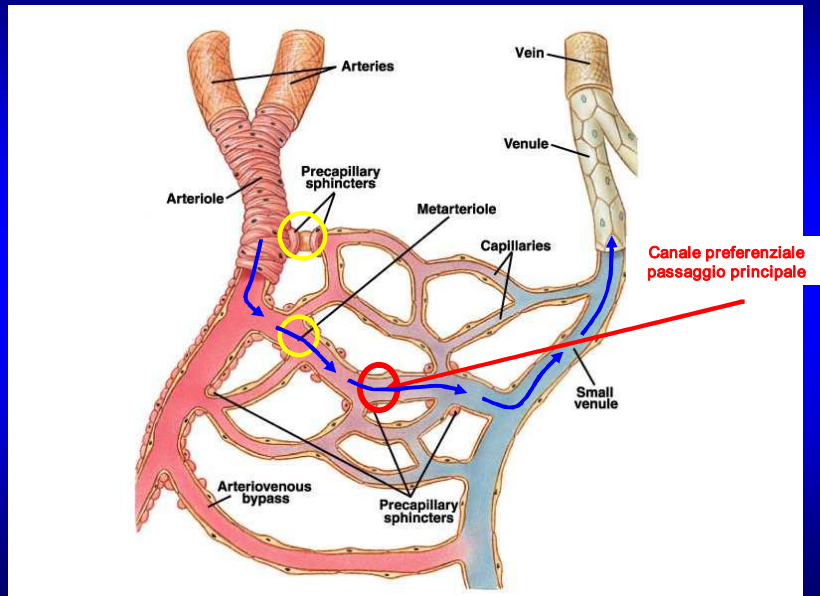


Struttura del territorio circolatorio terminale



Numero complessivo capillari nell'uomo $30-40 \cdot 10^9$

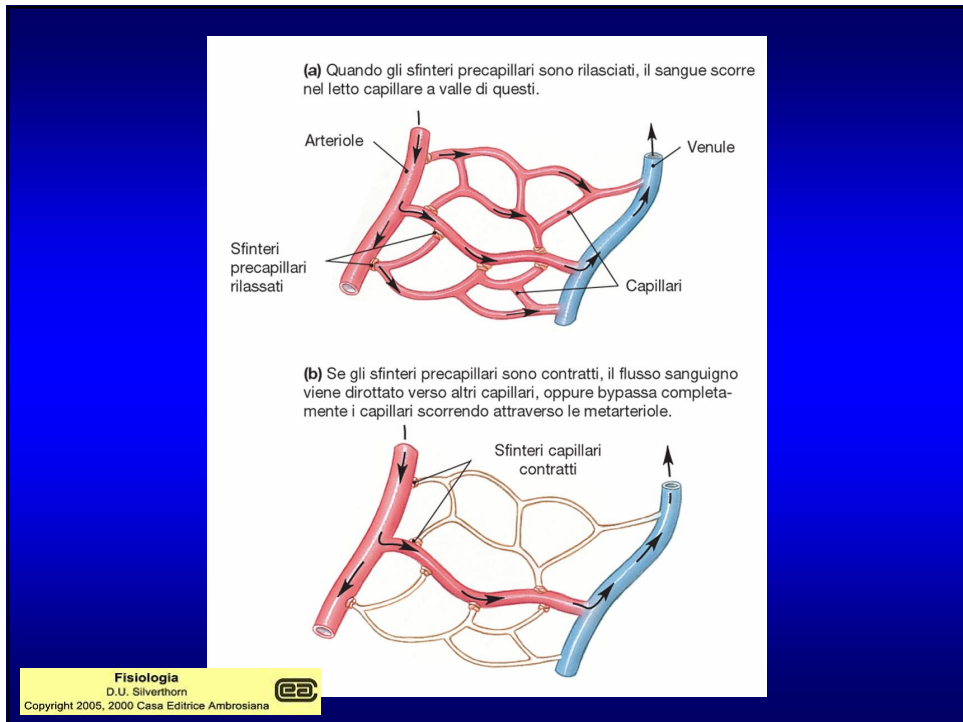
Superficie di scambio 1000 m^2 .

