

Fluídos em organismos

Nessa seção vamos apresentar e discutir os conceitos de Pressão, Viscosidade, Tensão Superficial e Pressão Osmótica aplicados a situações de interesse biológico.

Introdução

- Na natureza, a matéria apresenta-se nos estados sólido, líquido ou gasoso.
- FLUIDO: matéria nos *estados líquido ou gasoso*, que não possui forma definida
 - Matéria no estado líquido → volume pode ser definido (*fluido incompressível*)
 - Matéria no estado gasoso → volume não pode ser definido (*fluido compressível*)
- Fluidos são caracterizados pela sua densidade (função da temperatura e pressão)
- Quando submetidos a forças apropriadas o fluido flui, ou seja, uma camada desliza em relação às camadas adjacentes
- O ar e a água são fluidos de importância fundamental para vida animal ou vegetal:
 - Ar: contém o elemento oxigênio na forma de O_2
 - Água (H_2O): presente no interior dos organismos vivos e é vital para seu funcionamento. Ex: homem de 70kg tem aproximadamente 40l de água em seu organismo (63% líquido intracelular e 37% líquido extracelular)

Fluidos no corpo humano

LÍQUIDO CEREBROSPINAL OU CEFALORRAQUIDIANO

É o fluido, filtrado do plasma do sangue, que protege as estruturas do sistema nervoso central (o cérebro e a medula espinhal), de fatores externos, como toxinas, por exemplo.

SANGUE

Produzido pela medula óssea, é o grande meio de transporte de nutrientes vitais e de tudo aquilo que precisa ser eliminado (pois carrega impurezas até os rins, que funcionam como um filtro). A parte líquida do sangue - seu fluido propriamente dito - é chamada de plasma. Um adulto tem cerca de 5 a 6 litros de sangue no corpo.

LÍQUIDO SINOVIAL

É o fluido que serve para lubrificar nossas articulações. Ele é produzido por células das cartilagens que se encontram entre os ossos.

LINFA OU LÍQUIDO LINFÁTICO

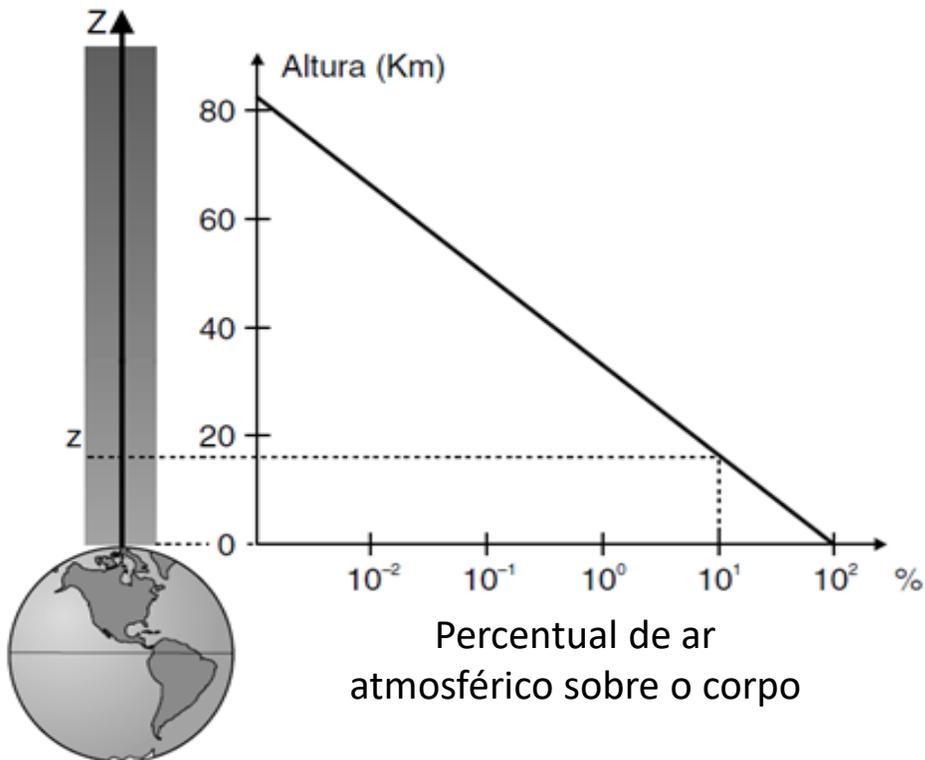
O sangue circula pelo sistema vascular. Quando se acumula nas extremidades do corpo, parte do seu plasma (a parte líquida) acaba por escapar pelas paredes do sistema vascular e se acumula nos tecidos em volta. O sistema linfático drena o plasma e o repõe no sangue. A linfa, além de carregar o plasma de volta, carrega também células do sistema imunológico.

Pressão exercida pelos fluidos

- Um dos efeitos físicos dos fluidos quando há corpos em seu interior ou sobre ele é a pressão exercida pelo fluido na superfície externa dos corpos.

$$P = \frac{F}{A} \quad \left(\frac{N}{m^2} = Pa \right)$$

- **Pressão atmosférica:** Todo corpo na superfície terrestre experimenta uma pressão atmosférica devido ao peso do ar sobre o corpo



- Nível do mar ($z = 0$): $P_0 = 1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$
- Considerando que a aceleração da gravidade é constante até algumas centenas de km de altura e que a atmosfera está em equilíbrio térmico, podemos determinar a pressão atmosférica em função da altura por ($\rho_0 \text{ (ar)} = 1,3 \text{ kg/m}^3$):

$$P = P_0 e^{-\frac{\rho_0 g}{P_0} z}$$

1- Qual a pressão atmosférica em uma cidade localizada 1500m acima do nível do mar? ($0,836 \cdot 10^5 Pa$)

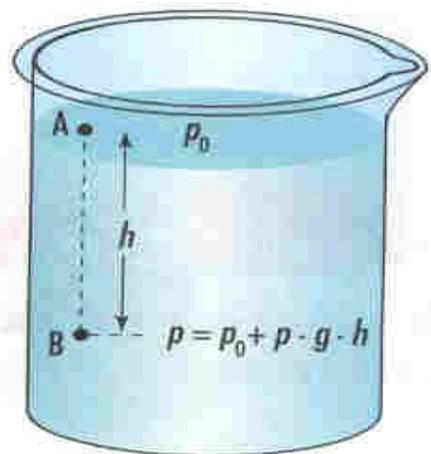
Pressão exercido pelos fluidos

- Um dos efeitos físicos dos fluidos quando há corpos em seu interior ou sobre ele é a pressão exercida pelo fluido na superfície externa dos corpos.

$$P = \frac{F}{A} \quad \left(\frac{N}{m^2} = Pa \right)$$

➤ **Pressão hidrostática:** O fluido contido em um recipiente exerce sobre uma área de sua parede (A), uma força (F) perpendicular a ela

