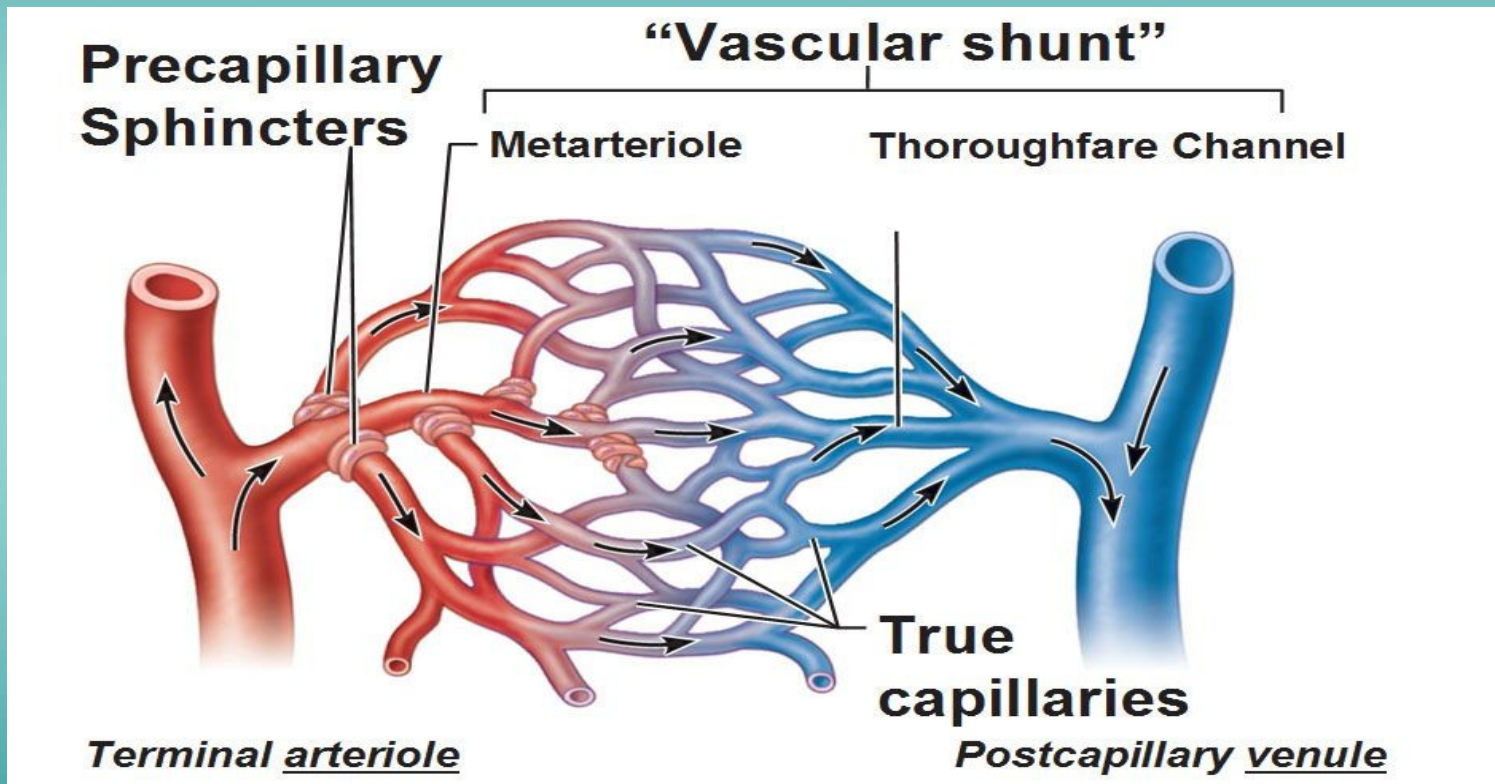


# MIKROCIRKULACE

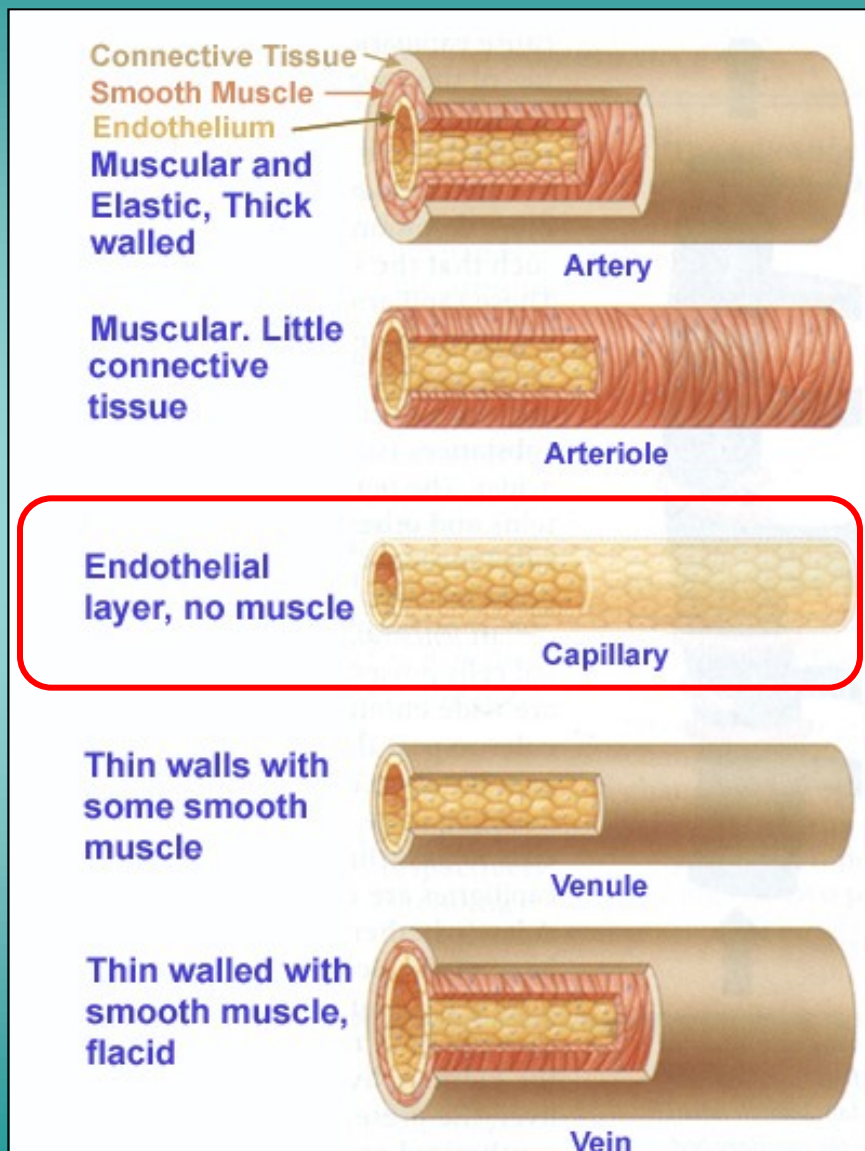
# FUNKČNÍ ANATOMIE

Mikrocirkulace označuje oběh krve v nejmenších cévách lidského těla – arteriolách, kapilárách a venulách.



Hlavní funkcí mikrocirkulace je umožnit transport látek (voda, plyny, glukóza, bílkoviny aj.) mezi cévním systémem a tkáněmi.

# STRUKTÚRA STĚNY CÉV



1

Kapilární stěna je asi  $1 \mu\text{m}$  silná.

2

Celková plocha kapilárních stěn u dospělého člověka přesahuje  $500 \text{ m}^2$ .

3

Rychlost krevního toku v kapilárách je  $0.2 - 1 \text{ mm/s}$ .

4

Tranzitní doba pro průchod krve kapilárou je  $1 - 2 \text{ s}$ .