Densità capillare funzionale $8-10 \cdot 10^9$

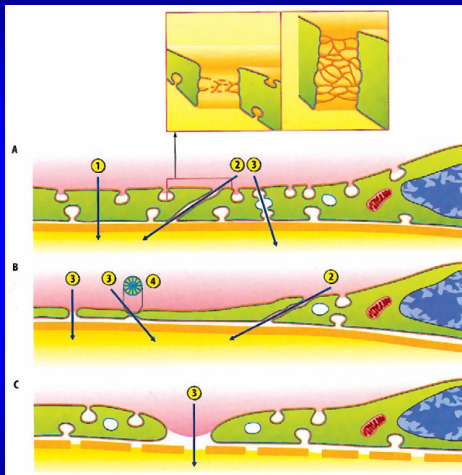
Superficie di scambio a riposo ammonta circa 300 m^2

La densità capillare e la superficie di scambio varia da organo a organo:

cervello ($500 \text{ cm}^2/\text{gr}$), muscolo scheletrico ($100 \text{ cm}^2/\text{gr}$),
tessuto adiposo ($10 \text{ cm}^2/\text{gr}$)



Tipi di capillari



Continui (*cardiaco, scheletrico, cutaneo, connettivo, adiposo, polmonare*)

Fessure intercellulari (4-5 nm), elevata permeabilità acqua e soluti, scarsa alle proteine

Fenestrati (*glomeruli renali, ghiandole esocrine ed endocrine, mucosa intestinale, corpi ciliati e coroidei*)

Pori intracellulari (50-60 nm), elevata permeabilità acqua e soluti, relativamente bassa alle proteine

Discontinui (*fegato, milza e midollo osseo*)

Fessure intra ed intercellulari (fino a 1 μm), permeabilità elevata alle proteine e grosse molecole

Capillari cerebrali

Endotelio continuo con giunzioni strette (barriera ematoencefalica), impermeabile a tutte le sostanze idrosolubili

Gli scambi di sostanze tra capillare ed interstizio avvengono attraverso due meccanismi:

Diffusione

Filtrazione

Diffusione: ruolo fondamentale

- Sostanze liposolubili (O_2 , CO_2 , ecc) passano direttamente attraverso le membrane. Lo scambio è limitato dalla perfusione.
- Sostanze idrosolubili passano attraverso pori e fessure (55 l/min). Lo scambio dipende dal rapporto tra le dimensioni della molecola e del poro, che limitano la diffusione
- La diffusione è regolata dalla Legge di Fick:

