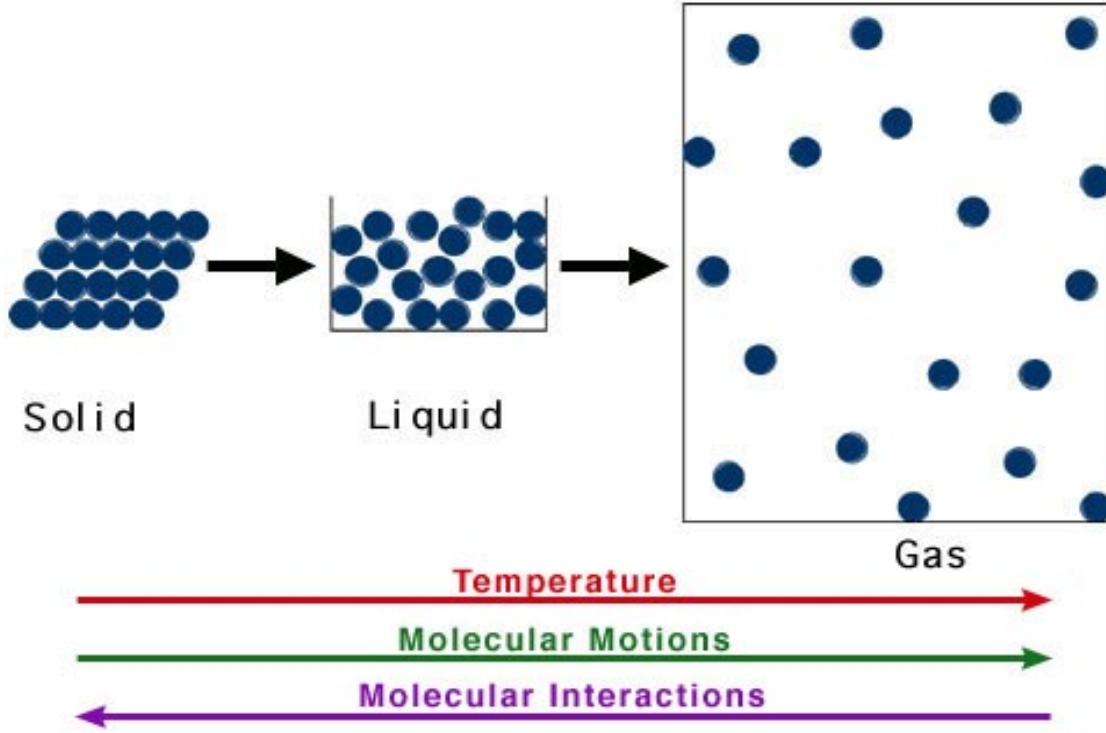


# BIYOLOJİK MATERYALLER

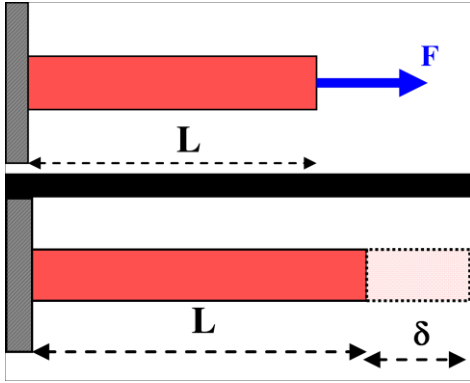


## **Biyolojik Materyaller**

**Katılar**  
(kemik, kas, tendon)

**Akışkanlar**  
(sıvılar, gazlar)

**Sıvı kristaller**  
(hücre zarı)



## Hooke yasası

$$\Delta F = -k \Delta L$$

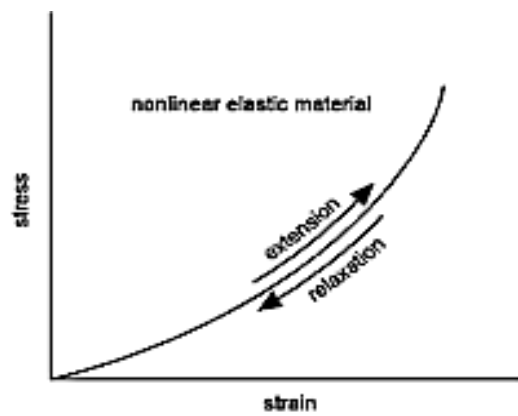
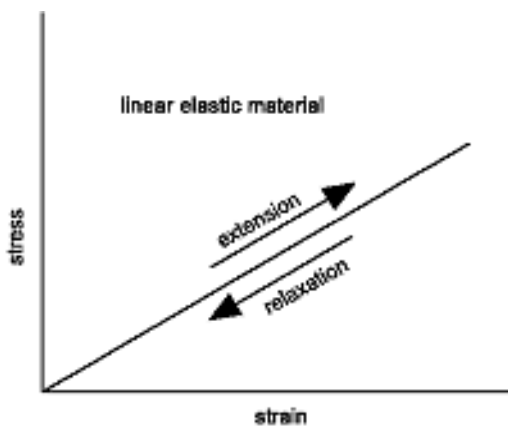
$k$  = boyca uzama katsayısı;

