

Měření krevního tlaku

BAM31LET Lékařská technika

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

Měření krevního tlaku

Krevní tlak

Krevní tlak

- podle místa měření rozlišujeme centrální a periferní tlak
 - centrální tlak lze měřit pouze invazivně přímo v srdečních komorách
 - periferní tlak měříme obvykle manžetou na levé paži
- krevní tlak udáváme v mmHg jako relativní k normálnímu atmosférickému tlaku (760 mmHg, 101 325 Pa)

Krevní tlak

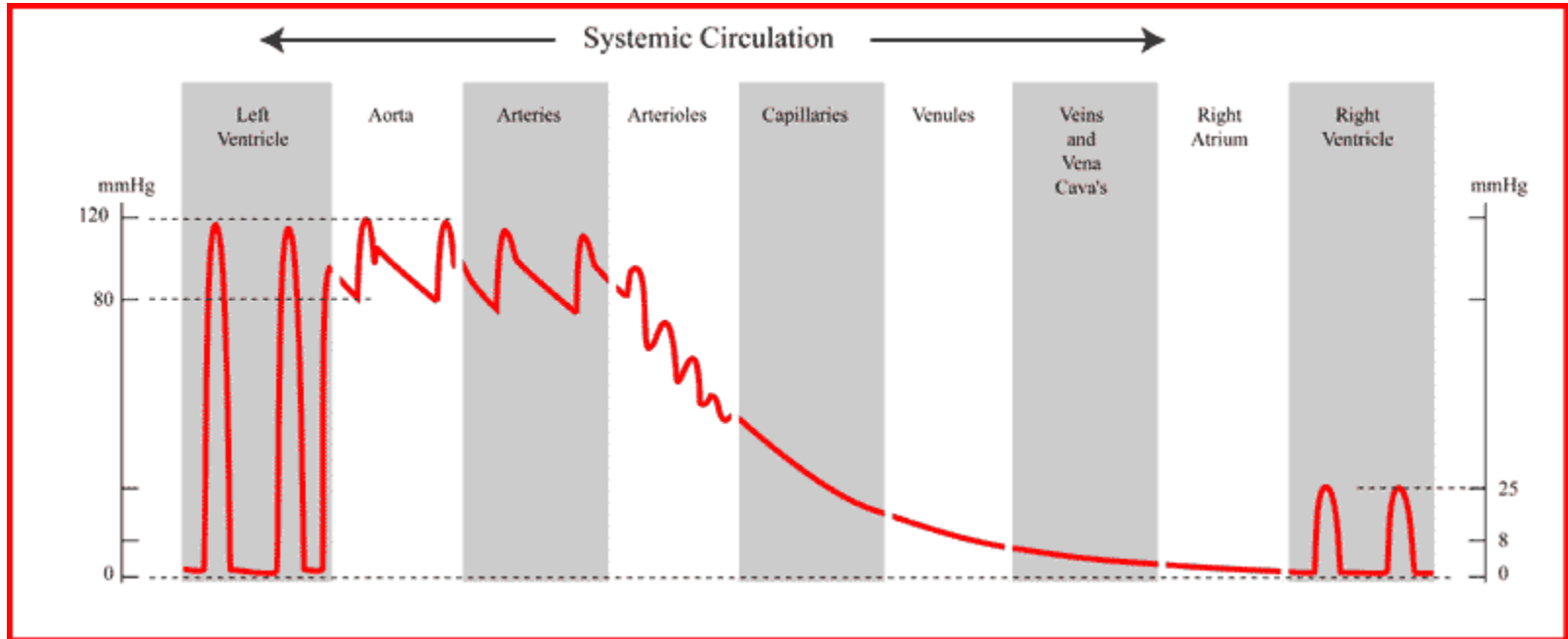
- krevní tlak kolísá mezi dvěma mezemi
 - systolický tlak (SBP – systolic blood pressure)
 - diastolický tlak (DSP – diastolic blood pressure)
 - střední arteriální tlak (MAP – mean arterial pressure)

$$MAP = \frac{SBP - DBP}{3} + DBP$$

- běžné hodnoty
 - často je uváděn jako normální tlak 120/80
 - systolický tlak je závislý na věku, s věkem se zvyšuje běžně až k 150 mmHg