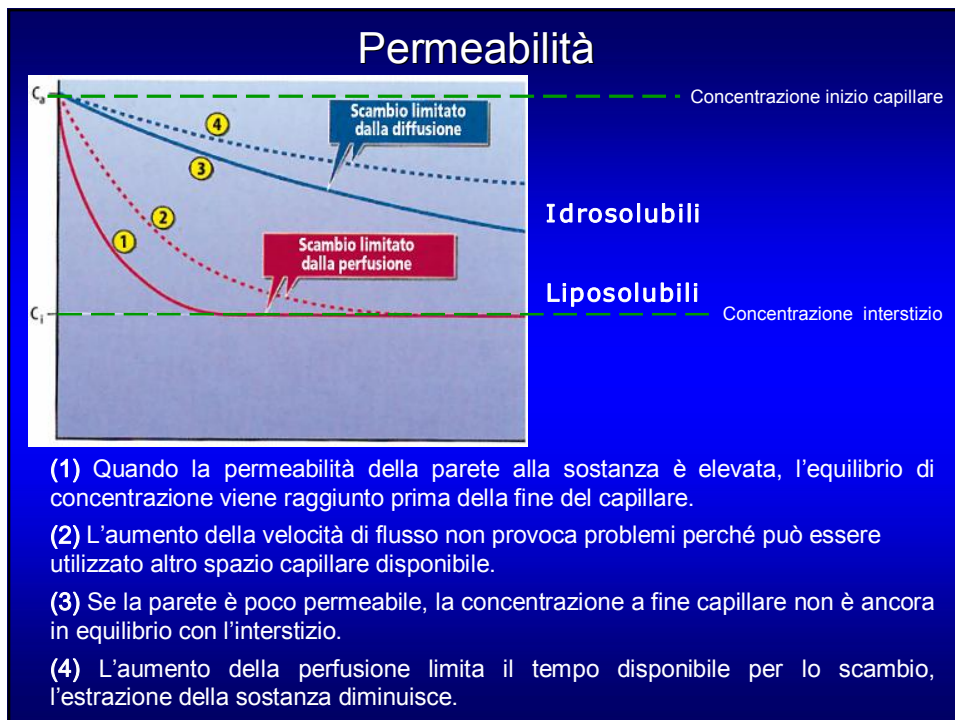
$$V = D \cdot A \cdot \Delta C/dx$$

D = coefficiente di diffusione ($1/\sqrt{PM}$)

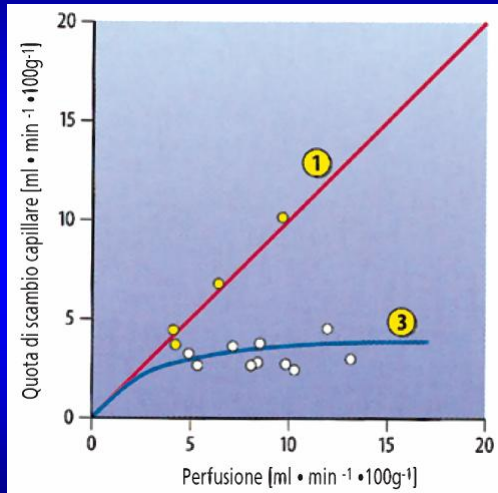
A = Superficie di scambio

$\Delta C/dx$ = gradiente di concentrazione/distanza

- Quando la permeabilità è elevata, l'equilibrio di concentrazione è raggiunto rapidamente, la quantità di sostanza che passa è limitata dall'entità di flusso ematico (perfusione)
- Quando la permeabilità è ridotta, la quantità di sostanza che passa è limitata dalla diffusione



Permeabilità



(1) Sostanza a scambio limitato dalla perfusione

(3) Sostanza a scambio limitato dalla diffusione

Filtrazione e Riassorbimento:

Modello di Starling

- A livello capillare esistono forze (pressioni) che favoriscono il passaggio di liquido dal vaso all'interstizio (filtrazione) e forze che facilitano il movimento di liquido dall'interstizio al vaso (riassorbimento)
- L'equazione di Starling mette a confronto queste forze. Dal prevalere delle une o delle altre dipende se il liquido viene filtrato o riassorbito.

Forze che favoriscono la filtrazione: Pressione capillare (P_c) e pressione colloid-osmotica nell'interstizio (π_i), dovuta alla concentrazione delle proteine nell'interstizio

Forze che favoriscono il riassorbimento: P idrostatica dell'interstizio (P_i) e pressione colloid-osmotica del capillare (π_c), dovuta alla concentrazione plasmatica delle proteine

