

# I VASI SANGUIGNI

Giovanni Mirabella, PhD  
([giovanni.mirabella@uniroma1.it](mailto:giovanni.mirabella@uniroma1.it))



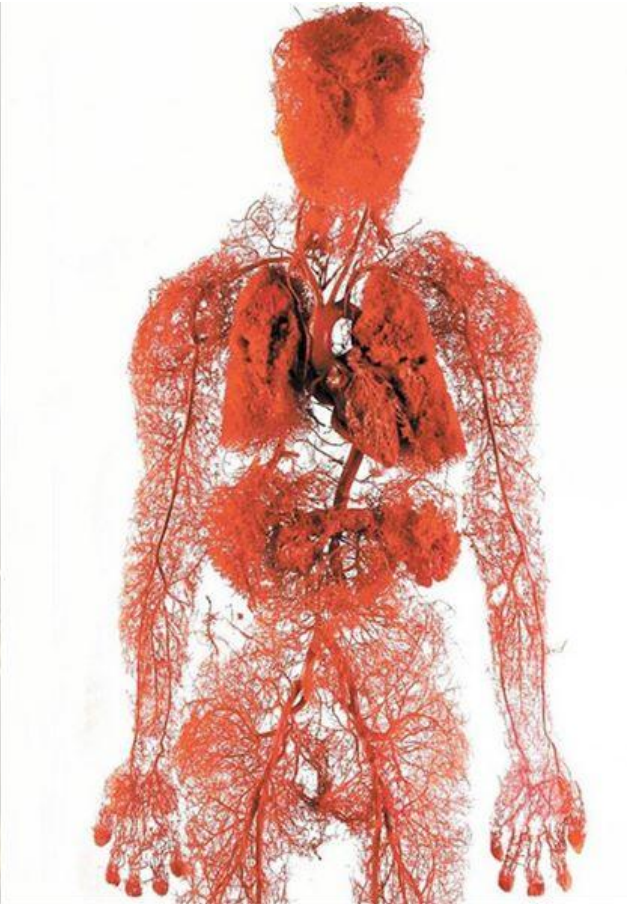
SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Dip. di Fisiologia e Farmacologia “V.  
Espamer”

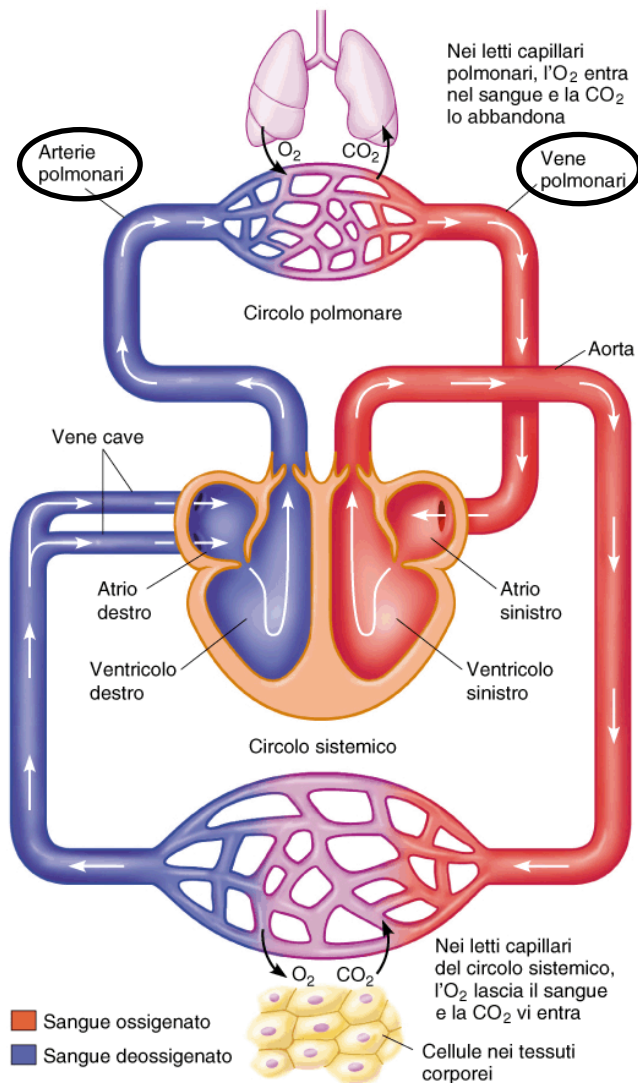


Istituto Neurologico Mediterraneo  
Dipartimento di Neuroscienze

# SISTEMA CARDIOVASCOLARE: VASI SANGUIGNI (“i condotti”)



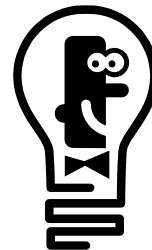
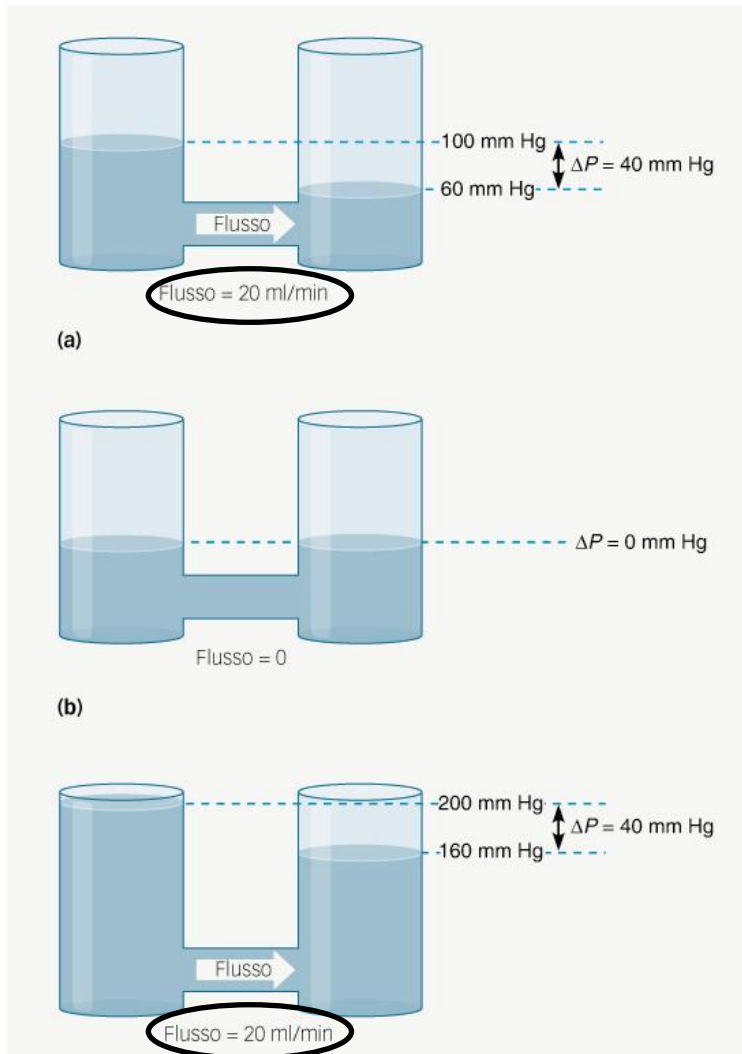
# IL CIRCOLO POLMONARE E IL CIRCOLO SISTEMICO



# FLUSSO DEL SANGUE NEI VASI

Il flusso di un fluido è determinato dalla differenza di pressione alle due estremità e dalla resistenza al flusso

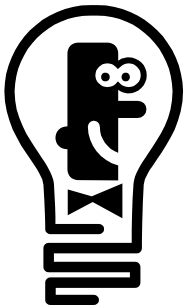
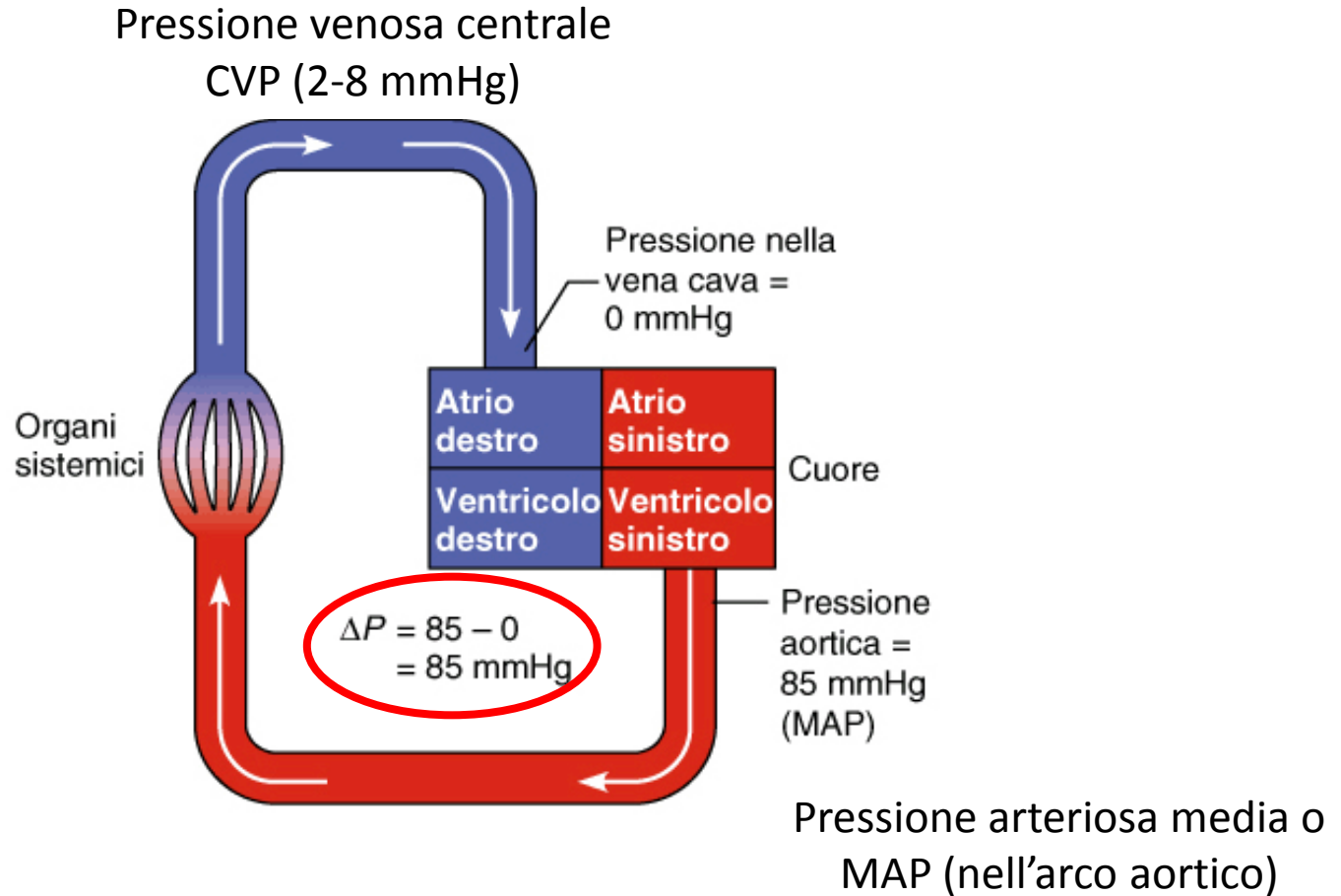
$$\text{Flusso} = \text{gradiente di pressione/resistenza} = \Delta P/R$$