Tlakové poměry v krevním řečišti

- skutečné tlakové poměry v celém systémovém oběhu jsou ale mnohem rozmanitější

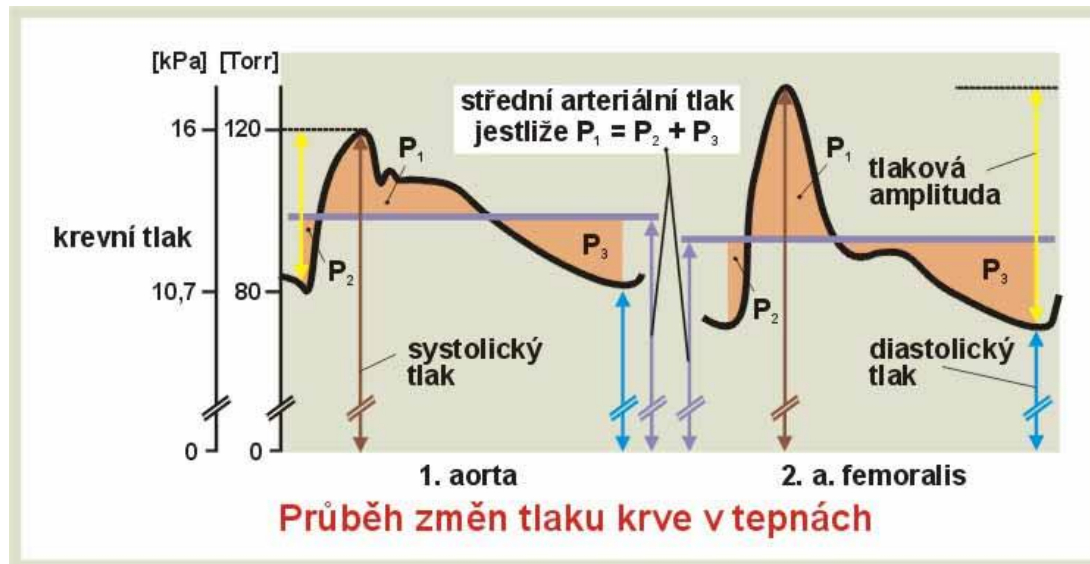


Střední arteriální tlak

- průměrný (střední) tlak v průběhu jedné srdeční periody

$$MAP = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} p(t) dt$$

- je zhruba stejný ve všech částech arteriálního řečiště; naměřený údaj je velmi málo ovlivněn vlastnostmi měřicího zařízení



Střední arteriální tlak

- výpočet lze zjednodušit na

$$MAP = \frac{SBP - DBP}{3} + DBP$$

- platí při klidové srdeční frekvenci (pokud diastola trvá déle než systola)
- např. při tachykardii ale již neplatí, doba systoly se téměř nemění, diastola se zkracuje

Měření krevního tlaku

Metody měření krevního tlaku

Neinvazivní měření

- zaškrcování brachiální artérie manžetou na levé paži
 - palpační metoda
 - auskultační metoda
 - oscilometrická metoda
- pouze orientační měření (nepřesné), závislé na mnoha vlivech, nelze měřit spojitě v čase

Invazivní měření

- měření pomocí katétru
 - intravaskulární snímač
 - extravaskulární snímač
- katétr – dutá umělohmotná hadička obsahující obvykle několik kanálků
- vnější průměr kolem 2 – 7 F (1 French = 1/3 mm), délka minimálně 1 m, materiál obvykle teflon nebo polyethylen