$$P_{eff} = (P_c + \pi_i) - (P_i + \pi_c)$$

Estremità arteriolare

$P_c = 30 \text{ mmHg}$

$\pi_c = 28 \text{ mmHg}$

$\pi_i = 8 \text{ mmHg}$

$P_i = -3 \text{ mmHg}$

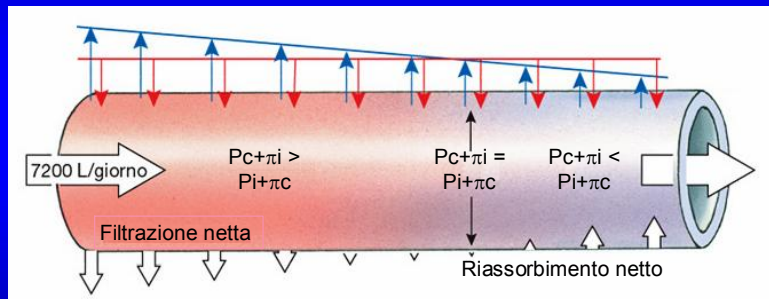
Estremità venulare

$P_c = 10 \text{ mmHg}$

$\pi_c = 28 \text{ mmHg}$

$\pi_i = 8 \text{ mmHg}$

$P_i = -3 \text{ mmHg}$



↓ $\pi_c + P_i =$ forze a favore del riassorbimento

↑ $P_c + \pi_i =$ forze a favore della filtrazione

Fisiologia
D.U. Silverthorn
Copyright 2005, 2000 Casa Editrice Ambrosiana



Estremo arterioso

Forze a favore della filtrazione: $P_c = 28-30 \text{ mmHg}$, $\pi_i = 8 \text{ mmHg}$

Forze a favore del riassorbimento: $P_i = -3 \text{ mmHg}$, $\pi_c = 28 \text{ mmHg}$

$$P = (28/30 + 8) - (-3 + 28) = 11/13 \text{ mmHg filtrazione}$$

Estremo venoso

Forze a favore della filtrazione: $P_c = 10 \text{ mmHg}$, $\pi_i = 8 \text{ mmHg}$

Forze a favore del riassorbimento: $P_i = -3 \text{ mmHg}$, $\pi_c = 28 \text{ mmHg}$

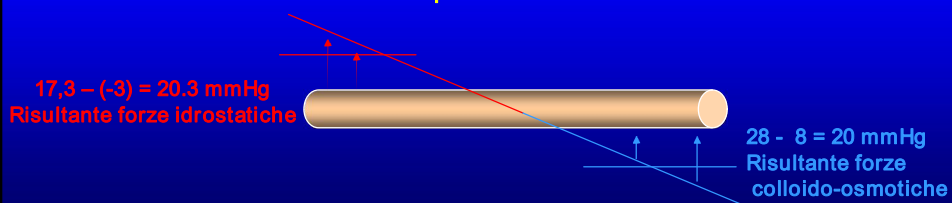
$$P = (10 + 8) - (-3 + 28) = -7 \text{ mmHg riassorbimento}$$

La P_c diminuisce progressivamente dall'estremità arteriolare a quella venulare, il suo valore medio è $17,3 \text{ mmHg}$

La P netta risultante sarà quindi :

$$P = (17,3 + 8) - (-3 + 28) = 0,3 \text{ mmHg filtrazione netta}$$

La filtrazione supera il riassorbimento



Coefficiente di filtrazione

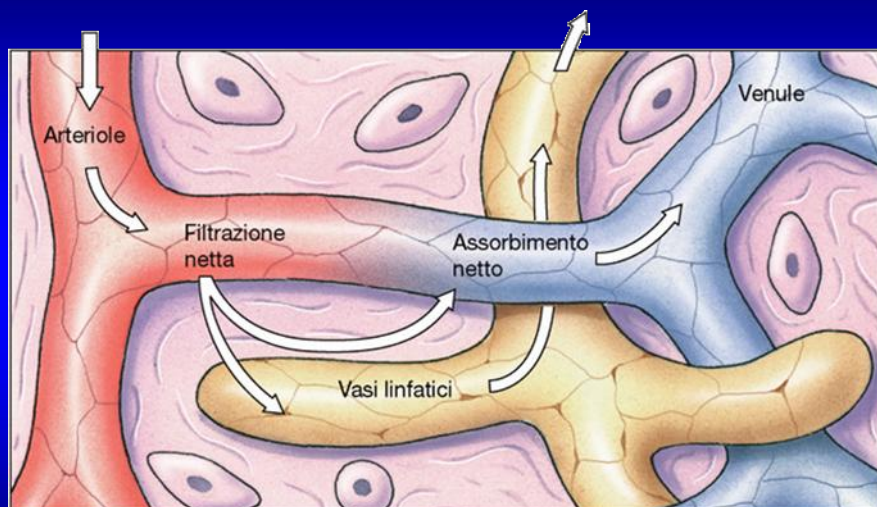
Nei distretti arteriosi dei capillari viene filtrato circa lo 0.5% del volume plasmatico in transito (14 ml/min, 20 l/di).