maddenin cinsine, cismin

geometrisine ve boyutlarına

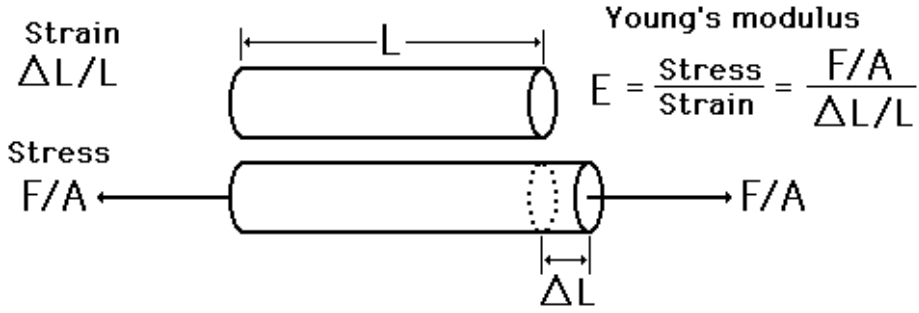
bağlı parametre

(stiffness; sertlik)      **Stress: zor**      **Strain: zorlanma**



Küçük mesafelerdeki yük için (stresler) nolineer stress-strain eğrisine linear yaklaşımlar. teğet modulus (ansal eğim) ve kiriş (secant) modulus (eğrinin akordu) yaklaşım mesafesi küçüldükçe eşit olur

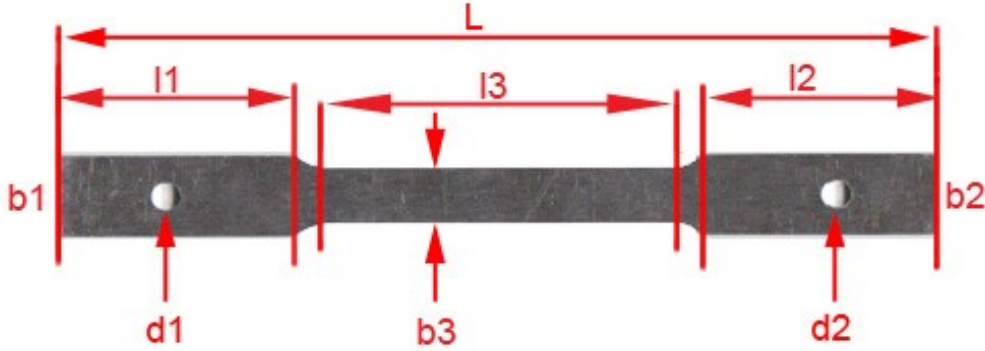
## 1- Kemik/kas gibi cisimlerde uzama/çekme zorlanması (strain)



Y (veya E), Young modülü = (uzama/çekme esneklik modülü)