Měření krevního tlaku

Neinvazivní metody

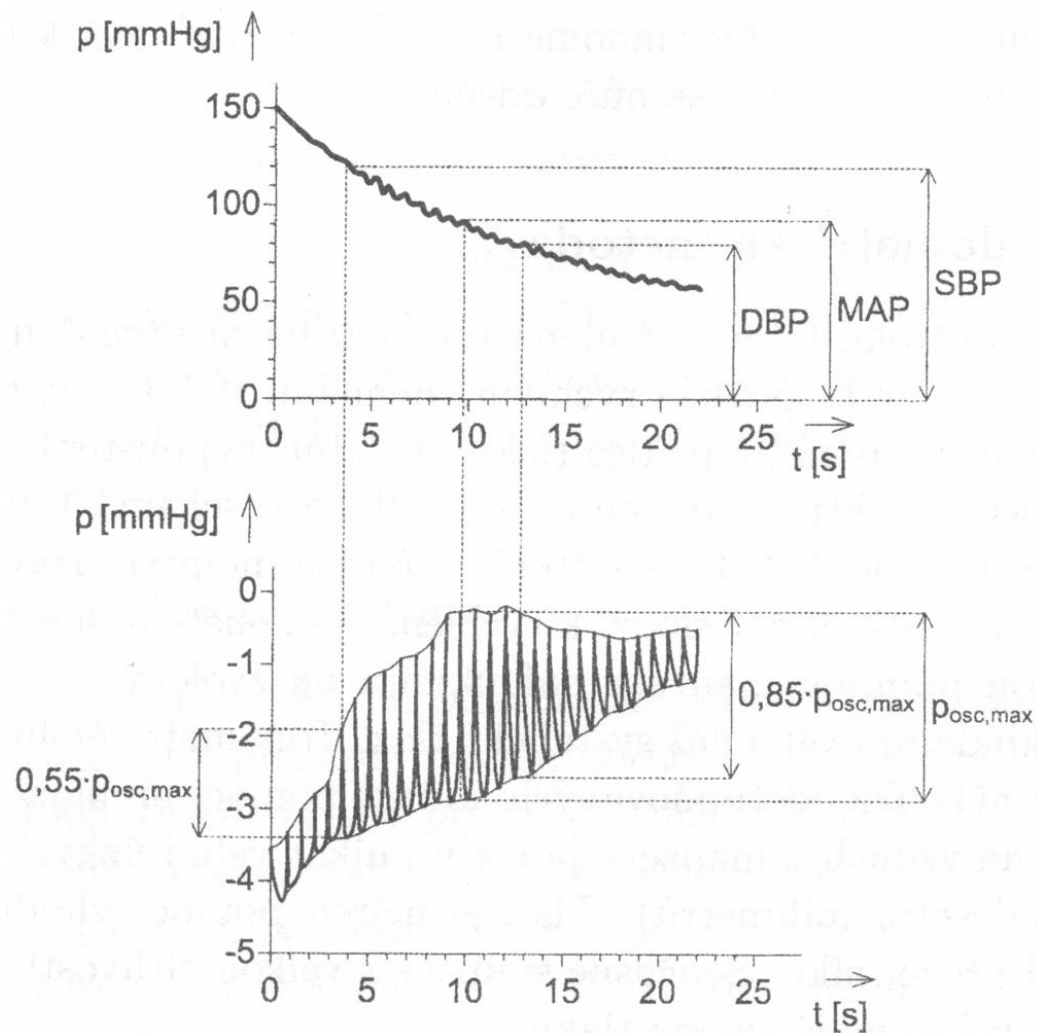
Auskultační metoda

- sloupcový (dnes již bezrtuťový) manometr spojený s manžetou a balónkem, případně deformační tonometr
- poslech Korotkovových ozev fonendoskopem (Korotkov, 1905) – sledování obnoveného průtoku krevním řečištěm
- dosahovaná přesnost zhruba ± 5 mmHg