La velocità del flusso dipende solo dalla differenza di pressione e non dal valore assoluto

# FLUSSO DEL SANGUE NEI VASI

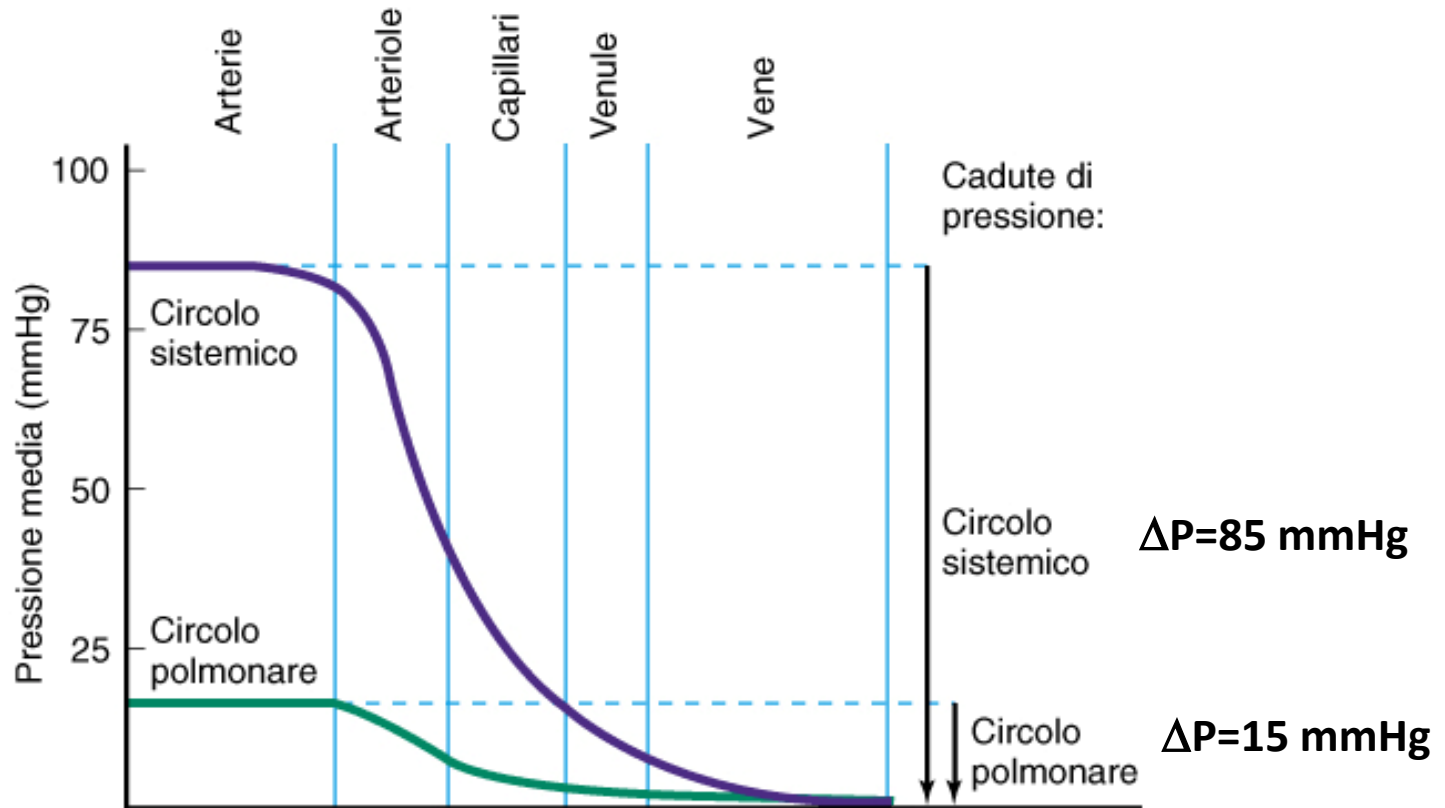
Il cuore aumenta la pressione arteriosa media creando una differenza di pressione tra arterie e vene che permette il flusso di sangue



**Il gradiente di pressione che permette il flusso di sangue è identico alla MAP**

# FLUSSO DEL SANGUE NEI VASI

C'è una diminuzione di pressione nei circoli sistemico e polmonare (*caduta di pressione*)



La caduta di pressione determina il flusso attraverso il circolo

I due circoli hanno una diversa resistenza al flusso!

# RESISTENZA AL FLUSSO

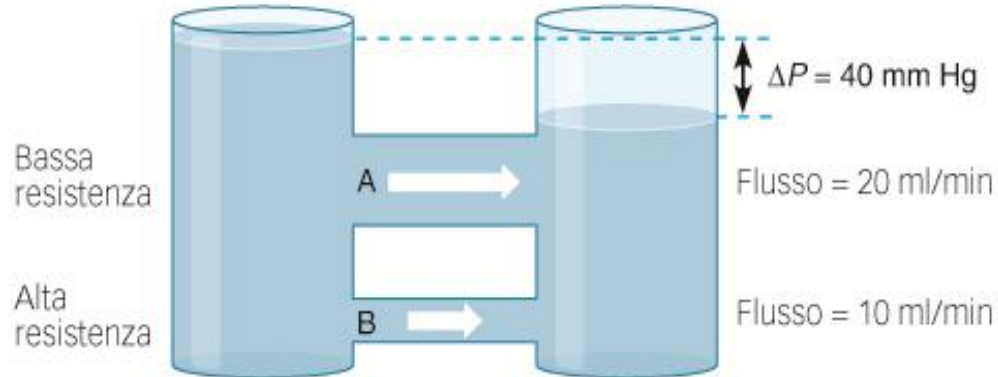
**Misura della difficoltà di un fluido a muoversi attraverso un tubo.**

La resistenza dipende dal:

- 1) RAGGIO DEL VASO
- 2) LUNGHEZZA DEL VASO
- 3) VISCOSITA' DEL FLUIDO

1) Minore è il raggio del vaso maggiore è la resistenza che si oppone al movimento

$$R \propto 1/r^4$$



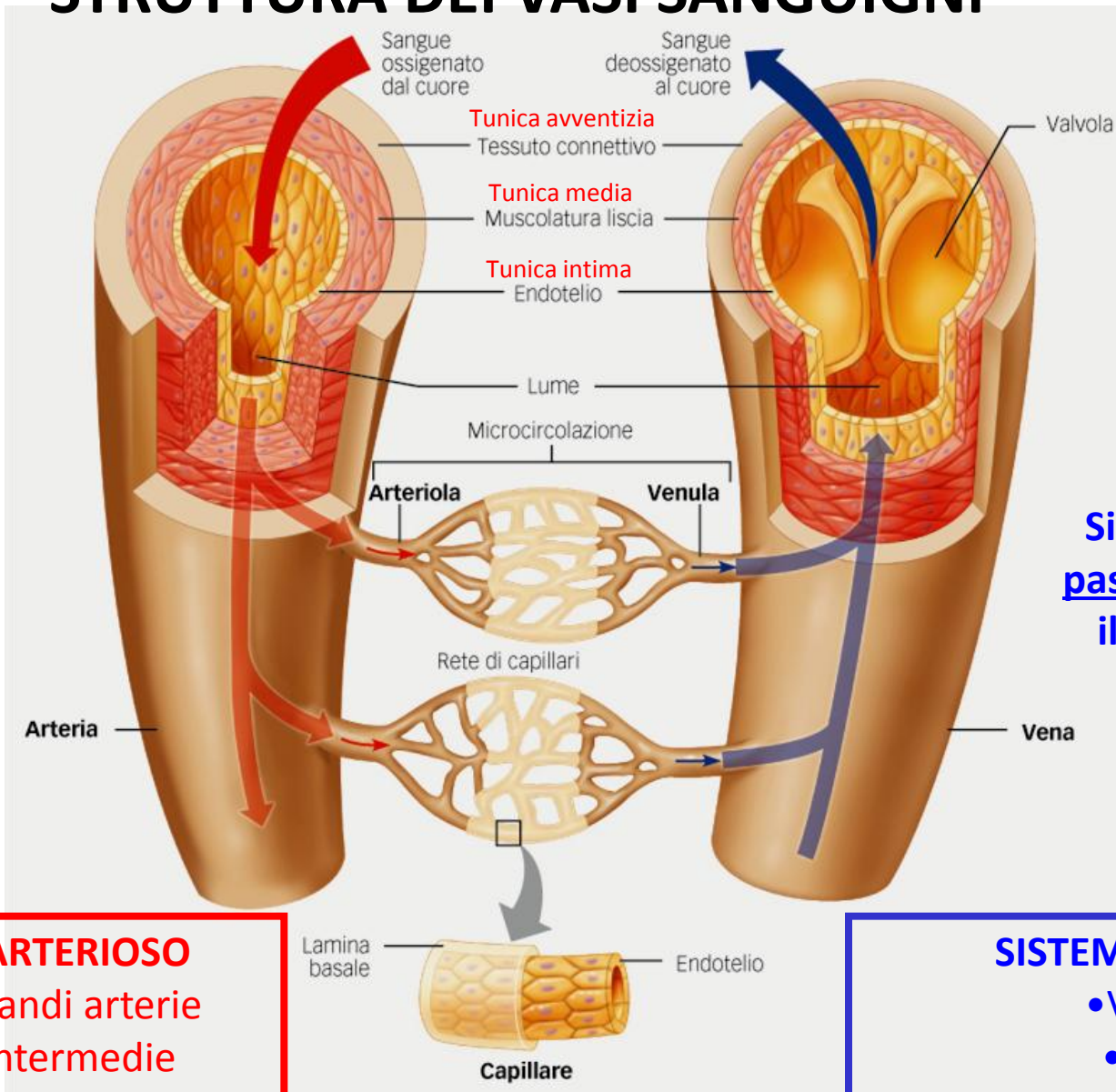
2) Più è lungo un vaso maggiore è la resistenza (trascurabile)

3) Maggiore la viscosità di un fluido maggiore è la resistenza (e.g. ematocrito)

La resistenza combinata di tutti i vasi è detta:

