

# BIOMECHANIKA KAPALIN

## ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI KAPALIN:

- jejich tvar závisí na tvaru nádoby
- tvoří kapky díky slabým přitažlivým silám mezi molekulami
- mají menší střední vzdálenosti molekul než plyny
- jsou skoro nestlačitelné
- molekuly nejsou pevně vázány na svých místech a mohou se volně pohybovat

## IDEÁLNÍ KAPALINA

- jedná se **pouze o ideální model** reálné kapaliny
- její základní vlastnosti jsou:
  - nestlačitelnost
  - nulová viskozita (nulové vnitřní tření)

## PROUDĚNÍ IDEÁLNÍ KAPALINY

- ustálené proudění (stacionární) - rychlost molekul se v daném bodě nemění s časem
- neustálené proudění (nestacionární) - rychlost molekul se v daném bodě mění s časem

OBJEMOVÝ PRŮTOK udává objem kapaliny, která proteče trubici za určitý čas

$$Q_V = \frac{V}{t} = \frac{S \cdot h}{t} = S \cdot v$$

*Q...objemový průtok  
V...objem  
t...čas  
S...plocha  
h...výška  
v...rychlost*

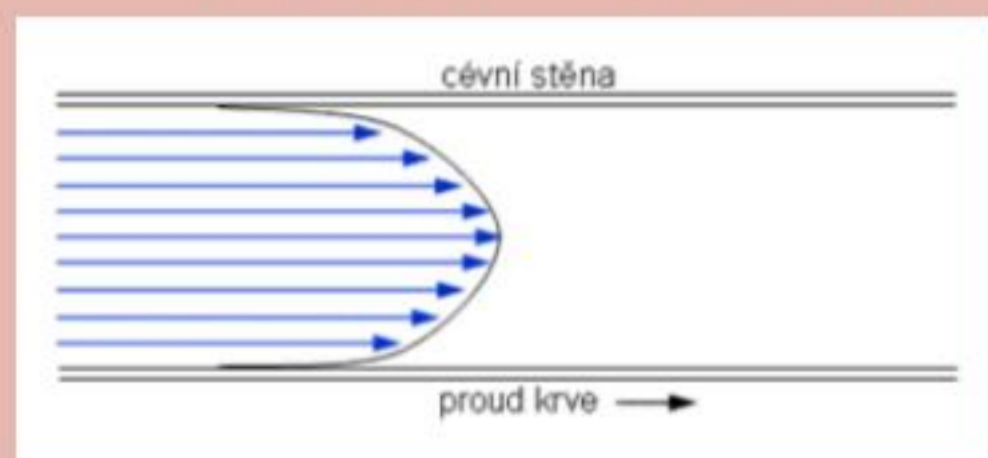
## REÁLNÁ KAPALINA

- na rozdíl od ideální kapaliny v reálné kapalině dochází k interakci molekul kapaliny a tím vzniká vnitřní tření - **viskozita**
- viskozita je dynamická vlastnost reálných kapalin → projevuje se pouze, pokud kapalina proudí, vyjadřuje vnitřní tření v kapalině