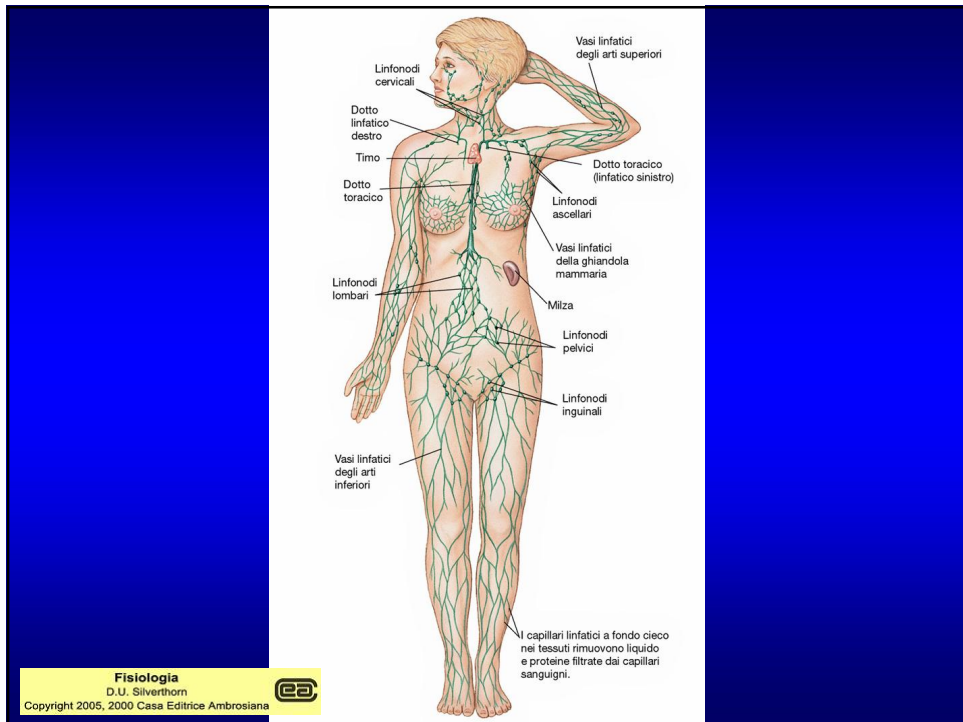
Nel distretto venoso viene riassorbito soltanto il 90%.

Il restante 10% (circa 2 l/di) viene drenato dallo spazio interstiziale attraverso i vasi linfatici

La Filtrazione netta di 2 ml/min (cioè 6,67 ml/min/mmHg)

Coefficiente di filtrazione: indica il prodotto tra la conduttanza idraulica della parete capillare e la superficie di scambio. E' basso nel cervello e nel muscolo, alto nell'intestino e nel fegato con una % di filtrazione delle proteine che varia da 1,5 a 6% (fegato).