- Se o fluido contido num recipiente não estiver sujeito a nenhuma força externa a pressão em todos os pontos do recipiente será constante (= força resultante nula)
 - Existindo a força gravitacional, no plano horizontal a pressão será constante, mas no plano vertical não.



$$P = P_0 + P'$$

$$P = P_0 + \rho g h$$

sendo P_0 a pressão na superfície livre do fluido

$$P' = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$$

Mas $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V$, então:

$$P' = \frac{\rho V g}{A} = \frac{\rho A h g}{A} = \rho g h$$

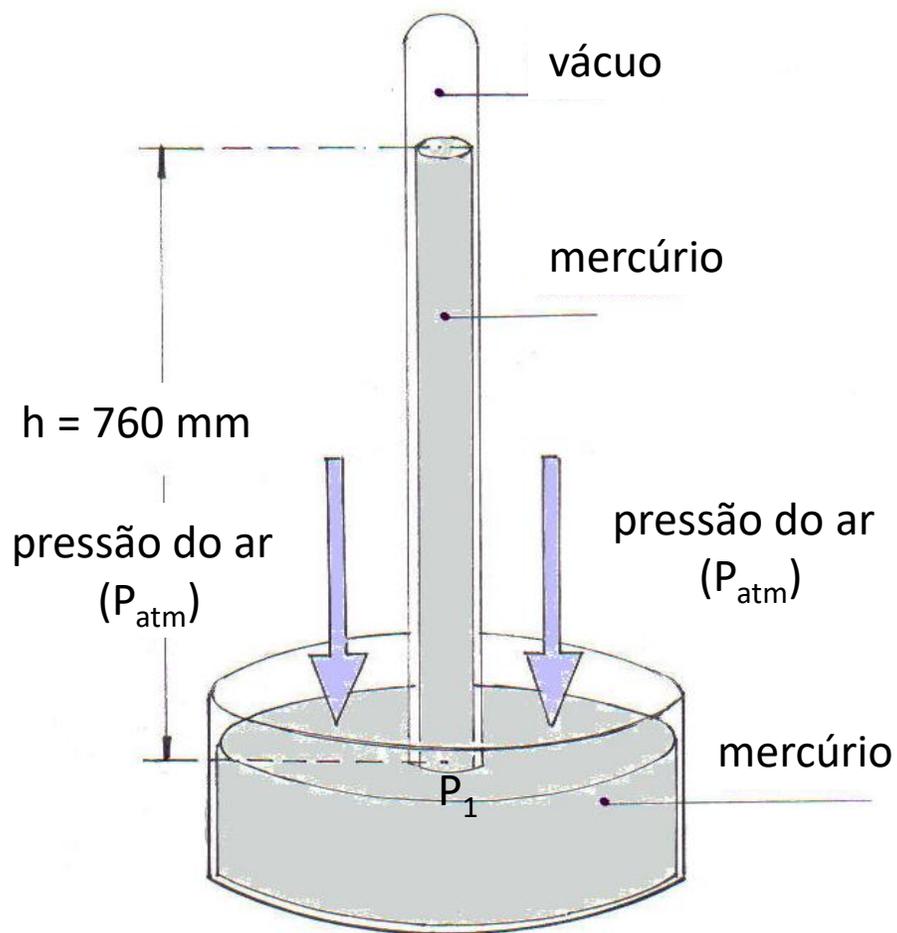
Unidades para pressão

- SI: $\text{N/m}^2 = \text{Pa}$

	Atmospheres	Pa	cm H ₂ O	mm Hg	lb/in. ² (psi)
Atmosphere	1	1.01×10^5	1033	760	14.7
Pa	0.987×10^{-5}	1	0.0102	0.0075	0.145×10^3
cm H ₂ O	9.68×10^{-4}	98.1	1	0.735	0.014
mm Hg	0.00132	133	1.36	1	0.0193
lb/in. ² (psi)	0.068	6895	70.3	51.7	1

Medida de pressão

- Torricelli (1608-1647): medida da pressão atmosférica – Barômetro de mercúrio



Sistema em equilíbrio: $P_1 = P_{atm}$

$$P_1 = \rho_{Hg}gh$$

$$\therefore P_{atm} = \rho_{Hg}gh$$

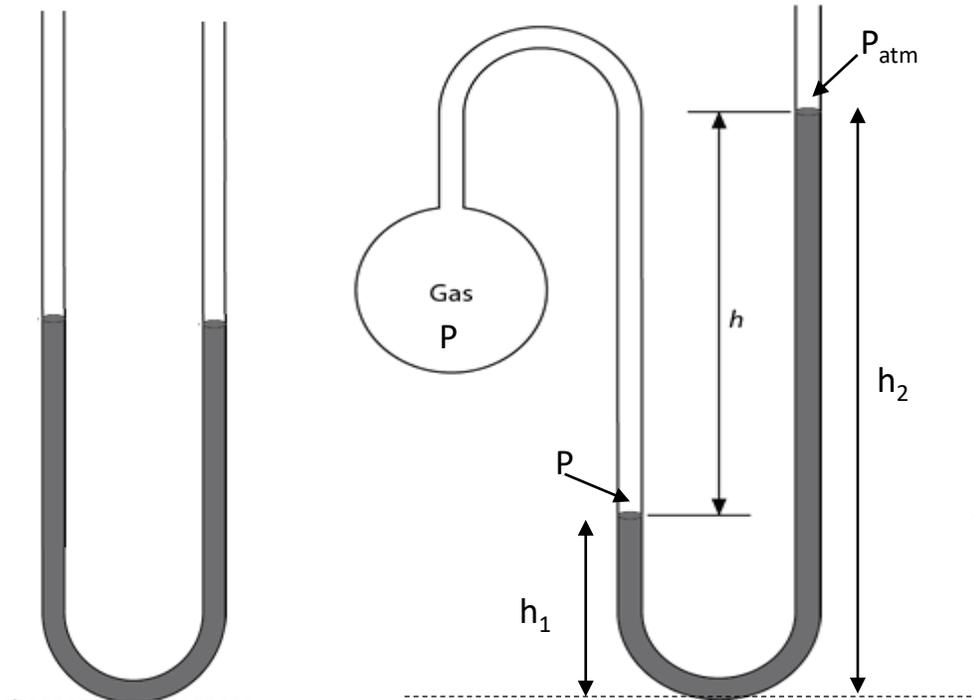
Ao nível do mar: $h = 760 \text{ mm}$:

$$P = \rho_{Hg}gh = 13,6 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{9,8\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,76\text{m}$$

$$P = 1,01 \times 10^5 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right) = 1\text{atm}$$

Manômetro

- Instrumento para medir pressão de reservatórios
 - Manômetro aberto: tubo em U que contém um líquido de densidade conhecida
- *Pressão manométrica*: diferença entre a pressão existente no reservatório e a pressão atmosférica local.