**Resistenza totale periferica (RTP)**

# STRUTTURA DEI VASI SANGUIGNI



Sistema di vasi che passivamente riporta il sangue al cuore

## SISTEMA ARTERIOSO

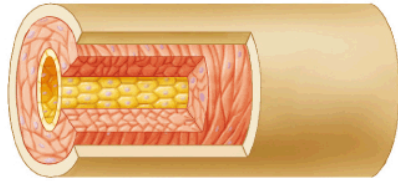
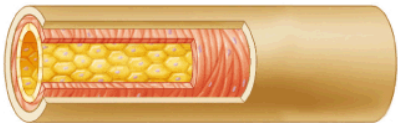


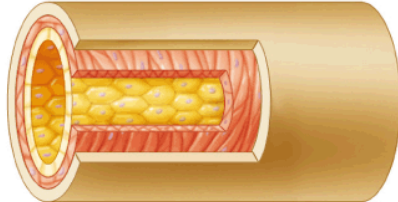
- Aorta e grandi arterie
- Arterie intermedie
- Arteriole
- Sfinteri precapillari

## SISTEMA VENOSO

- Venule
- Vene
- Vene cave




# STRUTTURA DEI VASI SANGUIGNI

Diametro interno medio (mm)	Spessore medio della parete (mm)		Caratteristiche specifiche
4,0	1,0	 <p>Arteria</p>	Muscolare, altamente elastica
0,03	0,006	 <p>Arteriola</p>	Muscolare, ben innervata
0,008	0,0005	 <p>Capillare</p>	Parete sottile, altamente permeabile
0,02	0,001	 <p>Venula</p>	Parete sottile, poca muscolatura liscia
5,0	0,5	 <p>Vena</p>	Parete sottile (rispetto alle arterie), muscolatura abbastanza rappresentata, altamente estensibile

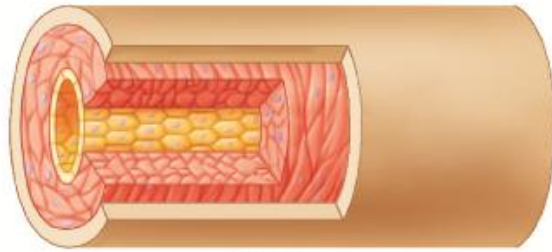
= Endotelio  
 = Muscolatura liscia  
 = Tessuto connettivo

Spessore della parete

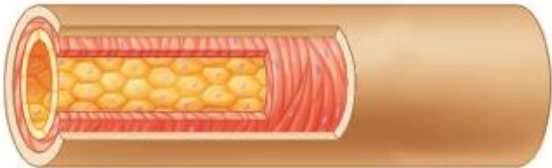
Diametro interno



# SISTEMA ARTERIOSO: UN SERBATOIO DI PRESSIONE



Arteria

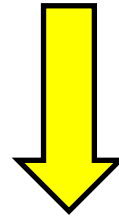


Arteriola



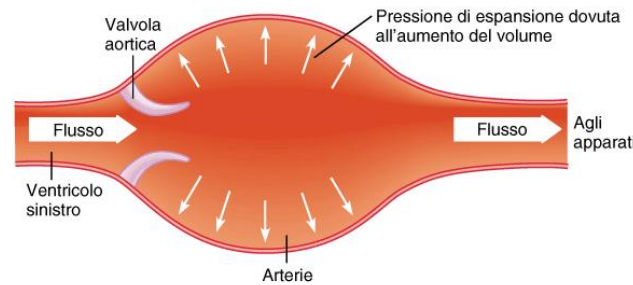
Capillare

Parete muscolare altamente elastica e distensibile



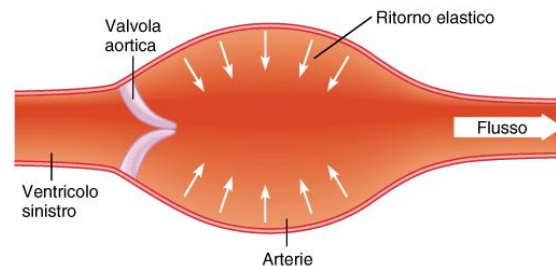
## RITORNO ELASTICO:

Sostenere la pressione di spinta tra una contrazione e l'altra



(a) Sistole

energia potenziale immagazzinata.....



...viene convertita in energia cinetica

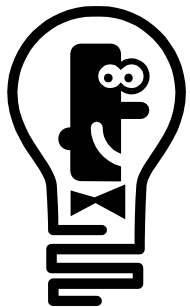
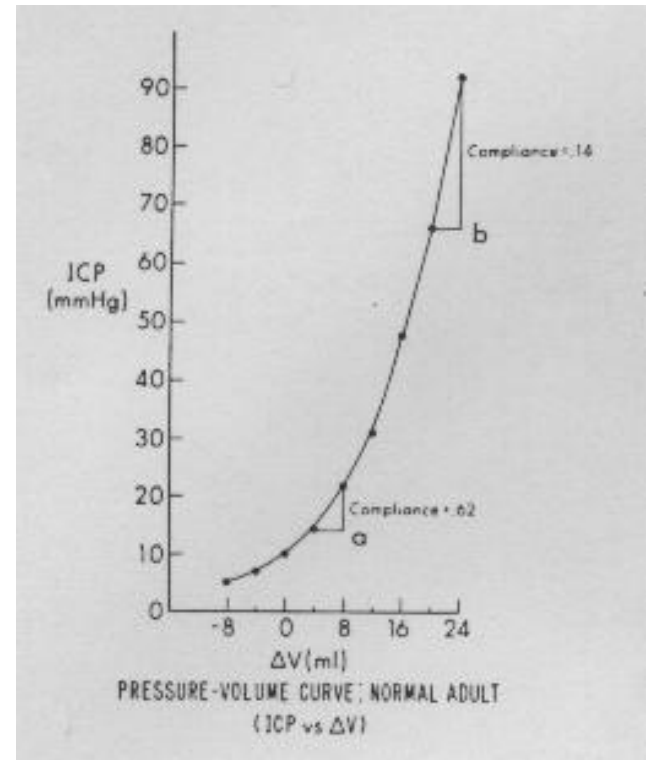
# LA COMPLIANCE

*È la grandezza che esprime la capacità che hanno i vasi sanguigni di dilatarsi elasticamente sotto l'effetto di una pressione sanguigna crescente*

$$C = \Delta V / \Delta P$$

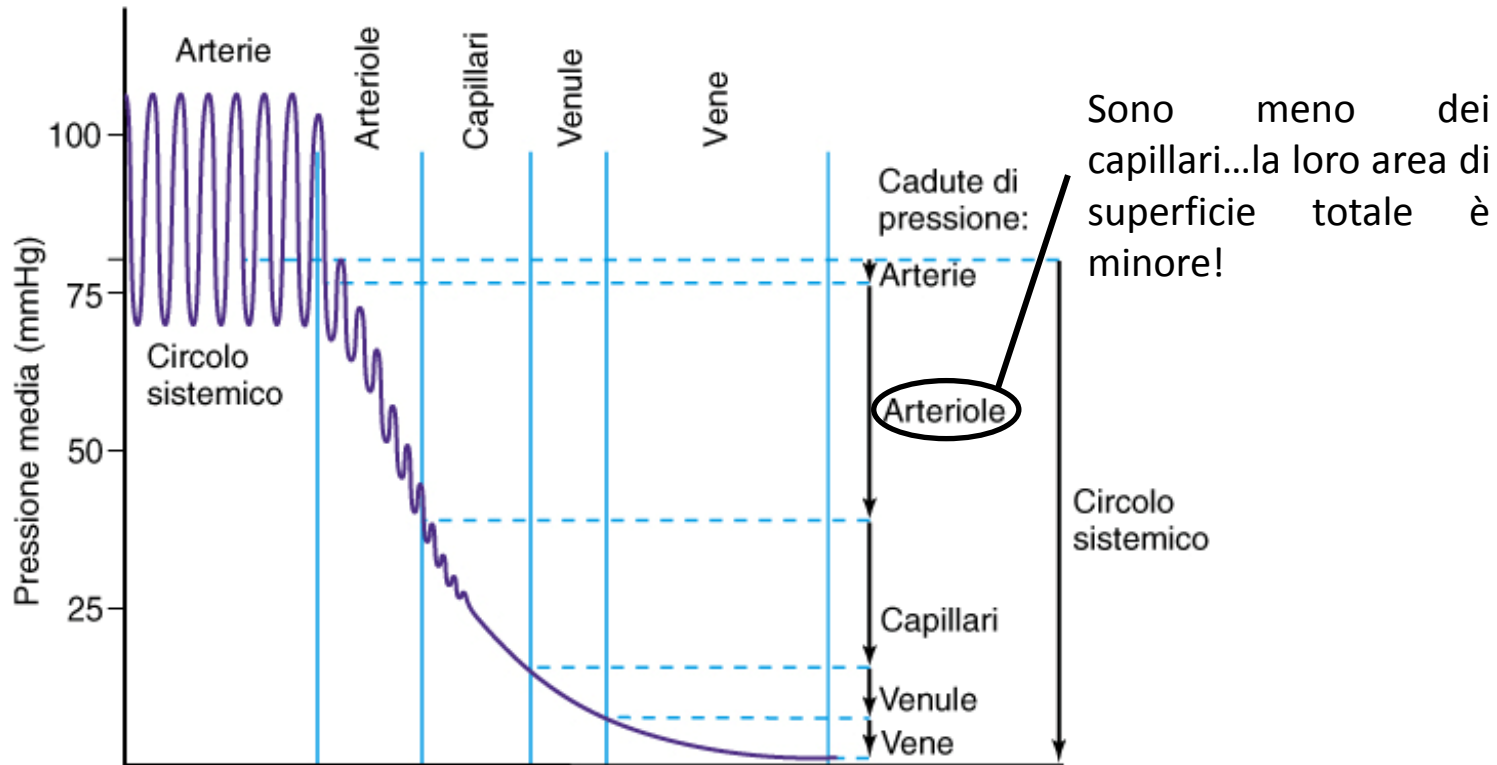
$\Delta V$  è la variazione di volume;

$\Delta P$  è la differenza tra la pressione intravasale e la pressione esterna al vaso



La “compliance” di un vaso sanguigno è direttamente proporzionale all'elasticità delle sue pareti (le arterie hanno meno compliance, ovvero ad un certo cambiamento di volume corrisponde una piccola estensione della parete)