Sistema Linfatico

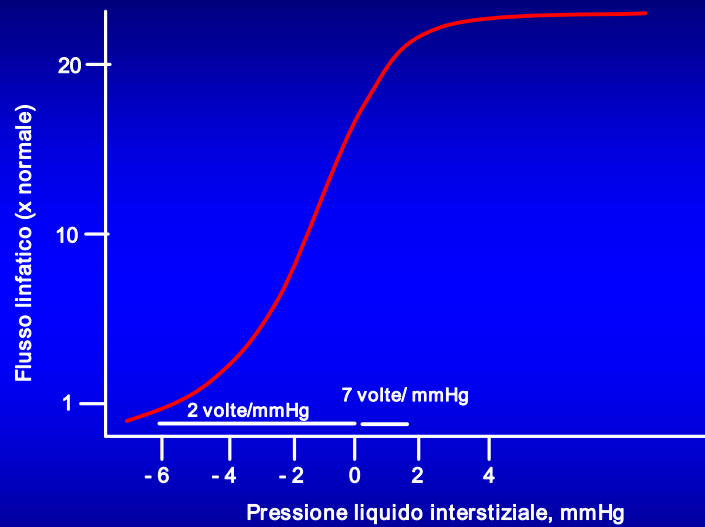
(Flusso di 120 ml/ora, 2-3 l/dì)
assicurato da meccanismi di pompa linfatica
intrinseci e dalla presenza di valvole

Diagram illustrating the structure of a lymphatic vessel wall. Labels include:

- Cellula endoteliale
- Filamenti di ancoraggio
- Cellula muscolare liscia

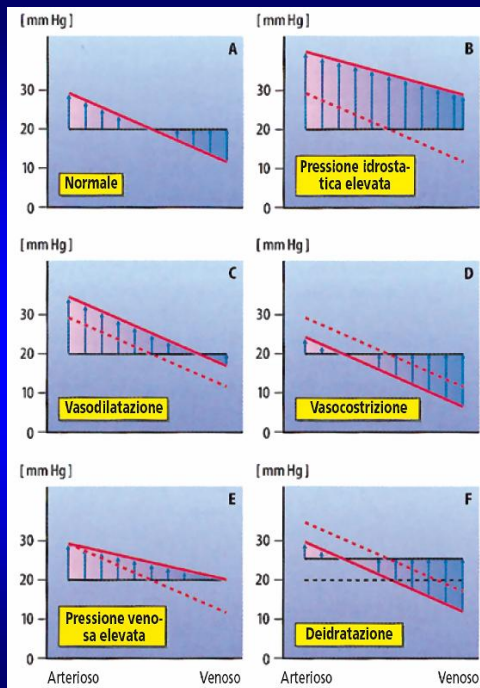
Red arrows indicate the direction of flow: **Fluido**, **Proteine**, and **Macromolecole lipidiche** enter from the left, and **Vasomozione** (contraction) is shown on the right.

Relazione tra P liquido interstiziale e flusso linfatico



Il flusso linfatico aumenta all'aumentare della pressione del liquido interstiziale. L'incremento è modesto per P da -6 mmHg a 0, e diventa consistente (più di 20 volte) per valori di P sopra lo 0. Per valori di P superiori a 1-2 mmHg il flusso rimane costante.

- Tutte le condizioni che aumentano la filtrazione dal capillare all'interstizio come:
 - aumenti della pressione capillare
 - diminuzione della pressione colloid-osmotica del plasma
 - aumenti della pressione colloid-osmotica interstiziale
 - aumenti della permeabilità capillare
- determinano un aumento del flusso linfatico**



I rapporti filtrazione-riassorbimento capillare possono variare.

Formazione di edema

In tutte le condizioni in cui la filtrazione supera il riassorbimento, determinando accumulo di liquido nell'interstizio, si parla di **edema interstiziale**.

Per la formazione di edemi possono essere considerate le seguenti cause:

Aumento della pressione capillare causata da:

- Aumenti della pressione arteriosa
- Dilatazione dei vasi di resistenza precapillari
- Costrizione delle venule postcapillari
- Aumenti della pressione venosa (insufficienza cardiaca)

Riduzione della pressione colloid-osmotica del plasma:

- Carezza proteica, escrezione renale di proteine, deficit della sintesi proteica

Aumentata permeabilità della parete capillare

- Infiammazioni, reazioni allergiche, ustioni

Deficit del drenaggio linfatico