- Ao ligar uma extremidade a um sistema cuja pressão se deseja medir, uma diferença de altura do líquido surge devido à diferença de pressão entre as extremidades:

$$P - P_{atm} = \rho g h, \text{ com } h = h_2 - h_1$$

- Líquidos utilizados para medida:
 - Alta pressão → mercúrio
 - Baixa pressão → água ou outro líquido menos denso

Manômetro

- Instrumento para medir pressão de reservatórios
 - Manômetro aberto: tubo em U que contém um líquido de densidade conhecida
- *Pressão manométrica*: diferença entre a pressão existente no reservatório e a pressão atmosférica local.



- Ao ligar uma extremidade a um sistema cuja pressão se deseja medir, uma diferença de altura do líquido surge devido à diferença de pressão entre as extremidades:

$$P - P_{atm} = \rho g h, \text{ com } h = h_2 - h_1$$

- Líquidos utilizados para medida:
 - Alta pressão → mercúrio
 - Baixa pressão → água ou outro líquido menos denso

Pressão no corpo humano

		Typical Pressure	
		kPa	mm Hg
• Sanguínea	Arterial Blood Pressure		
	Maximum (systole)	13–18	100–140
• Intracraniana	Minimum (diastole)	8–12	60–90
	Venous blood pressure	0.4–0.9	3–7
• Do olho	Great veins	<0.1	<1
	Capillary blood pressure		
• Na bexiga	Arterial end	4	30
	Venous end	1.3	10
	Middle ear pressure	<0.1	<1
	Eye pressure—aqueous humor	2.6	20
	Cerebrospinal fluid pressure		
	in brain (lying down)	0.6–1.6	5–12
	Gastrointestinal	1.3–2.6	10–20
	Intrathoracic pressure		
	(between lung and chest wall)	–1.3	–10

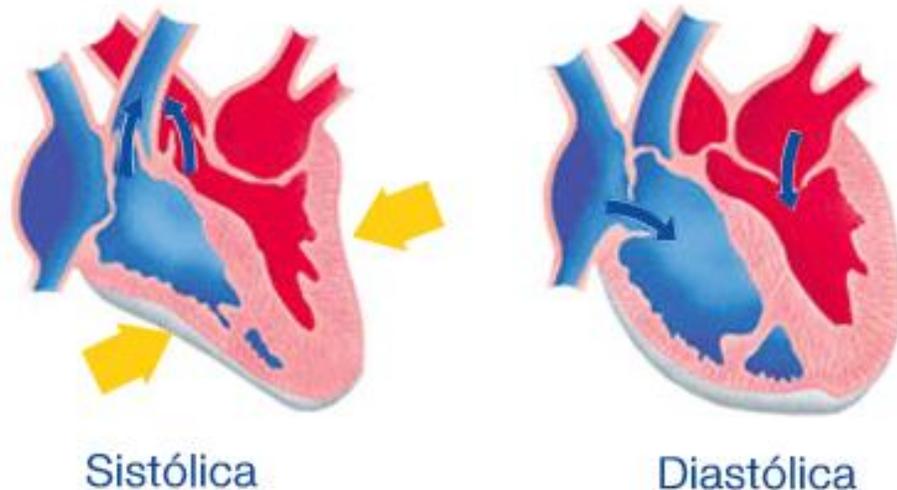
Pressão sanguínea

- **Sistólica:**

- Pressão arterial máxima; correspondente ao valor medido no momento em que o ventrículo esquerdo bombeia sangue para a aorta; 120 – 140 mmHg.

- **Diastólica:**

- Pressão arterial mínima; correspondente ao valor medido no momento em que o ventrículo esquerdo volta a encher-se para retomar todo o processo de circulação; 80 mmHg.



DIASTÓLICA	SISTÓLICA	NÍVEL
< 80	< 120	Ótima
< 85	< 130	Normal
85-89	130 -139	Limítrofe
90-99	140-159	Hipertensão estágio 1
100-109	160-179	Hipertensão estágio 2
> ou = 110	> ou = 180	Hipertensão estágio 3
< 90	> ou = 140	Hipertensão sistólica isolada

Esfigmomanômetro

- Bolsa posicionada a um nível aproximadamente igual ao do coração, a fim de assegurar que as pressões medidas sejam próximas às da aorta.
- A bolsa é inflada até que o fluxo sanguíneo através das artérias do braço seja bloqueado.
- O ar é gradualmente eliminado e um estetoscópio é utilizado para detectar a volta das pulsações no braço.
- 1º som: pressão no braço = pressão sistólica
- Último som audível: pressão no braço = pressão diastólica

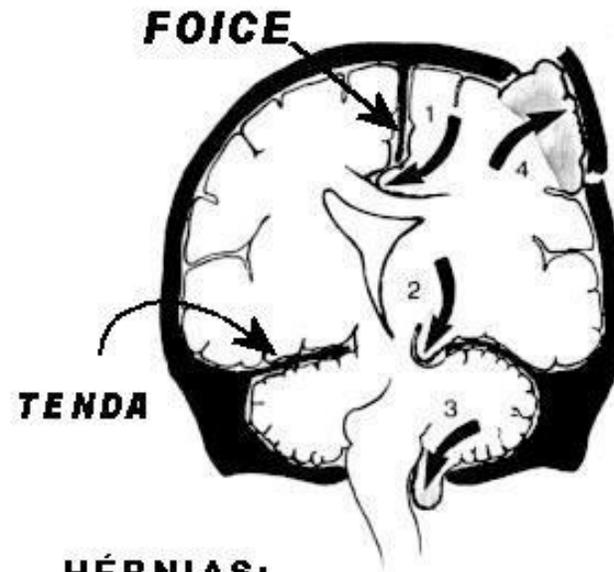


2- Infusão intravenosa é geralmente feita com a ajuda da força gravitacional. Assumindo que a densidade do líquido administrado é 1,0g/ml, qual deve ser a altura da bolsa, acima do ponto de entrada, para que o fluído entre na veia somente se a pressão sanguínea for 18mmHg mais alta que a pressão atmosférica?