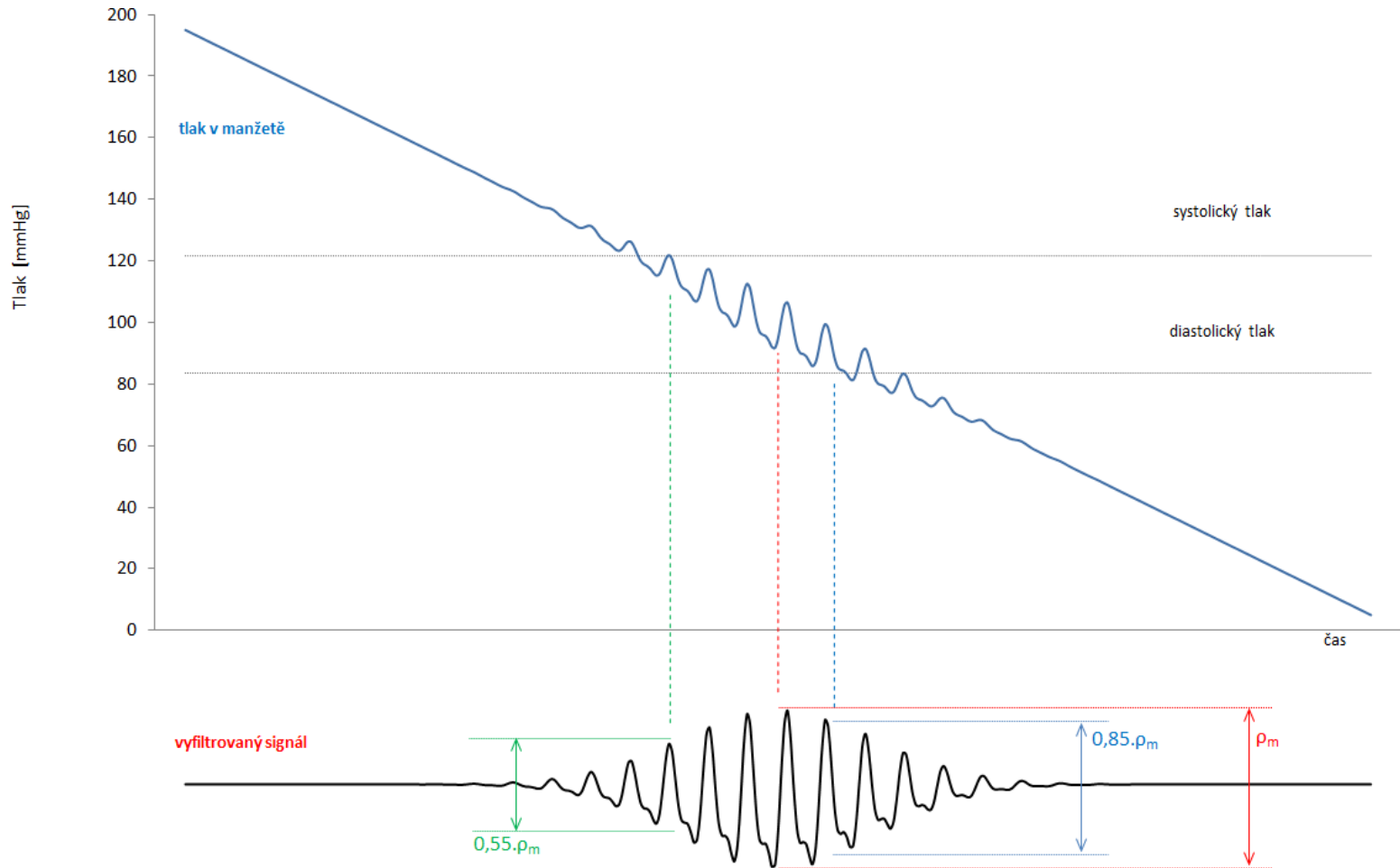
Oscilometrická metoda

- sledování mechanických oscilací superponovaných na pomalý pokles tlaku v manžetě, změny tlaku v řádu jednotek mmHg
- MAP - nejvyšší amplituda oscilací
- SBP – dosažení 55 % maximální amplitudy
- DBP – pokles na 85 % maximální amplitudy

