

Klinická fyziologie oběhového systému – mikrocirkulace

Astapenko D.^{1,2}, Černý V.¹⁻⁵, Řehák D.¹

¹Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny, Univerzita Karlova v Praze, Lékařská fakulta v Hradci Králové, Fakultní nemocnice Hradec Králové

²Fakulta zdravotnických studií, Technická univerzita v Liberci

³Klinika anesteziologie a resuscitace, Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, 3. LF UK, Praha

⁴Department of Anesthesia, Pain Management and Perioperative Medicine, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada

⁵Fakulta zdravotnických studií, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem

Úvod

Mikrocirkulace představuje spolu s makrocirkulací nedílnou součást oběhového systému. Podílí se na finální distribuci kyslíku a energetických substrátů do tkání a orgánů. Ačkoli neexistuje žádná univerzální definice mikrocirkulace, lze ji obecně nejlépe popsat jako systém cév o malém průměru, které vykazují vysoký poměr plochy povrchu k objemu a umožňují rychlou výměnu látek přes endoteliální vrstvu mezi krví a buňkami dané tkáně či orgánu (bližší popis je uveden níže). V kontextu oboru anesteziologie a intenzivní medicíny je mikrocirkulace považována za kompartment, který s velkou pravděpodobností hraje zásadní roli v patogenezi orgánové dysfunkce v kritických stavech a determinuje stav tzv. hemodynamické koherence [1].

Posouzení stavu mikrocirkulace je nedílnou součástí vyšetření v klinické praxi a spolu s hodnotami krevního tlaku a tepové frekvence tvoří základ hodnocení hemodynamické stability u všech pacientů, kde je tato otázka předmětem klinického zájmu.

Mikroanatomie

Základní součásti mikrocirkulace jsou:

- arteriola
- arteriální část kapiláry
- venózní část kapiláry
- venula
- lymfatické cévy (role lymfatického systému je v posledních letech považována za velmi významnou [2])

Mikrocirkulace z povahy svého názvu dosahuje mikroskopických rozměrů čili je pouhým okem neviditelná. Průměr cév je od 200 do cca 5 µm, nicméně často se popisuje rozměr menší než 20 µm [3]. Nejužší část představuje přechod arteriální strany do venózní, která je užší než průměr erytrocytu a kde dochází k jeho deformaci.

Stěna kapiláry je tvořena endoteliálními buňkami na vnitřní straně pokrytou endoteliálním glykokalyxem (EG) [4]. EG představuje trojroz-

měrná síť proteoglykanů, glykosaminoglykanů a kyseliny hyaluronové do výšky 0,2–0,5 µm. Tato gelovitá vrstva též významně interaguje s proteiny krevní plazmy (Obr. 1a, 1b).

Na vnější straně endotelu se vyskytují pericyty a dále již samotná přilehlá perfundovaná tkáň. V mikrocirkulaci slepě vznikají lymfatické cévy, které drénují tkáňový mok přefiltrovaný z kapilár do intersticia a odvádějí ho ve formě lymfy. Arterioly jsou též inervovány autonomním nervovým systémem.

Endoteliální buňky jsou pevně propojeny tzv. molekulárními spoji, jejichž těsnost závisí na typu tkáně. Např. v mozku jsou tzv. *těsné spoje* (*tight junction*), které zajišťují maximální možnou ochranu intersticia před přímým přestupem látek a buněk z krevního proudu. Mezi endoteliálními buňkami se též vyskytují i tzv. *gap junctions*, které vedou vzruch (elektrický proud). V orgánech, kde je nutná vyšší míra filtrace (např. glomeruly v ledvinách nebo plexus chorioideus v mozkových komorách) se vyskytuje endotel fenestrováný, který má póry po celé své ploše i v mezibuněčných spojích. Ve slezině a kostní dřeni jsou tyto fenestrace zvětšené do tzv. sinusoid, kde mohou víceméně volně přecházet i samotné krevní elementy.

Fyziologie mikrocirkulace

Systém mikrocirkulace představuje koncovou etapu dodávky kyslíku a je místem vlastní dodávky kyslíku do tkání dle jejich energetické/metabolické aktivity. Dále zde do tkání přechází nutrienty, endokrinní hormony a buňky imunitního systému. Přívod (neboli konvekce) kyslíku a nutrientů do tkání závisí na průtoku v mikrocirkulaci. Míra difuze závisí na tzv. funkční kapilární denzitě (FCD), tedy poměru perfundovaných a neperfundovaných kapilár [5]. FCD je různá dle orgánů (např. 100 % v ledvinách a v srdci, cca 90 % v sublingvální sliznici a velmi variabilní v podkoží) [6].

Průtok krve v mikrocirkulaci je regulován buňkami hladké svaloviny arteriol, metabolickou aktivitou přilehlé tkáně a neuro-humorálně. Důležitým mechanismem vazodilatace je smykové tření, které je převáděno EG na endoteliální buňky, které produkují oxid dusnatý (NO). NO zvyší

KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:

doc. MUDr. David Astapenko, Ph.D., MBA, astapenko.d@seznam.cz

Článek přijat redakcí: 4. 3. 2024

Cit. zkr: Anest intenziv Med. 2024;35(1):47-49