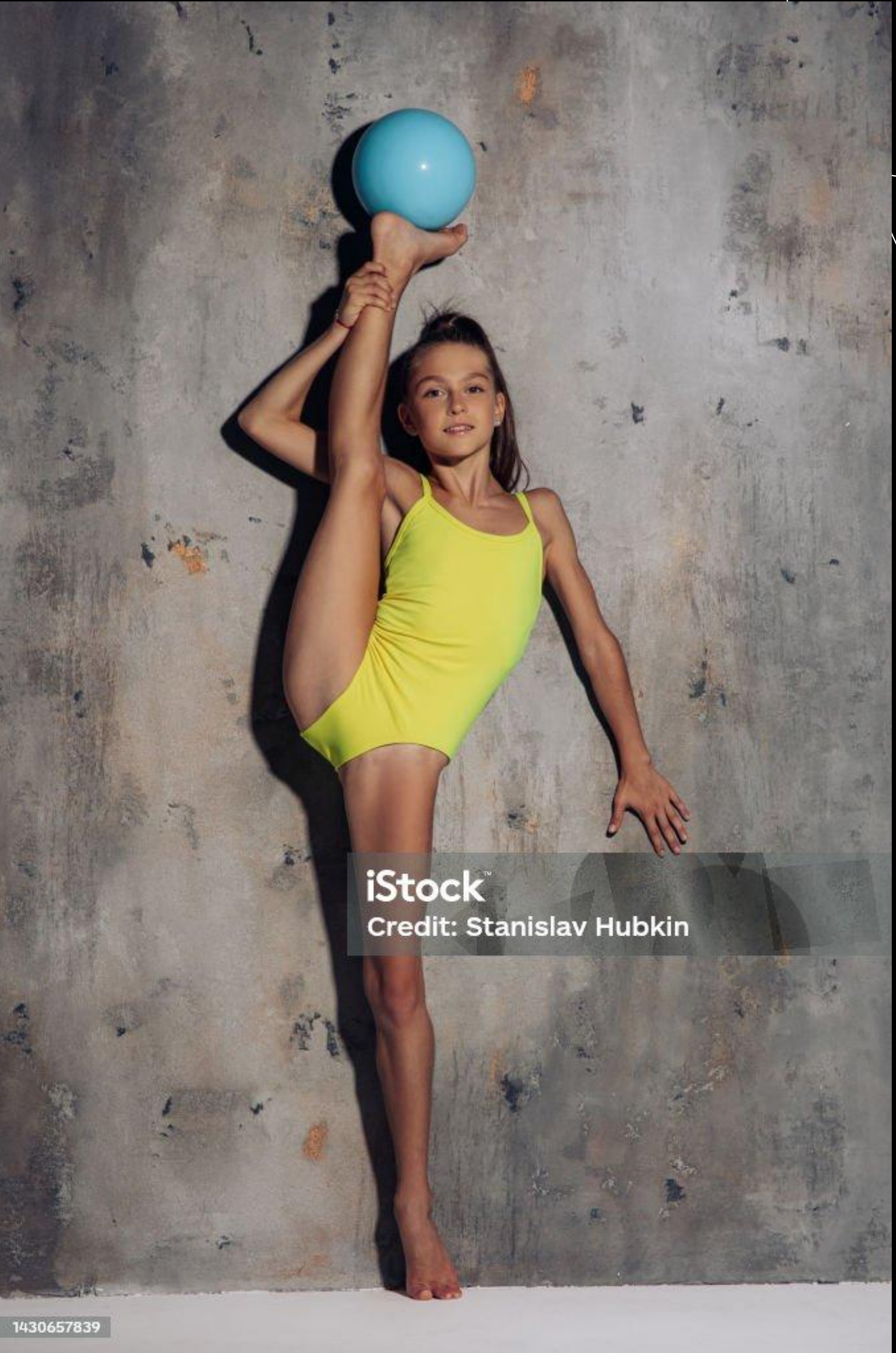

iStock
Credit: Stanislav Hubkin
1430657839

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CUERPO

CLASIFICACIÓN

Pasivos

- Huesos y tendones. Responden a fuerzas externas

Activos

- Músculos. Generan fuerzas

Robert Hooke
1635-1703
natural
philosopher
horologist &
physiologist
microscopist
astronomer
anatomist
mechanist
physicist
architect
survey
artist

Robert Hooke (1635-1703)

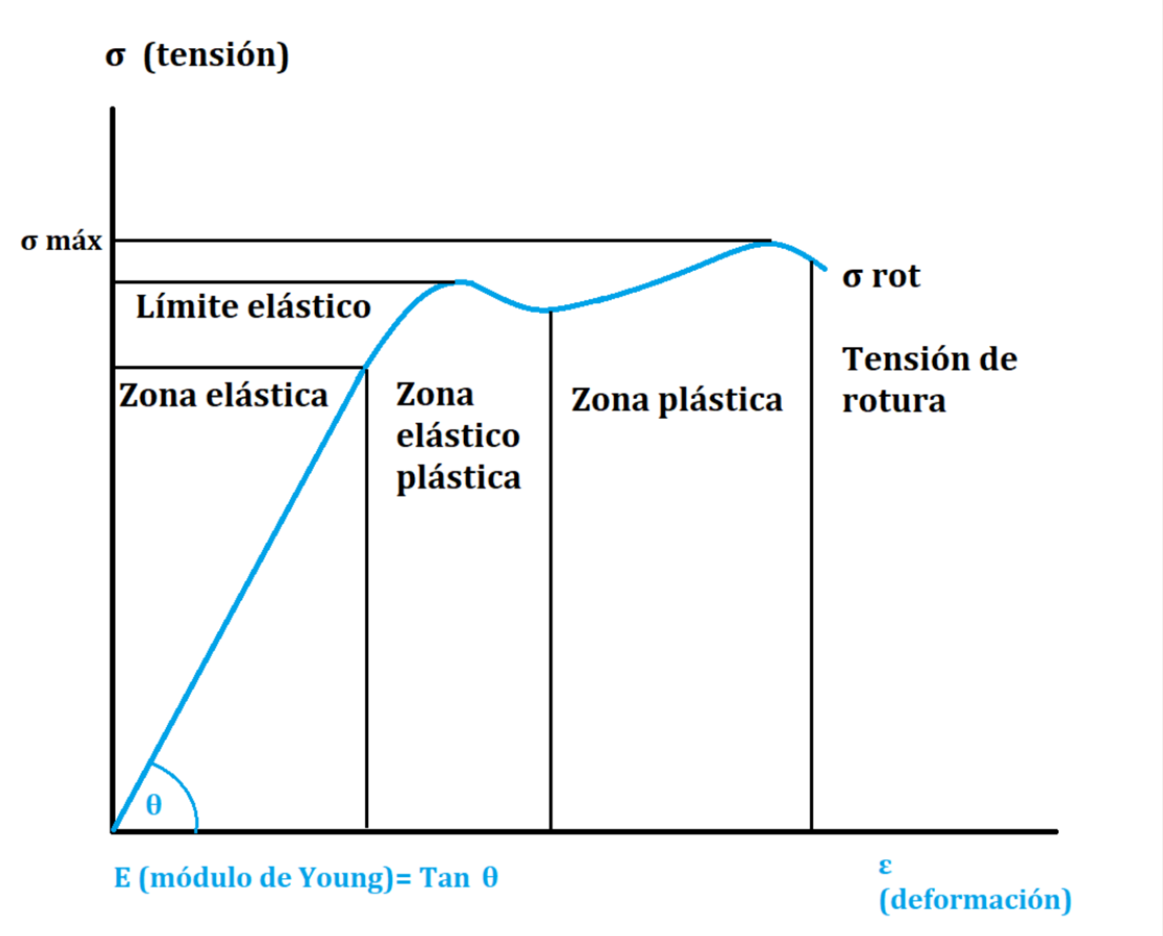
LEY DE HOOKE

La respuesta de los elementos pasivos tiene un comportamiento armónico o hookeano.

Se comportan como un resorte describiendo un movimiento armónico ideal.

La relación entre tensión aplicada y deformación es lineal.

Se almacena energía potencial que se puede recuperar.