(24 cm)

Pressão intracraniana

- Pressão intracraniana é a pressão exercida pelo crânio sobre o tecido cerebral, líquido cerebrospinal e o sangue circulante do cérebro
- A hipertensão intracraniana, pode provocar problemas graves:
 - lesões no SNC, por reduzir o fluxo sanguíneo para o cérebro
 - herniação do cérebro

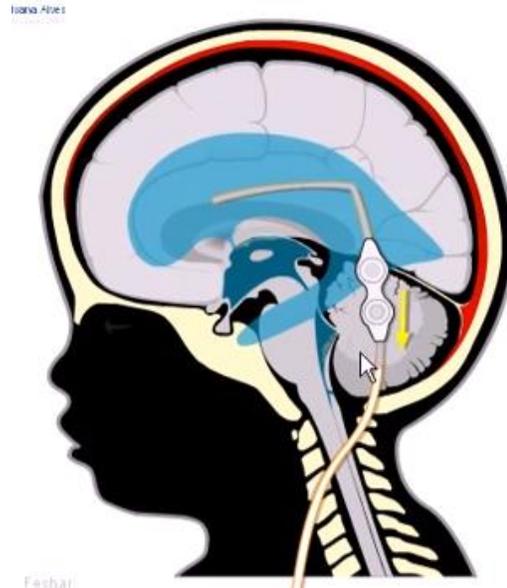
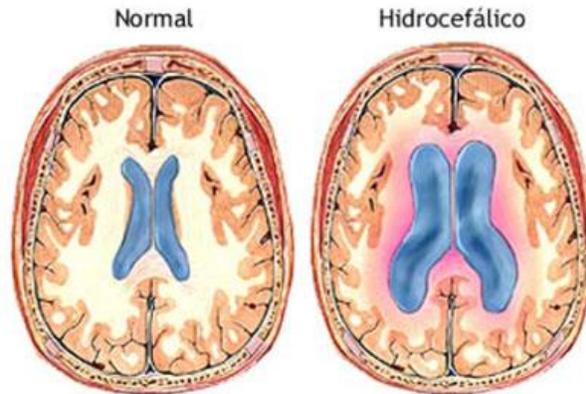
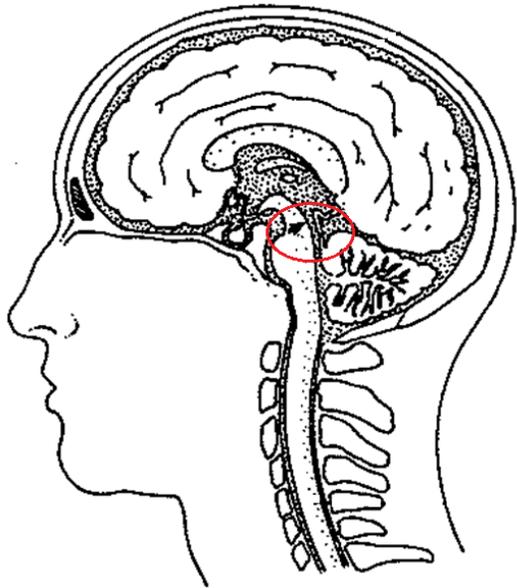


HÉRNIAS:

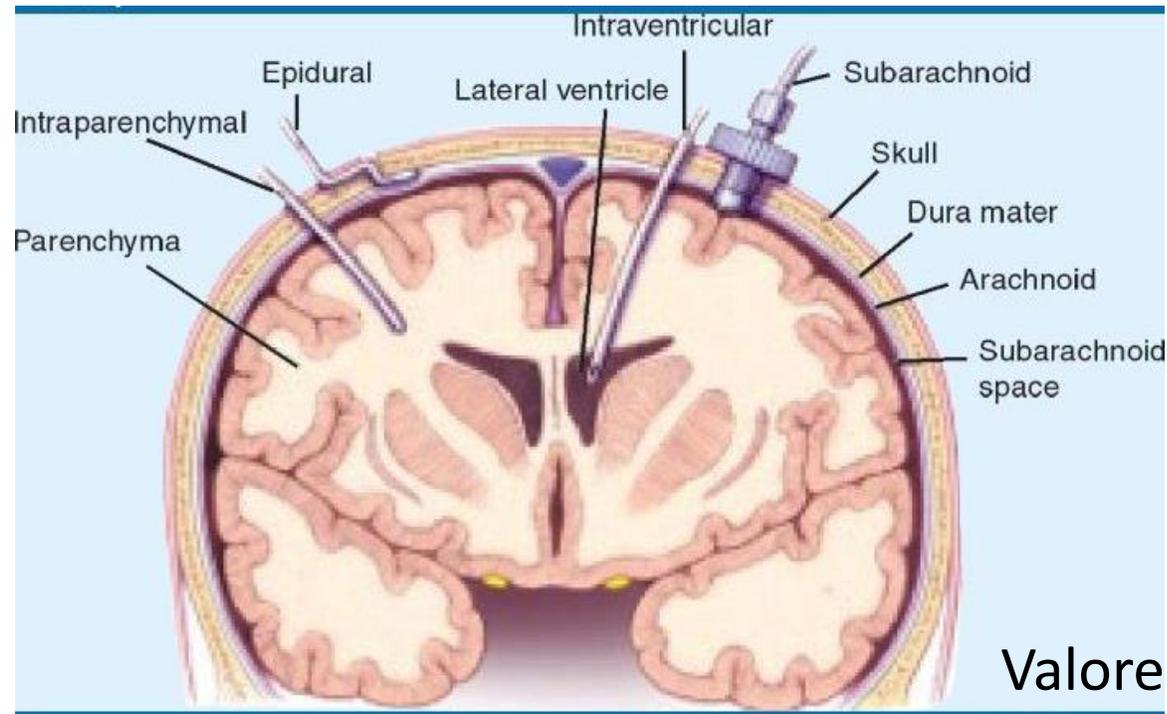
1. CÍNGULO 2. UNCUS
3. AMÍGDALA 4. TRANSCALVARIANA

Hidrocefalia

- Cérebro contém 150cm^3 de fluido cerebrospinal fluindo pelos ventrículos
- Ventrículos entupidos \rightarrow \uparrow pressão intracraniana \rightarrow Hidrocefalia
- Diagnóstico é feito pela medida da circunferência do crânio acima das orelhas (valores normais 32-37cm).

