

# Krevní řečiště, rovnice kontinuity

Tok krve v krevním řečišti jako fyzikální jev studuje podobor biomechaniky, který se nazývá **bioreologie** (používá se i tvar **biorheologie**). Pro vlastní popis proudění krve se někdy používá pojem **hemodynamika**.

## Fyzikální zvláštnosti krevního řečiště

Z hlediska fyzikálního má krev a krevní řečiště několik vlastností, které činí jejich studium obtížnější. Jedná se zejména o následující faktory:

- Krev je složitou směsí, jsou v ní rozpuštěny nízkomolekulární látky i vysokomolekulární látky a v krvi je suspendováno značné množství formovaných elementů, zejména erytrocytů. V důsledku toho se krev chová jako neneutronovská kapalina.
- Chemické složení krve se mění v závislosti na průchodu krevním řečištěm.
- Fyzikálně chemické vlastnosti krve se mohou měnit i v závislosti na teplotě, teplota se mezi játry (místo s nejvyšší teplotou) a akraálními částmi těla liší i za bazálních podmínek.
- Krev je vodným roztokem, endoteliální výstelka cév je ovšem hydrofobní.
- Existují fyziologické mechanismy zajišťující koagulaci krve při poranění nebo při zánětu.
- Cirkulace je ponáněná stahy srdce, průběh tlakové vlny má proto poměrně komplikovaný tvar.
- Cévní stěny jsou pružné, mechanické vlastnosti cév mohou měnit svalová vlákna v jejich stěnách.

Krev hraje důležitou roli v řadě fyziologických procesů. Jedná se zejména o následující procesy:

- Látková výměna včetně výměny dýchacích plynů.
- Transport hormonů.
- Transport tepla, u teplokrevných živočichů jde především o ochlazování metabolicky aktivního jádra.
- Hydrodynamická opora některých orgánů. U obratlovců je tato funkce obvykle omezena.

## Rozdělení cév z biomechanického hlediska

Z funkčního hlediska lze cévy rozdělit na tři typy:

- cévy pružníkové
- cévy rezistenční (odporové)
- cévy kapacitní

**Pružníkové cévy** jsou anatomicky velké tepny, především aorta. Vyznačují se poměrně elasticou stěnou. Při systole, kdy je do krevního oběhu vypuzeno větší množství krve, se cévy roztáhnou. Vlastně je tak do potenciální energie jejich stěny absorbována část kinetické energie, kterou dodalo krvi srdce. Během diastoly dochází k pasivnímu stažení stěny cévy a potenciální energie vyššího napjetí stěny je přeměněna zpět na kinetickou energii krve. Prakticky to znamená, že pružnost stěny velkých tepen zajišťuje plynulejší tok krve.

**Rezistenční cévy** jsou anatomicky především menší tepny a zejména tepénky. Vyznačují se tím, že ve stěně mají poměrně velké množství svaloviny (tepny muskulárního typu), která se na kontrahuje nebo naopak relaxuje dle potřeb organismu. Tyto cévy regulují především průtok krve zbytnými orgány. Svojí činností zvyšují periferní odpor krevního řečiště. Příkladem činnosti těchto tepen jsou změny prokrvení svalů při práci, kdy s rostoucí spotřebou se přívodné cévy relaxují, zvyšuje se průsvit lumen a do svalů přitéká více krve. Při chladnutí periferie dochází naopak ke kontrakci přívodných tepen, čímž se sníží ztráty tepla.

**Kapacitní cévy** jsou anatomicky především žíly. Vyznačují se především tím, že se v nich v každém okamžiku nachází větší díl krve.

Z pohledu tlaků jde krevní řečiště rozdělit na část vysokotlakou (tepny) a nízkotlakou (žíly).

## Kapilární řečiště

Kapilární řečiště se vyznačuje především tím, že právě na úrovni kapilár dochází k výměně látek mezi krví a tkáněmi. Kapilární síť je velmi bohatá, zejména pak v orgánech náročných na přívod kyslíku a živin. I když většina kapilár je uzavřena a krev jimi neprochází, stále je průřez všech kapilár mnohem větší než průřez tepen nebo žil.

## Rovnice kontinuity

 Podrobnější informace naleznete na stránce [Rovnice kontinuity](#).

Rovnice kontinuity je vlastně formulací zákona zachování hmotnosti. Vlastně jde jen o matematický zápis poznatku, že když za daný čas to libovolného objemu vyplněného nestlačitelnou kapalinou přiteče nestlačitelná kapalina o objemu  $V_i$ , musí být objem kapaliny odtéká  $V_o$  identický. Pokud budeme uvažovat diskrétní případ, totiž že daný objem má konečný počet přívodních trubic ("armatur")  $n$ , ve kterých teče kapalina s konstantním průtokem  $Q_i$ , lze rovnici kontinuity zapsat ve tvaru:

$$\sum_{i=1}^n Q_i \cdot t = 0$$

Vlastně by bylo možné čas vytknout, ale to by nevedlo k užitečným výsledkům. Lépe je si uvědomit, že tvar v sumě lze vyjádřit pomocí průřezu  $S_i$  dané trubice a rychlosti  $v_i$  v dané trubici. Pak získáme obvyklý tvar:

$$\sum_{i=1}^n S_i \cdot v_i = 0$$

Pro vlastní hemodynamiku z tohoto plyne hodně. Představíme-li si efektivní průřezy krevním řečištěm podle jeho etází, pak má nejmenší průřez tepenná část, daleko větší má žilní část a zdaleka největší průřez mají kapiláry. Tomu odpovídá i to, že v tepnách má krevní proud největší rychlost, v žilách menší a nejmenší v kapilárách.

Je ovšem třeba zdůraznit, že toto je pouze aproximace vycházející z představy ustáleného proudění ideální kapaliny při zanedbání vlivu gravitačního pole. Při uvažování vlivu gravitačního pole přechází rovnice kontinuity v Bernoulliho rovnici.