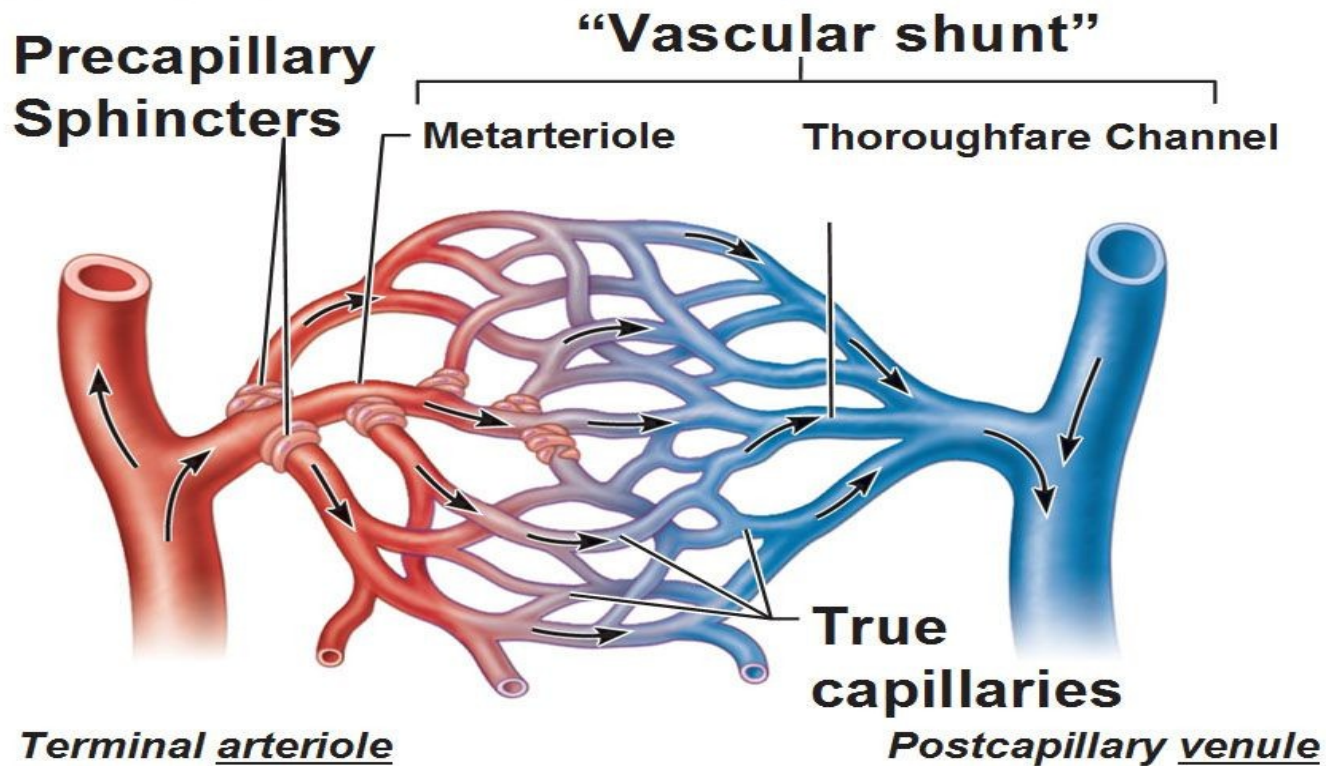


MIKROCIRKULACE

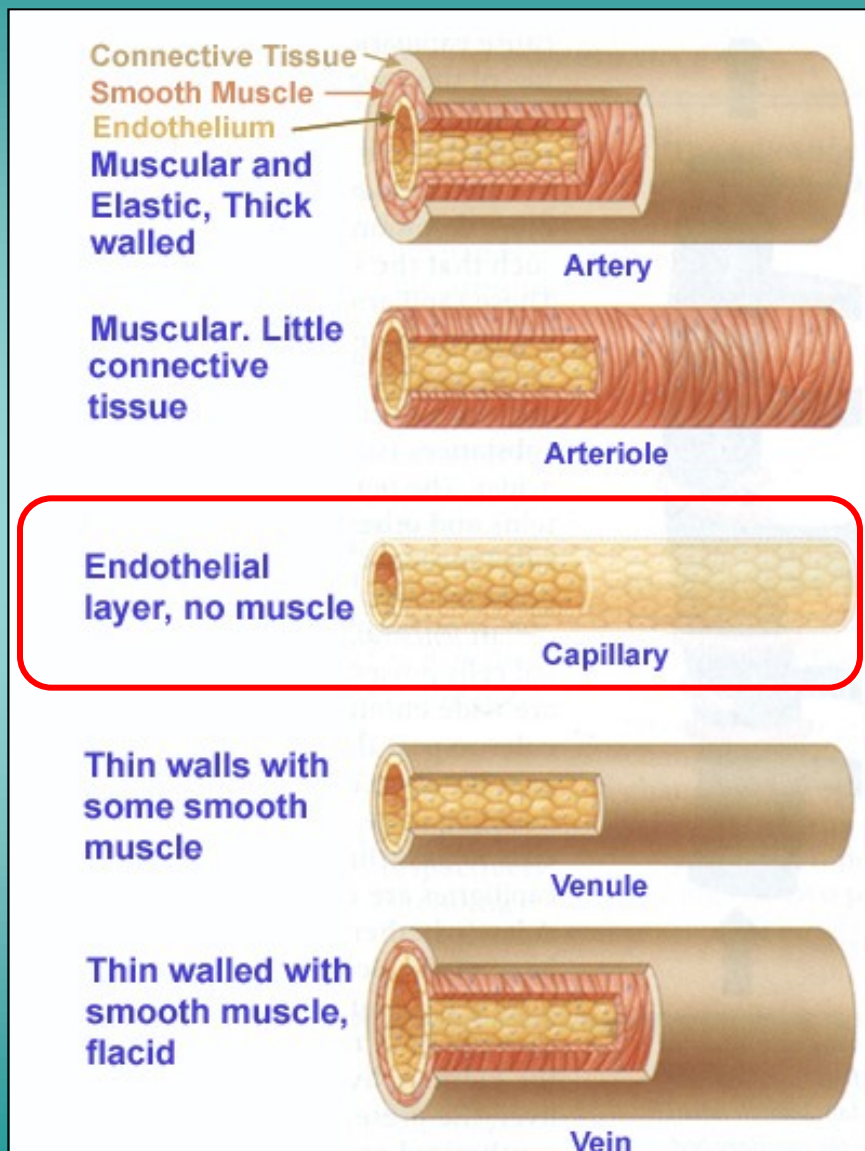
FUNKČNÍ ANATOMIE

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 μm silná.

2

Celková plocha kapilárních stěn u dospělého člověka přesahuje 500 m^2 .

3

Rychlost krevního toku v kapilárách je 0.2 - 1 mm/s.

4

Tranzitní doba pro průchod krve kapilárou je 1 - 2 s.