# SISTEMA ARTERIOSO: UN SERBATOIO DI PRESSIONE

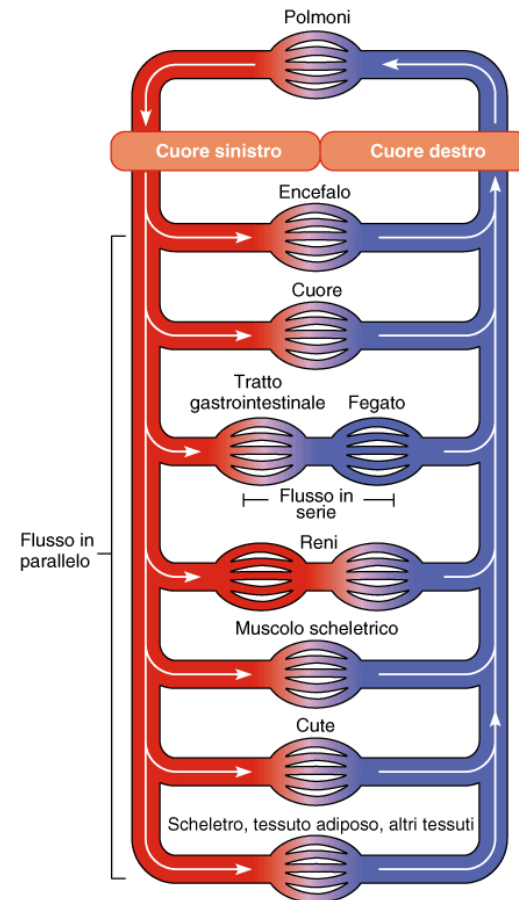
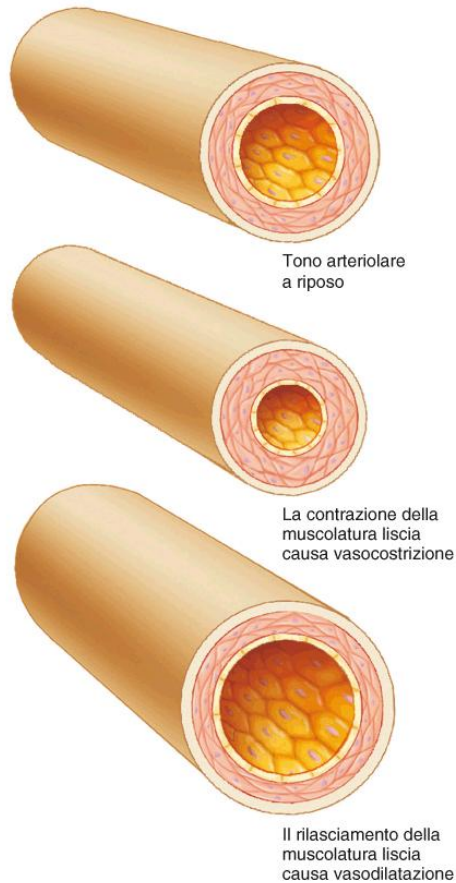


Quasi il 60% della resistenza al flusso è dovuto alle **arteriole**

# REGOLAZIONE DELLA PRESSIONE A LIVELLO DELLE ARTERIOLE

Cambiamenti del diametro delle arteriole:

- a) *Regolare il flusso nei diversi letti capillari*
- b) *Regolare la pressione arteriosa media*

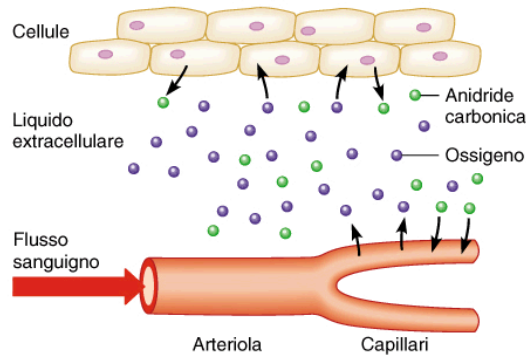


■ Sangue ossigenato  
■ Sangue deossigenato

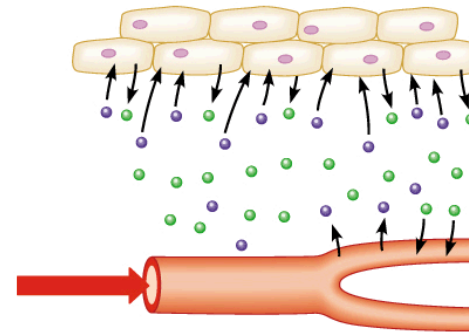
$$F_{\text{organo}} = \Delta P / R_{\text{organo}}$$

# IPEREMIA ATTIVA

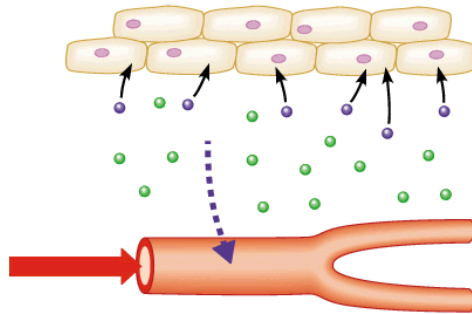
A seguito di un aumento/diminuzione dell'attività metabolica ha luogo una vasodilatazione/vasocostrizione delle arteriole



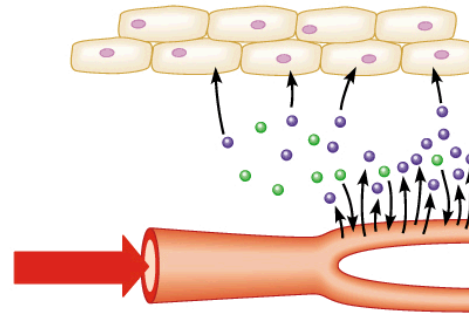
(a) In condizioni di riposo, l'ossigeno (pallini viola) viene rilasciato dal sangue nei tessuti in proporzione al suo consumo, mentre l'anidride carbonica (pallini verdi) viene rimossa dai tessuti e passa nel sangue man mano che viene prodotta.



(b) Quando il metabolismo aumenta, la quantità di ossigeno consumata è maggiore di quella rilasciata e la produzione di anidride carbonica supera la quantità rimossa. Di conseguenza, mentre la concentrazione di ossigeno tissutale diminuisce, quella di anidride carbonica aumenta.



(c) La minore concentrazione di ossigeno e l'aumentata concentrazione di anidride carbonica agiscono sulla muscolatura liscia arteriolare, facendola rilasciare e provocando vasodilatazione.



(d) La vasodilatazione facilita il flusso sanguigno, l'ossigeno che arriva alle cellule aumenta e l'anidride carbonica viene rimossa più efficacemente.

L'iperemia attiva è un esempio di "*controllo intrinseco*" che ha luogo durante l'esercizio fisico

# CAMBIAMENTI NELLA DISTRIBUZIONE DEL FLUSSO SANGUIGNO A RIPOSO E DURANTE L'ESERCIZIO FISICO



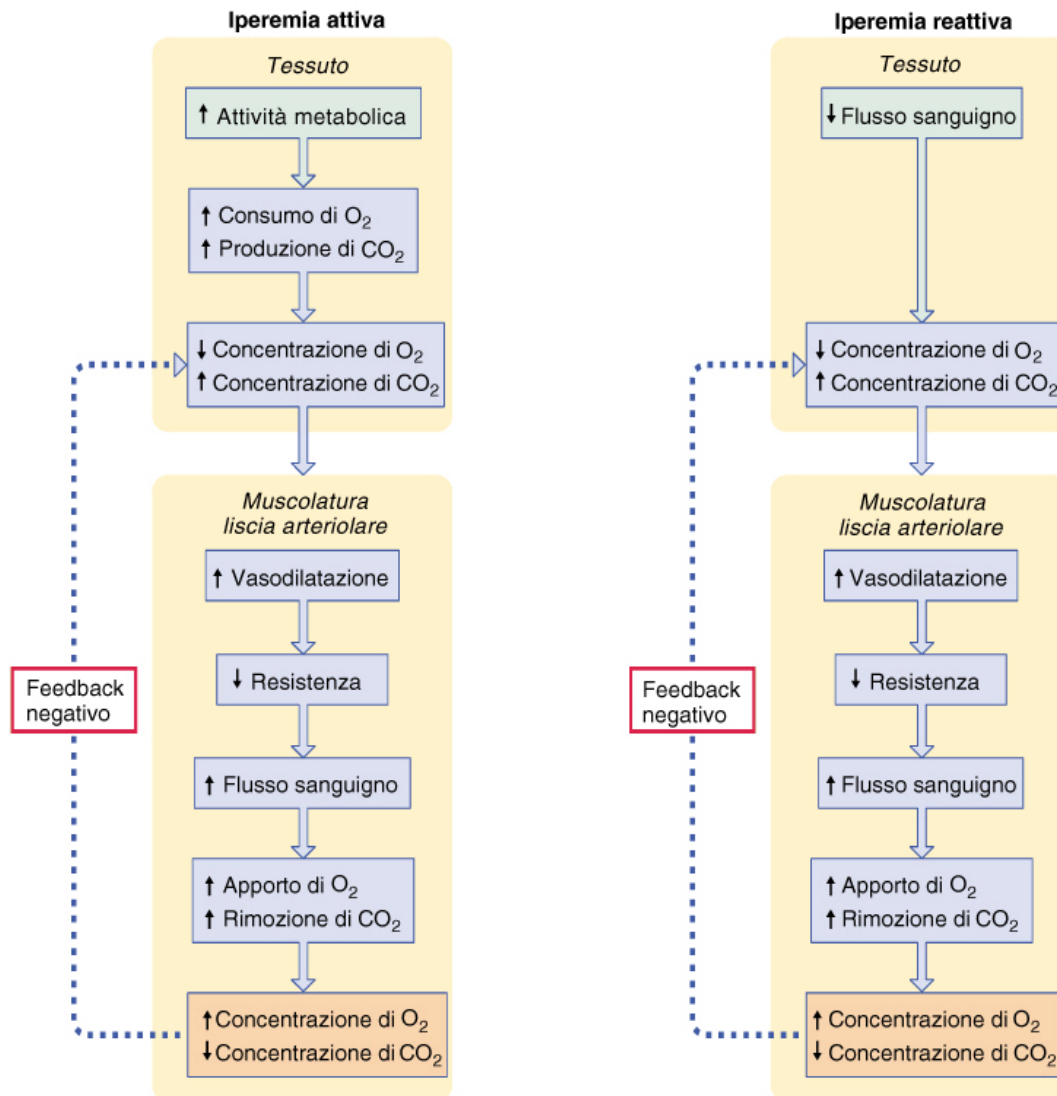
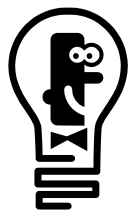
- **Nei muscoli** la quantità di sangue che circola può aumentare fino a 10 volte quella sufficiente in condizioni di riposo. Questo è reso possibile dalla presenza del distretto venoso e dalle sue caratteristiche di essere un "deposito" di sangue.
- **I reni**, invece, continuano a filtrare la stessa quantità di sangue.
- **L'apparato digerente** deve "cedere" qualcosa: non bisogna quindi mai assumere cibo subito prima di un esercizio sportivo.