Oscilometrická metoda

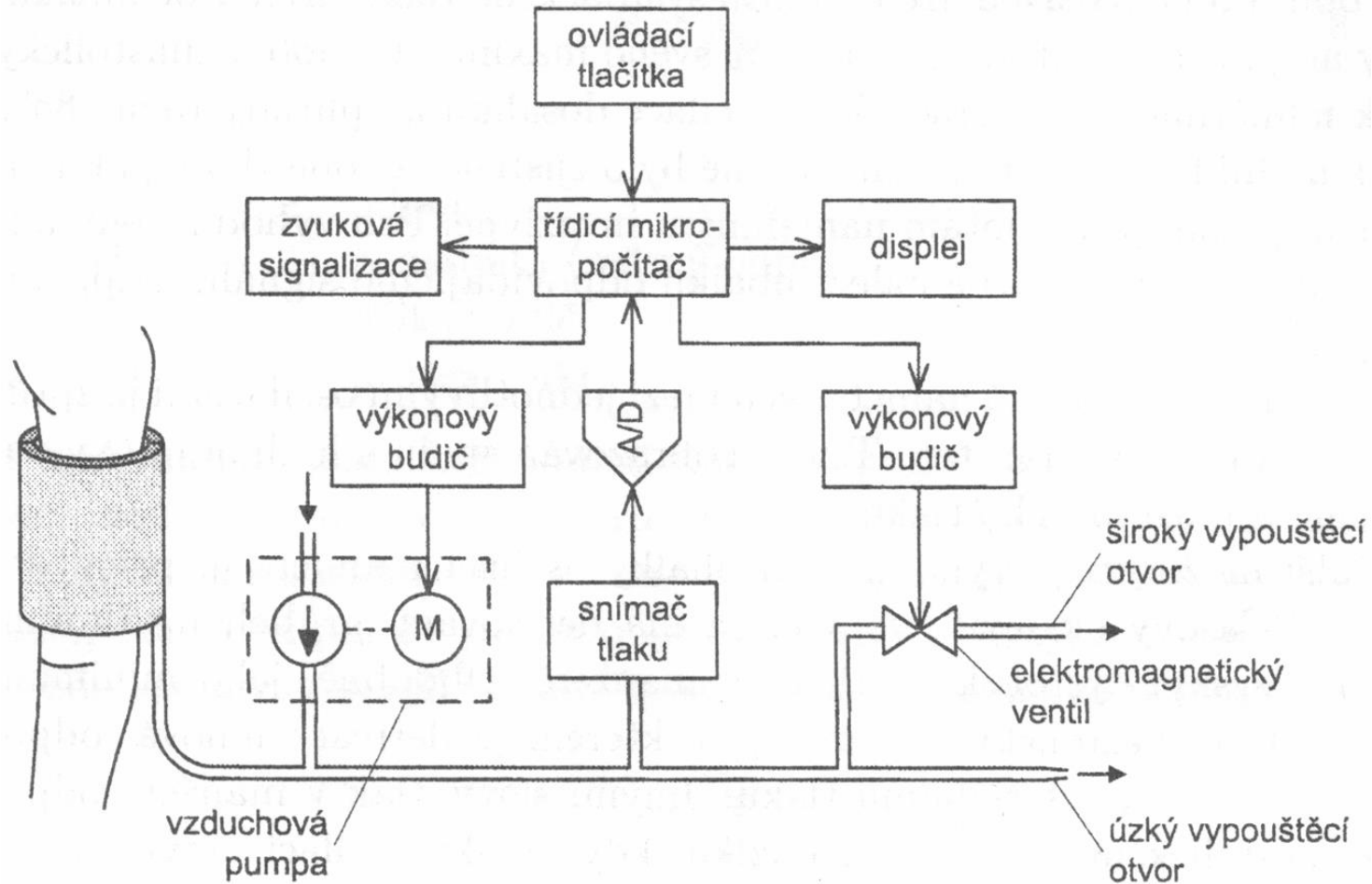


Oscilometrická metoda



Autor: Jan Dvořák, FEL ČVUT

Oscilometrické metoda



Měření krevního tlaku

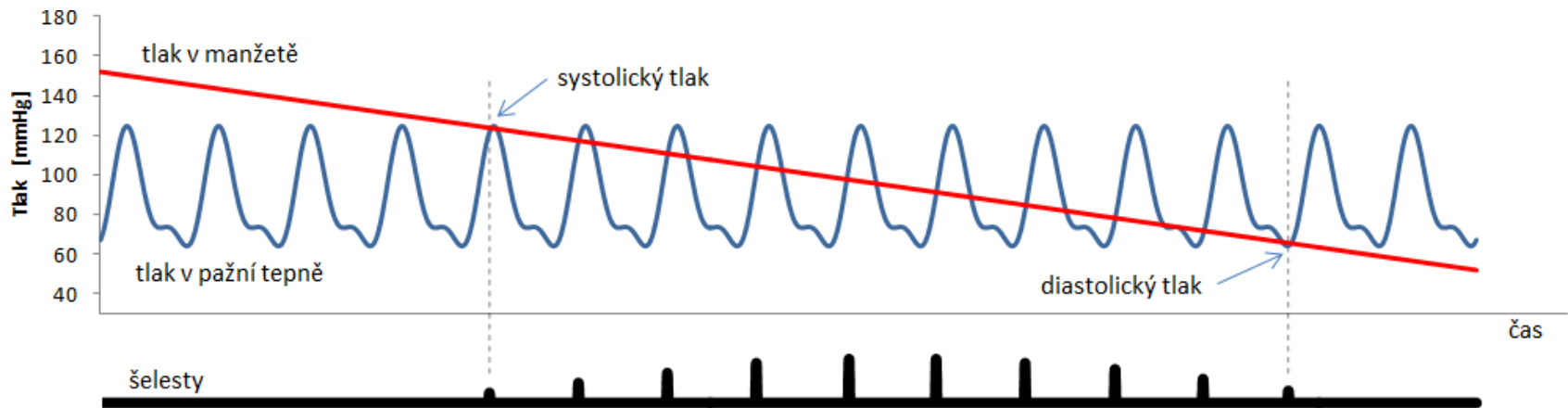
Rutinní měření krevního tlaku

Rutinní měření krevního tlaku

- auskultační nebo oscilometrická metoda
- vždy tedy manžeta na levé paži a následně sledování Korotkovových ozev nebo oscilometrických oscilací
- požadovaná přesnost měření ± 3 mmHg (technické normy EN 1060 a EN 60601, případně standardy British Hypertension Society)
- vliv rychlosti vypouštění manžety na přesnost měření
- vliv velikosti (šířky manžety) na naměřené údaje

Vliv rychlosti vypouštění manžety

- auskultační metoda
 - vypouštění manžety rychlostí 2 – 3 mmHg/s
 - rychlejší vypouštění vede nutně k chybám, SBP je podhodnocován, DBP nadhodnocován