ULTRASTRUKTÚRA KAPILÁRY

Bazální membrána

Endoteliální buňka

Jádro

Vezikuly

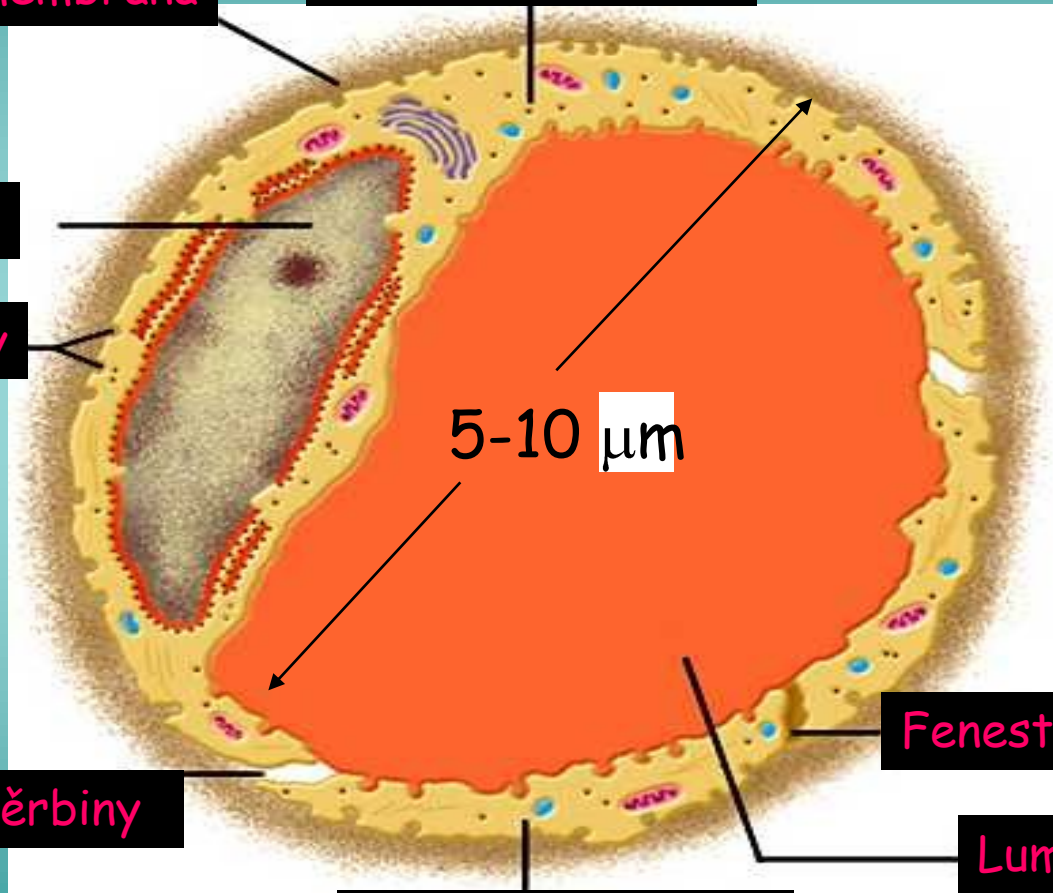
5-10 μm

Fenestrace

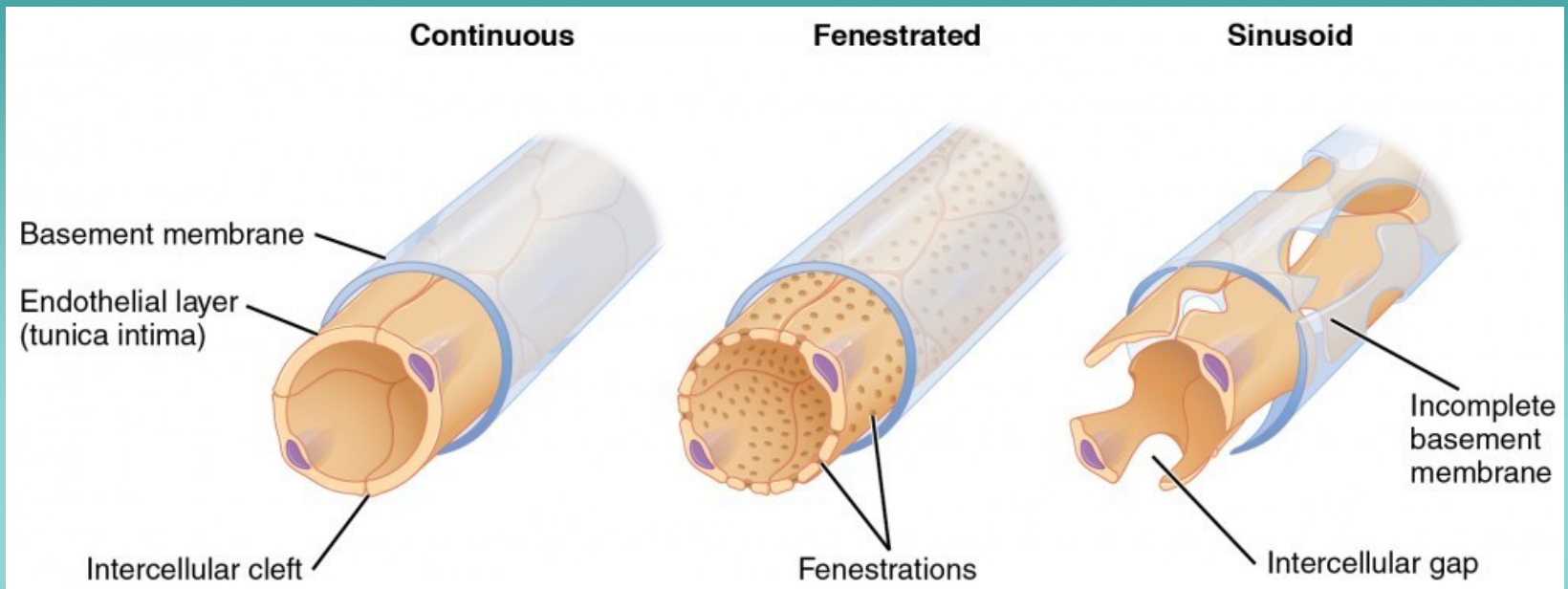
Mezibuněčné štěrby

Lumen

Endoteliální buňka