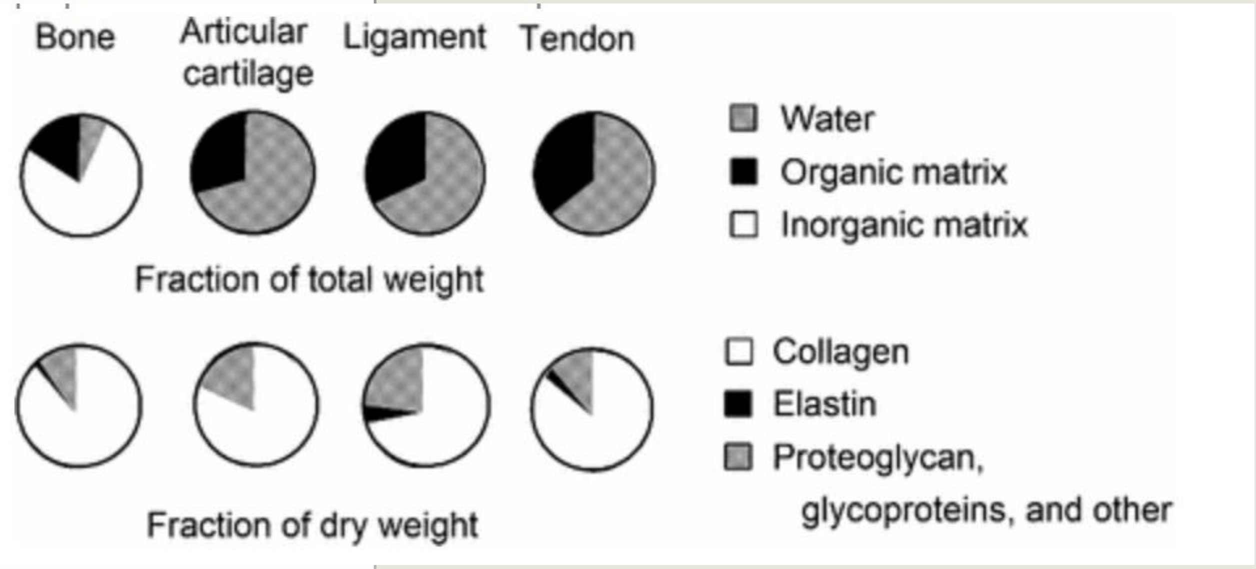


Ecuación tensorial: $[\vec{\sigma}] = \boldsymbol{Y}\left[\overleftarrow{\vec{\epsilon}}\right]$

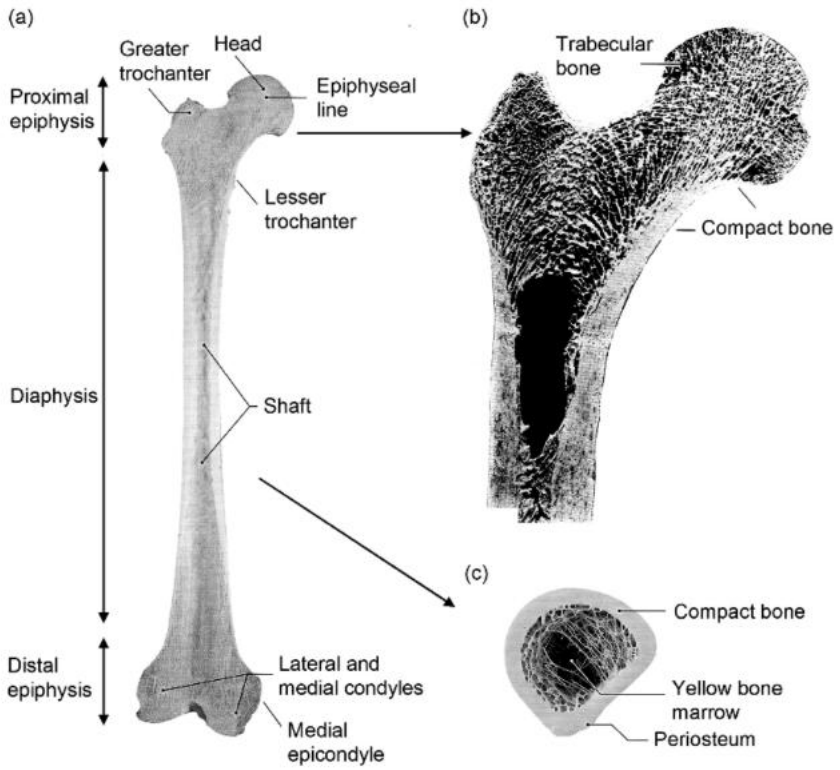
En una dimensión: $F_x = -kx$

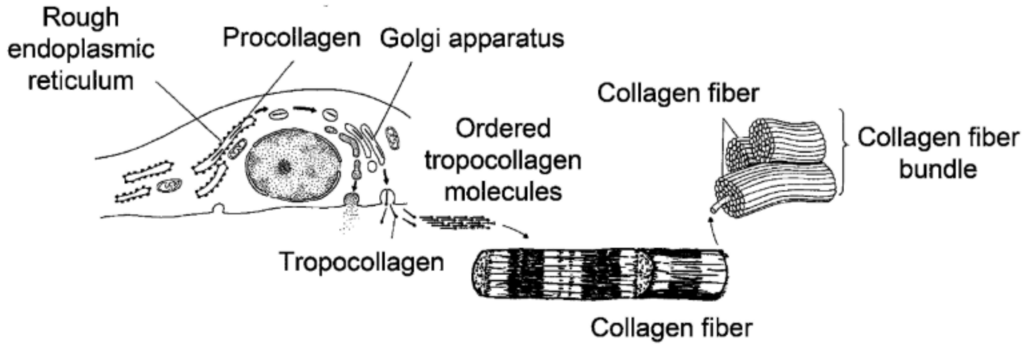
TEJIDOS

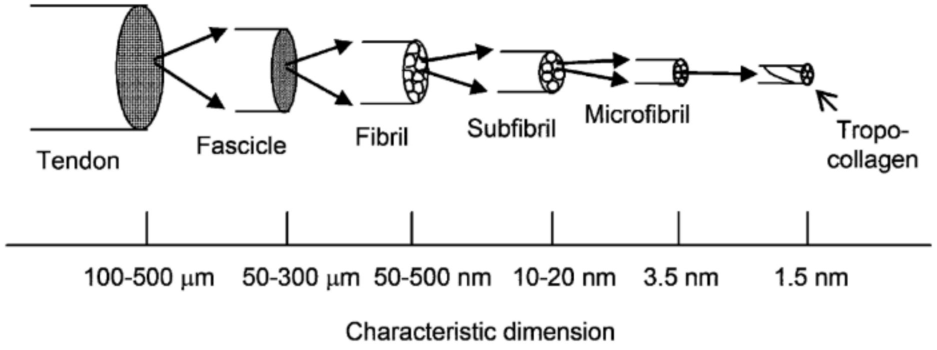
- Tejido epitelial
- Tejido conectivo
- Tejido nervioso
- Tejido muscular



