

# **MECCANICA dei FLUIDI nei SISTEMI BIOLOGICI**

## **parte III**

- MOTO DI UN FLUIDO IN UN CONDOTTO
- REGIME LAMINARE
- REGIME TURBOLENTO

Lucidi del Prof. D. Scannicchio

# **MOTO** di un **FLUIDO REALE** e **OMOGENEO** in un **CONDOTTO**

**MOTO** :

**STAZIONARIO** → portata costante nel tempo

**PULSATILE** → portata variabile in modo periodico

**FLUIDO** : non possiede forma propria, ma assume la forma del recipiente che lo contiene

**GAS** → diffonde nello spazio disponibile

**LIQUIDO** → volume limitato da una superficie libera

approssimazione iniziale :

# MOTO STAZIONARIO di un LIQUIDO REALE e OMOGENEO in un CONDOTTO RIGIDO

**REALE** :

sono presenti forze di attrito interno che ne ostacolano il moto

$$\vec{F}_{\text{attrito}} = -f \vec{v}$$

**OMOGENEO** :

per qualsiasi volume le caratteristiche fisiche sono **costanti**

(sangue : liquido non omogeneo)

**CONDOTTO** :

**RIGIDO**



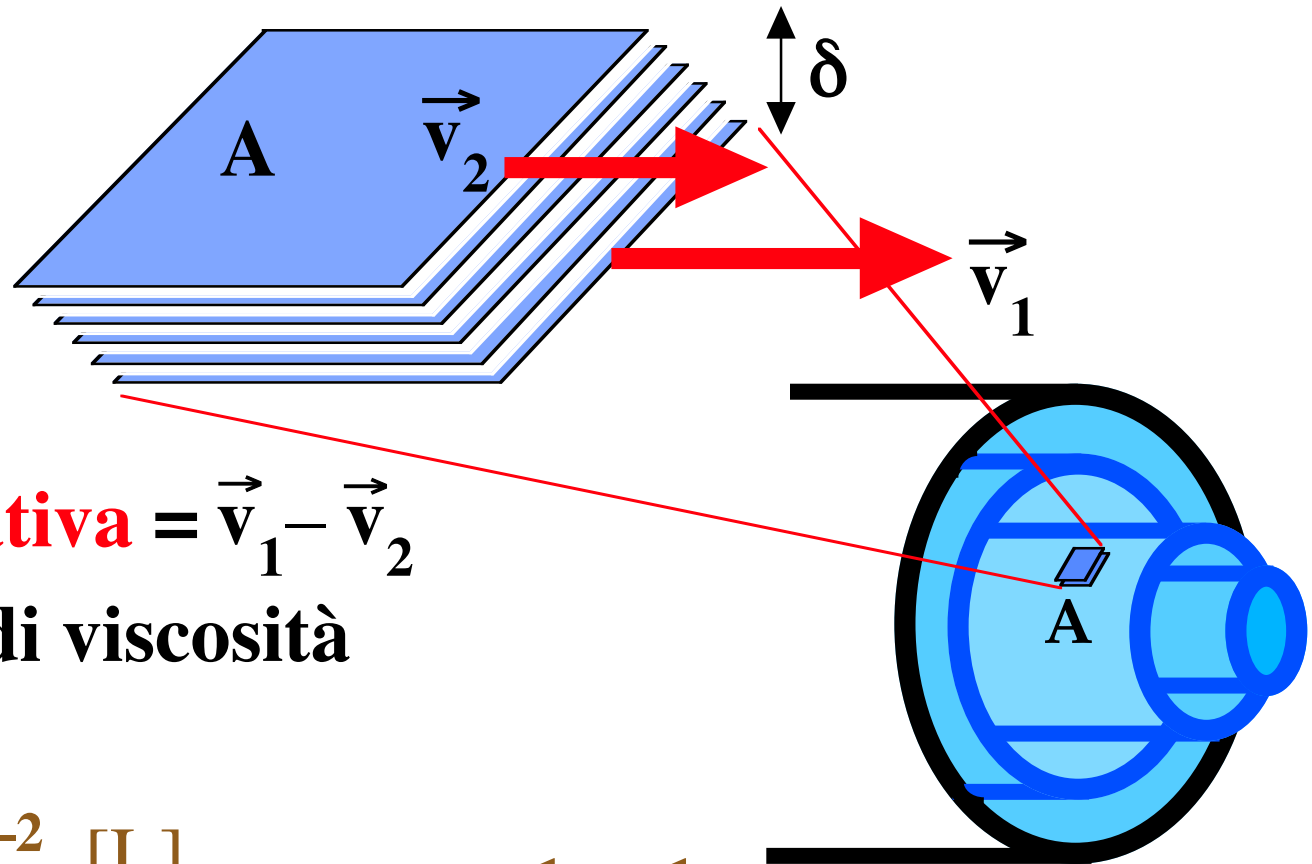
non deformabile, quale che sia la forza applicata