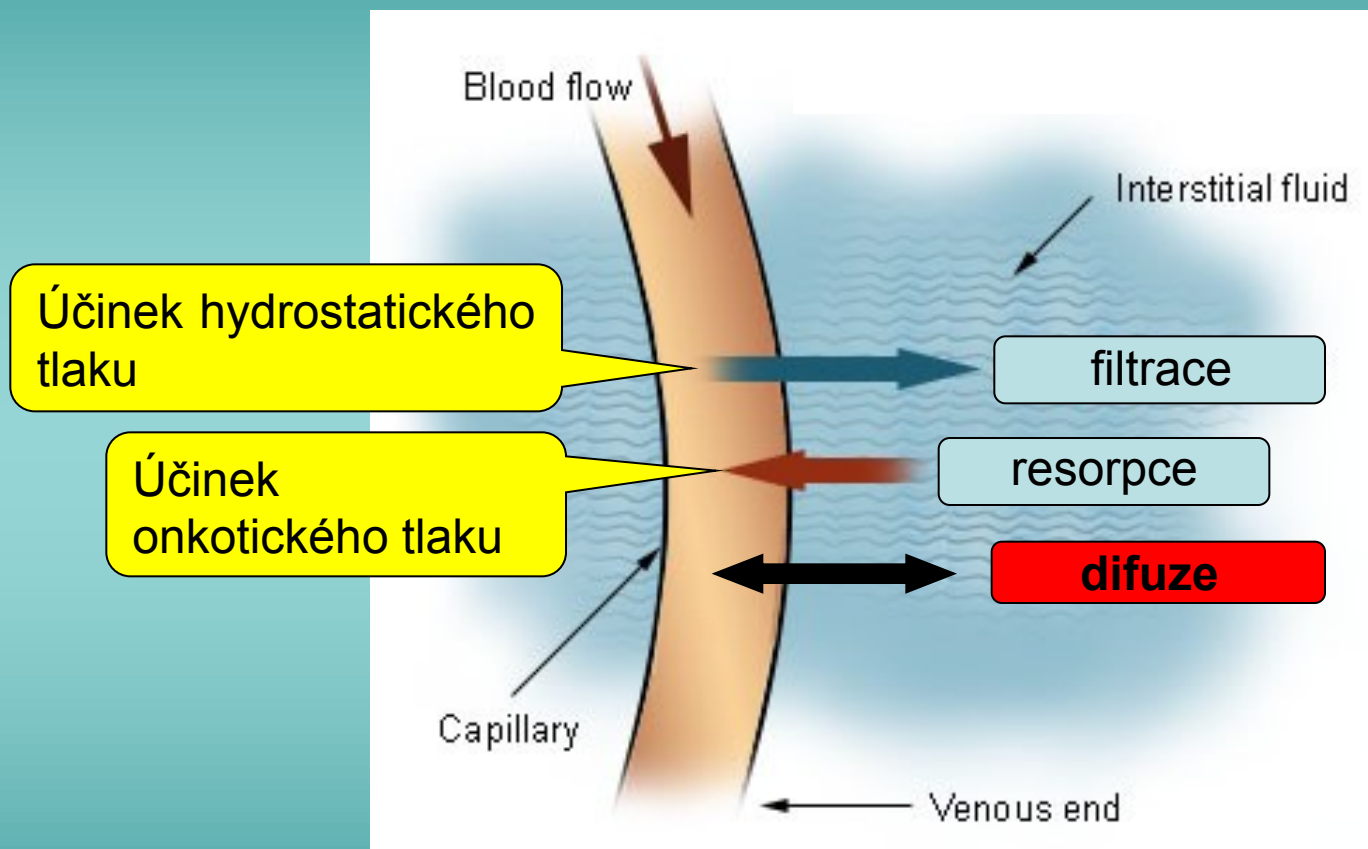


TYPY KAPILÁR



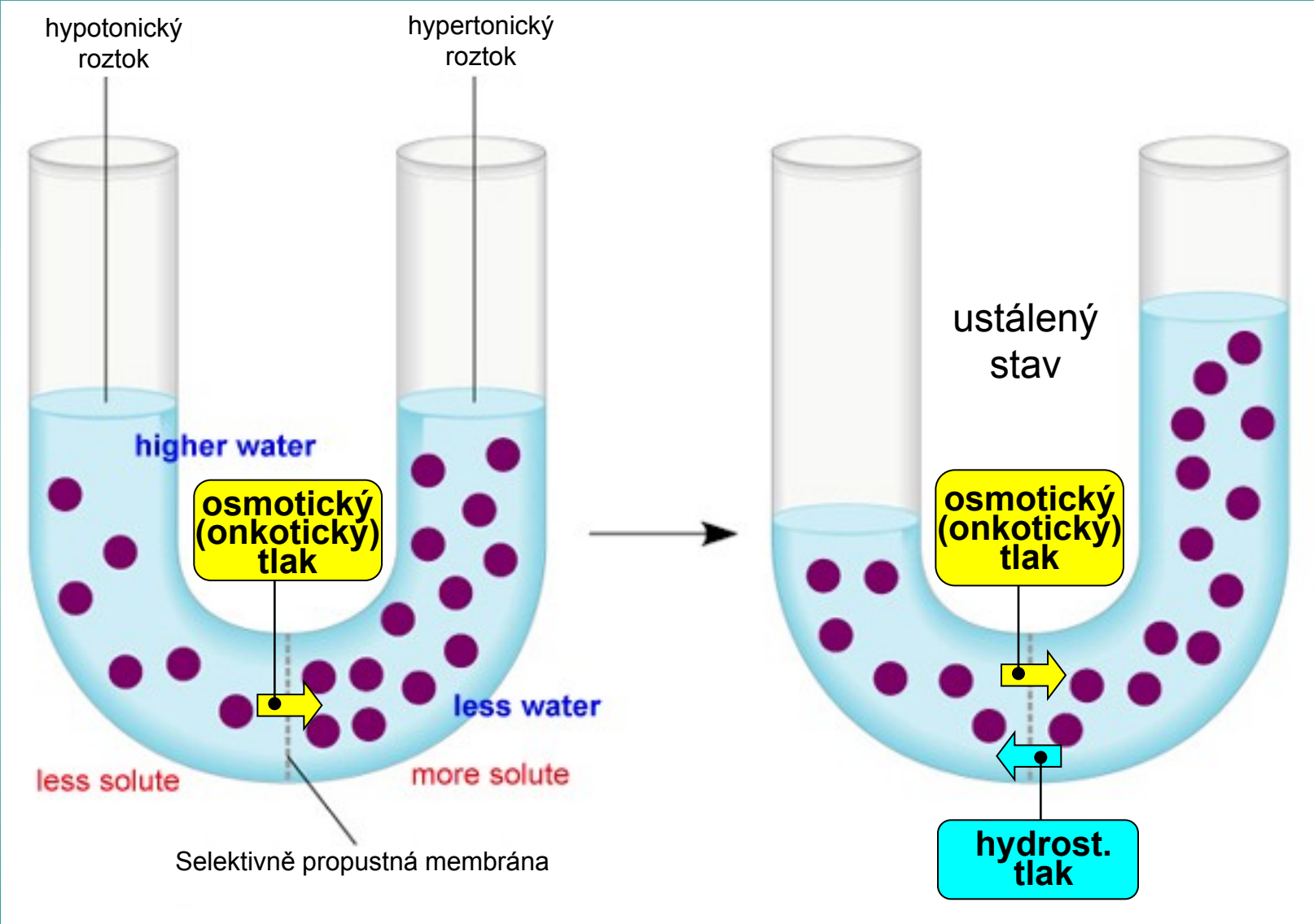
- **Kapiláry se souvislým endotelem** jsou např. v mozku, kůži nebo svalové tkáni a slouží k transportu malých částic a molekul jako vody, glukózy a iontů (šířka štěrbin je 6 až 7 nanometrů).
- **Kapiláry s fenestrovaným endotelem** lze nalézt v ledvinách, střevech, pankreatu a žlázách s vnitřní sekrecí 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