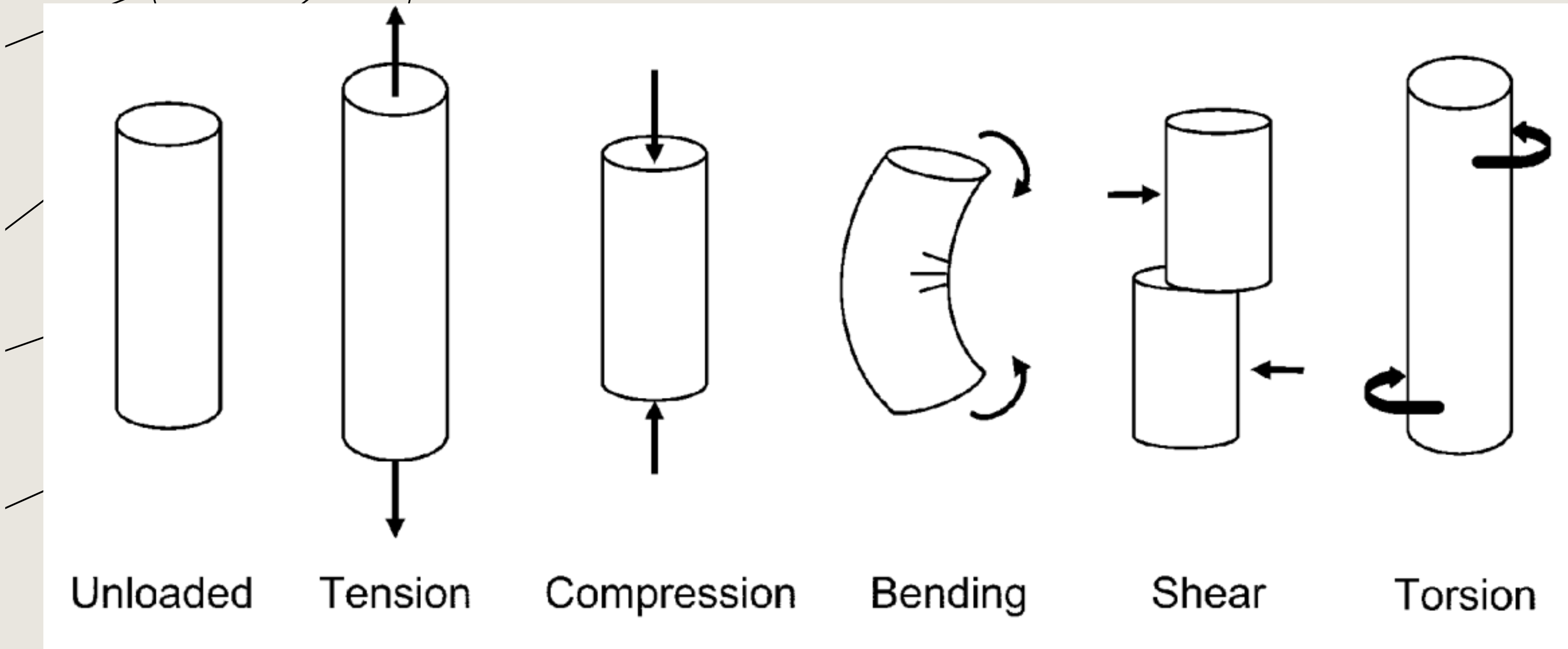
Constitución de los tejidos


(a)
Greater trochanter
Head
Epiphyseal line
Proximal epiphysis
Lesser trochanter
Diaphysis
Shaft
Distal epiphysis
Lateral and medial condyles
Medial epicondyle
(b)
Trabecular bone
Compact bone
(c)
Compact bone
Yellow bone marrow
Periosteum


Rough endoplasmic reticulum
Procollagen
Golgi apparatus
Ordered tropocollagen molecules
Collagen fiber
Collagen fiber bundle
Tropocollagen
Collagen fiber

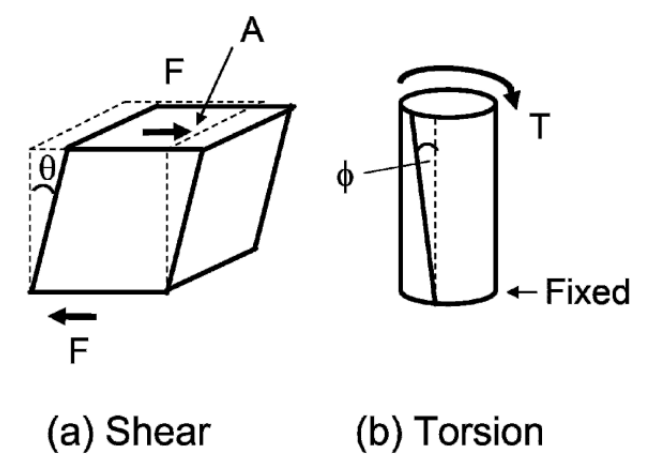

Tendon
Fascicle
Fibril
Subfibril
Microfibril
Tropo-collagen
100-500 μm
50-300 μm
50-500 nm
10-20 nm
3.5 nm
1.5 nm
Characteristic dimension

OTRAS RELACIONES DE TENSION-DEFORMACIÓN


Unloaded
Tension
Compression
Bending
Shear
Torsion

Distintos casos de deformación:

Tensión, compresión, flexión, deslizamiento, torsión.

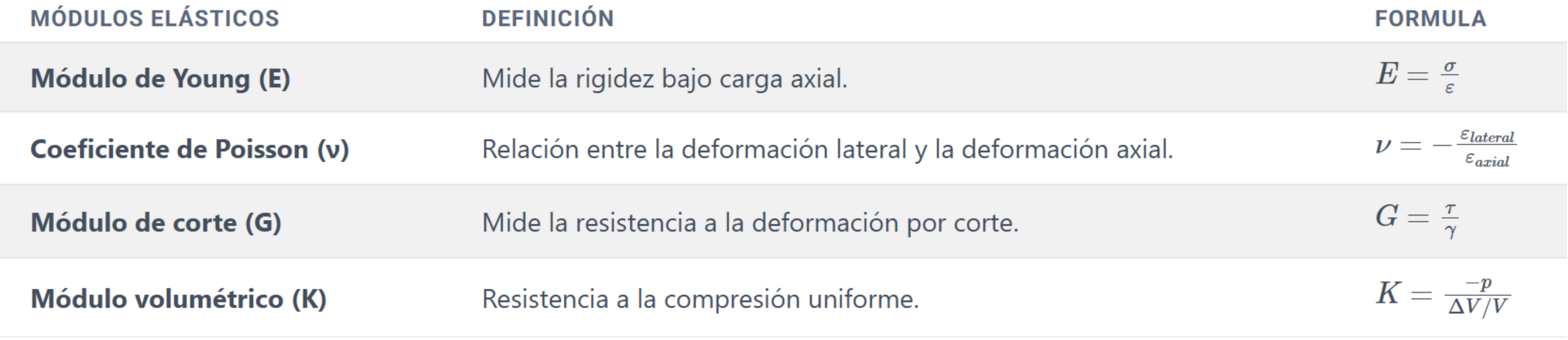

A
F
θ
F
T
ϕ
Fixed
(a) Shear
(b) Torsion

Esfuerzo y deformación de torsión

Módulos elásticos en materiales isotrópicos

$$M = \frac{esfuerzo}{deformación\ unitaria} \Rightarrow Y = \frac{F/A}{\Delta l/l}$$