(i vasi sono deformabili)

# REGIME LAMINARE

FORZE di ATTRITO

$$\vec{F}_A = -\eta A \frac{\vec{v}}{\delta}$$



$$\vec{v} = \text{velocità relativa} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$$

$\eta$  coefficiente di viscosità

$$[\eta] = \frac{[M][L][t]^{-2} [L]}{[L]^2 [L][t]^{-1}} = [M][L]^{-1}[t]^{-1}$$

• C.G.S.  $\text{g s}^{-1} \text{cm}^{-1} = \text{poise}$

# REGIME LAMINARE

$\eta$  funzione della temperatura

	$t$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\eta$ (poise)	
$\text{H}_2\text{O}$ .....	$0^{\circ}\text{C}$	..... 0.0178	
	$10^{\circ}\text{C}$	..... 0.0130	
	$20^{\circ}\text{C}$	..... <b>0.0100</b>	~ plasma
alcool .....	$20^{\circ}\text{C}$	..... 0.0125	
etere .....	$20^{\circ}\text{C}$	..... 0.0023	
mercurio ..	$20^{\circ}\text{C}$	..... 0.0157	
glicerina ...	$15^{\circ}\text{C}$	..... 2.340	
aria .....	$15^{\circ}\text{C}$	..... 0.00018	
<b>sangue</b> .....		<b>0.0400</b>	
<b>(valore ematocrito 40%)</b>			
eritrociti (globuli rossi) occupano il 40% del volume			

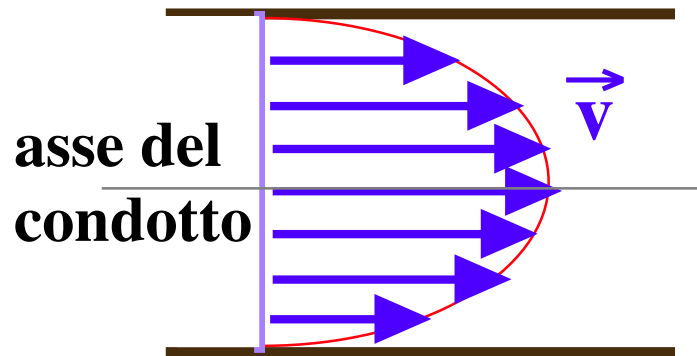


# REGIME LAMINARE

① formula di Poiseuille

$$Q = \frac{\pi r^4}{8 \eta \ell} (p_1 - p_2)$$

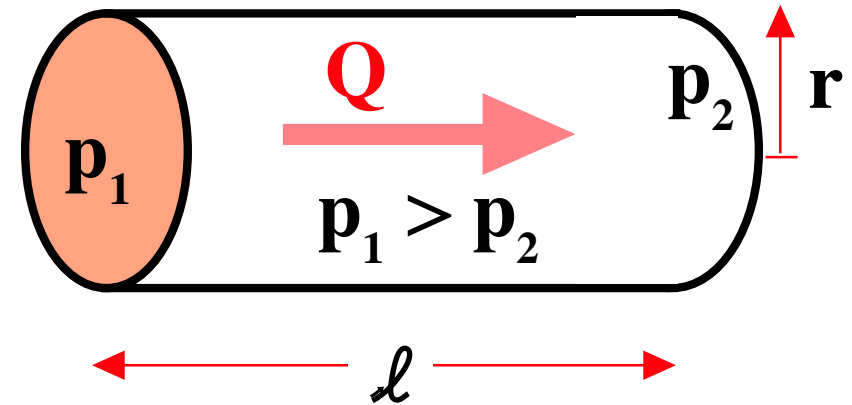
② profilo della velocità



parabolico

③ moto

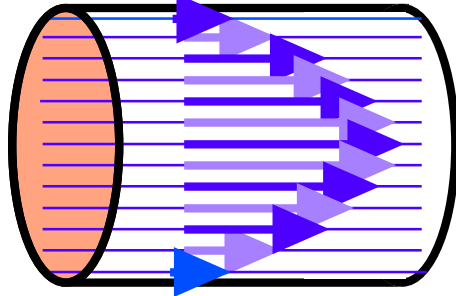
silenzioso



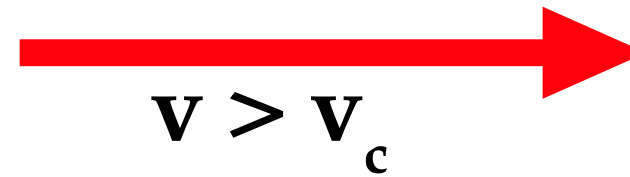
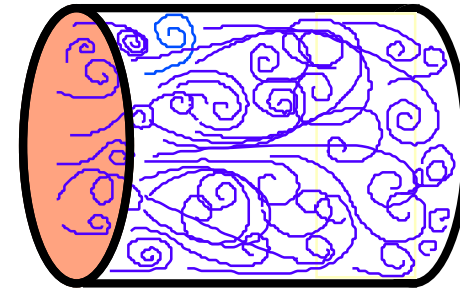
# REGIME TURBOLENTO