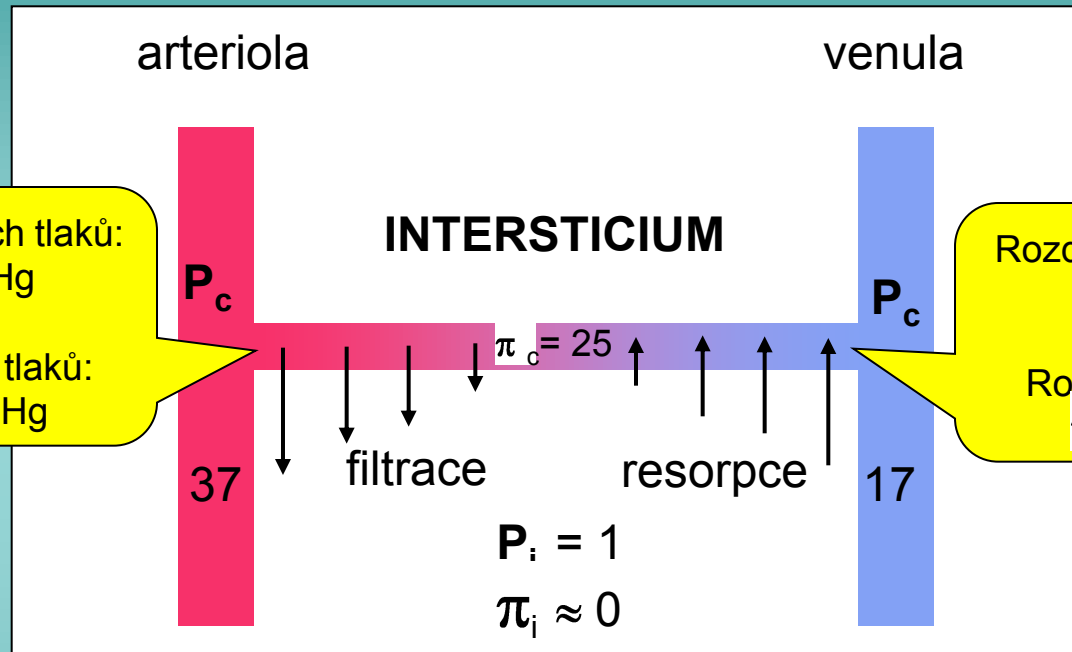


K difuzi, filtraci a resorpci plazmatické tekutiny přes kapilární stěnu dochází prostřednictvím mezibuněčných štěrbin, buněčných pórů a fenestrací.