# ULTRASTRUKTÚRA KAPILÁRY

Bazální membrána

Endoteliální buňka

Jádro

Vezikuly

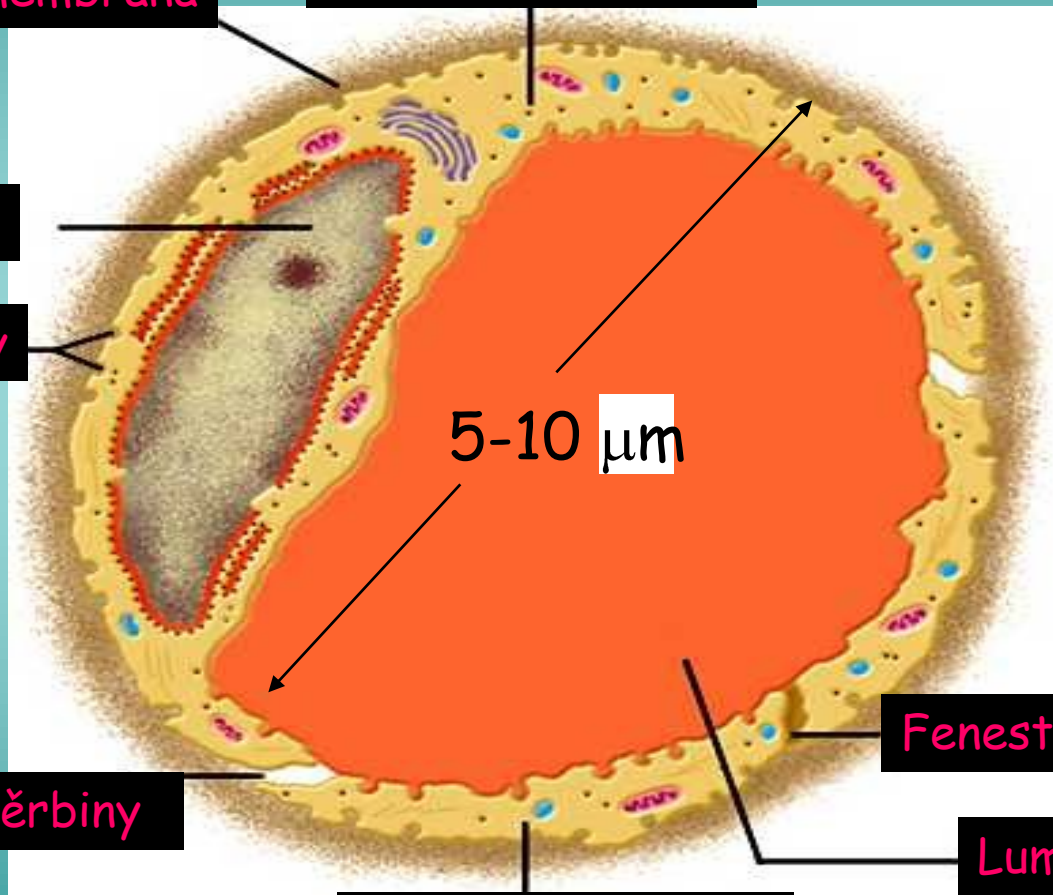
5-10  $\mu\text{m}$

Fenestrace

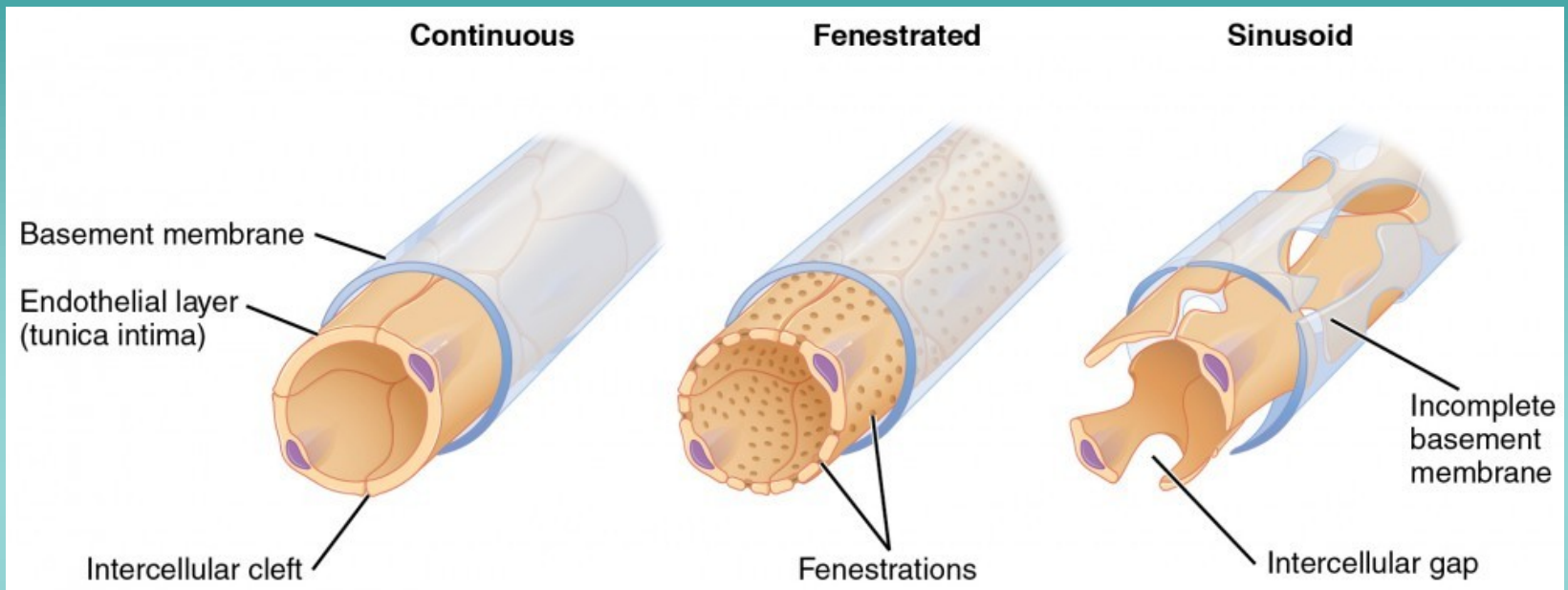
Mezibuněčné štěrby

Lumen

Endoteliální buňka

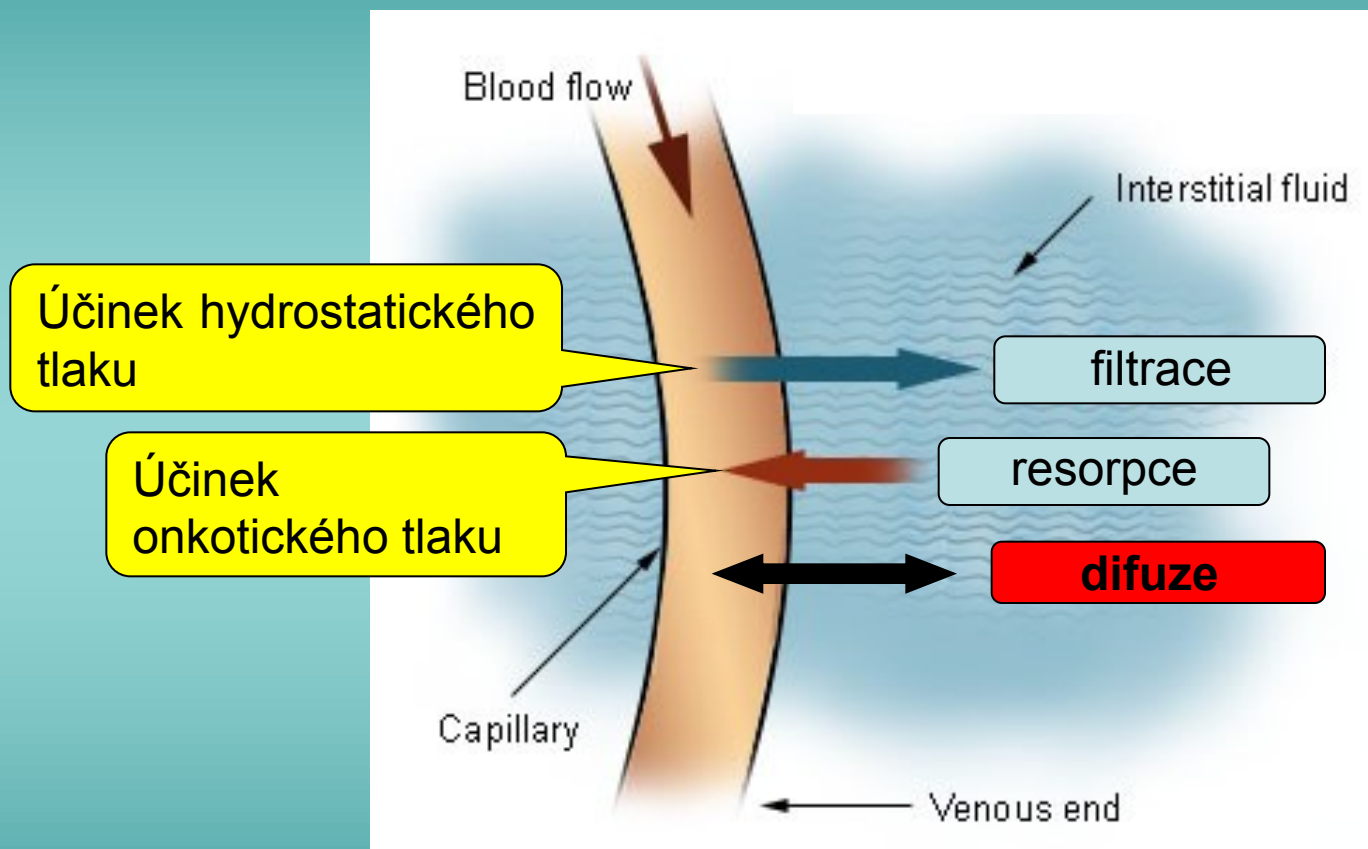


# TYPY KAPILÁR



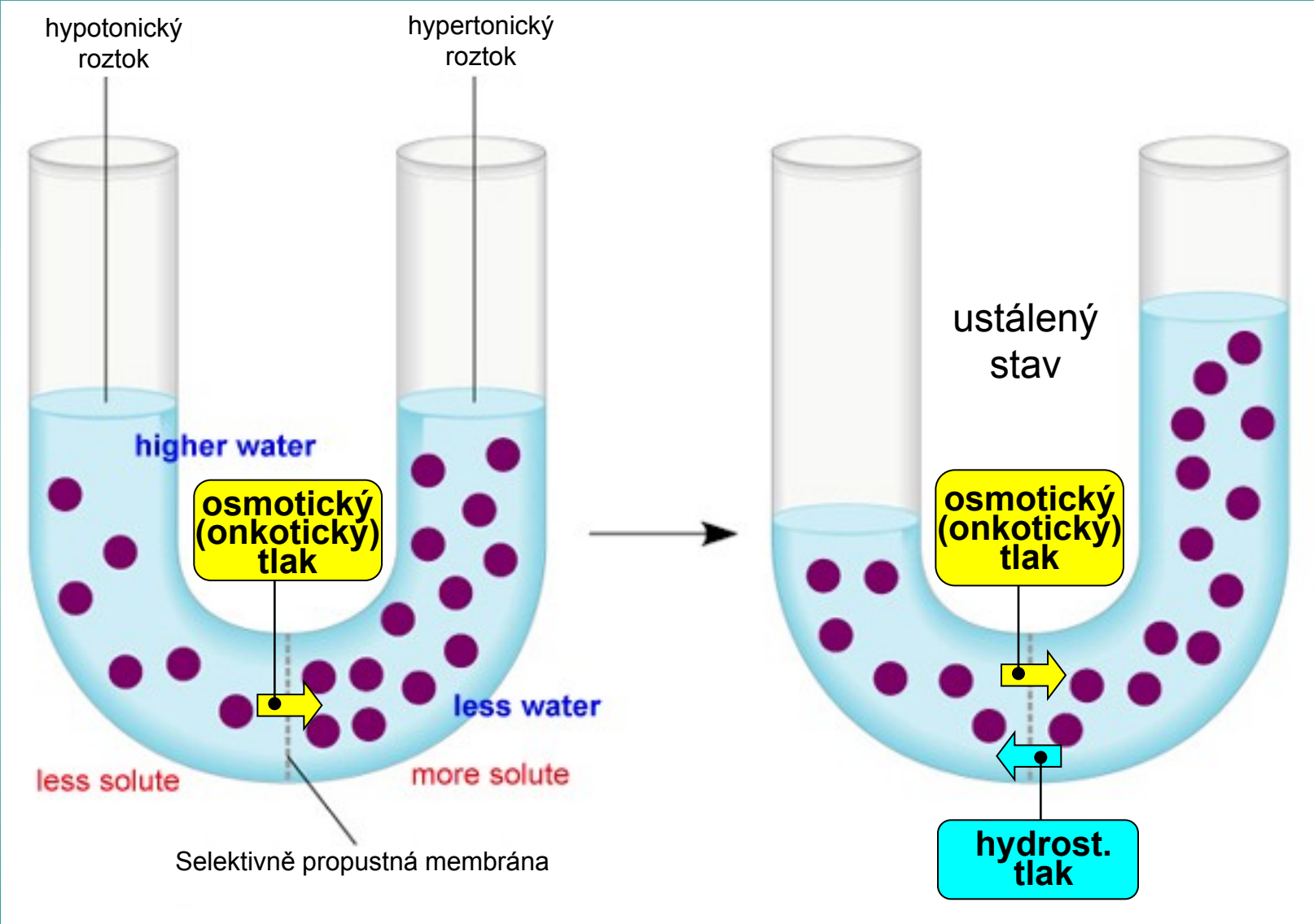