si ha quando la velocità del fluido supera una certa velocità critica

lamine e profilo parabolico di velocità



lamine spezzate e vortici



**velocità critica**

transizione di fase in tutto il volume

$$v_c = \frac{\Re \eta}{d r}$$

$\Re$  = numero di Reynolds  
(numero privo di dimensioni)

$$\frac{[\eta]}{[d][r]} = \frac{[M][t]^{-1}[L]^{-1}}{[M][L]^{-3}[L]} = [L][t]^{-1} = [v]$$

# REGIME TURBOLENTO

① linee di velocità :

VORTICI

② moto :

RUMOROSO

③ relazione  $Q \longleftrightarrow \Delta p$

(determinata dalla elevata dissipazione di **energia** per attrito)

$$Q \propto \sqrt{\Delta p}$$



## REGIMI di MOTO nel SISTEMA CIRCOLATORIO

$$v_c = \frac{\Re \eta}{d r}$$

$$\begin{aligned}\Re &= 1000 \\ \eta &= 0.04 \text{ poise} \\ d &= 1 \text{ g cm}^{-3}\end{aligned}$$

• **AORTA** ( $r = 0.8 \text{ cm}$ )

$$v_c = \frac{1000 \times 0.04}{1 \times 0.8} = 50 \text{ cm s}^{-1}$$

velocità media nell'aorta :  $42.5 \text{ cm s}^{-1}$

velocità istantanea :  $5 \text{ cm s}^{-1}$   $\longleftrightarrow$   $150 \text{ cm s}^{-1}$

a) **MOTO TURBOLENTO**

all'apertura della valvola aortica

b) **MOTO LAMINARE**

nella restante parte del ciclo cardiaco

# REGIMI di MOTO nel SISTEMA CIRCOLATORIO

$r$   
↓

- ARTERIE
- ARTERIOLE
- CAPILLARI



$r$  decrescente

$v_c$  crescente

velocità effettiva in diminuzione

**MOTO LAMINARE**

- VENULE
- VENE
- VENA CAVA



$v$  sangue  $< v_c$

**MOTO LAMINARE**

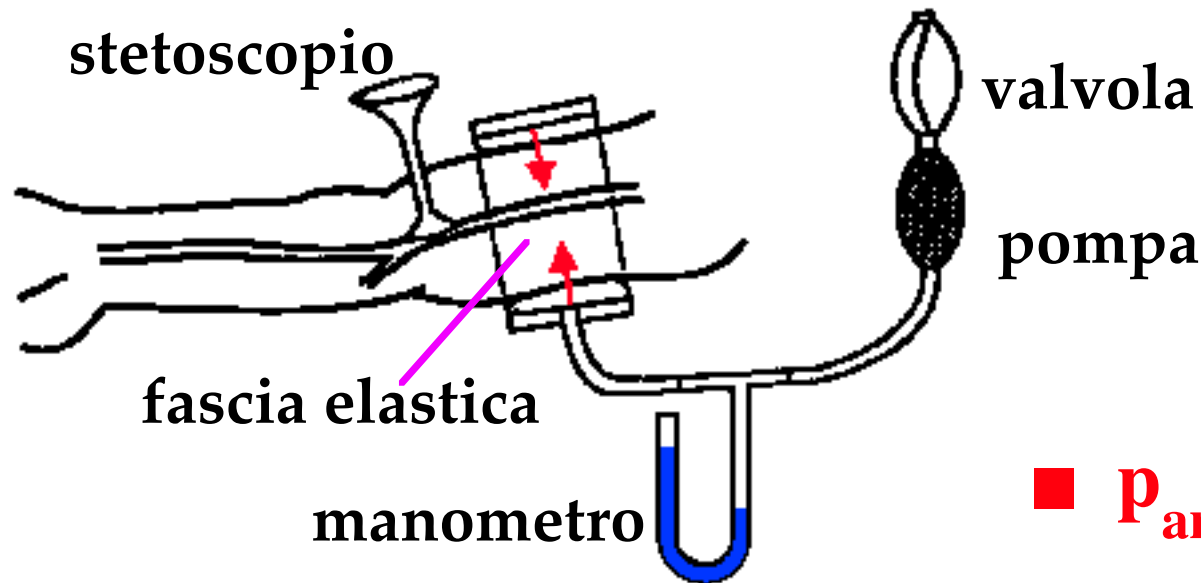


# SFIGMOMANOMETRO

(misura non invasiva della pressione)

pressione sistolica (MAX)  $\rightarrow p_s$   
pressione diastolica (MIN)  $\rightarrow p_d$