Módulo de Young

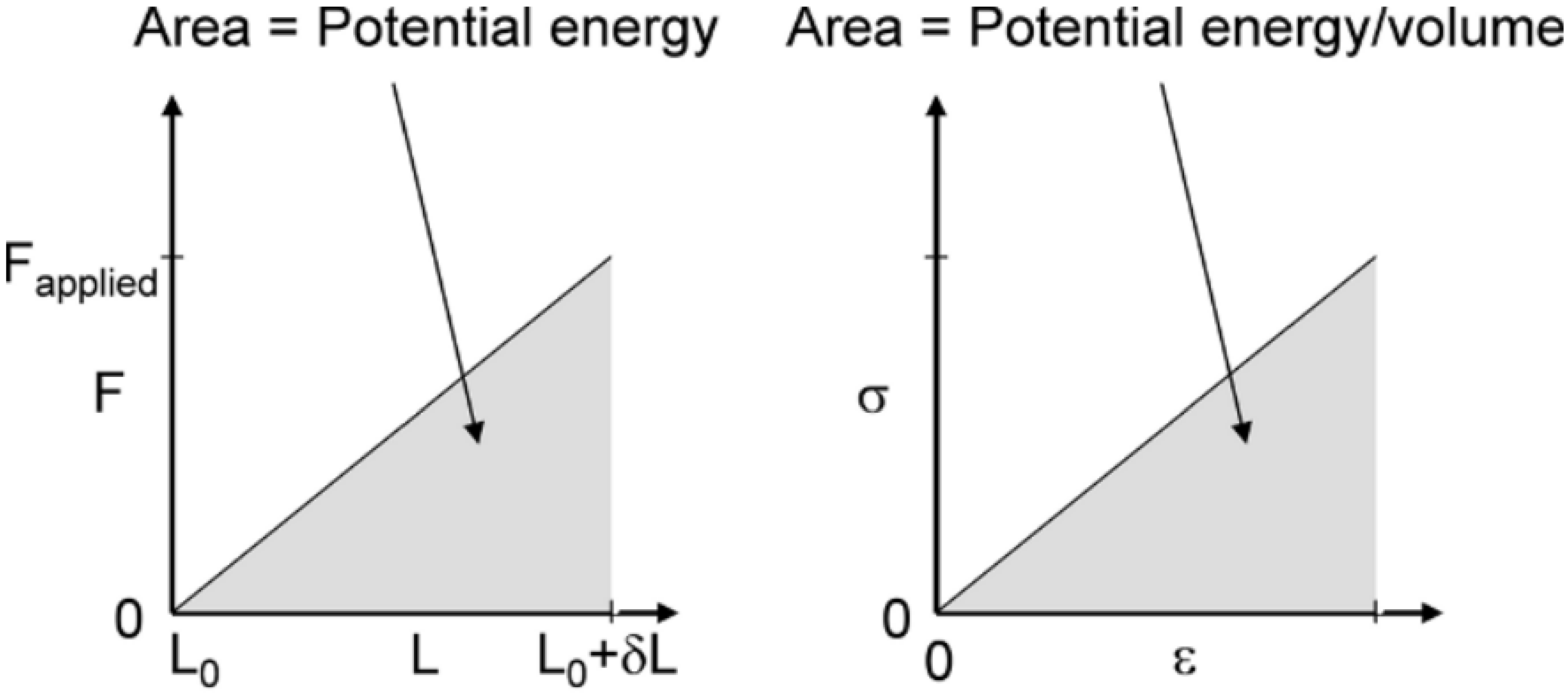


MÓDULOS ELÁSTICOS	DEFINICIÓN	FORMULA
Módulo de Young (E)	Mide la rigidez bajo carga axial.	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$
Coeficiente de Poisson (ν)	Relación entre la deformación lateral y la deformación axial.	$\nu = -\frac{\varepsilon_{lateral}}{\varepsilon_{axial}}$
Módulo de corte (G)	Mide la resistencia a la deformación por corte.	$G = \frac{\tau}{\gamma}$
Módulo volumétrico (K)	Resistencia a la compresión uniforme.	$K = \frac{-p}{\Delta V/V}$

ENERGÍA POTENCIAL ELÁSTICA

ENERGÍA POTENCIAL

$$EP = \frac{1}{2}kx^2$$

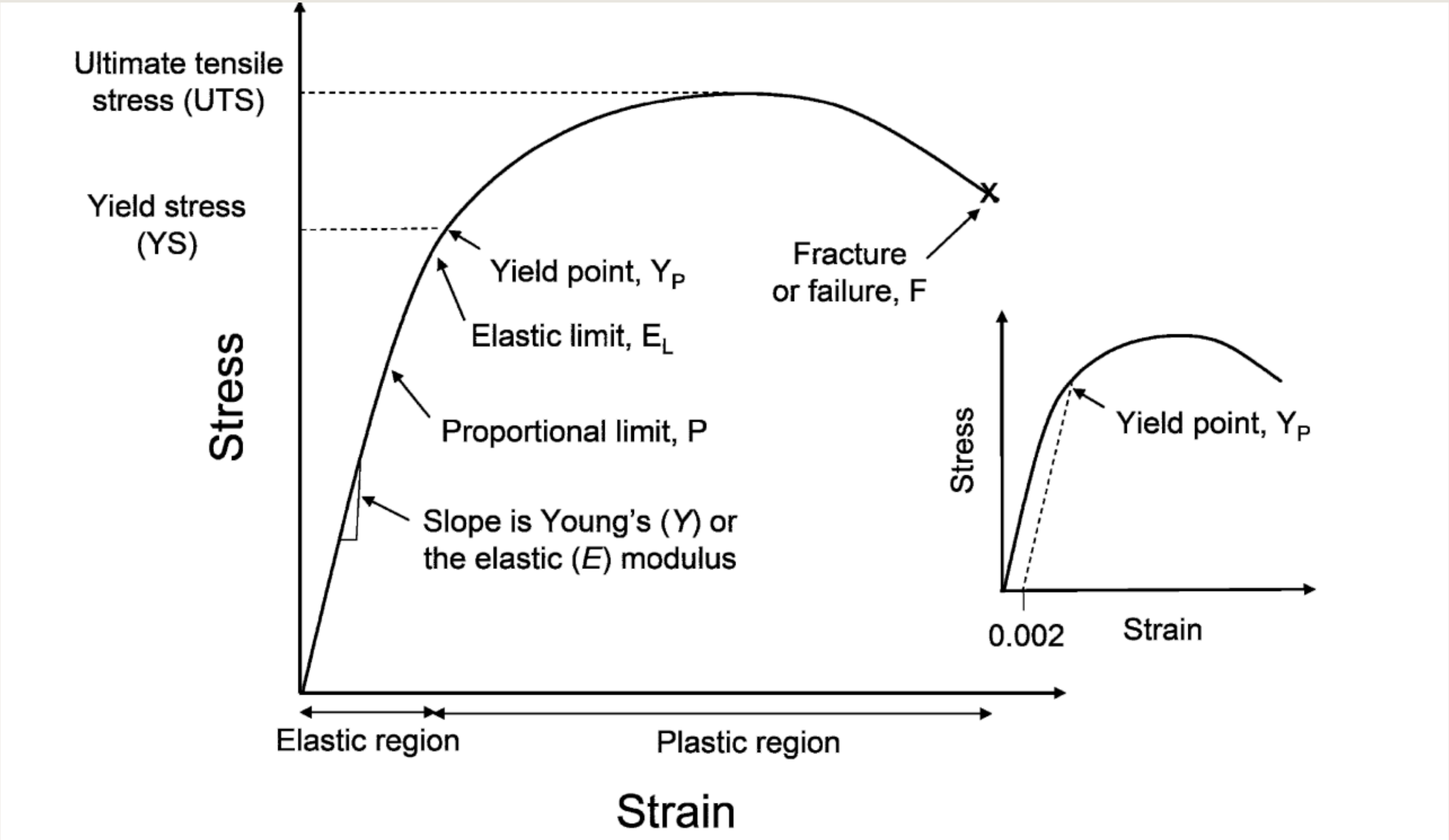

Area = Potential energy
Area = Potential energy/volume
$F_{applied}$
F
0
L_0
L
$L_0+\delta L$
σ
0
0
ε

(b)