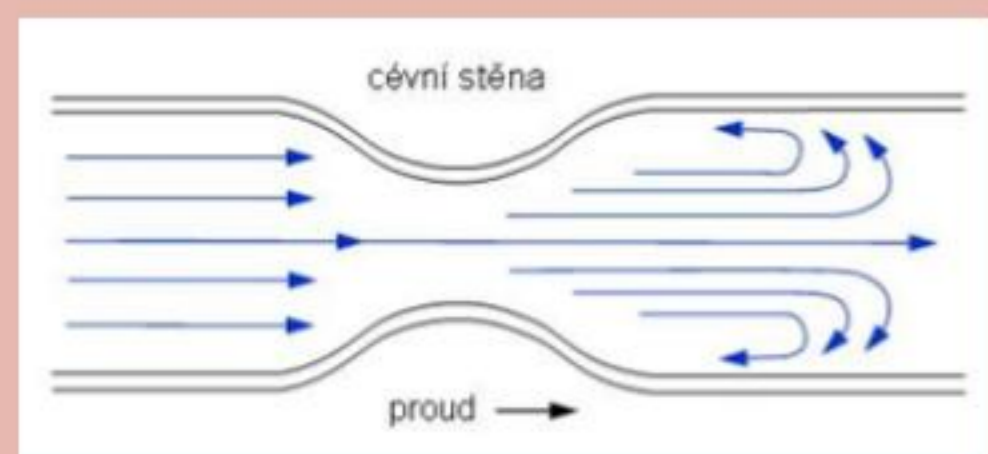
## PROUDĚNÍ REÁLNÝCH KAPALIN

proudění reálných kapalin lze rozdělit do dvou typů - laminární a turbulentní

- laminární
  - při laminárním proudění kapalina proudí v určitých vrstvách dle jejich rychlosti
  - uprostřed kapalina proudí nejrychleji, protože její molekuly neinteragují se stěnou a nejsou natolik zpomalovány
  - směrem ke stěně rychlost molekul klesá - u stěny je nejnižší
  - k laminárnímu proudění dochází při nižších rychlostech kapaliny (se zvyšující se rychlostí postupně přechází laminární proudění v turbulentní)



- turbulentní
  - dochází k promíchání jednotlivých vrstev kapaliny a vzniku vířů



## DIFÚZE

- jedná se o samovolný přechod částic z místa s vyšší koncentrací do místa s nižší koncentrací do chvíle, než nastane dynamická rovnováha
- při dosažení dynamické rovnováhy dochází k přechodu částic mezi látkami, ovšem jejich koncentrace se nemění
- probíhá ve všech třech skupenstvích a její rychlost je závislá na kinetické energii difundovaných částic
- faktory ovlivňující difuzi:
  - skupenství - proces difuze nejnáze probíhá v plynech a kapalinách, jelikož částice zde mají větší kinetickou energii, v pevných látkách je difuze velmi dlouhá a obtížná (ale má důležitý význam, protože je to jediná možnost, jak lze látku přenášet)
  - teplota - při 0 K ustává pohyb částic → s rostoucí teplotou vzrůstá difuze
  - druh materiálu - pokud je materiál tvořen kovovou mřížkou je difuze znesnadněna (z důvodu pevných vazeb částic)

## OSMÓZA

- jedná se o pasivní transport
- specifický typ difuze, při kterém přes semipermeabilní membránu dochází pouze k propouštění rozpouštědla z roztoku o nižší koncentraci rozpouštěné látky (roztok hypotonický) do roztoku s vyšší koncentrací rozpouštěné látky (roztok hypertonický)
- nedochází k propouštění rozpouštěné látky
- pokud je membrána nepoddajná, může dojít k zvýšení tlaku
- osmotický tlak
  - hodnota osmotického tlaku nitrobuňčné tekutiny a krevní plazmy je asi 770 kPa
  - pokud je buňka v hypotonickém prostředí, tak nasává rozpouštědlo a zvětšuje se (tzv. bobtnání) - u živočišné buňky může dojít k **plazmoptýze**
  - pokud je buňka v hypertonickém prostředí, dochází k úbytku rozpouštědla uvnitř a postupnému smršťování - u živočišné buňky jde o **plazmorhizu**

## BIOMECHANIKA KREVNÍHO OBĚHU

### SRDCE

- dutý orgán kardiiovaskulárního systému uložený za hrudní kostí
- funkce: rytmickými stahy pohání krev krevním řečištěm
- srdeční automacie - převodní systém srdeční zajišťuje autonomní vytváření vzruchů, které vyvolávají srdeční stahy
- činnost srdce je regulována sympatikem a parasympatikem
- funguje jako pumpa tvořená čtyřmi čerpadly - dvě komory a dvě síně, které zajišťují malý a velký krevní oběh

### Srdeční cyklus

- izometrická fáze (fáze rychlého plnění komor)
  - systola síní
  - doplnění komor krví, podtlakem podpořen žilní návrat
  - vyrovnání tlaku v síních s tlakem v komorách → uzavření cípátých chlopní
- ejekční fáze (fáze rychlého vypuzování)
  - diastola síní
  - v komorách stah svaloviny → zvýšení vnitřního tlaku → otevření poloměsíčitých chlopní a vypuzení krve do aorty a plicní tepny
  - síně se začínají plnit krví, uzavření chlopní, v komorách zůstává 50% jejich plného objemu - reziduální komorový objem
- izovolumická relaxační fáze
  - diastola komor
  - rozdíl tlaků mezi síní a komorou → otevření cípátých chlopní
- plicní fáze
  - komory se začínají plnit krví - zastavení kontrakcí síňové svaloviny → opakování srdečního cyklu

**Srdeční ozvy:** systolické - uzavírání cípátých chlopní v izometrické fázi  
diastolické - uzavírání poloměsíčitých chlopní v ejekční fázi

