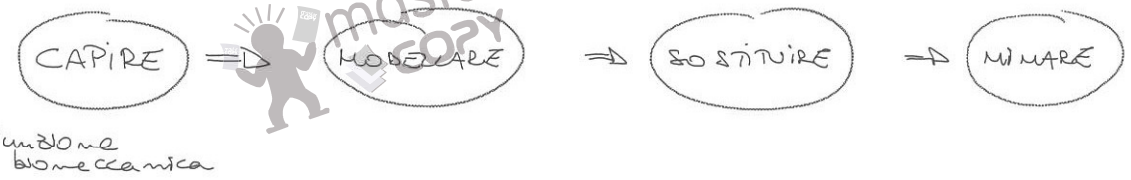
BIOMECCANICA DEI TESSUTI

Arti + Giulli

TESSUTI IN VITRO / IN SILICO

BIOLOGICAL ENGINEERING



funzione biomeccanica

⇒ TESSUTI MOLLI E CON FUNZIONI BIOMECCANICHE

i tessuti RIGIDI : denti e ossa si faranno ad altri corsi

ESAME : scritto 10 domande (teoria + calcoli)

LIBRO : Biomeccanica, Radaelli e Montevecchi, Patron

SCIDES sulla homepage centro Piaggio

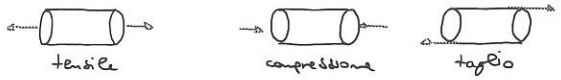
Useremo grandezze di 10^{-5}, 10^{-4} m

27.09.2021

lunedì 27 settembre 2021 16:29

SFORZO o STRESS è un tensore: direzione e superficie di riferimento

$$\sigma = \frac{F}{A} \left[\frac{N}{m^2} = Pa\right]$$



PRESSIONE [Pa] non è un tensore, ma uno SCALARE, è una F sempre diretta verso una sup. e ⊥. (cambia direzione e verso)

La pressione in un fluido si scrive in mmHg

1 mmHg = 133,28 Pa

Patm = 4,60 mmHg P sistolica = 120 mmHg rispetto alla Patm

TEST MECCANICO

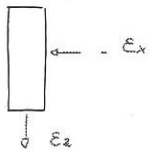
si fa sul campione applicando delle F e vedendo gli allungamenti.

! è difficilissimo tagliare i tessuti o le ossa e inoltre il contesto FISIOLOGICO è umido.

Le proprietà di un tessuto dipendono da tantissime caratteristiche: età, sesso, decenza, malattie ...

TRUE STRESS = $\frac{F}{A_{reale}}$ > ENGINEERING STRESS = $\frac{F}{A_0}$ diminuisce con la prova meccanica

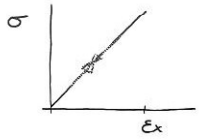
$\nu = 0.5$ RAPPORTO di Poisson $\nu = -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z}$ accorciamento nella dir. allungamento nella dir. tirata



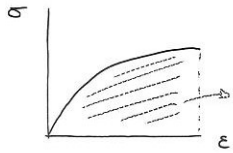
DEFORMAZIONE o STRAIN

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{L - L_0}{L_0}$$

materiale ELASTICO → quando viene allungato torna alla posizione iniziale senza dissipare energia



$\int_0^{\varepsilon_x} \sigma\, dx - \int_{\varepsilon_x}^{0} \sigma\, dx = 0$ L'area sotto la curva è uguale



$\int_0^{\varepsilon} \sigma\, dx$ = energia/volume $\left[\frac{J}{m^3}\right]$ = LAVORO VIRTUALE

! Ripasso ECMB

MODULO ELASTICO o DI YOUNG (solo se IDEE)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

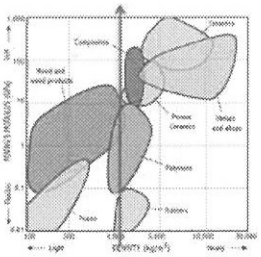
la maggioranza dei materiali biologici non sono IDEE, ho solo il MODULO SECANTE o TANGENTE (il più usato)

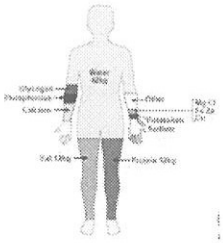
ASBHY DOG PLOT:

! in un corpo è COMPOSTA

ASHBY DOG PLOT:

Dog plot: Modulo Specifico=modulo/densita'





il CORPO È COMPOSTA DA ACQUA

densità media ≈ 1,09

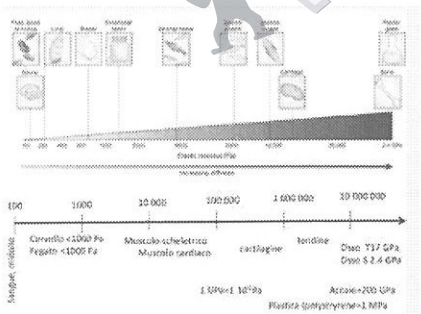
con densità 1 ho molti materiali, ognuno di questi a seconda delle molecole e dei loro legami possono avere E [GPa] molto diverse

Nel nostro corpo i tessuti hanno densità = 1 e E che varia da [50 Pa; 17 GPa]

E osso = 17 GPa

ceramica porosa

E acciaio 200 GPa
E plastica 1 MPa



I TESSUTI e LE LORO FUNZIONI MECCANICHE

Classi:

- MUSCOLARE → adibito a generare FORZE (delle cellule)
- NERVOSO → trasmette impulsi nervosi
- EPITELIARE → riveste e' interno e e' esterno del nostro corpo (strati compatti di cellule con poca ME)
- CONNETTIVO → riempie e lo troviamo come CARTILAGINE, VASI, OSSO, SANGUE (fatto da poche cellule ma tanta MATRICE EXTRACELLULARE, ME)