OSMOTICKÝ TLAK



TLAKOVÝ GRADIENT PODÉL SVALOVÉ KAPILÁRY



Rozdíl hydrostatických tlaků:
 $P_c - P_i = 36$ mmHg

Rozdíl onkotických tlaků:
 $\pi_c - \pi_i = 25$ mmHg

Rozdíl hydrostatických tlaků:
 $P_c - P_i = 16$ mmHg

Rozdíl onkotických tlaků:
 $\pi_c - \pi_i = 25$ mmHg

KÁPILÁRNÍ HYDROSTATICKÝ TLAK $P_c = 37$ až 17 mmHg

INTERSTICIÁLNÍ HYDROSTATICKÝ TLAK $P_i = 1$ mmHg

KÁPILÁRNÍ ONKOTICKÝ TLAK $\pi_c = 25$ mmHg

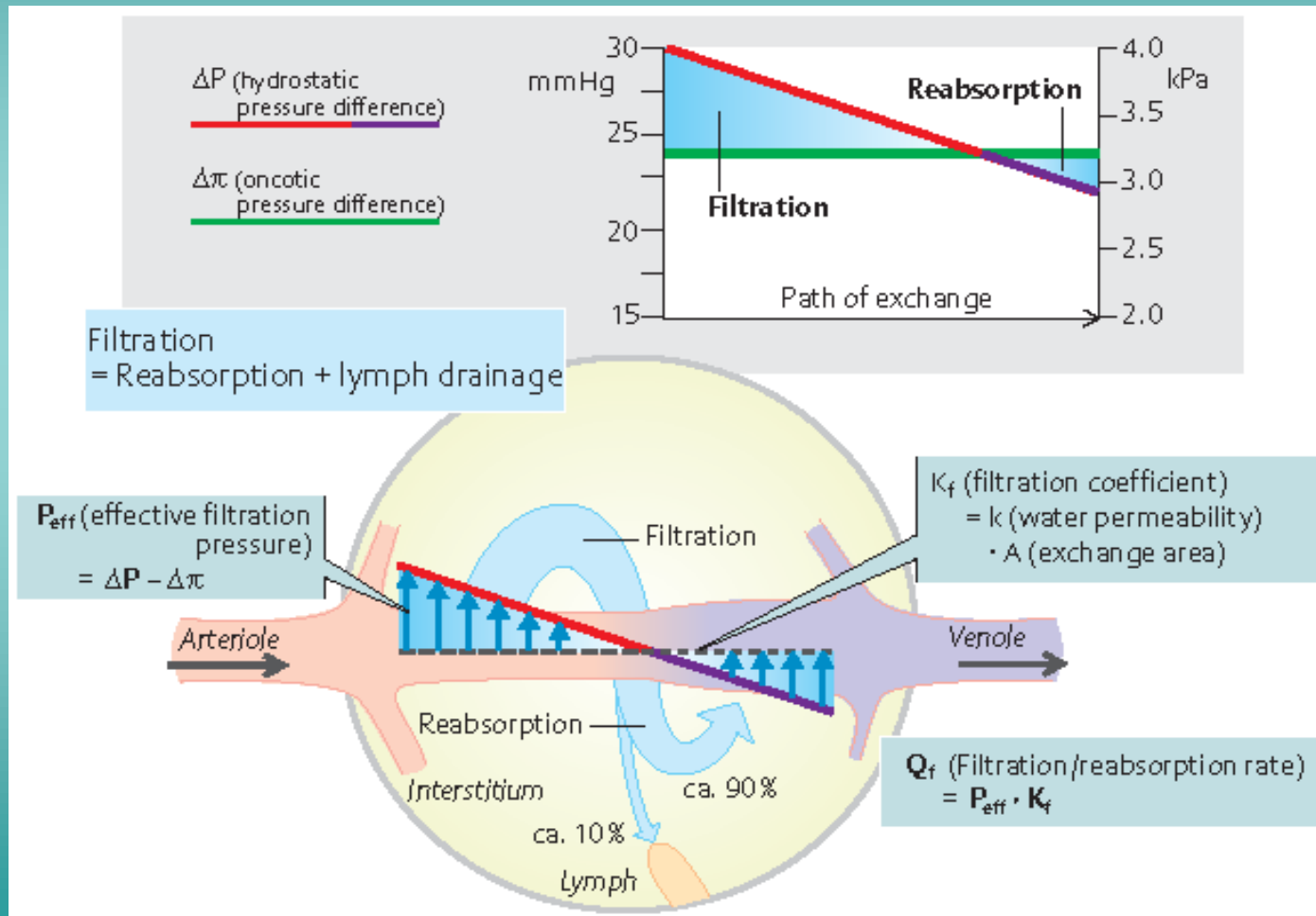
INTERSTICIÁLNÍ ONKOTICKÝ TLAK $\pi_i \approx 0$ mmHg