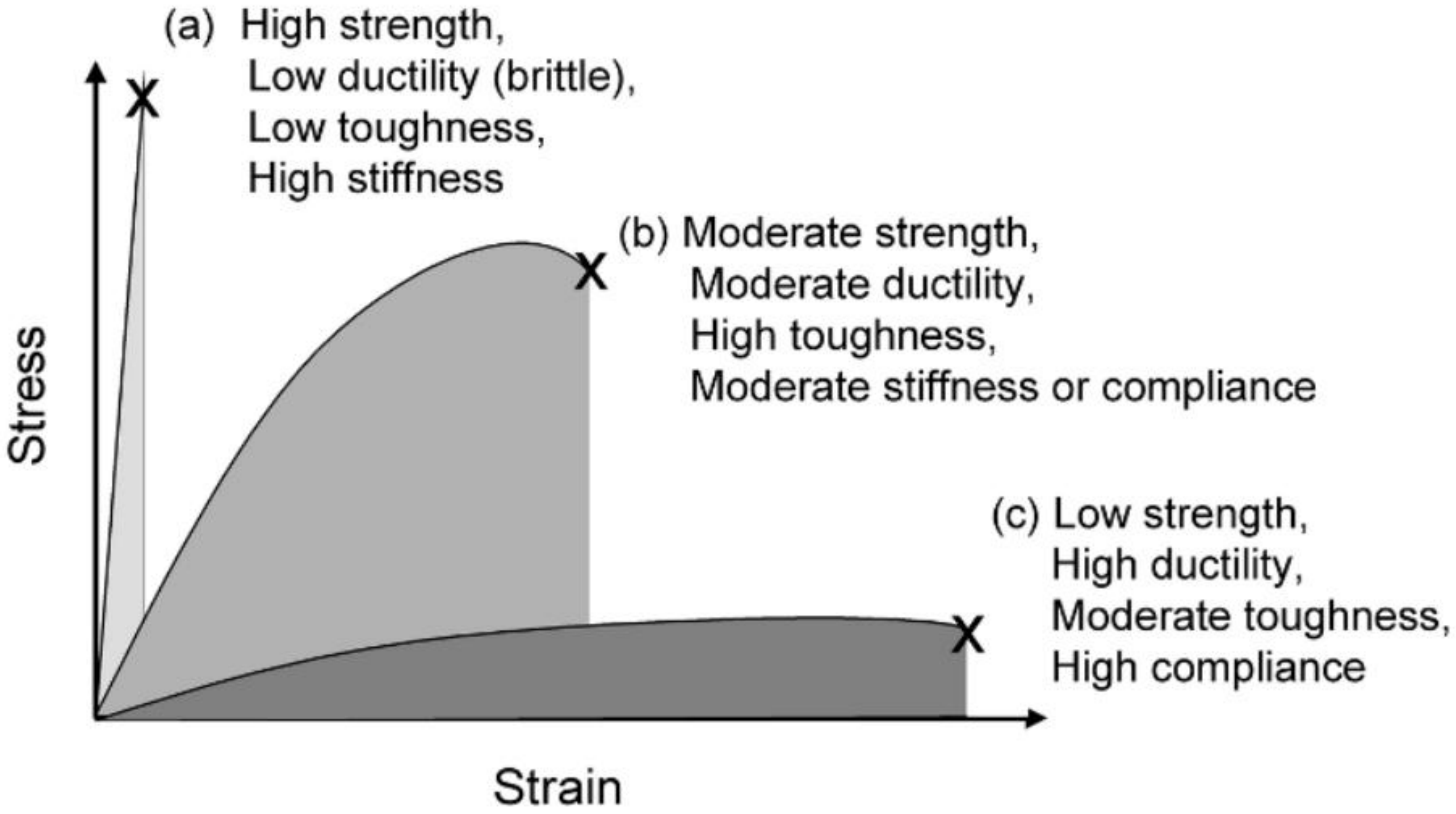
$$\mathrm{PE} = \frac{1}{2}\frac{\sigma^2}{Y}V = \left(\frac{(F_{\text{applied}}/A)^2}{2Y}\right)AL_0 = \frac{F_{\text{applied}}^2}{2Y}\frac{L_0}{A},$$

¿CUÁNTA ENERGÍA SE PUEDE ALMACENAR?

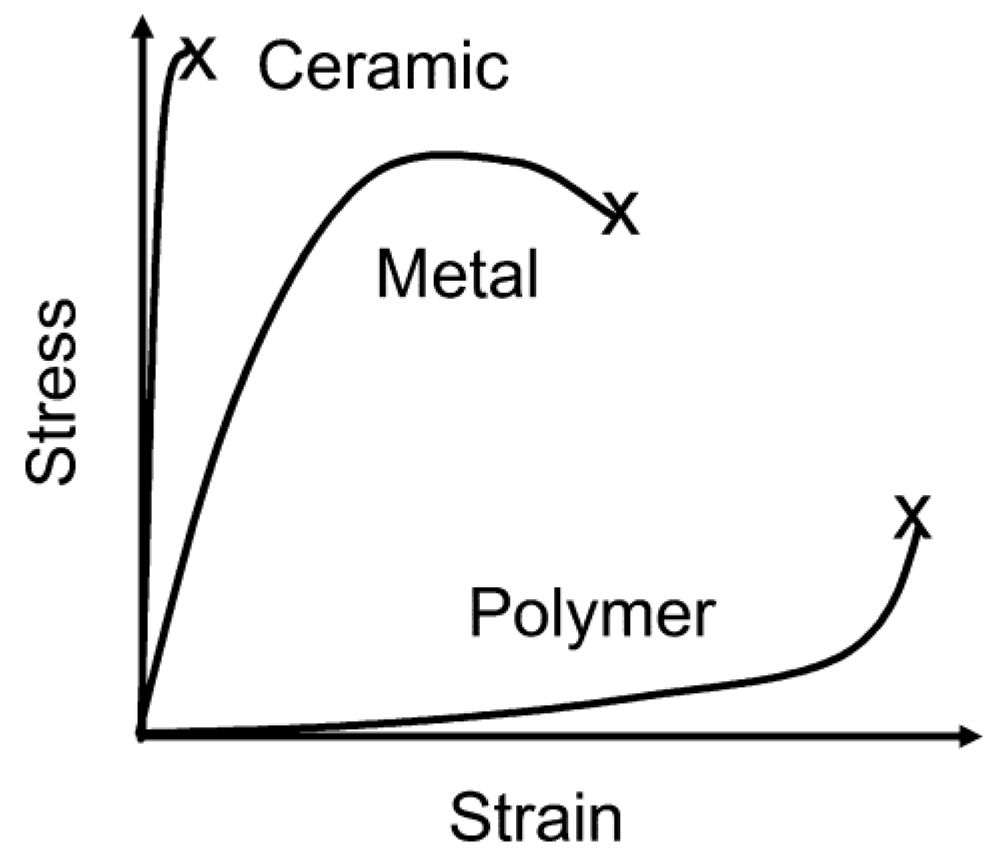
$$\frac{F_{\text{applied}}^2}{2Y}\frac{L_0}{A},$$