OSSO
supporto, TESSUTO CONNETTIVO

TENDINE
tessuti che stanno tra e' otto e R muscoli trasportano la F dal muscolo all' otto, CONNETTIVO

VASI
sono dei tubi che contengono, CONNETTIVO

CARTILLAGINE
CONNETTIVO, morbido tra due ossa, riduce e' attrito

LEGAMENTI
vincolo cinematico di un arto, CONNETTIVO

PELLE
organo di contenimento, CONNETTIVO

MUSCOLO
non è connettivo ma ha un ruolo meccanico

Mechanical function	Mechanical properties	Biological components	Tissue type
Support	Rigidity	Bone	ECM/osteocytes
Cushion	Deformation	Cartilage	ECM/chondrocytes
Transmit force	Tensile strength	Tendon	ECM/fibroblasts
Store energy	Elastic	Blood vessel	ECM/cells
Develop force	Activation	Muscle	Cells
Reduce friction	Smooth	Cartilage	ECM
Maintain shape/ form	Resistance to compression	Ligament	ECM
Prevent fluid loss	Highly (but not completely) impermeable	Skin	ECM

→ TESSUTO CONNETTIVO e MATRICE EXTRACELLULARE

TESSUTO CONNETTIVO = matrice extracellulare (ECM) + cellula (FIBROBLASTA) + acqua

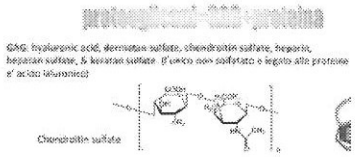
FIBROBLASTA, cellula generica che poi si specializza

ECM = circonda e regola la funzione delle cellule, ha una struttura compatta e organizzata.
Fatta da FIBRE PROTEICHE e POLISACCARIDI che formano una rete polimerica in cui si legano le cellule (AMBIENTE DINAMICO)

! Le cellule fanno la ECM, reciprocità dinamica

Componenti ECM:

1) PROTEINE FIBROSE collagene e elastina
2) PROTEINE SPECIALIZZATE fibronectina, laminina (per l'adesione)
3) GLICOSAMINOGLICANI (GAG) o MUCOPOLISACCARIDI



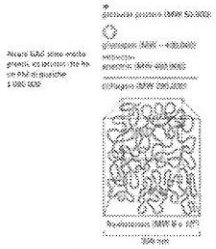
Le proteine diventano zuccherate: PROTEOGLICANI = GAG + proteina

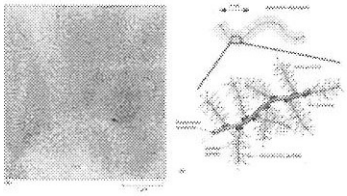
master COPY

I GAG hanno carica - (ionizzo un sola) quindi attraggono Na^+ e quindi ho H_2O

→ la struttura diventa molto IDRATATA, sostanza gelatinosa GROUND
↗ proprietà meccaniche
INCOMPRIMIBILE

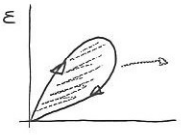
In presenza di una rete con cariche - H_2O si organizza per formare una struttura quasi cristallina





VISCOELASTICITÀ → quasi tutti i tessuti, se li tiro non tornano subito indietro, si deformano sotto il loro peso. Il loro comportamento meccanico dipende dalla velocità con cui li deformo: VELOCITÀ DIPENDENTE.

esempio: PLASTILINA



$$\int_0^{\varepsilon_f} (\sigma_{caricato} - \sigma_{scaricato})\, d\varepsilon > 0$$

master COPY master COPY COPISTERIA

Proprietà materiali viscoelastici:

→ curva sforzo - def. differente ISTERESI
→ la curva d'andata è sopra il ritorno (termomeccanica)
→ il comportamento dipende dalla velocità di def.
→ CREEP: deformazione nel tempo con F costante
! per l'elastico non funziona
caratteristico dei materiali viscoelastici e dei tessuti (sono di una donna)
→ STRESS RELAXATION: diminuzione della F necessaria per mantenere una certa lunghezza.

! i materiali sono TEMPO DIPENDENTI

→ $\dot{\varepsilon}$: derivata della def, velocità della def cost.

→ $\dot{\sigma}$: velocità dello sforzo cost.

→ Analisi dinamica meccanica (ADM) con sollecitazioni sinusoidali

C'è un RITARDO tra la sollecitazione e la risposta nel materiale viscoelastico

APPROCCIO PARAMETRI CONCENTRATI

considero i materiali linearmente viscoelastici e li studio come se fossero un insieme di molle ed elementi dissipativi (PISTONE)

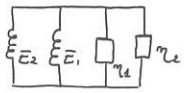


pistone in un liquido

combinando i parametri posso modellare bene i materiali.

Perché linearmente viscoelastici?

non sono elastici ma sono cost. nel tempo con η e li combino linearmente nel tempo

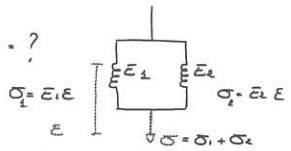


Lavoreremo con TRASF. DI LAPLACE

Esempi:

Date due molle

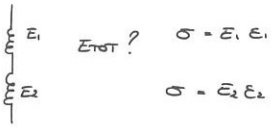
E_{TOT} = ?



stesso allungamento, lo sforzo si dividerà

$\sigma = \sigma_1 \varepsilon + \sigma_2 \varepsilon$

$E_{TOT} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = E_1 + E_2$



più cedevole

stesso sforzo, la def. si divide

$E_{TOT} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$

$E_{TOT} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2}$