- **Kapiláry se souvislým endotelem** jsou např. v mozku, kůži nebo svalové tkáni a slouží k transportu vody, glukózy, iontů a malých částic (šířka štěrbin je 6 až 7 nanometrů).
- **Kapiláry s fenestrovaným endotelem** lze nalézt v ledvinách, střevech, pankreatu a žlázách s vnitřní sekrecí a umožňují transport i větších molekul (průměr fenestrací je 70 - 80 nanometrů).
- **Kapiláry s nespojitým endotelem** jsou např. v játrech nebo kostní dřeni. Obsahují široce otevřené póry, takže téměř všechny rozpuštěné látky plazmy včetně plazmatických bílkovin a dokonce i buněk mohou přecházet do intersticiálního prostoru.

# POHYB TEKUTINY PŘES KAPILÁRNÍ STĚNU

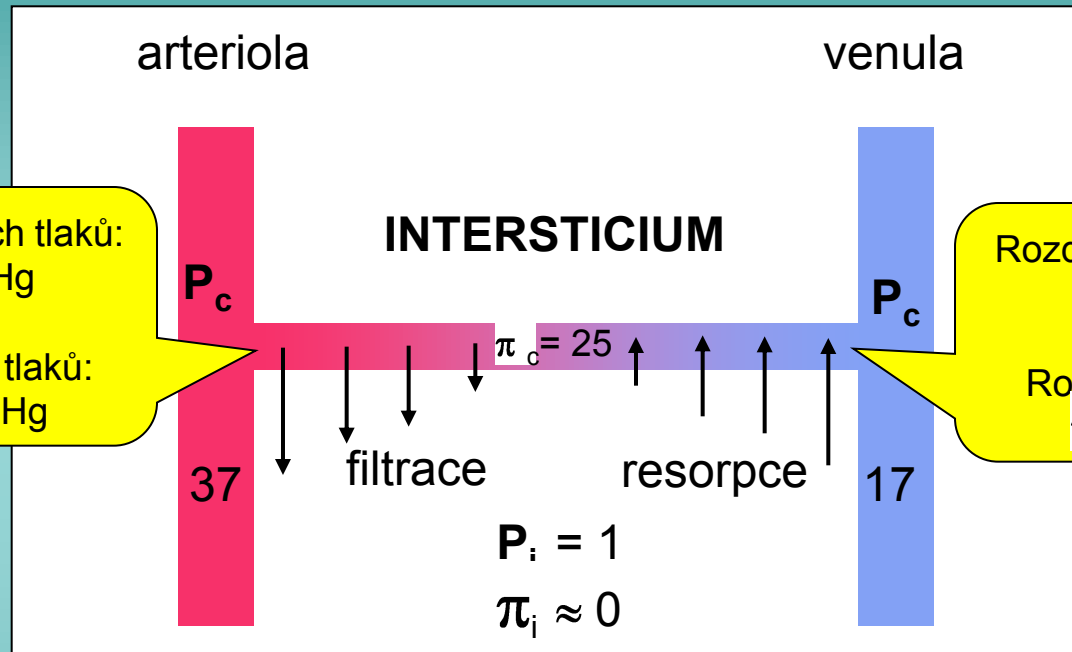


K difuzi, filtraci a resorpci plazmatické tekutiny přes kapilární stěnu dochází prostřednictvím mezibuněčných štěrbin, buněčných pórů a fenestrací.