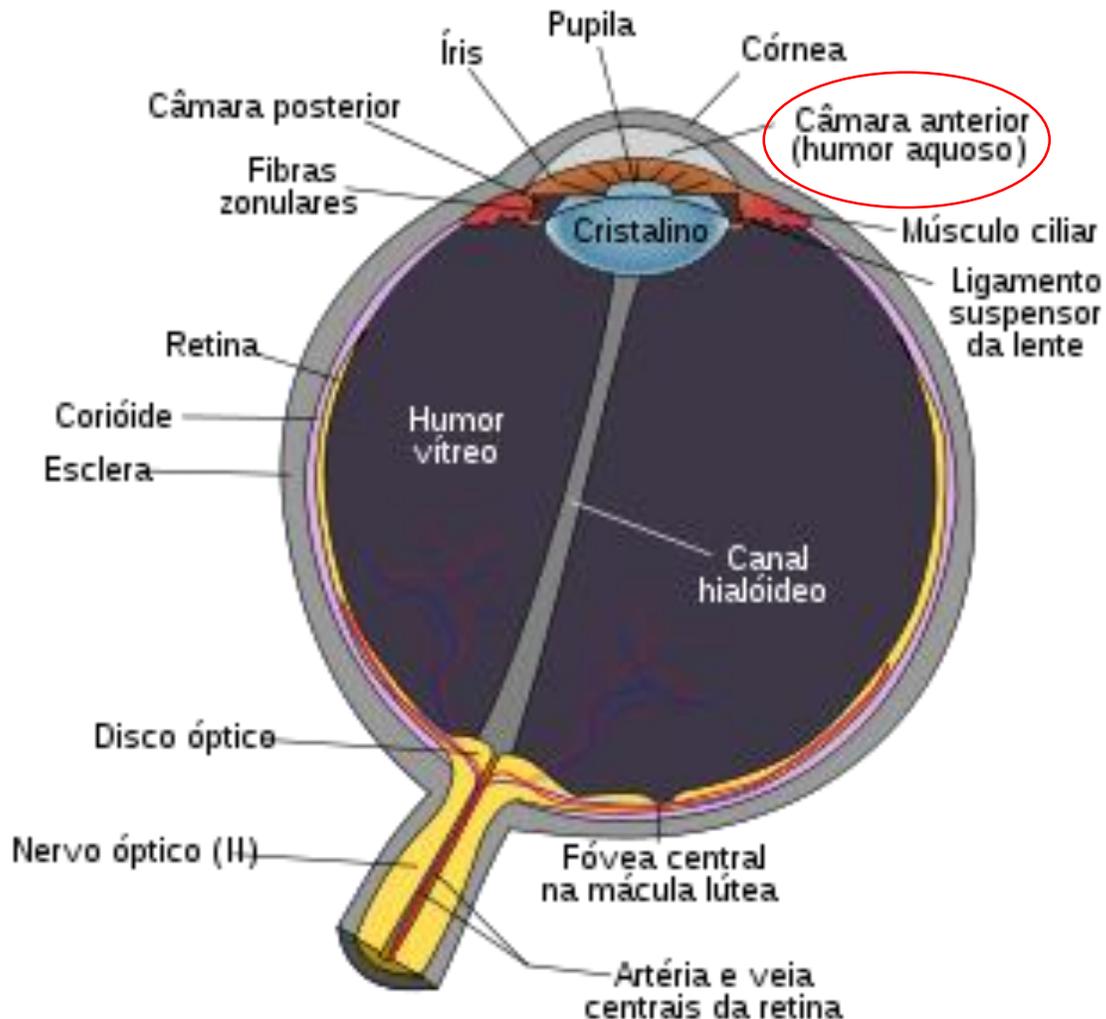


Medida da pressão intracraniana



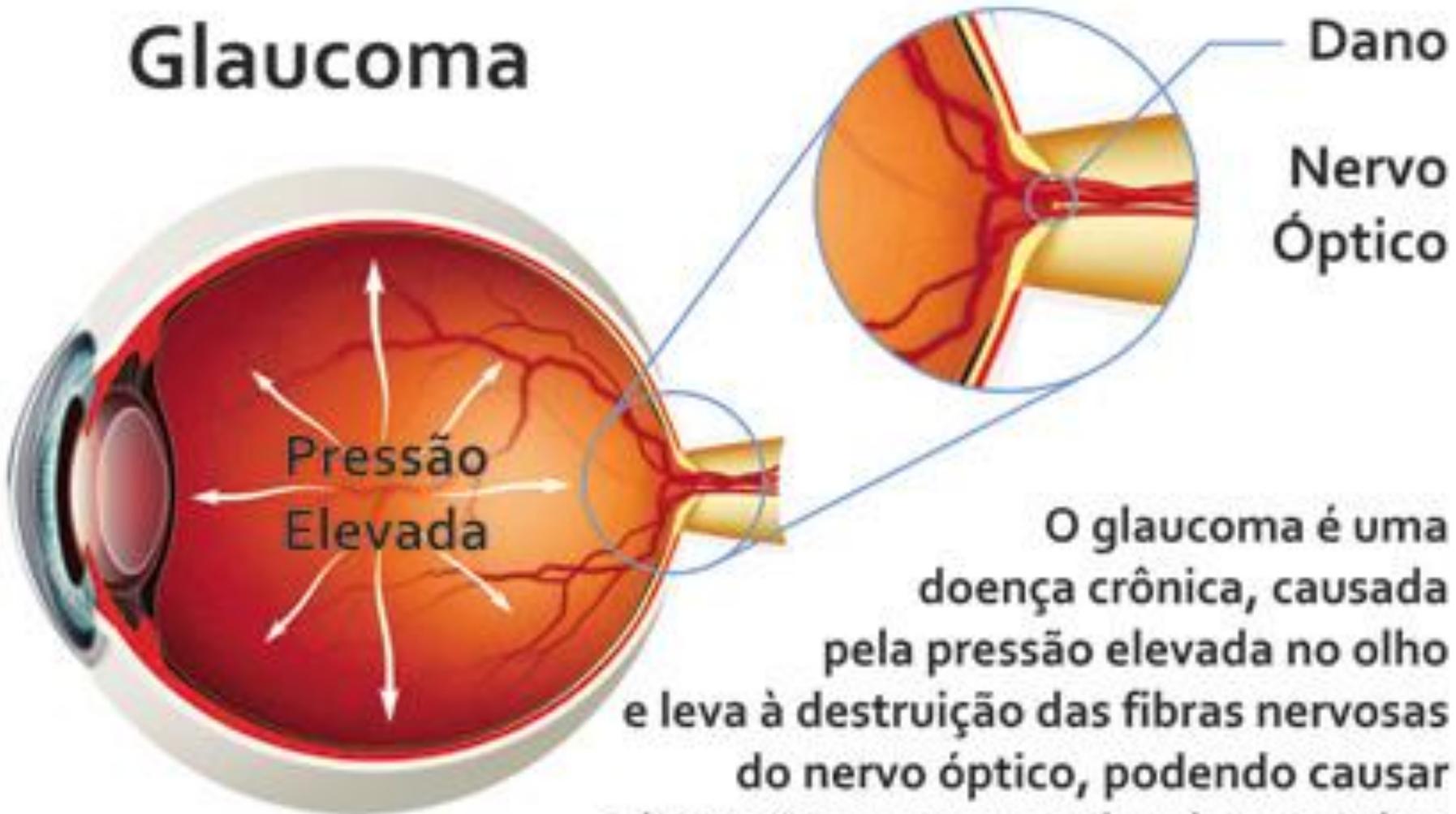
- 1. Cateter intraventricular** – mede pressão no ventrículo, é o método mais acurado
- 2. Parafuso subdural** – mede a pressão na membrana (dura mater que protege o cérebro, é usado para medidas imediatas)
- 3. Sensor epidural** – mede pressão entre o crânio e o tecido dural