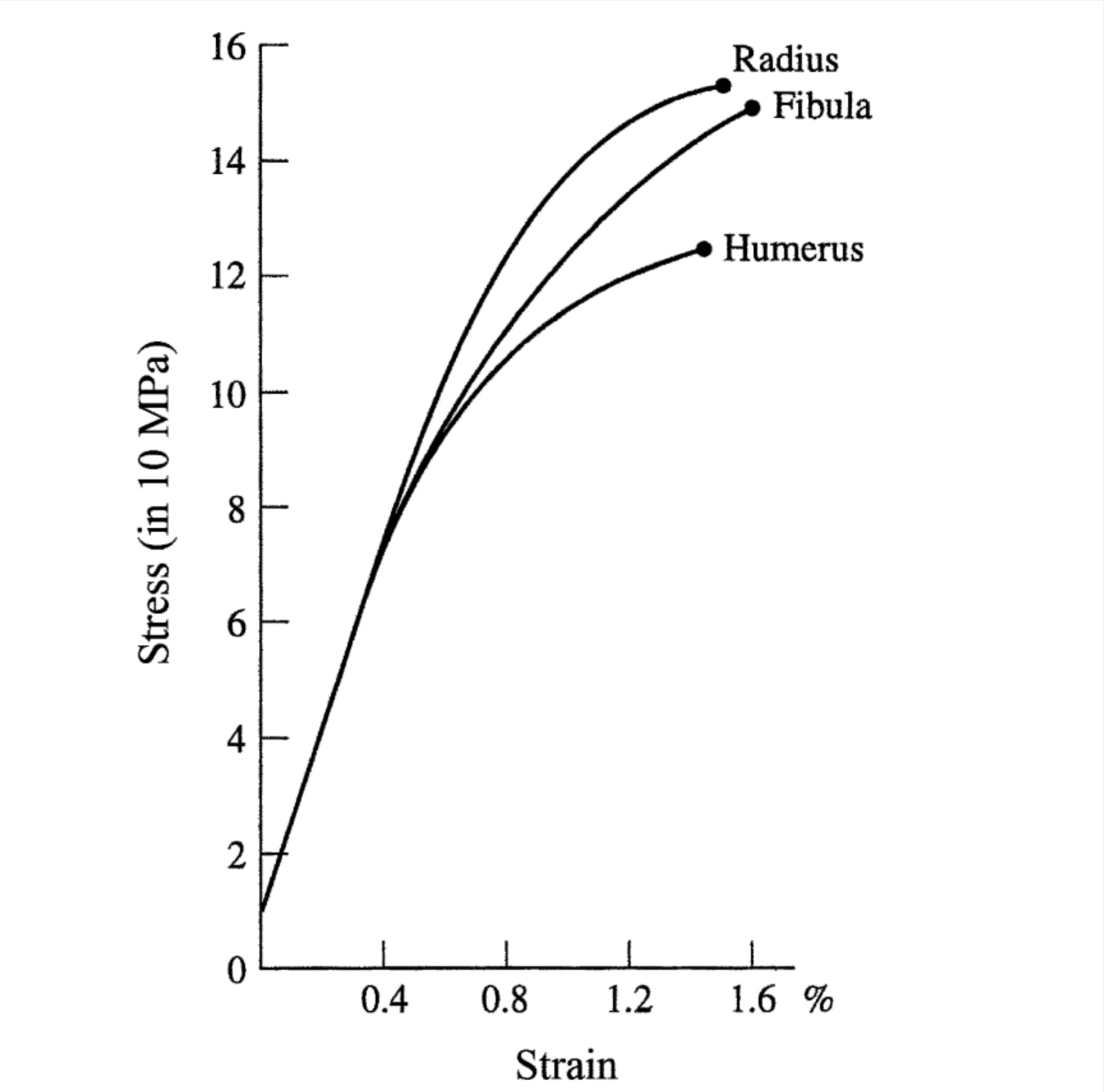

Ultimate tensile stress (UTS)
Yield stress (YS)
Stress
Yield point, Y_P
Fracture or failure, F
Elastic limit, E_L
Proportional limit, P
Slope is Young's (*Y*) or the elastic (*E*) modulus
Elastic region
Plastic region
Strain
Stress
Yield point, Y_P
0.002
Strain

DISTINTOS MATERIALES



COMPARACIÓN





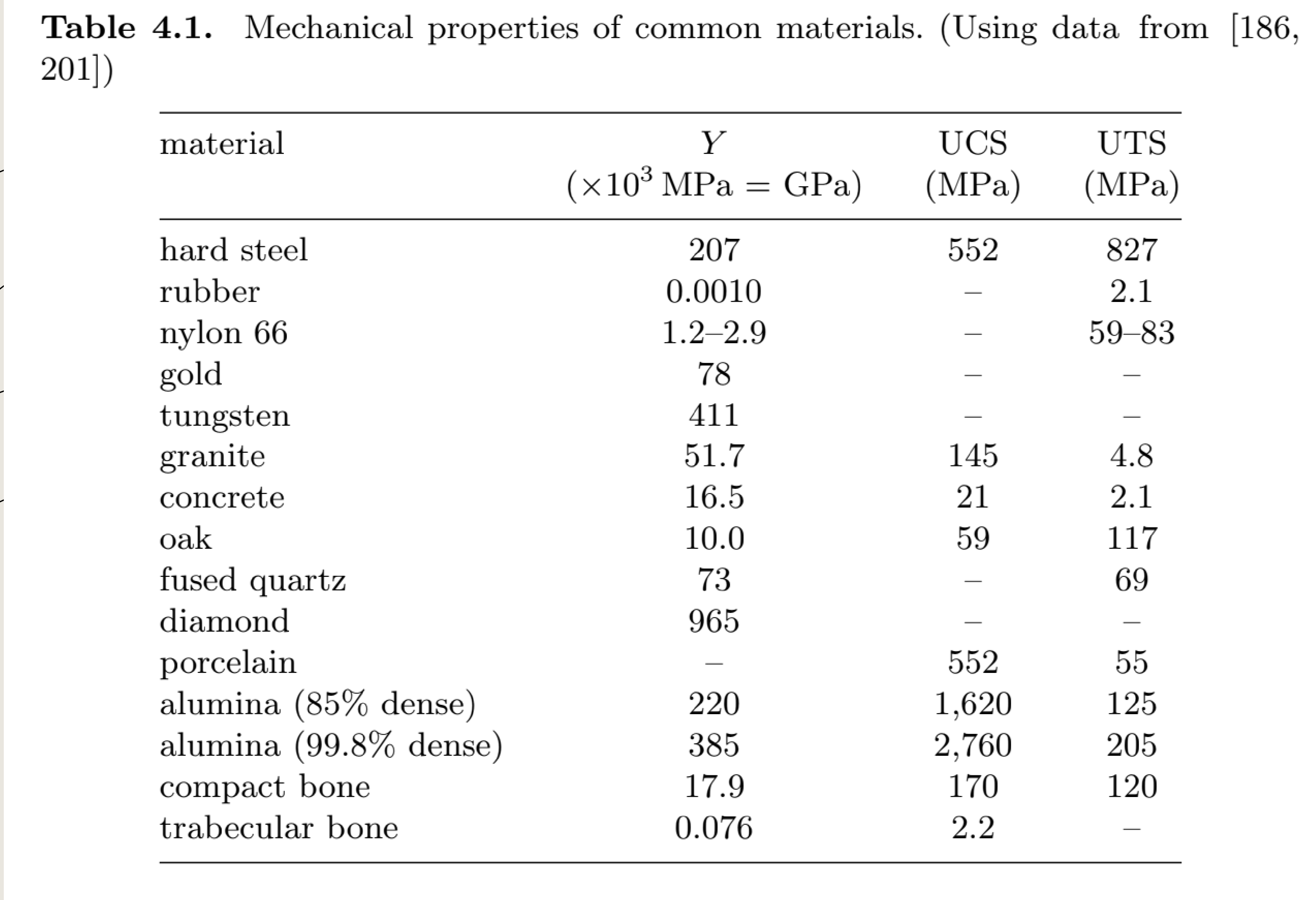


Table 4.1. Mechanical properties of common materials. (Using data from [186, 201])

material	Y ($\times 10^3$ MPa = GPa)	UCS (MPa)	UTS (MPa)
hard steel	207	552	827
rubber	0.0010	–	2.1
nylon 66	1.2–2.9	–	59–83
gold	78	–	–
tungsten	411	–	–
granite	51.7	145	4.8
concrete	16.5	21	2.1
oak	10.0	59	117
fused quartz	73	–	69
diamond	965	–	–
porcelain	–	552	55
alumina (85% dense)	220	1,620	125
alumina (99.8% dense)	385	2,760	205
compact bone	17.9	170	120
trabecular bone	0.076	2.2	–

UCS (ultimate compressive stress)

UTS (ultimate tensile stress)