# IPEREMIA REATTIVA

## Necessità metabolica

## Cambiamento del flusso sanguigno

Due cause diverse che scatenano lo stesso meccanismo

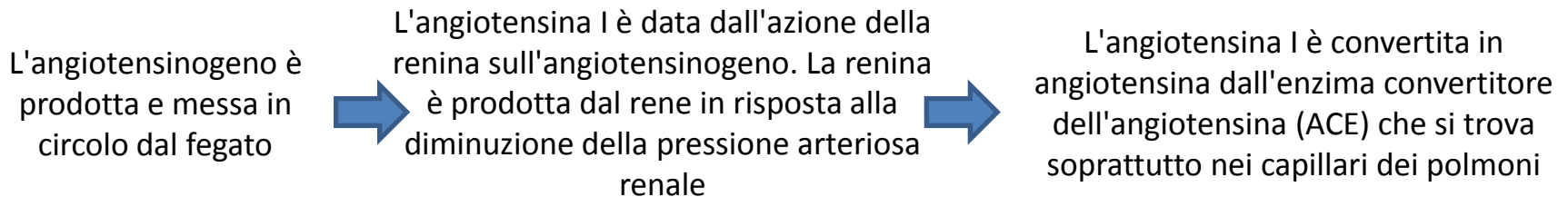




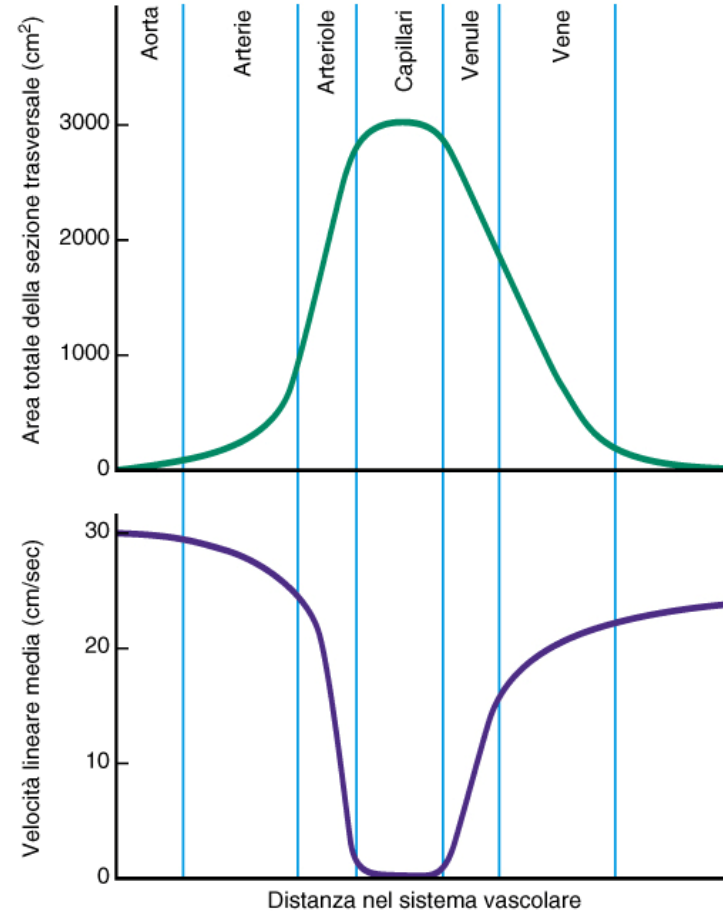
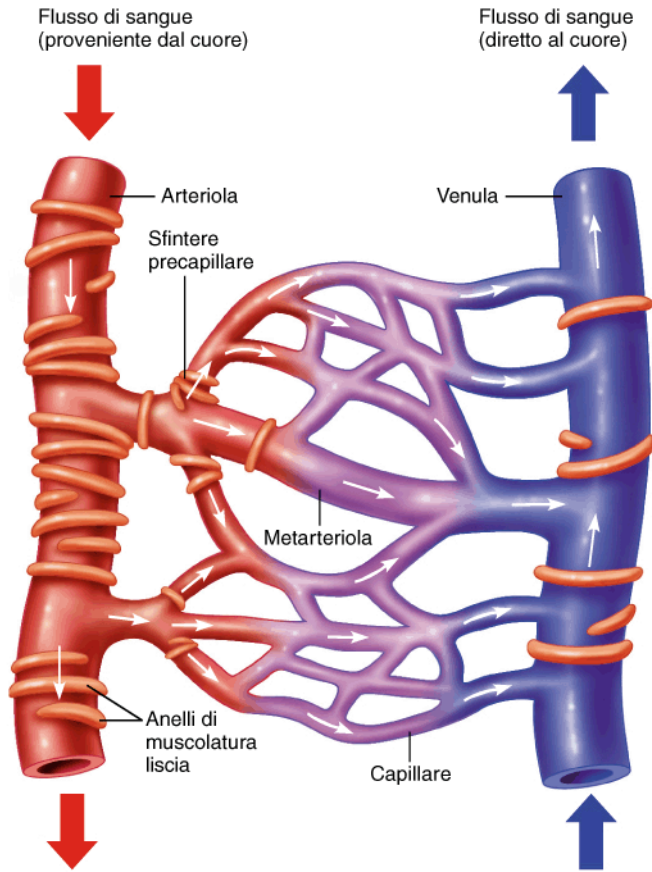
# FATTORI DI CONTROLLO ESTRINSECI DEL DIAMETRO DELLE ARTERIOLE

**TABELLA 14.2** Controllo estrinseco del diametro delle arteriole

Fattore estrinseco	Variazione del diametro	Effetto sulla MAP
Nervi simpatici	Vasocostrizione	Aumento
Adrenalina	Dipende dal tipo di recettore: $\alpha$ -adrenergico: vasocostrizione $\beta_2$ -adrenergico: vasodilatazione	Aumento (effetto predominante sui recettori $\alpha$ )
Vasopressina	Vasocostrizione	Aumento
Angiotensina II	Vasocostrizione	Aumento



# I CAPILLARI

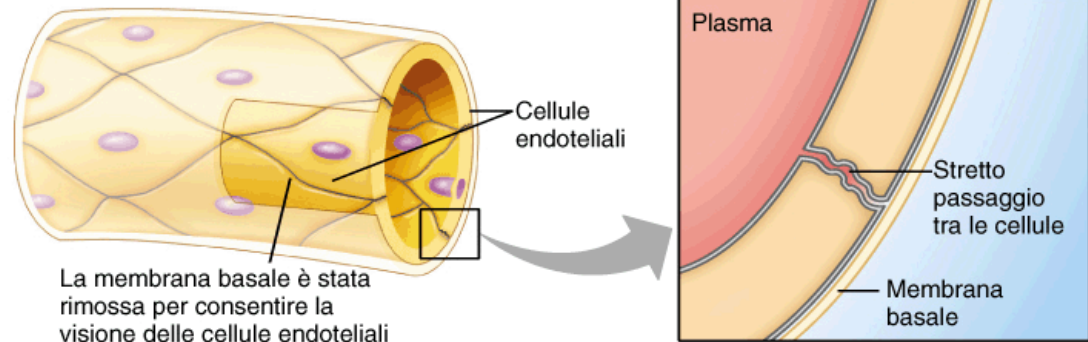


**FIGURA 14.15** Area totale della sezione trasversale e velocità del flusso sanguigno attraverso il sistema vascolare. I capillari hanno la massima area della sezione trasversale e la minore velocità di flusso sanguigno.

# I CAPILLARI FENESTRATI E CONTINUI

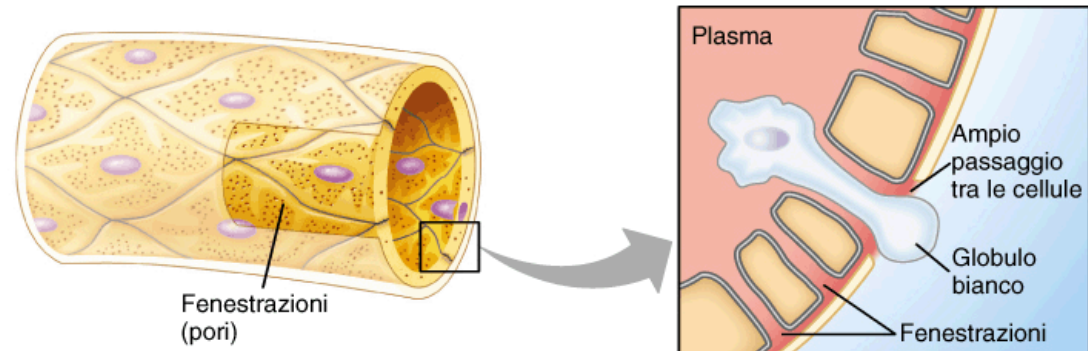
**FIGURA 14.16** Due tipi di capillari.

**(a)** Capillare continuo, caratterizzato da stretti passaggi pieni di acqua (vie di comunicazione) tra le cellule endoteliali. **(b)** Capillare fenestrato, che presenta dei pori (fenestrazioni) attraverso le cellule endoteliali, oltre ai passaggi tra le cellule endoteliali. In alcuni capillari fenestrati, i passaggi tra le cellule endoteliali sono abbastanza larghi da consentire alle cellule del sangue di attraversarli.