# OSMOTICKÝ TLAK



# TLAKOVÝ GRADIENT PODÉL SVALOVÉ KAPILÁRY



KÁPILÁRNÍ HYDROSTATICKÝ TLAK  $P_c = 37$  až  $17$  mmHg

INTERSTICIÁLNÍ HYDROSTATICKÝ TLAK  $P_i = 1$  mmHg

KÁPILÁRNÍ ONKOTICKÝ TLAK  $\pi_c = 25$  mmHg

INTERSTICIÁLNÍ ONKOTICKÝ TLAK  $\pi_i \approx 0$  mmHg

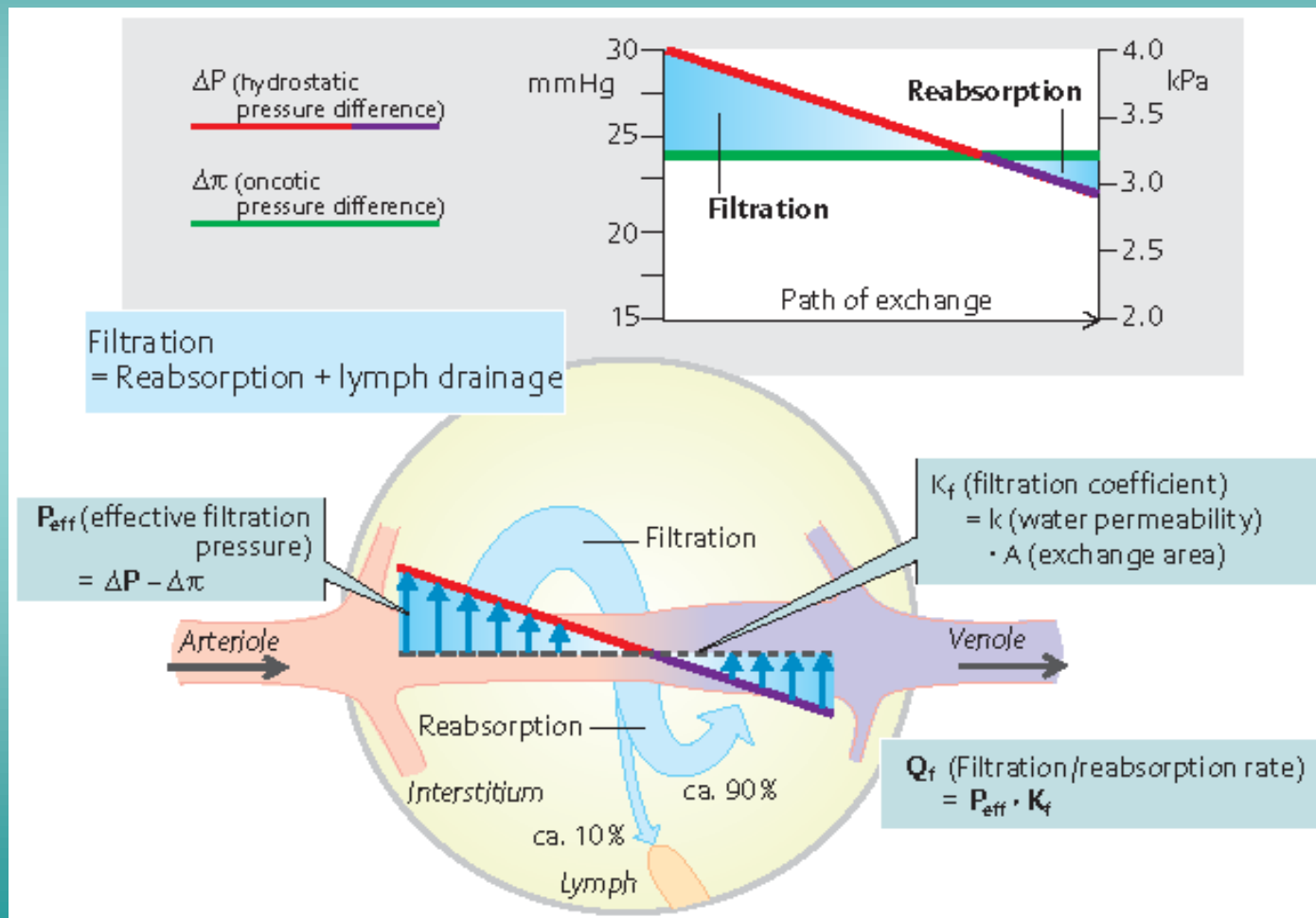


# VÝMĚNA TEKUTIN V KAPILÁRÁCH

Rozdíl hydrostatických tlaků