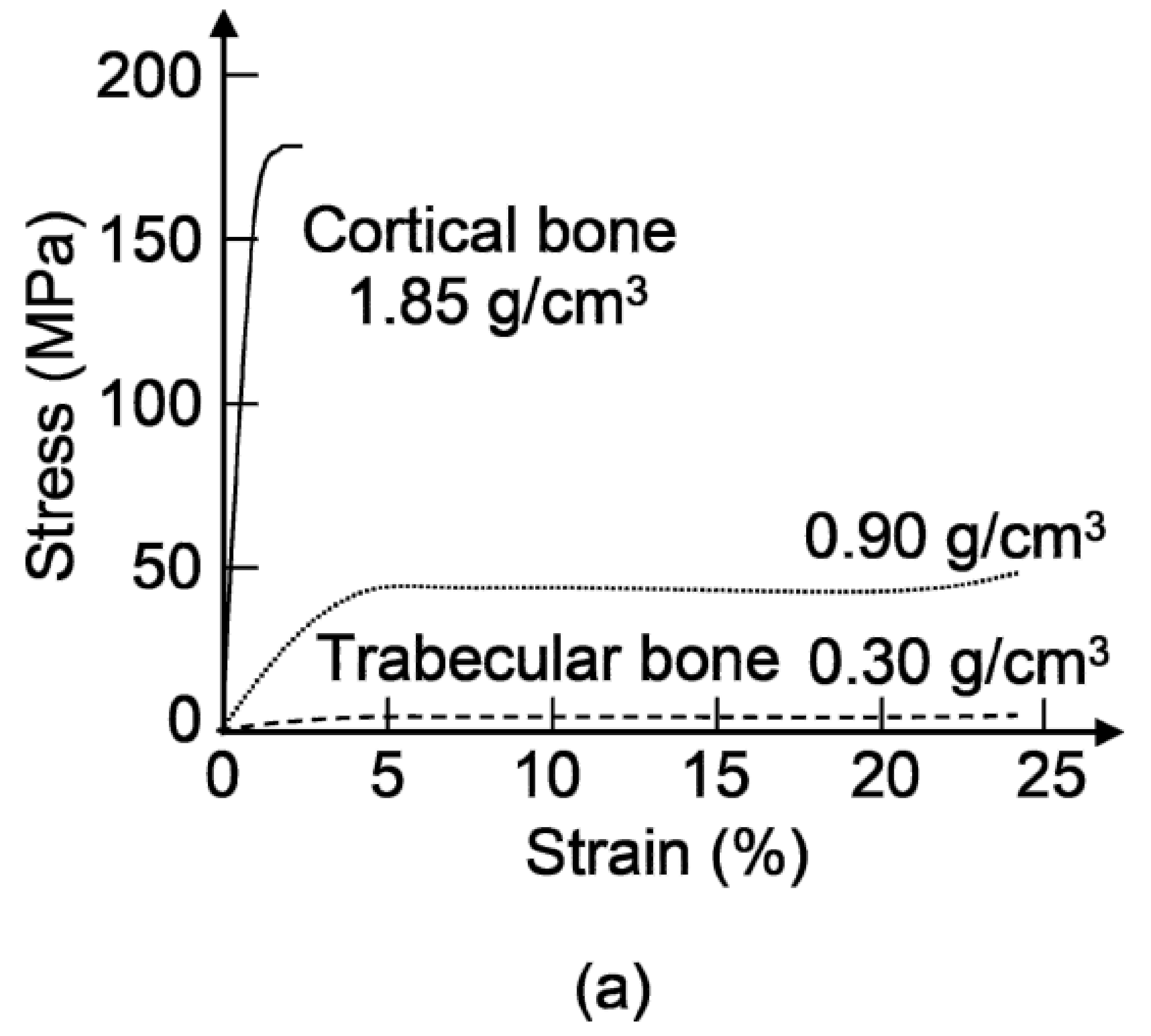
↓

fractura

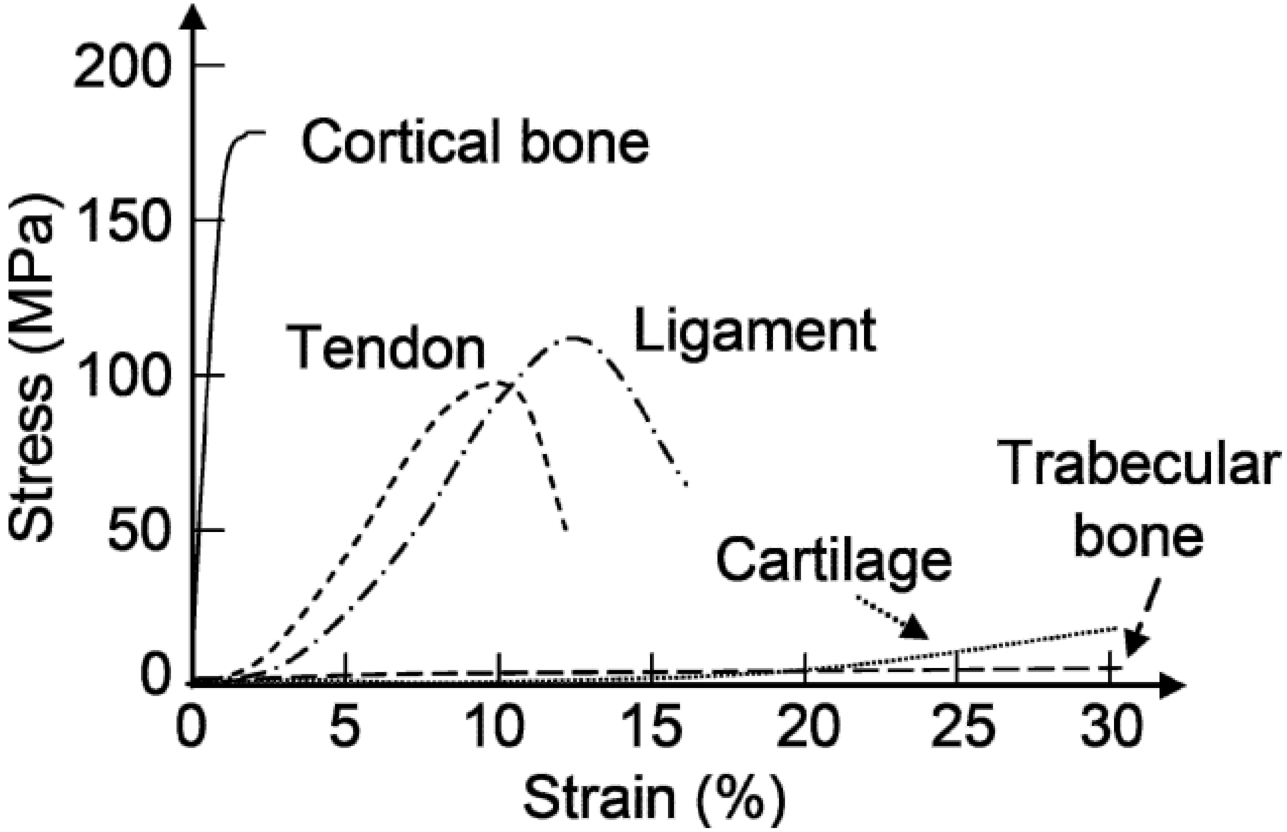
TIPOS DE HUESOS

Huesos corticales: Compactos, densos con modilo de Young grande, comparable a materiales fuertes. Resisten más tension en compresión que en tension,

Huesos trabeculares: esponjosos, porosos, con Y muy pequeño similar a la goma.



CURVAS TIPICAS



Huesos, dientes y clavos son materiales duros con curvas similares a la ceramica.

Tendones, cartilagos, músculo en reposo,
piel, arterias, e intestinos todos poseen propiedades tipo elastómero, tienen mucho colagéno. Son materiales no Hookeanos. Tienen propiedades viscoelasticas.