**(a)** Capillare continuo

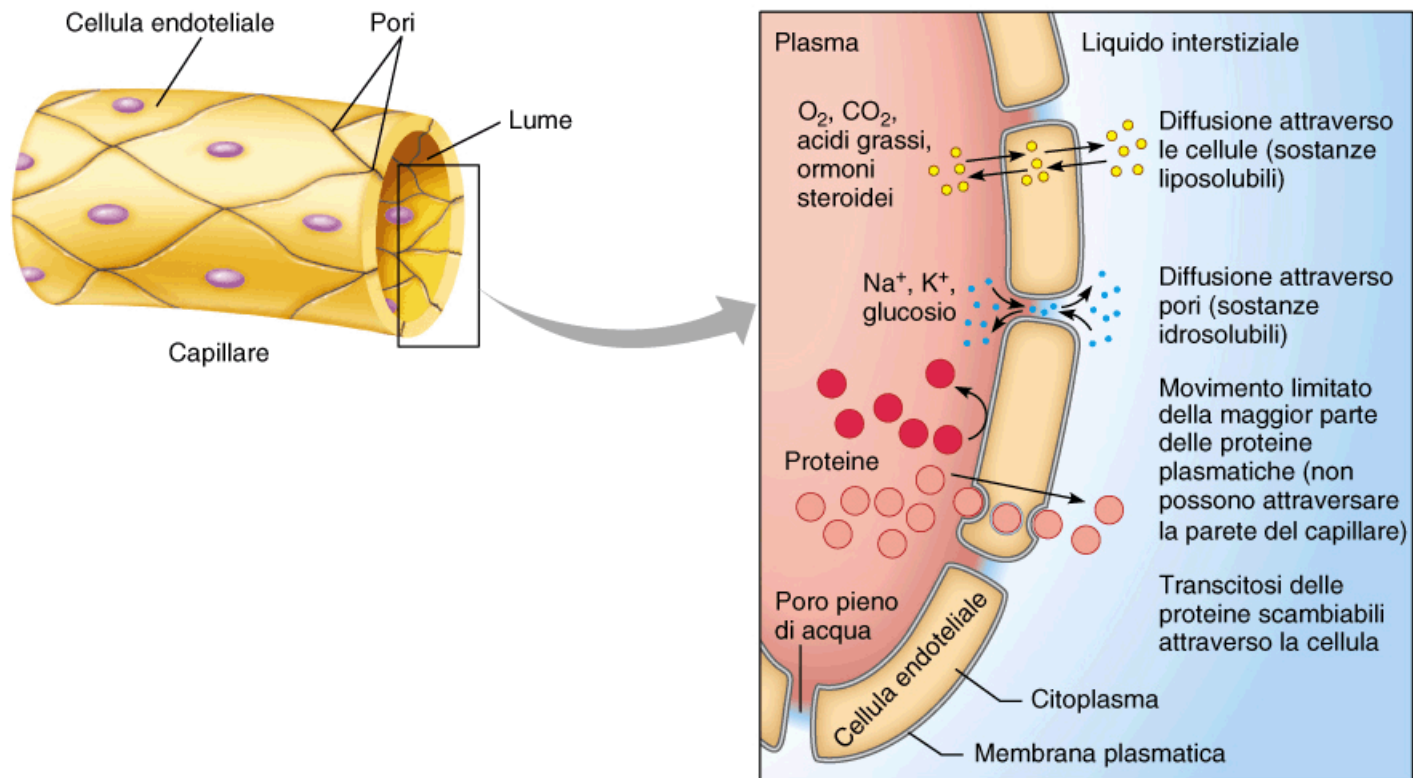
*Più comuni*



**(b)** Capillare fenestrato

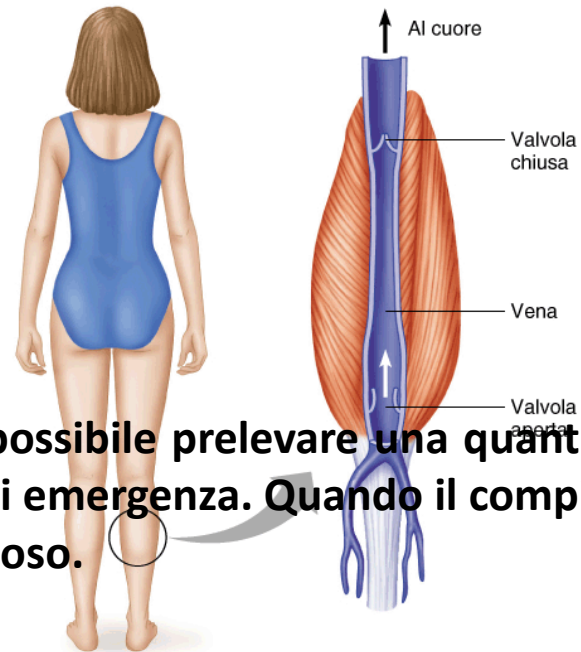
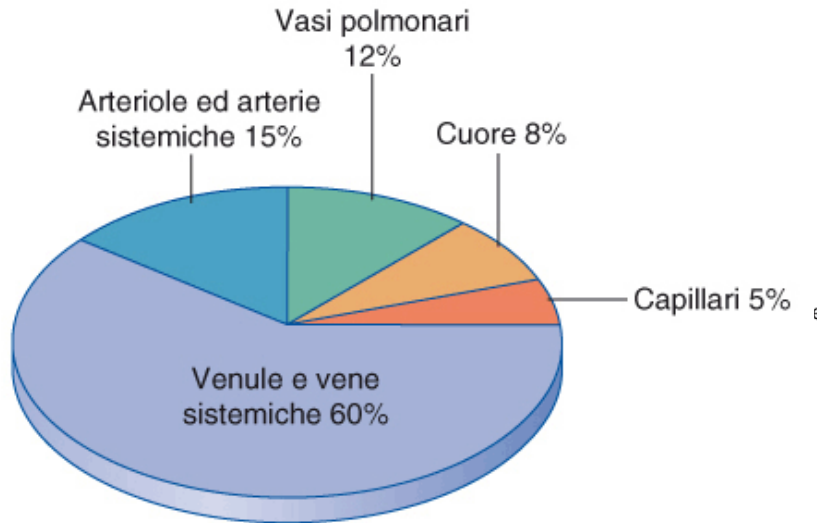
*Rene, Fegato, Midollo osseo*

# SCAMBI METABOLICI



**FIGURA 14.18 Scambio di sostanze attraverso la parete di un capillare continuo.** Le sostanze liposolubili sono in grado di diffondere attraverso le cellule endoteliali, mentre il passaggio di piccole sostanze idrosolubili è consentito solo attraverso i pori permeabili all'acqua. Sebbene la maggior parte delle proteine del plasma non sia in grado di attraversare la parete, alcune proteine sono in grado di farlo mediante transitosi.

# SISTEMA VENOSO: UN SERBATOIO DI VOLUME



Le vene funzionano come un "deposito" dove è possibile prelevare una quantità di sangue se richiesta da condizioni contingenti o di emergenza. Quando il compito sarà finito il sangue verrà rimesso nel deposito venoso.

(a) Muscolo scheletrico contratto

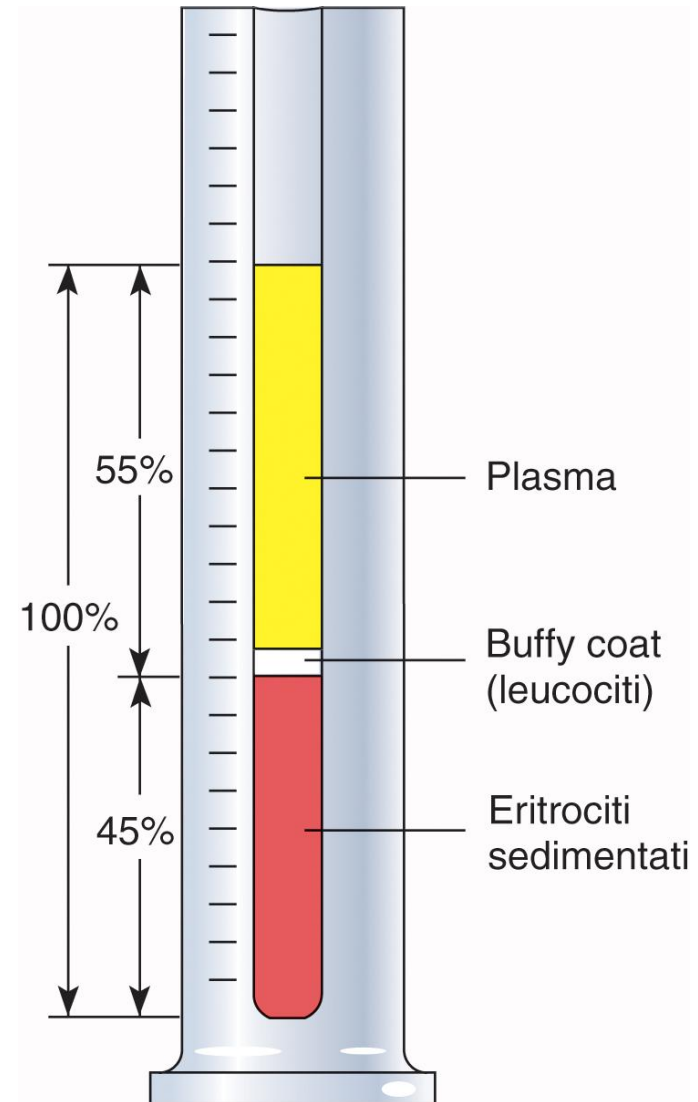
(b) Muscolo scheletrico rilasciato

**FIGURA 14.22** La pompa muscolare scheletrica. (a) Quando un muscolo si contrae, comprime le vene, spingendo così il sangue in direzione del cuore. (b) Quando invece si rilassa, il flusso del sangue in direzione retrograda viene impedito dalle valvole che si trovano nelle vene.