Pressão nos olhos



- É a pressão exercida sobre o humor aquoso e vítreo.
- Mantém o formato do globo ocular fixo → crítico para a boa visão.
- Corpo produz continuamente humor aquoso e um sistema de drenagem elimina o seu excesso, quando este mecanismo não funciona, há um aumento na pressão.
- Aumento de pressão → impede a circulação sanguínea na retina
- Valor normal: 12-23mmHg

Glaucoma

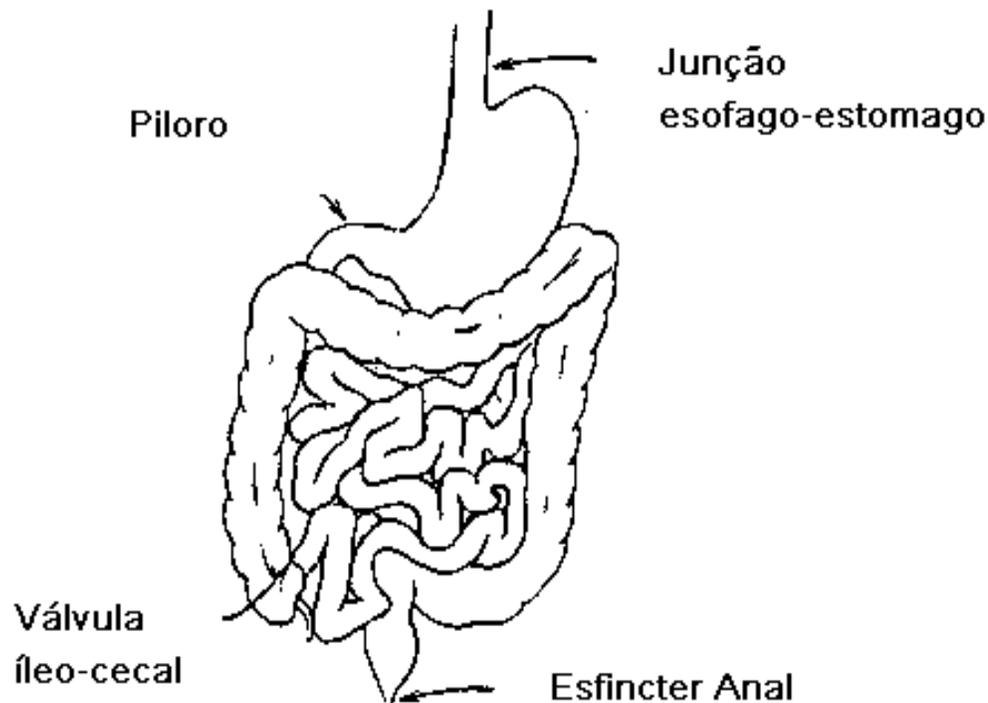


O glaucoma é uma doença crônica, causada pela pressão elevada no olho e leva à destruição das fibras nervosas do nervo óptico, podendo causar alterações no campo visual e cegueira.

Glaucoma $\rightarrow P \approx 70 \text{ mmHg}$

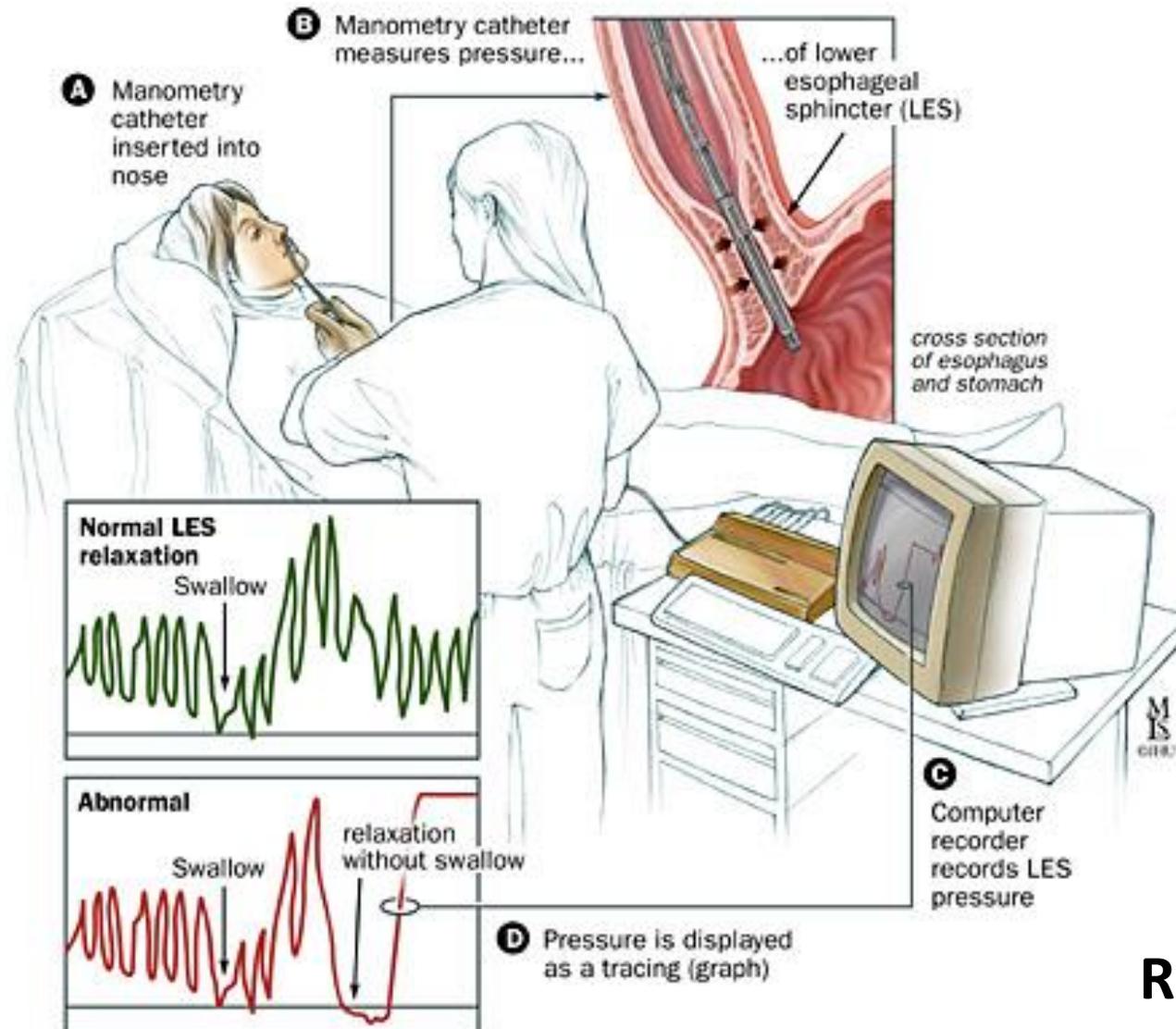
Pressão no sistema digestivo

- Sistema digestivo se estende por mais de 6m da boca ao anus.
- Possui várias válvulas ou esfíncteres para passagem da comida, bebida ou sub-produtos em uma única direção.
- Durante alimentação a pressão no estômago aumenta vagarosamente: $\text{Volume} \propto R^3$ e $\text{Tensão} \propto R$