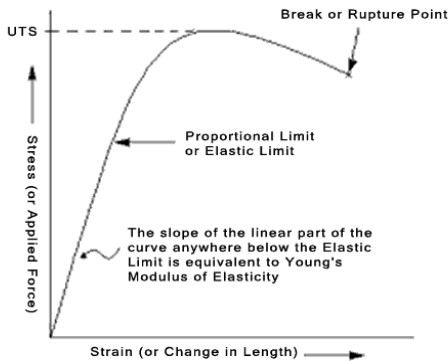
$$Y = \sigma/\epsilon$$

Sadece cismin cinsine bağlı



Tipik bir kemik boyutları

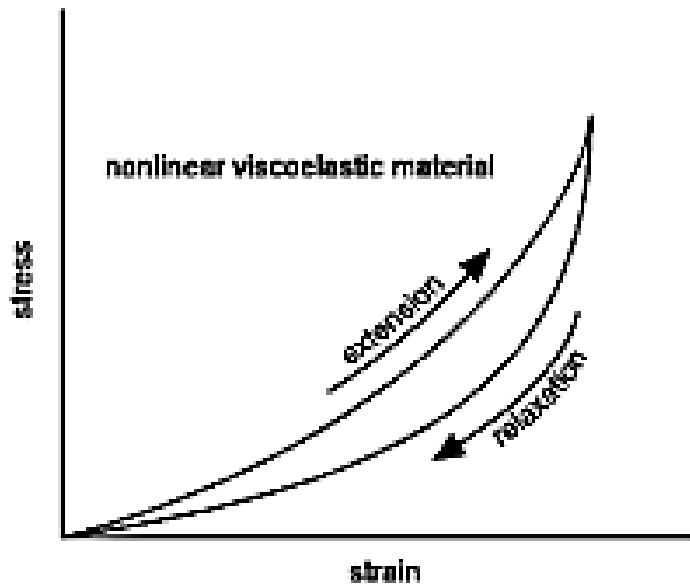
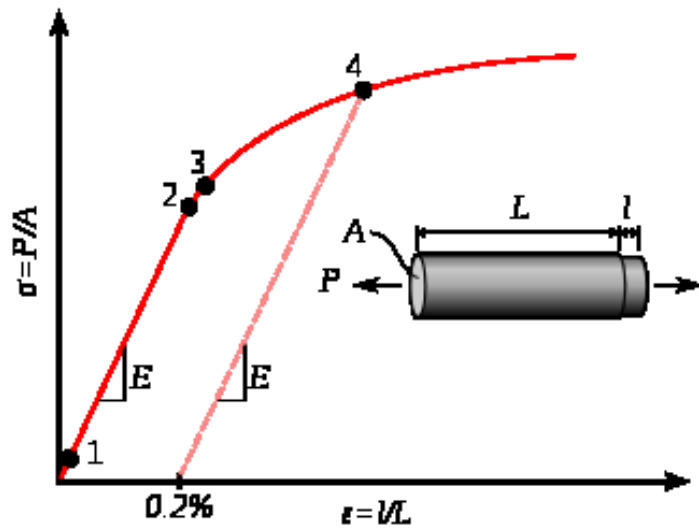
Biyolojik cisim: kemik veya kas viskoelastik özellikte cisimler



Lineer bölgenin eğimi:

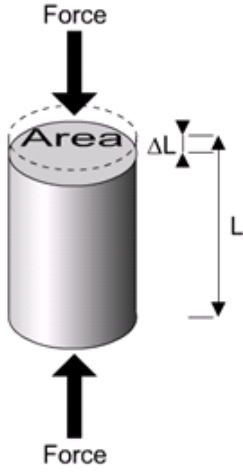
$Y = \sigma/\epsilon$  (modulus of elasticity) maddenin sertlik derecesinin bir ölçüsü

$\sigma$ : stres     $\epsilon$ : strain



## Sıkışma esnekliği modülü

$$\begin{aligned} \text{Compressive Modulus} &= \frac{\text{Compressive Stress}}{\text{Compressive Strain}} \\ &= \frac{\left(\frac{\text{Force}}{\text{Area}}\right)}{\left(\frac{\Delta L}{L}\right)} \end{aligned}$$



$$B \text{ (sıkışma esn. mod.)} = \Delta P / \Delta L / L$$

$$= \gamma / 3(1 - 2\mu)$$

$$\text{Sıkıştırılabilirlik} = 1/B$$

$\mu$  = Poisson oranı: maddenin cinsine bağlı  
(nonizotropisine)

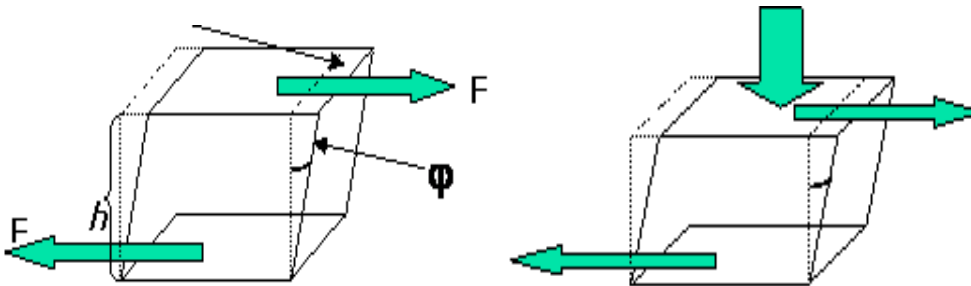
$$S \text{ (sertlik)} = \Delta F / \Delta A \text{ (veya } \Delta L)$$

$$K \text{ (kompliyans)} = 1/S$$

$$= \Delta A \text{ (veya } \Delta L) / \Delta F$$

**Kemik/kas ve akışkanlarda makaslama (shear) zorlanması (strain):**  
**Makaslama modulu veya modulus of rigidity**

$$\text{shear modulus } G = \frac{\text{shearing stress}}{\text{shearing strain}} = \frac{dF / dA}{\Delta x / h} = \frac{\tau}{\gamma}$$



