



Další hemodynamické parametry

BAM31LET Lékařská technika

Jan Havlík | Katedra teorie obvodů | xhavlikj@fel.cvut.cz

Srdeční výdej

- objem krve přečerpaný srdcem, typicky označován jako CO (cardiac output) nebo MV (minute volume)
- obvykle přepočítaný na dobu jedné minuty, tedy tzv. minutový srdeční výdej

$$CO = SV \cdot HR,$$

kde CO je srdeční výdej, SV (stroke volume) je objem krve vypuzený během jedné srdeční periody a HR je tepová frekvence

Srdeční výdej

- srdeční výdej je zjevně závislý na krevním tlaku a celkovém periferním odporu (Ohmův zákon)

$$CO = \frac{\Delta P}{TPR},$$

kde ΔP tzv. arteriovenozní tlak (rozdíl středního arteriálního a žilního tlaku) a TPR je celkový periferní odpor

- protože žilní tlak je velmi malý, můžeme ho v rozdílu arteriálního a žilního tlaku zanedbat a psát

$$CO = \frac{MAP}{TPR}$$

Elastance (pružnost) cévní stěny

- pružnost (elastance) cévní stěny vystihuje míru objemových změn ΔV vyvolaných změnami tlaku ΔP

$$E = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

- převrácenou hodnotou pružnosti (elastance) cévní stěny je její poddajnost (compliance)

$$C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$







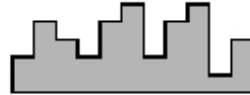



- tepny mají přibližně třicetinásobnou pružnost oproti žilám, pružnost stěny velkých tepen zajišťuje plynulejší tok krve

Odvozené parametry

- doposud uvedené parametry byly přímými fyzikálními vlastnostmi cévního systému; protože se ale (zvláště) některé hemodynamické parametry přímo jen velmi obtížně stanovují, používá se v praxi celé řada odvozených parametrů
 - index arteriální tuhosti (ASI – arterial stiffness index)
 - index zesílení pulsní vlny (AI – augmentation index)
 - index kotník–paže (ABI – ankle–brachial index)
 - rychlost šíření pulsní vlny (PWV – pulse wave velocity)
 - doba šíření pulsní vlny (PTT – pulse transition time)
 - index vaskulární tuhosti (cardio–ankle vascular index)

Index arteriální tuhosti

- obvykle označován jako ASI (arterial stiffness index)
- typicky stanovován na základě tvaru obálkové křivky oscilometrických pulsací, způsob zpracování však není jednotný

Type	Pattern Type	Pattern View	Typical Condition
A			Normal State
B			Hypotension Anemia Shock
C			Arteriosclerosis Diabetes, Obesity Old Age, or Intense Stress
D			Arrhythmia
E			Other Cardiac Conditions

Shimazu, H.: Method for and Evaluation of the Indirect Measurement of Arterial Stiffness Index. Online: <http://www.osachi.jp/English/Technology/detail/ASI.html>

Index zesílení pulsní vlny

- obvykle označován jako AI (augmentation index)
- je definován jako poměr přírůstku krevního tlaku ΔP vyvolaného odraženou vlnou (odraz od bifurkací) vůči systolickému tlaku SBP

$$AI = \frac{\Delta P}{SBP}$$

- AI je korelován s tuhostí cévní stěny
- je-li zachována elasticita cév, je odražená vlna touto pružností zeslabena

Index kotník–paže

- obvykle označován jako ABI (ankle–brachial index)
- definován jako poměr systolického tlaku naměřeného na paži a kotníku

$$ABI = \frac{SBP_{\text{ankle}}}{SBP_{\text{brachial}}}$$

- ukazuje na tuhost artérií v periférním řečišti
- typické hodnoty
 - $0,9 < ABI < 1,3$ zdravý jedinec
 - $ABI > 1,3$ vysoká tuhost periférních cév
 - $ABI < 0,9$ nedostatečné prokrvení periférií

Rychlost šíření pulsní vlny

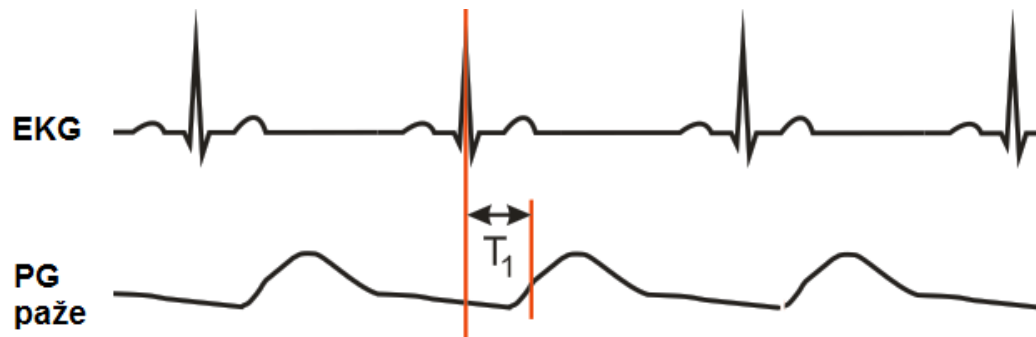
- obvykle označována PWV (pulse wave velocity)
- za normálních okolností v aortě 3–5 m/s, v arterii radialis 5–12 m/s
- v roce 1878 Moens a Korteweg ukázali, že PWV je závislá na elasticitě cévní stěny (Moensova–Kortewegova rovnice)

$$PWV = \sqrt{\frac{tE}{\rho d}},$$

kde t je tloušťka cévní stěny, E je Youngův (jednotkový) modul pružnosti cévní stěny, ρ je hustota krve a d je enddiastolický vnitřní průměr cévy

Doba šíření pulsní vlny

- doba šíření pulsní vlny (PTT – pulse transition time) je obdobou rychlosti šíření pulsní vlny, jedná se ale přímo o dobu jejího šíření mezi dvěma zvolenými místy



- PTT je často uvažován jako jeden z možných principů pro bezmanžetové měření krevního tlaku např. s využitím chytrých hodinek apod.

Index vaskulární tuhosti

- vyjadřuje tuhost cévní stěny, má tak přímou souvislost se stavem kardiovaskulárního systému
- odvození vychází ze vztahu pro tuhost cévní stěny

$$\beta = \ln \frac{SBP}{DBP} \cdot \frac{D}{\Delta D} ,$$

kde SBP a DBP jsou systolický a diastolický tlak, D je vnitřní průměr cévy a ΔD je změna tohoto průměru v průběhu srdeční periody

- a z Bramwellovy–Hillovy rovnice

$$PWV = \sqrt{\frac{1}{\rho} \frac{dP}{dV}} V$$

Cardio–Ankle Vascular Index (CAVI)

- úpravami a dosazením z Bramwellovy–Hillovy rovnice pak můžeme tuhost cévní stěny vyjádřit jako

$$\beta = \ln \frac{SBP}{DBP} \cdot \frac{2\rho}{SBP - DBP} \cdot PWV^2$$

- takto vyjádřenou tuhost lze měřit např. pomocí přístroje Fukuda Denshi VaSera VS-1500N (viz laboratorní měření), kde rychlost šíření pulsní vlny měříme mezi srdcem (EKG) a kotníkem (manžeta nad kotníkem) a krevní tlaky určujeme na paži
- takto vyjádřený index tuhosti je pak označován jako *CAVI* (Cardio–Ankle Vascular Index)