- O ar engolido é o maior contribuinte para o aumento da pressão
- No intestino, um aumento na pressão é provocado pelos gases produzidos pelas bactérias presentes
- Um bloqueio no intestino pode causar um aumento da pressão entre o bloqueio e o piloro
- Pressão GI no esôfago é acoplada com pressão nos pulmões pelo diafragma

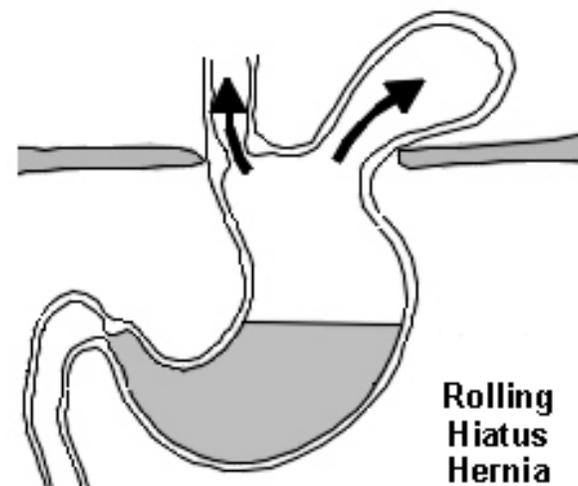
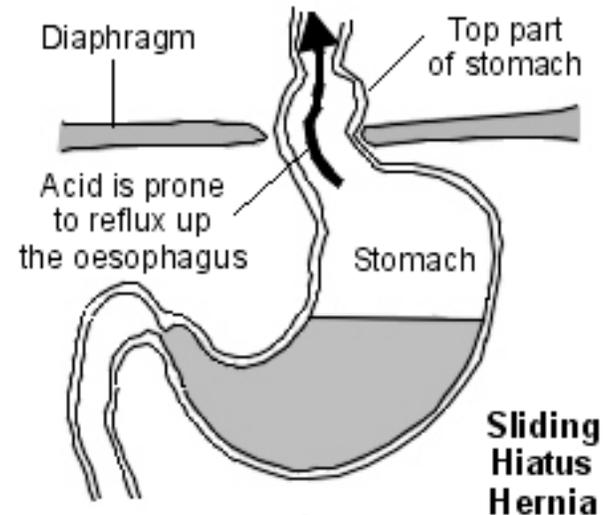
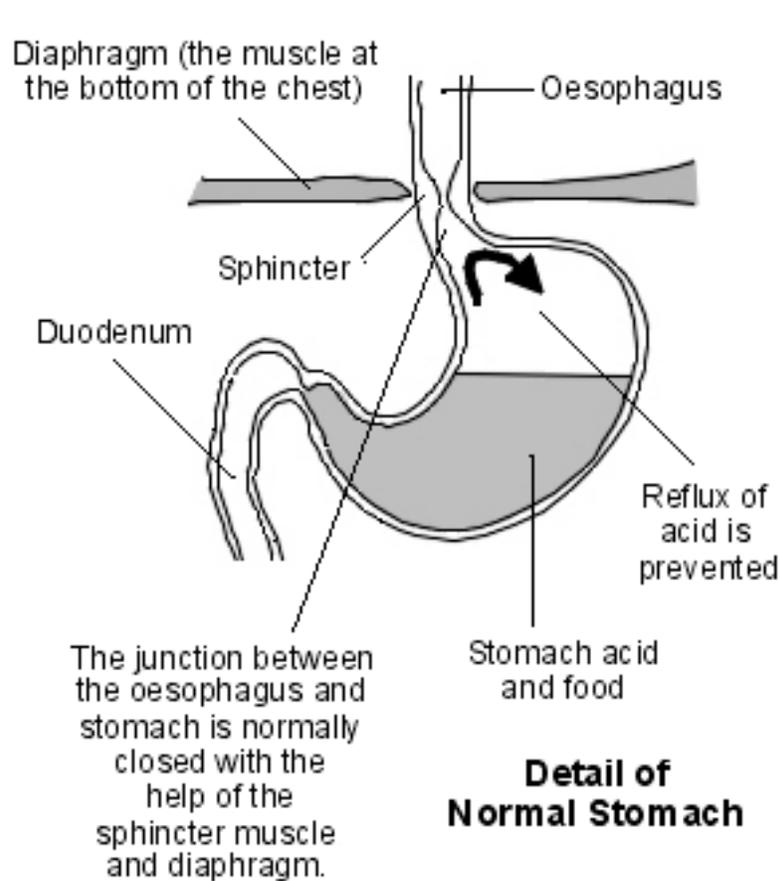
Manometria de esôfago