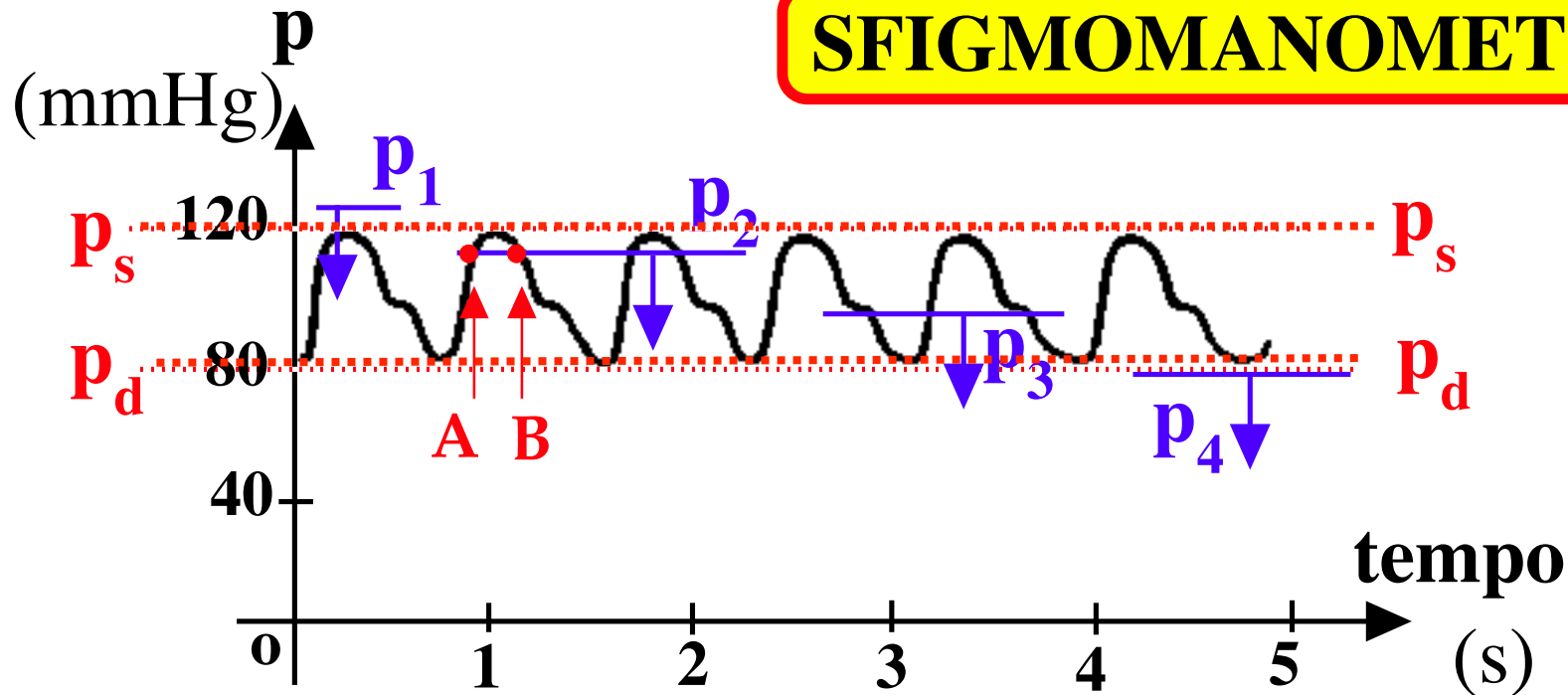
effetti idrostatici : quota riferimento  $\rightarrow$  *cuore*



■  $p_{\text{arteria}} \approx p_{\text{aorta}}$

■ misura della pressione del vaso di maggior calibro nel braccio (arteria brachiale)

# SFIGMOMANOMETRO



■ fuoriuscita graduale dell'aria dalla fascia elastica

- |   |                             |  |                                |
|---|-----------------------------|--|--------------------------------|
| 1 | ■ $p_{\text{fascia}} > p_s$ | → vaso chiuso (assenza di rumore)                                | in quiete<br>(silenzio)        |
| 2 | ■ $p_{\text{fascia}} < p_s$ | → rumore periodico di apertura e chiusura del vaso (punti A e B) | moto<br>turbolento<br>(rumore) |
| 4 | ■ $p_{\text{fascia}} < p_d$ | → lume dell'arteria sempre aperto, regime laminare (silenzio)    | moto<br>laminare<br>(silenzio) |