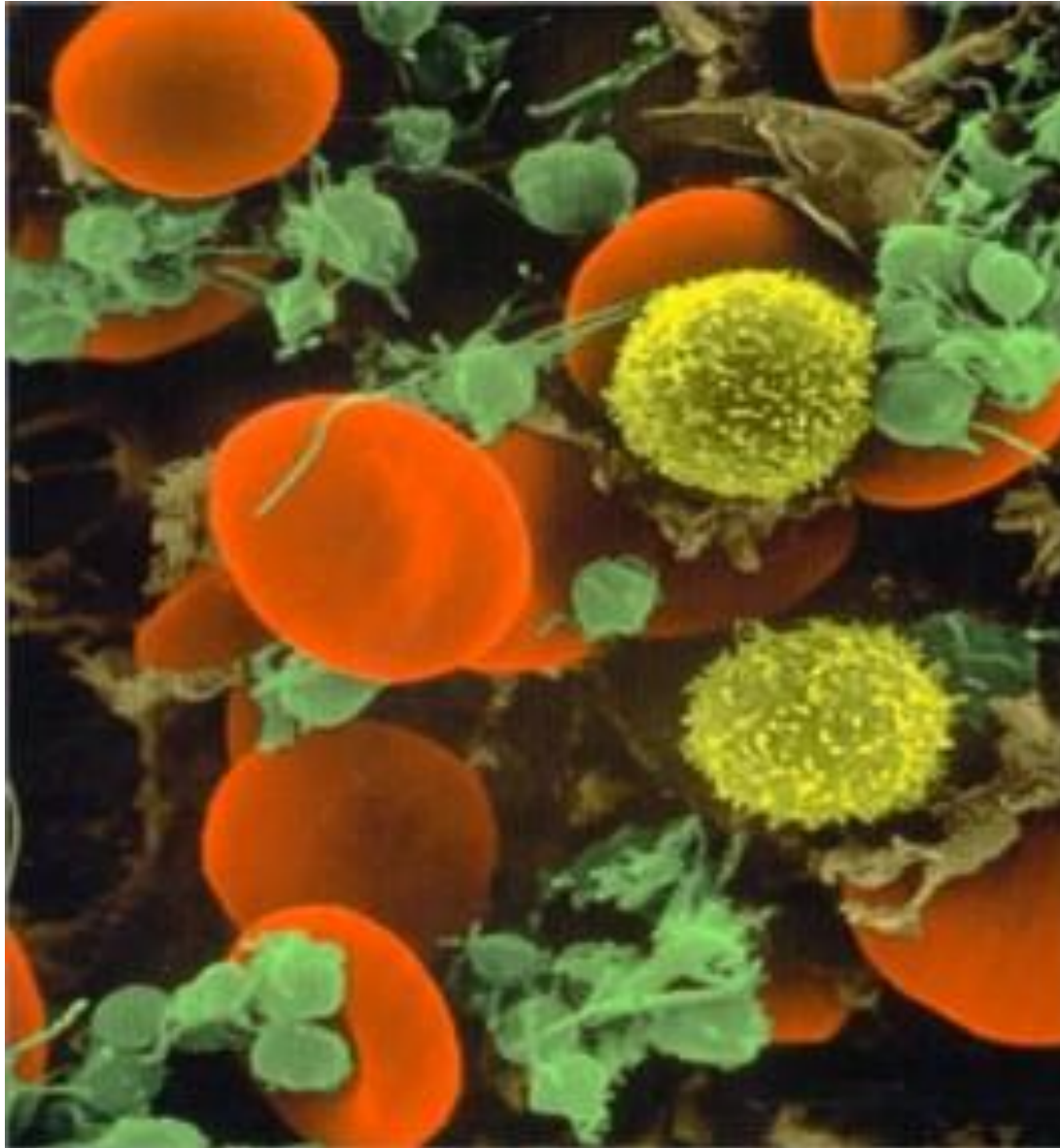
# **IL SANGUE**

# UN TESSUTO CONNETTIVO VIVENTE

Elementi cellulari	45 %
Fluidi	55 %



# LE CELLULE DEL SANGUE:



In un millimetro cubo ci sono

**5.000.000** globuli rossi;

**7.000** globuli bianchi,

**220.000** piastrine



# FUNZIONI DEL SANGUE

- Trasporto e riserva
- Termoregolazione
- Difesa
- pH e osmolarità
- Substrati
- Ormoni
- Prodotti di scarto
- Gas

# COMPOSIZIONE

	<i>Maschi</i>	<i>Femmine</i>
Ematocrito (% del sangue intero che è costituita da globuli rossi)	40%-54%	37%-47%
Emoglobina (g/dL sangue)	14-17	12-16
Globuli rossi (cellule/ $\mu$ L)	$4,5-6,5 \times 10^6$	$3,9-5,6 \times 10^6$
Globuli bianchi totali (cellule/ $\mu$ L)	$4-11 \times 10^3$	$4-11 \times 10^3$
Conta differenziale dei globuli bianchi	50%-70%	50%-70%+
Neutrofil		
Eosinofili	1%-4%	1%-4%
Basofili	<1%	<1%
Linfociti	20%-40%	20%-40%
Monociti	2%-8%	2%-8%
Piastrine (per $\mu$ L)	$200-500 \times 10^3$	$200-500 \times 10^3$

**Volemia** 4.5-5.5 (5.0-6.0) litri di sangue totale

- Peso specifico 1.050-1.060
- Viscosità (plasma e sangue)

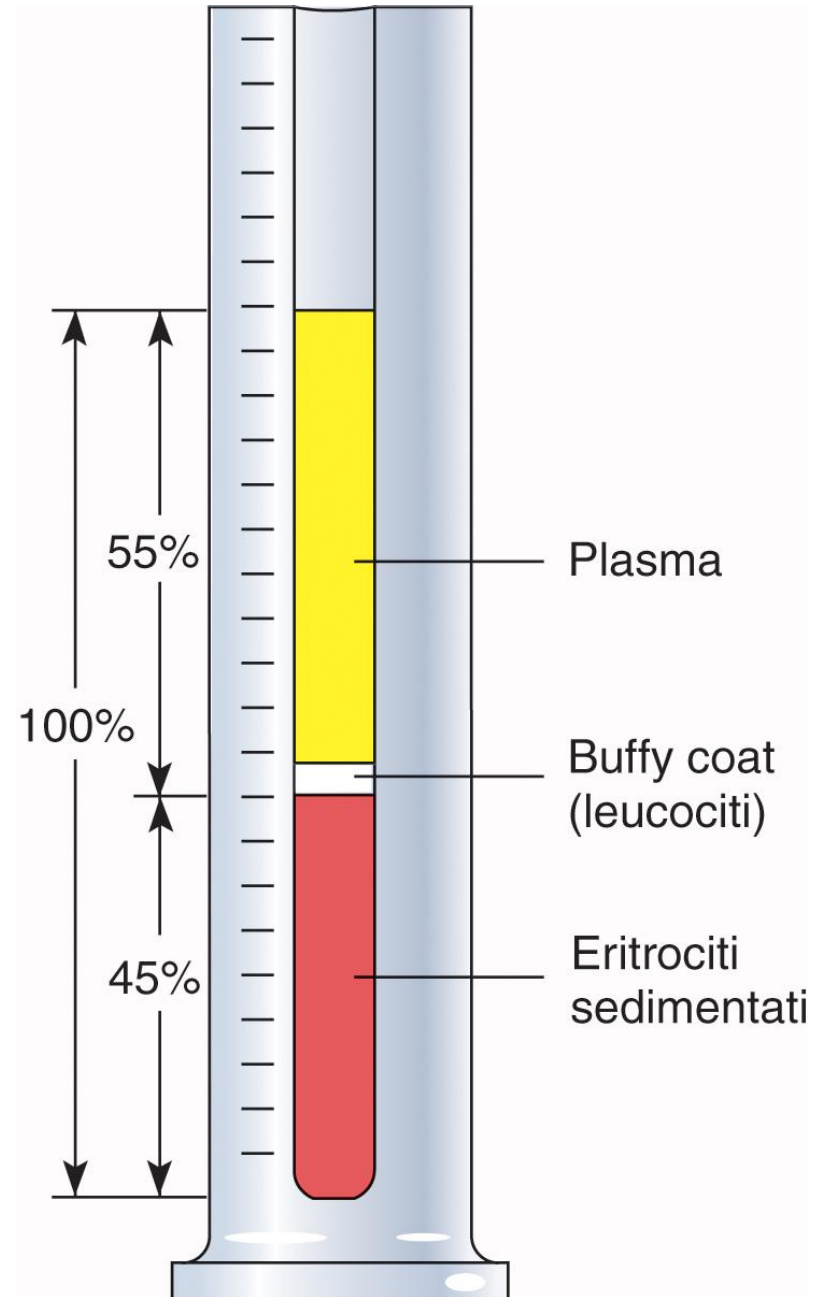
# VES

Velocità di eritrosedimentazione

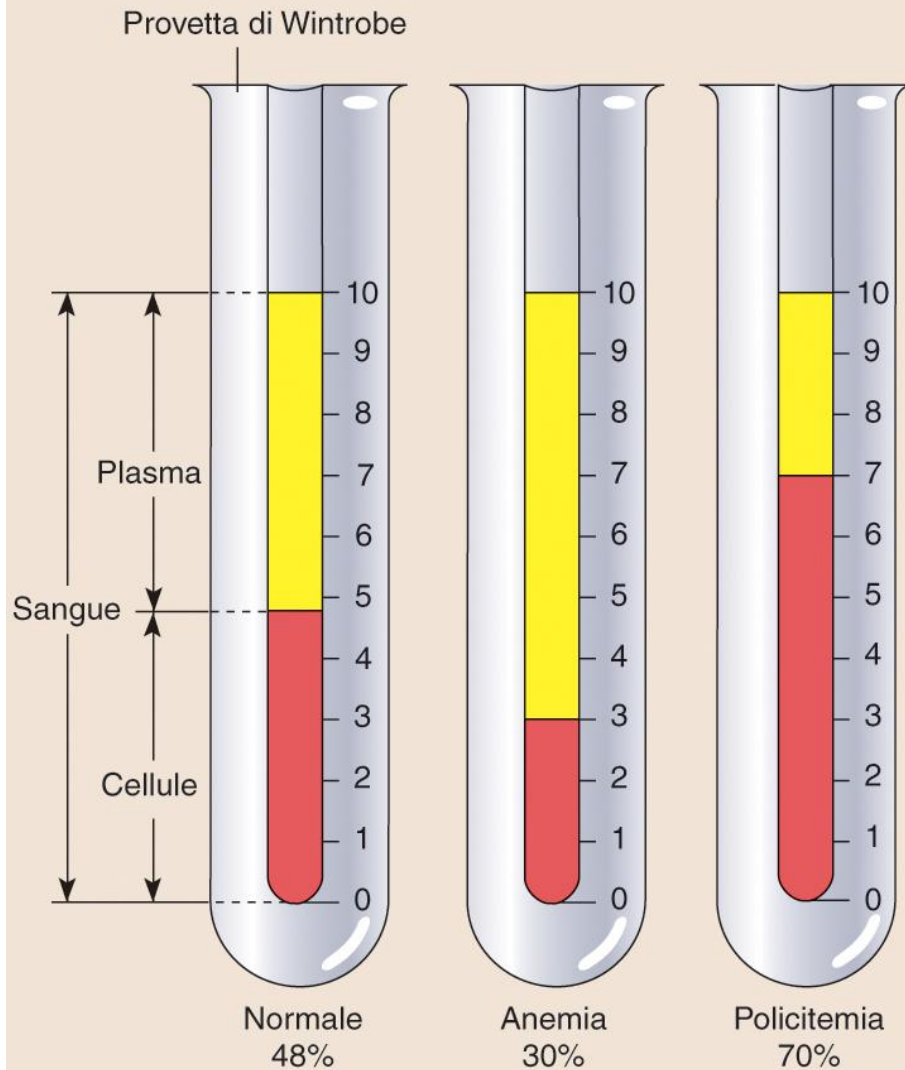
VES= 2-20 mm/h

Anemia VES BASSA

Infiammazione VES ALTA



# EMATOCRITO



$$\text{Ematocrito di Wintrobe \%} = \frac{\text{volume degli eritrociti}}{\text{volume totale del sangue}} \times 100$$

Valori normali di ematocrito	
Femmina adulta	37-47%
Maschio adulto	42-52%

# IL PLASMA

Liquido in cui circolano cellule ematiche e piastrine

93% H<sub>2</sub>O      7% soluti

Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>

Gas come O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>

Vitamine

Prodotti di scarto come l'urea

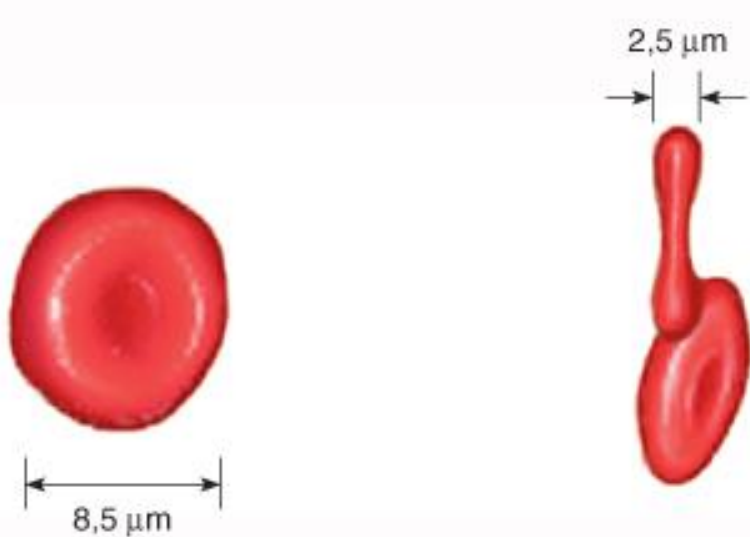
Etc.etc.