Rozdíl onkotických tlaků

$([P_c - P_i] - \sigma [\pi_c - \pi_i])$  - efektivní (čistý) filtrační tlak



# STARLINGŮV VZTAH

$$J_v = K_f([P_c - P_i] - \sigma[\pi_c - \pi_i])$$

$J_v$  - TOK TEKUTINY PŘES KAPILÁRU

$K_f$  - kapilární filtrační koeficient

$P_c$  - kapilární hydrostatický tlak

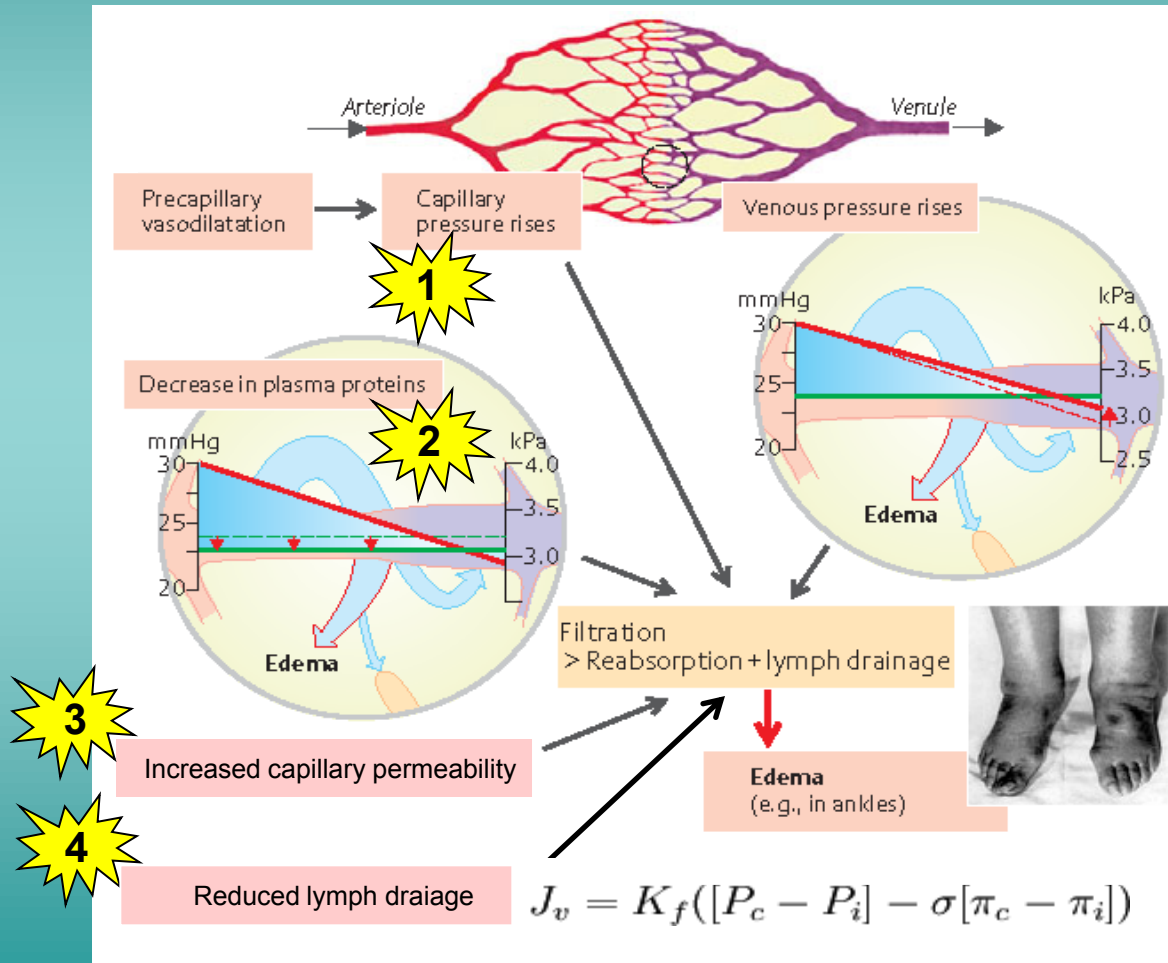
$P_i$  - intersticiální hydrostatický tlak