REFLUXO - relaxação espontânea do esfíncter inferior do esôfago

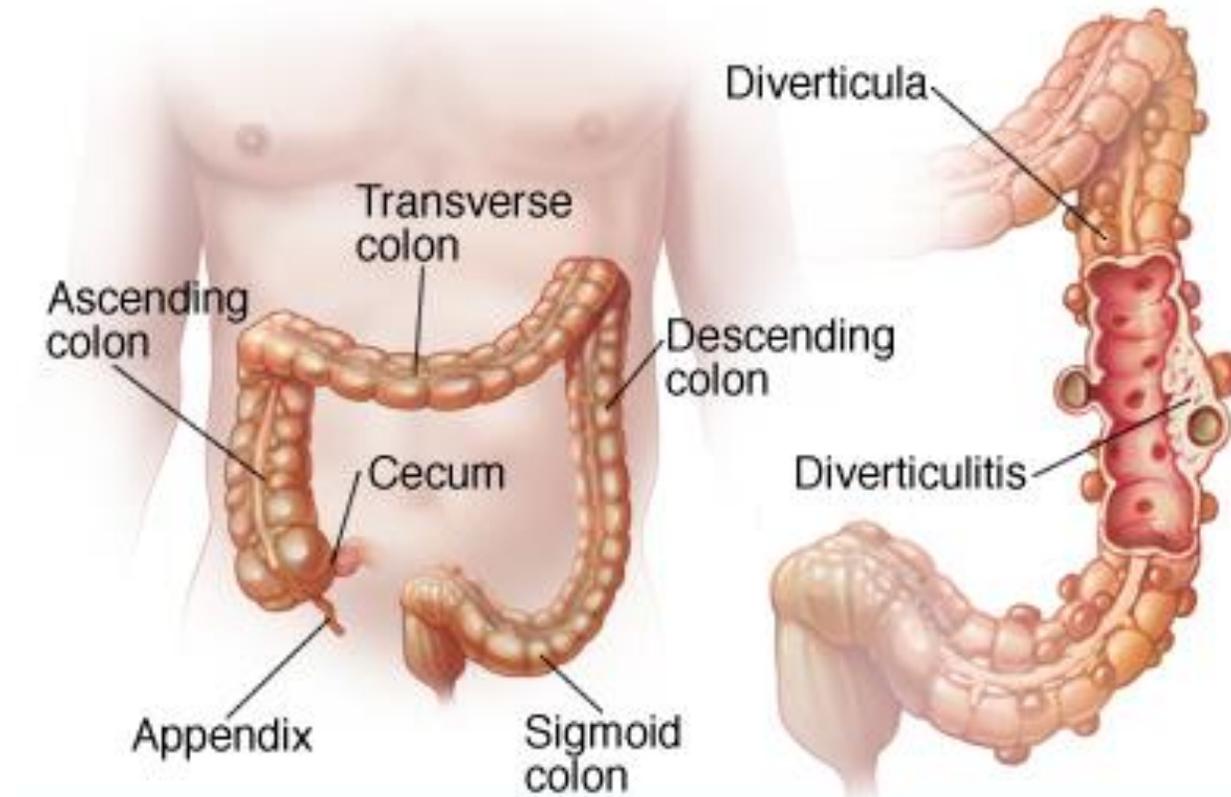
Hérnia de hiato

- Provocada pelo aumento da pressão na cavidade abdominal



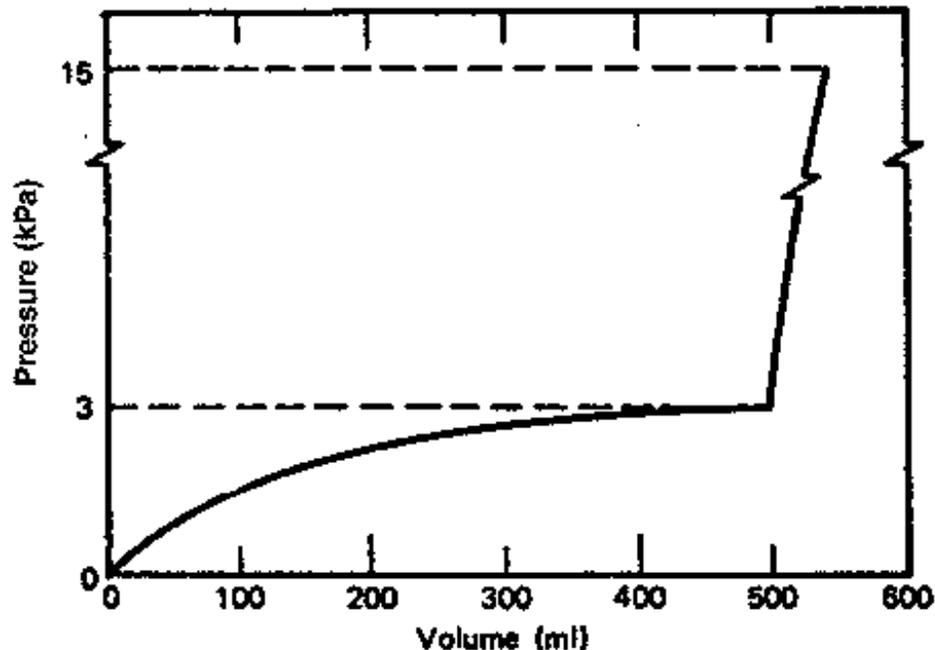
Divertículos

- Divertículos geralmente se desenvolvem em locais naturalmente mais fracos no intestino quando sujeitos à pressão. Esta fragilidade faz com que bolsas de tecido do intestino atravessem as paredes do intestino.
 - Constipação



Pressão na bexiga

- Uma das mais perceptíveis pressões no corpo humano é a pressão na bexiga devido ao acúmulo de urina
- A curva pressão versus volume não apresenta uma relação linear
- Para adultos um volume típico da bexiga antes da micção é de 500ml



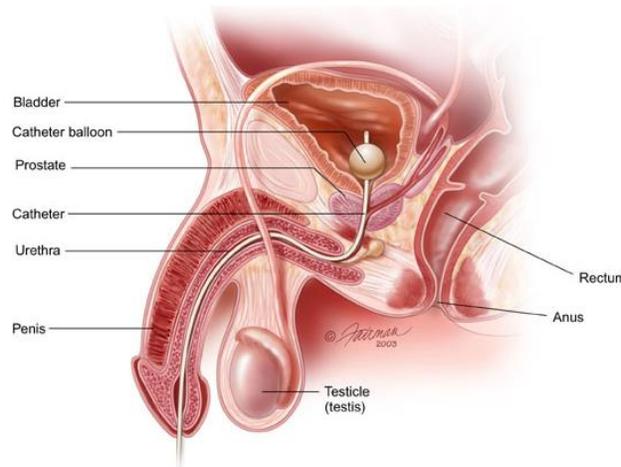
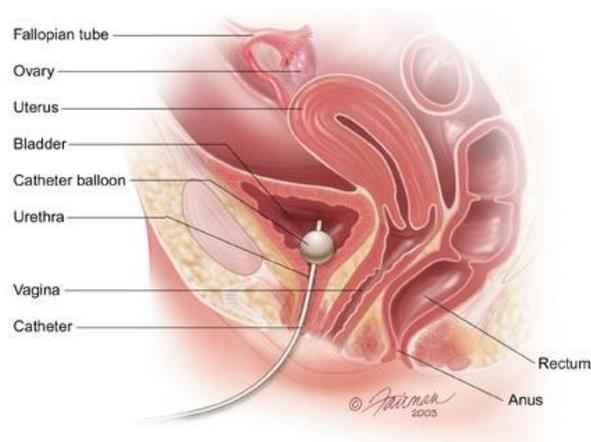
- Pressão na bexiga antes da micção é baixa (2-4kPa)
 - Obstrução do canal $P > 10\text{kPa}$
- Contração da bexiga para urinar – pressão momentânea de 15kPa

Medida da pressão na bexiga - cistometria

- Estuda a relação entre a pressão e o volume da bexiga
- Insere-se um ou dois cateteres na bexiga com um sensor para medida direta da pressão, enquanto um enche a bexiga com um líquido o outro mede a pressão.
- O paciente informa quando sente o líquido, quando a bexiga está cheia e quando há urgência para urinar.

Alguns resultados

- Avaliação do fluxo de urina sendo eliminado
- O volume residual de urina após micção (<30ml)
- O volume em que é sentida a primeira vontade de urinar (175-250ml)
- O volume em que se deseja urinar (350-450ml)
- O volume máximo que a bexiga suporta (400-500ml)



Como medir a pressão da urina?