Scambio di acqua e soluti con il liquido interstiziale molto rapido  
(70% in 1 minuto)

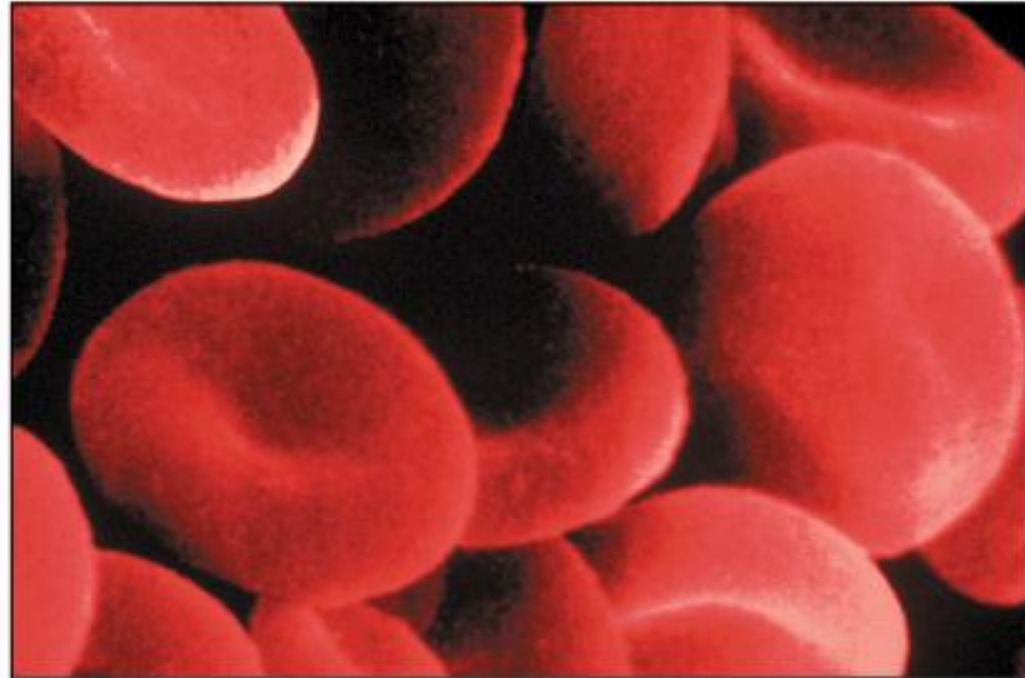
Le proteine creano la differenza di osmolarità perché non passano la parete dei capillari

# ERITROCITI

Disco biconcavo: elevato rapporto superficie volume



(a)



(b)

Funzione principale: Trasporto di  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$

**Circa  $5 \cdot 10^6$  per microlitro**



7 micron

2  
micron

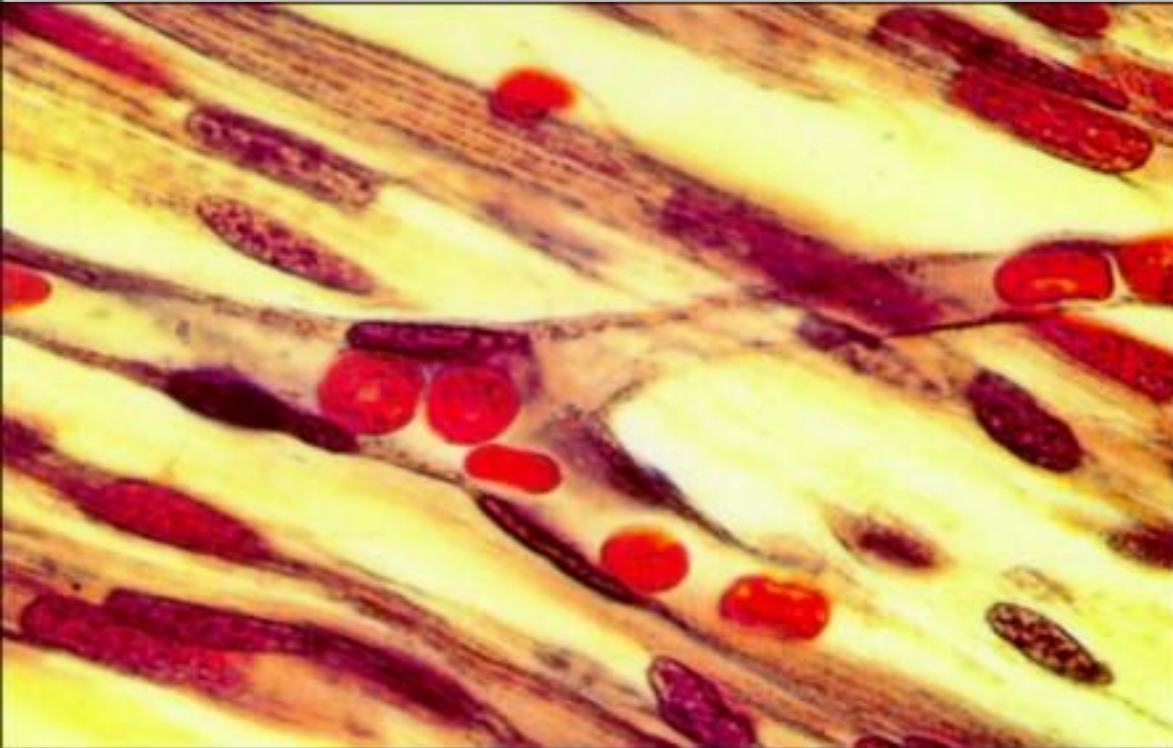


7 micron

Cellula anucleata e  
senza organelli

Proteine fibrose e  
globulari formano  
il citoscheletro  
ancorato alla  
membrana

Cellule molto  
flessibili



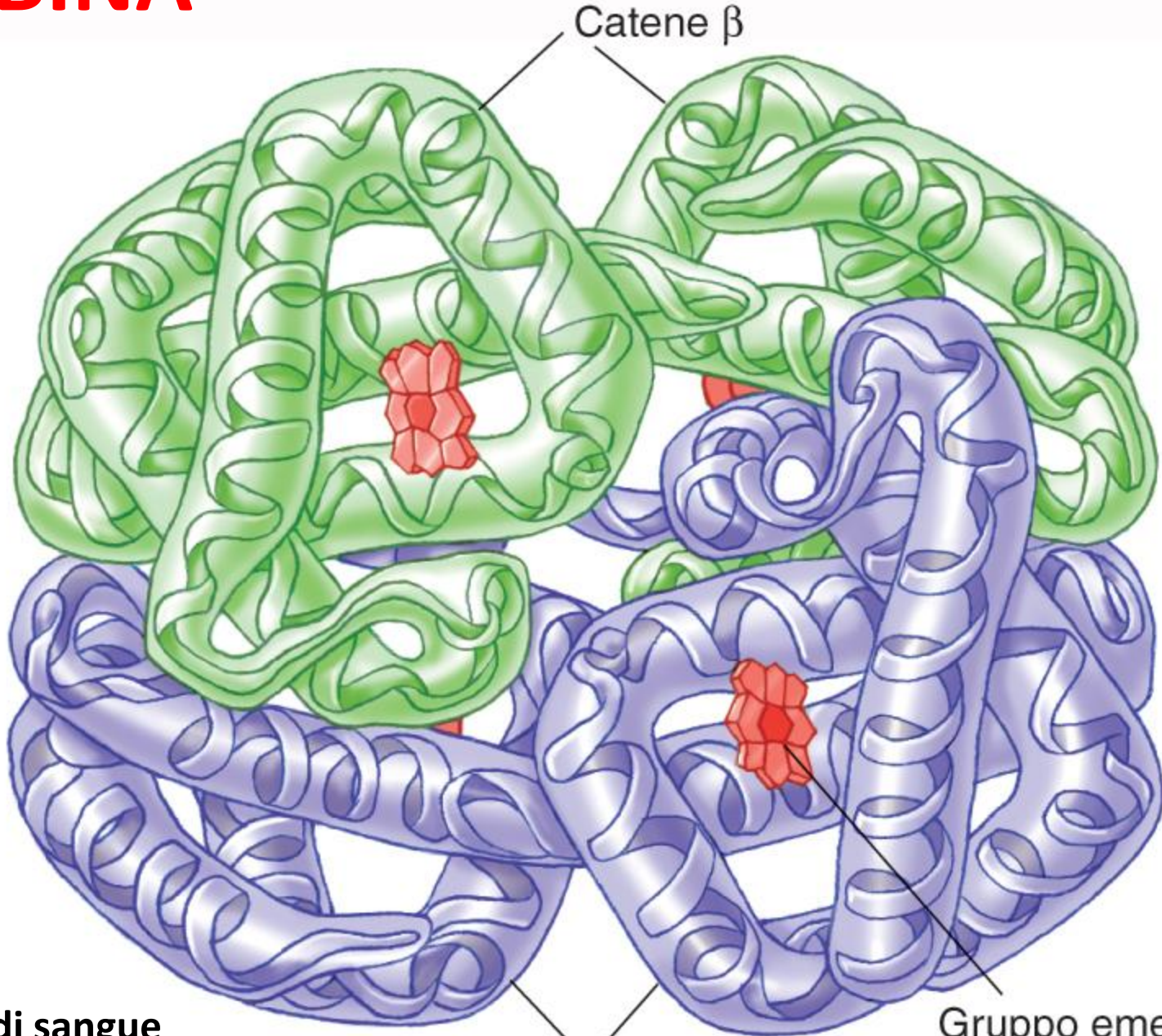
# TRASPORTO DI OSSIGENO

- **Gli eritrociti contengono emoglobina**
- **L'emoglobina è una proteina di pigmento e dà alla cellula il colore rosso**
- **200-300 milioni di molecole in ogni GR**
- **L'emoglobina si lega e si dissocia rapidamente con O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>**
- **Tampone contro le variazioni di H<sup>+</sup>**



# EMOGLOBINA

4 gruppi EME  
4 atomi di Ferro  
4 molecole di O<sub>2</sub>



Circa 15 g in 100 ml di sangue

Catene α

Gruppo eme  
1 per catena