$\pi_c$  - kapilární onkotický tlak

$\pi_i$  - intersticiální onkotický tlak

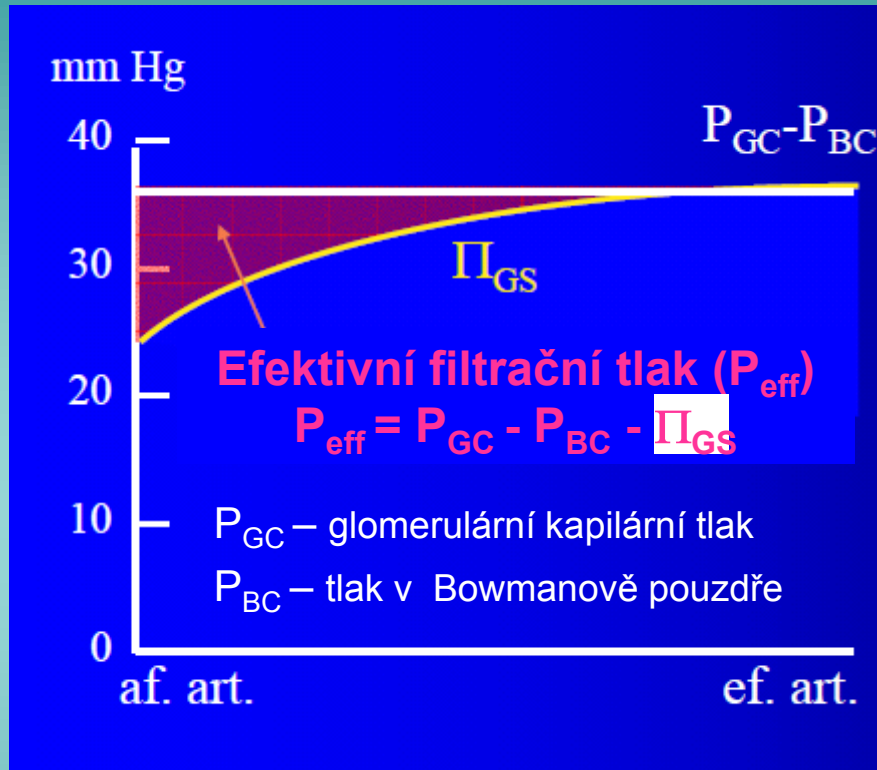
$\sigma$  - reflexní koeficient

# PŘÍČINY ZVÝŠENÉHO OBJEMU INTERSTICIÁLNÍ TEKUTINY A OTOKŮ



# SPECIÁLNÍ PŘÍPADY

## ● Glomerulární mikrocirkulace



Glomerulární hydrostatický tlak ( $P_{GC}$ ) je  $\sim 45$  mmHg a tlak v Bowmanově pouzdře ( $P_{BC}$ )  $\sim 10$  mmHg. Efektivní filtrační tlak ( $P_{eff}$ ) na arteriálním konci kapilár je  $\sim 10$  mmHg (červená plocha). Plazmatická koncentrace proteinů a glomerulární onkotický tlak ( $\Pi_{GS}$ ) však kvůli vysoké filtrační frakci podél kapiláry narůstají z 25 na 35 mmHg, čímž  $P_{eff}$  klesá až k nulové hodnotě (nulová filtrace).

## ● Pulmonální mikrocirkulace

Rozdíly hydrostatických a osmotických tlaků v plicních kapilárách jsou za fyziologických podmínek malé ( $\sim 10$  mmHg) a přibližně stejné. Tím je zajištěna rovnováha mezi filtrací a reabsorpcí. Zvýšená filtrace do intersticia je pak vyrovnána zvýšeným odtokem intersticiální tekutiny do plicních lymfatických cév.

# TRANSPORT ROZPUŠŤENÝCH LÁTEK PŘES KAPILÁRNÍ STĚNU

**DIFUZE** – existuje-li pro danou látku rozdíl koncentrací mezi plazmou a intersticiem, probíhá její difuze. Látky rozpustné v tucích ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) prochází kapilární stěnou přímo, avšak látky nerozpustné v tucích (ionty, močovina, glukóza) prochází kapilární stěnu skrze mezibuněčné štěrby, buněčné póry a fenestrace.

**SOLVENT DRAG** – během průchodu plazmatické tekutiny stěnou kapiláry jsou strhávány i rozpuštěné částice.

# !!! NEZAPOMENOUT !!!

Čtyři síly známé jako Starlingovy síly určují průtok tekutiny přes kapilární membránu.

$P_c$  = Kapilární tlak → Vytlačuje tekutinu z kapiláry do intersticia.

$P_i$  = Intersticiální tlak → Vytlačuje tekutinu z intersticia do kapiláry.

$\pi_c$  = Kapilární onkotický tlak → Způsobuje osmózu tekutiny z intersticia do kapiláry.

$\pi_i$  = Intersticiální onkotický tlak → Způsobuje osmózu tekutiny z kapiláry do intersticia.

$$\text{Efektivní filtrační tlak} = ((P_c - P_i) - (\pi_c - \pi_i))$$

Difuze je hlavní mechanismus zodpovědný za transport rozpuštěných látek mezi kapilárou a cílovými buňkami.

## PŘÍČINY VZNIKU OTOKŮ:

↑ **Kapilární tlak** -  $P_c$  (zvýšený krevní tlak, srdeční selhání)

↓ **Plazmatické bílkoviny** (nefrotický syndrom, cirhóza jater)

↑ **Kapilární permeabilita** -  $K_f$  (infekce, záněty, poranění)

↓ **Odtok lymfy** - (blokáda lymfatických cév)