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

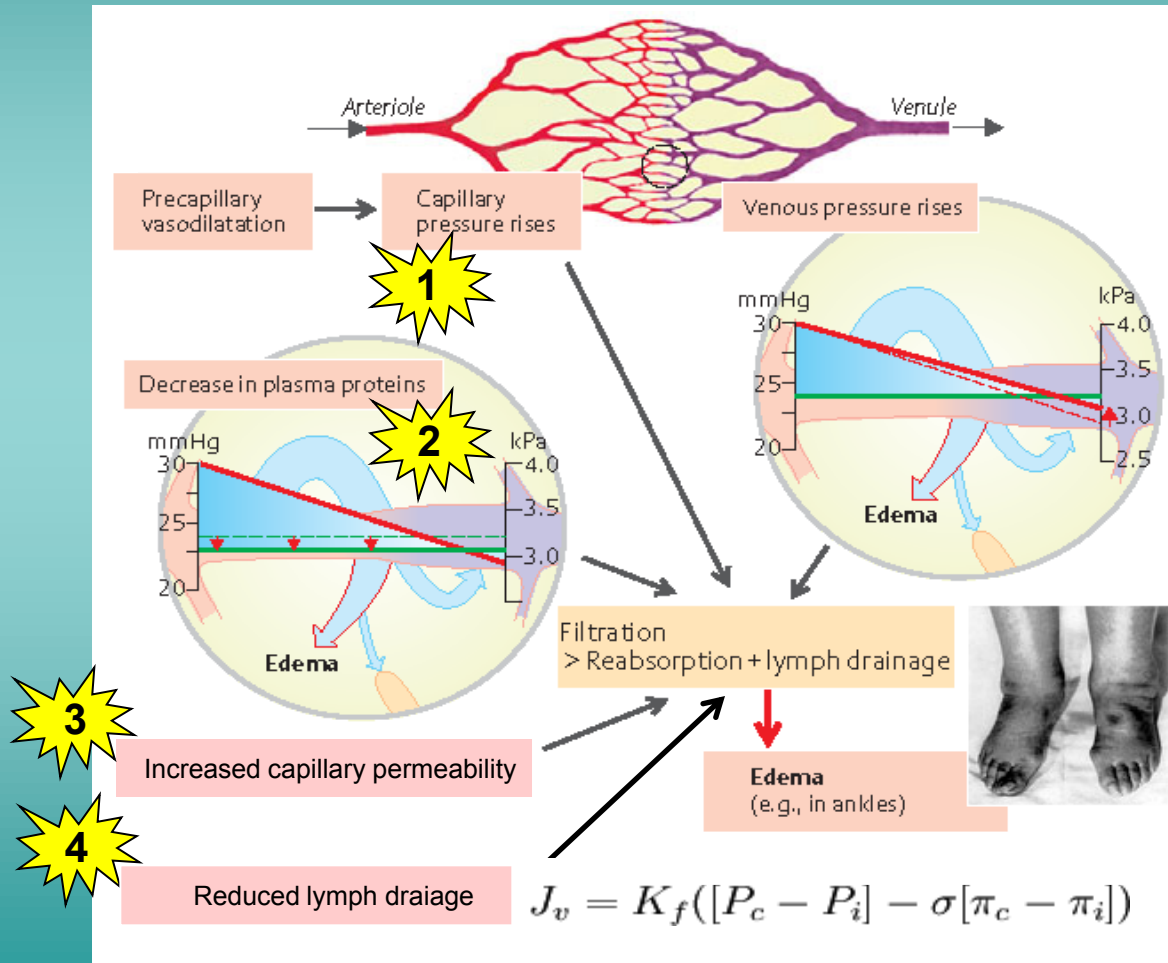
P_i - intersticiální hydrostatický tlak

π_c - kapilární onkotický tlak

π_i - intersticiální onkotický tlak

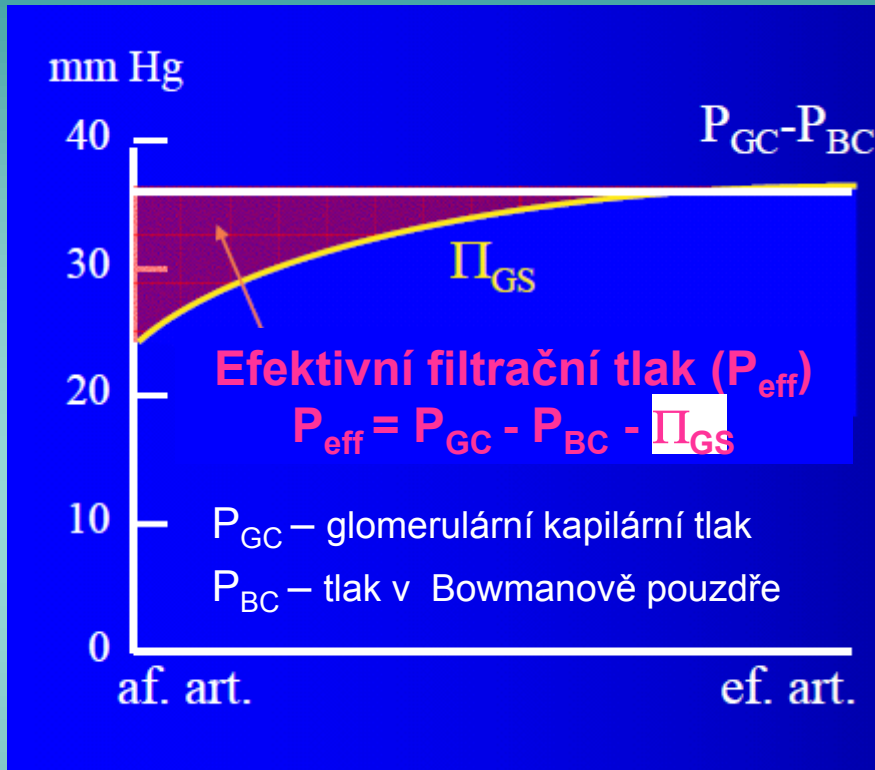
σ - reflexní koeficient

PŘÍČINY ZVÝŠENÉHO OBJEMU INTERSTICIÁLNÍ TEKUTINY A OTOKŮ



SPECIÁLNÍ PŘÍPADY

● Glomerulární mikrocirkulace



Glomerulární hydrostatický tlak (P_{GC}) je ~ 45 mmHg a tlak v Bowmanově pouzdře (P_{BC}) ~ 10 mmHg. Efektivní filtrační tlak (P_{eff}) na arteriálním konci kapilár je ~ 10 mmHg (červená plocha). Plazmatická koncentrace proteinů a glomerulární onkotický tlak (Π_{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 (~ 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.

π_c = Kapilární onkotický tlak → Způsobuje osmózu tekutiny z intersticia do kapiláry.

π_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)