PROPIEDADES ELASTICAS

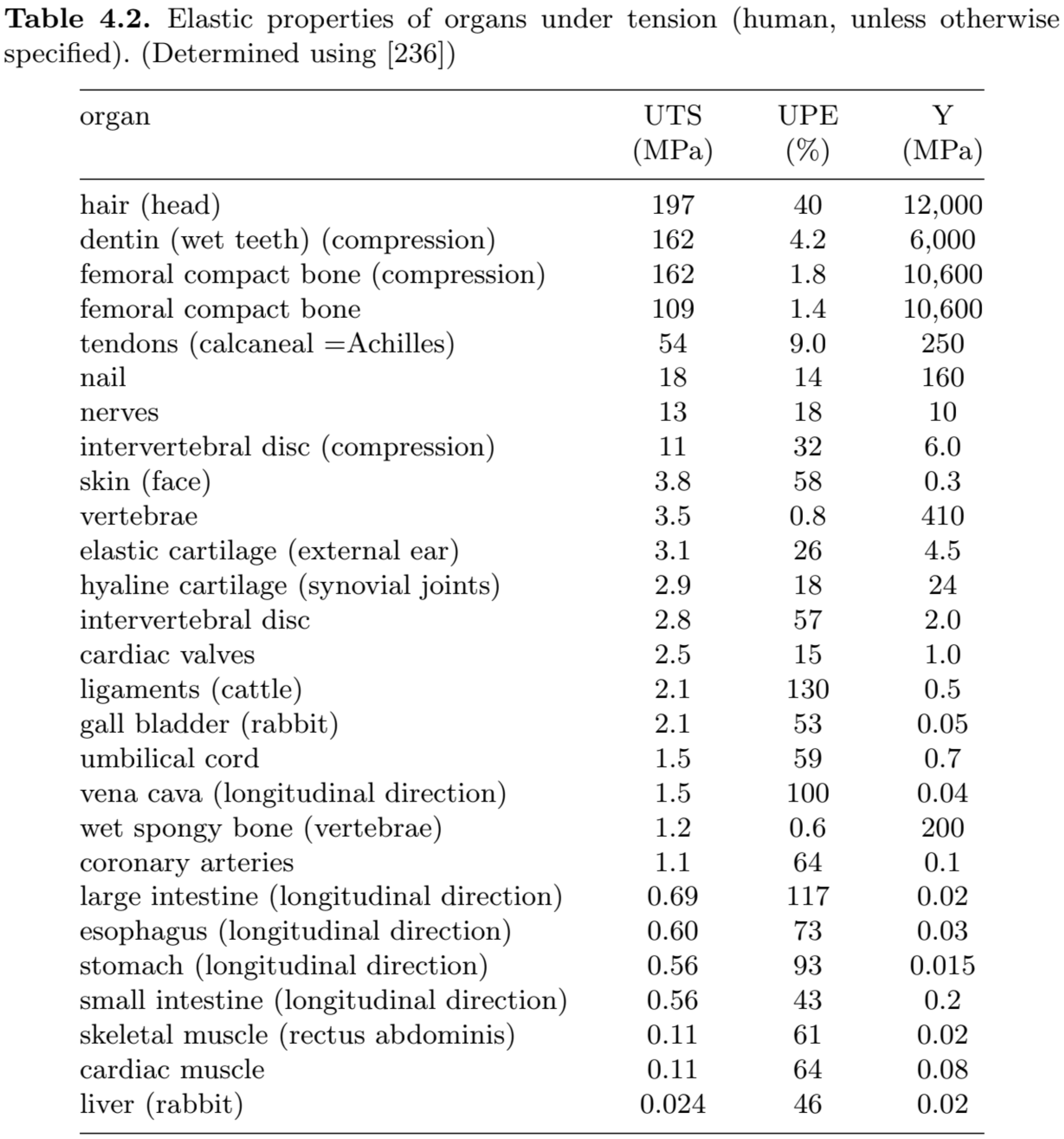


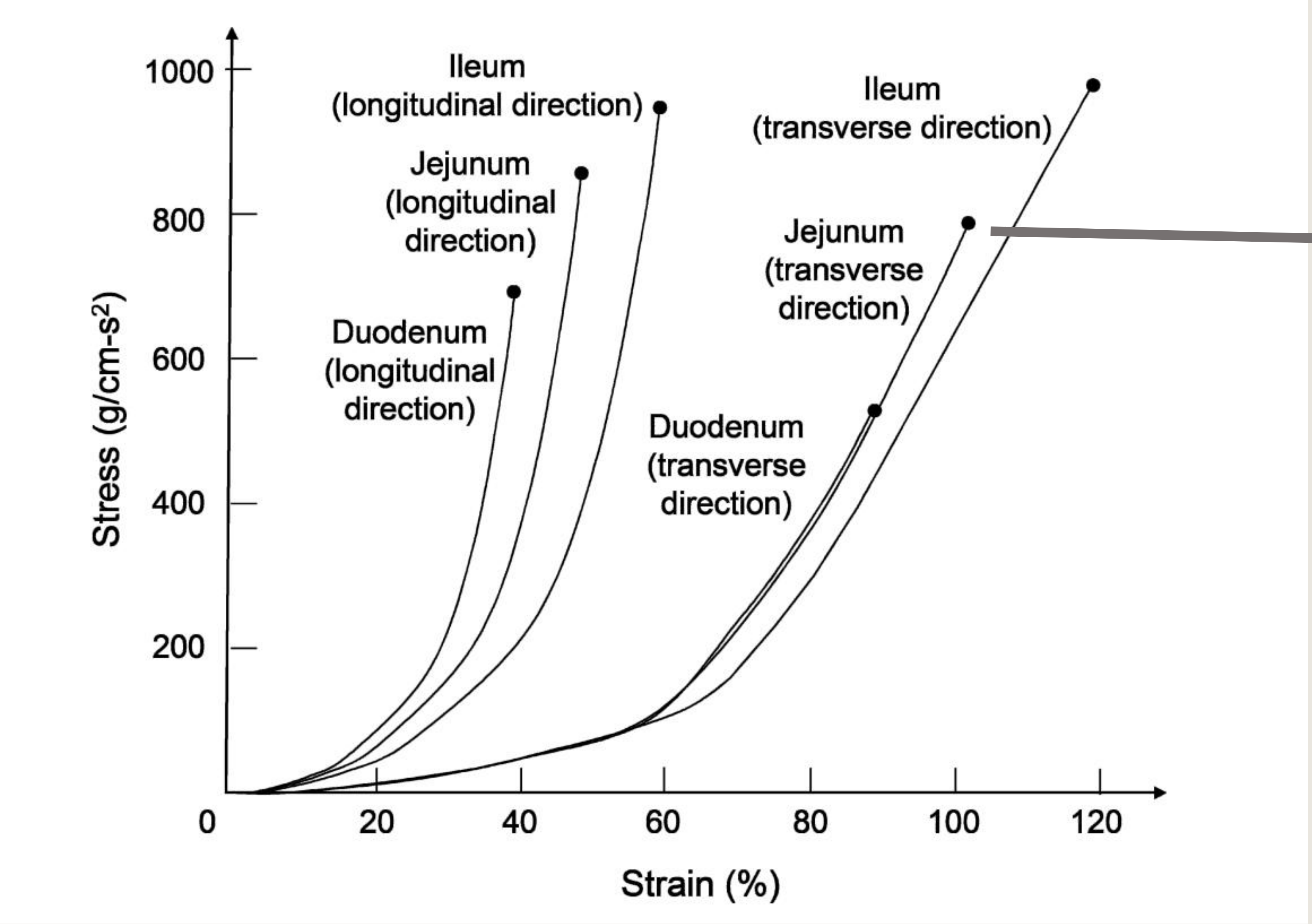
Table 4.2. Elastic properties of organs under tension (human, unless otherwise specified). (Determined using [236])

organ	UTS (MPa)	UPE (%)	Y (MPa)
hair (head)	197	40	12,000
dentin (wet teeth) (compression)	162	4.2	6,000
femoral compact bone (compression)	162	1.8	10,600
femoral compact bone	109	1.4	10,600
tendons (calcaneal =Achilles)	54	9.0	250
nail	18	14	160
nerves	13	18	10
intervertebral disc (compression)	11	32	6.0
skin (face)	3.8	58	0.3
vertebrae	3.5	0.8	410
elastic cartilage (external ear)	3.1	26	4.5
hyaline cartilage (synovial joints)	2.9	18	24
intervertebral disc	2.8	57	2.0
cardiac valves	2.5	15	1.0
ligaments (cattle)	2.1	130	0.5
gall bladder (rabbit)	2.1	53	0.05
umbilical cord	1.5	59	0.7
vena cava (longitudinal direction)	1.5	100	0.04
wet spongy bone (vertebrae)	1.2	0.6	200
coronary arteries	1.1	64	0.1
large intestine (longitudinal direction)	0.69	117	0.02
esophagus (longitudinal direction)	0.60	73	0.03
stomach (longitudinal direction)	0.56	93	0.015
small intestine (longitudinal direction)	0.56	43	0.2
skeletal muscle (rectus abdominis)	0.11	61	0.02
cardiac muscle	0.11	64	0.08
liver (rabbit)	0.024	46	0.02

UPE (ultimate percent elongation)

UTS (ultimate tensile stress)

DISTINTAS PARTES DEL INSTESTINO



Puntos de fractura

RESUMIENDO

Propiedades mecánicas muy diferentes

- *Isotrópicos o anisotrópicos*:

Similares o diferentes propiedades a lo largo de diferentes direcciones.

Relacionadas con la composición.

Compositos, estructuras laminadas

- *Varian con diferentes parámetros*

Densidad (edad): Osteoporosis

Genética

Género

Lesiones previas

¿Cual es la parte más fuerte del cuerpo?

BIBLIOGRAFÍA

-Physics of the Human Body, Irving P. Herman, Sringer, 2006.

https://drive.google.com/file/d/1NNnwxGHLHNxwR4z5pz2CfNZNfbakeHxA/view?usp=drive_link

- Physics in Biology and Medicine, 3rd Edition. Paul Davidovits, Academic Press, 2007.

https://drive.google.com/file/d/1j9DDKX32acROmUPWAIj7VteWLkC_WIkB/view?usp=drive_link