Uzavírání a otevírání srdečních chlopní

- řízeno tlakem proudící krve - působení hydrodynamických sil
- otevírání - rozdíl tlaků mezi kompartmenty srdce
- zavírání - způsobeno vířivými proudy ve vychlápěninách chlopní

Tlakově objemová práce

- levá strana srdce - větší vykonaná práce (rozvod krve velkým oběhem)
- pravá strana srdce - menší vykonaná práce (rozvod krve malým oběhem)

	levá komora	pravá komora
objem [ml]	70	70
tlak [mmHg]	120	15
tlakově objemová práce $W_p = p \cdot V$ [J]	1,117	0,140

Účinnost

- účinnost myokardu - 30%
- účinnost celého srdce - 10%

Efektivní výkon srdeční činnosti

- výkon potřebný k vykonání určité práce
- porovnání pulzového a komorového reziduálního oběhu
- pulzový (tepový) objem - množství krve vypuzené během systoly do aorty (fyziologický: 70 - 90ml)
- komorový reziduální objem - množství krve, které po systole zůstává v komoře

## CÉVY

- podílejí se na pohybu krve, a to svou elasticitou (nejsou pevné a dilatují se tlakem), roztažností a aktivní kontraktilitou
- v artériích proudí krev rychle a pod velkým tlakem; šíří se v nich tlaková vlna, hmatná jako puls
- ve vénách proudí krev pomaleji a pod menším tlakem
- za normálních podmínek je proudění krve v cévách laminární, při větších rychlostech se mění na turbulentní, které může být doprovázeno zvuky - tzv. Korotkovými fenomény, slyšitelnými ve stetoskopu
- Bernoulliho rovnice je zvláštním případem zákona zachování energie - popisuje zachování mechanické energie proudící kapaliny ve vodorovném potrubí; zvýšíme-li totiž rychlost kapaliny zúžením trubice, zvýší se i kinetická energie kapaliny → musí se snížit energie potenciální, Bernoulliho rovnici ale **nelze** aplikovat na průtok krve cévami - lidská krev je reálná kapalina (viskozita závisí na rychlosti proudění)
- v krevním řečišti platí rovnice kontinuity: za ustáleného proudění je objemový průtok (objem kapaliny, která proteče daným průřezem za sekundu) libovolným průřezem proudové trubice konstantní
- proudění při ustáleném toku reálné kapaliny lze popsat Poiseuillovým zákonem, protože ten bere v úvahu geometrické proporce trubice a viskozitu kapaliny (objemový tok je přímo úměrný čtvrté mocnině poloměru trubice - cévy a změně tlaku a nepřímo úměrný viskozitě a délce trubice)
- klinický dopad lze sledovat u pacientů s aterosklerotickými pláty: 19% smenšení průměru cév snižuje průtok na polovinu
- krevní tlak
  - tlak, kterým působí protékající krev na stěnu cévy, je nejvyšší ve velkých artériích, směrem do periferie klesá a je nejnižší v žilním systému
- systolický tlak (ST)
  - tlak ve velkých artériích na vrcholu vypuzovací fáze (je ovlivněn mírou kontraktility myokardu a objemem vypuzené krve)
- diastolický tlak (DT)
  - nejnižší krevní tlak ve velkých artériích, dochází k němu na konci izovolumické fáze
- u zdravého dospělého člověka by hodnota systolického tlaku neměla přesáhnout 130 mm Hg, diastolického 90 mm Hg, při fyziologických hodnotách krevního tlaku je tlaková amplituda (rozdíl mezi ST a DT) rovna 40 mm Hg
- střední arteriální tlak je střední hodnota krevního tlaku během jednoho srdečního cyklu

Cévní náhrady mohou mít buď biologický (odebrané tepny nebo žíly), nebo umělý původ (polytetrafluoroetylen, nové PET, PUR, PCL). O možnostech použití rozhoduje rychlost vytvoření fibrinové vrstvy a řada vedlejších efektů - například zmenšování průsvitu. Pro transplantaci se využívá nejčastěji tepenný kmen od aorta descendens po arteria femoralis (tepenné allotransplantáty). Za běžných okolností jsou použity do 48 hodin, ale mohou být uchovávány až pod dobu 30 dnů. Umělé cévní náhrady jsou běžně využívány jako bypass při operacích periferních stenóz či k přístupu do cévního řečiště pro účely hemodialýzy