$\gamma$  = alanca bağıl değişme

$\tau$  = kuvvetteki değişme

$$\Phi = \gamma$$

$$\gamma = \frac{\Delta x}{h} = \tan \varphi$$

$$G = Y / 2(1+\mu)$$

$\mu$  = Poisson oranı: maddenin cinsine bağlı (nonizotropisine)

### Poisson oranı

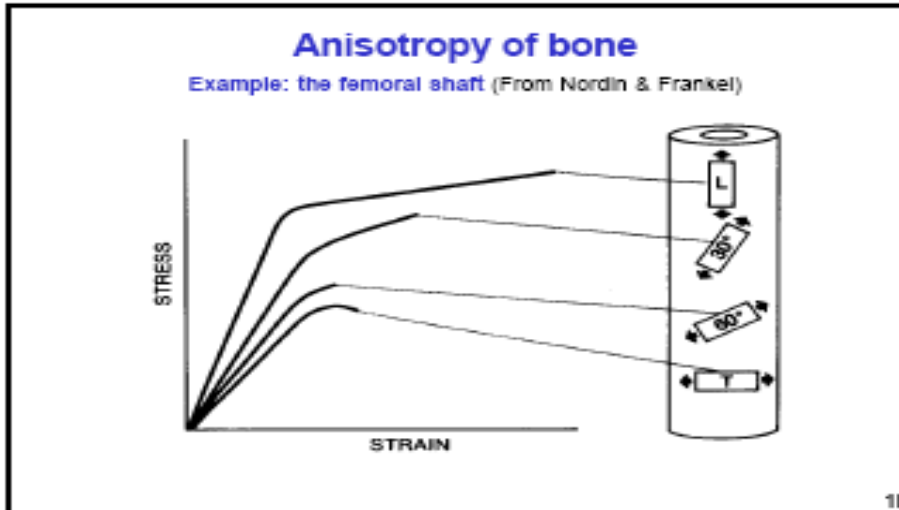
*ince bir cisim çok uzatılırsa, onun etki kesiti küçülür (contractive). Bu durumda üç boyda ortaya çıkan değişimler,*

*yükseklığe ( $a_o$ ) ve genişliğe ( $w_o$ ) bağlı bağıl değişmeler*

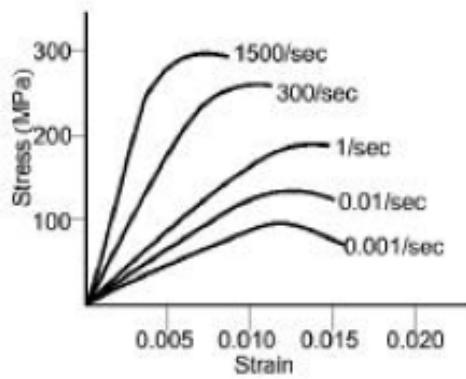
$$\Delta a/a_o = \Delta b/b_o = - \mu \Delta L/L_o$$

$\mu$ : maddenin Poisson oranı

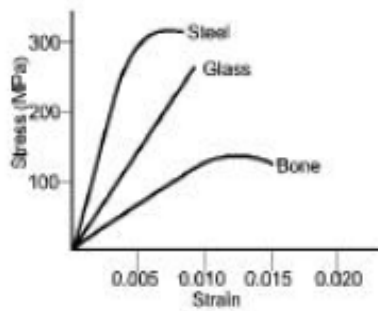
$$\begin{aligned} \text{Poisson Ratio} &= - \frac{\text{Transverse Strain}}{\text{Axial Strain}} \\ &= - \frac{\left( \frac{\Delta x}{x} \right)}{\left( \frac{\Delta y}{y} \right)} \end{aligned}$$



Viscoelasticity of bone: strain-rate dependency.

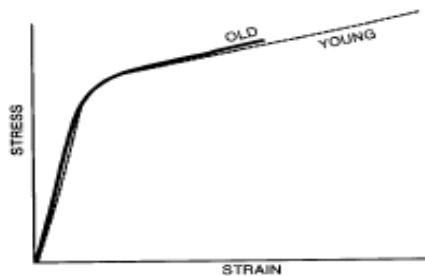


10



Behavior of bone in uniaxial tension compared to other common materials

3



Effect of Aging: Stress-strain curves for samples of adult human tibia of two widely differing ages tested in tension

8