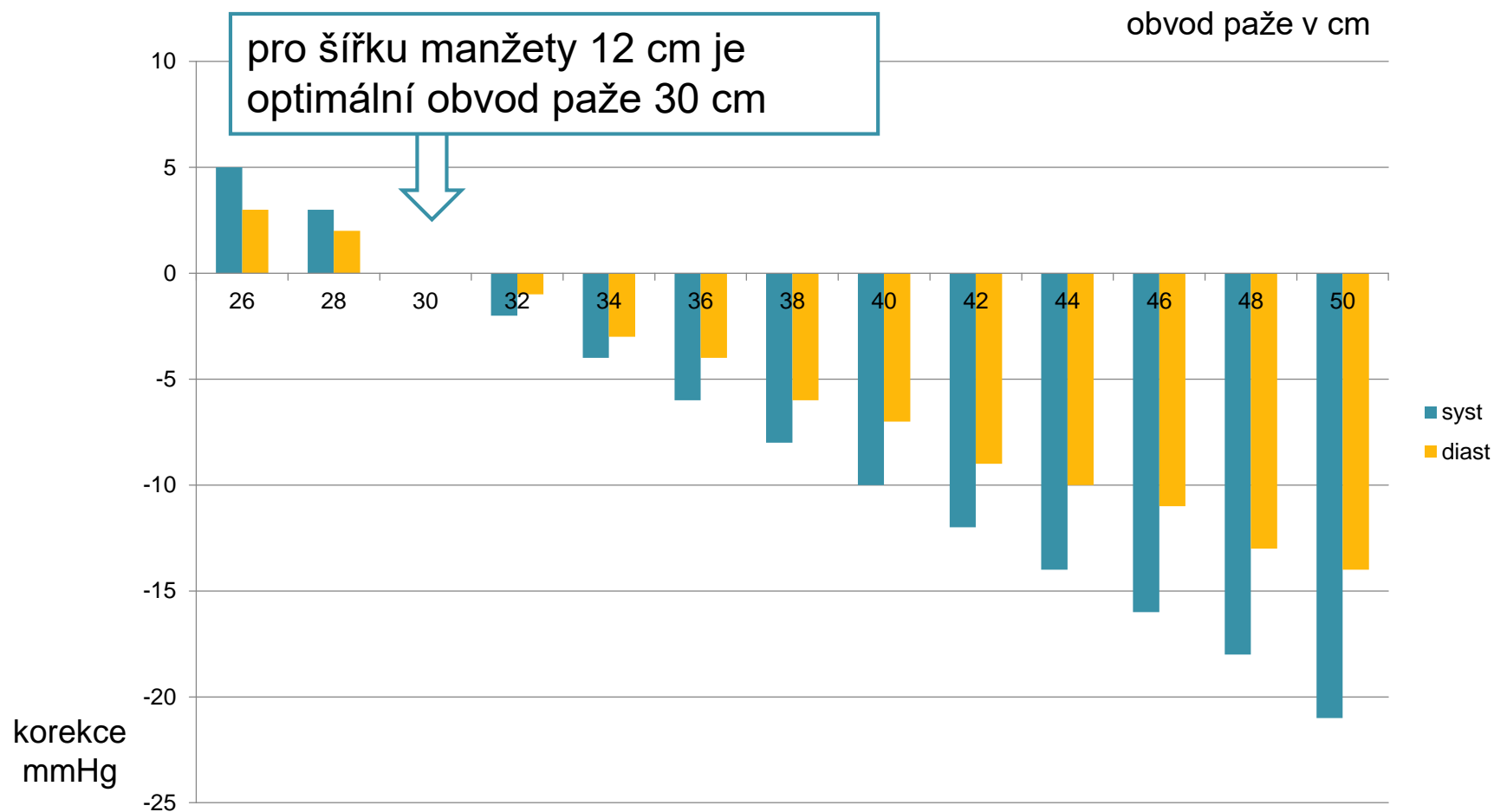


Autor: Jan Dvořák, FEL ČVUT

Vliv šířky manžety

- dle American Heart Association
 - doporučená šířka manžety je 40 % obvodu paže
 - doporučená délka vzduchového měchýře je alespoň 80 % obvodu paže
 - zdroj: Perloff D., et.al.: Human blood pressure determination by sphygmomanometry. Circulation, 1993.
- pak pro měření na dospělých šířka manžety asi 12 cm, pro měření na dětech asi 8 cm
- použití malé manžety vede k nadhodnocení naměřených hodnot

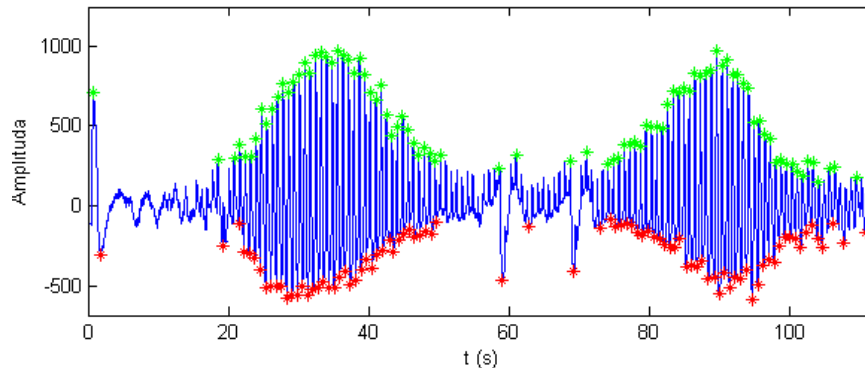
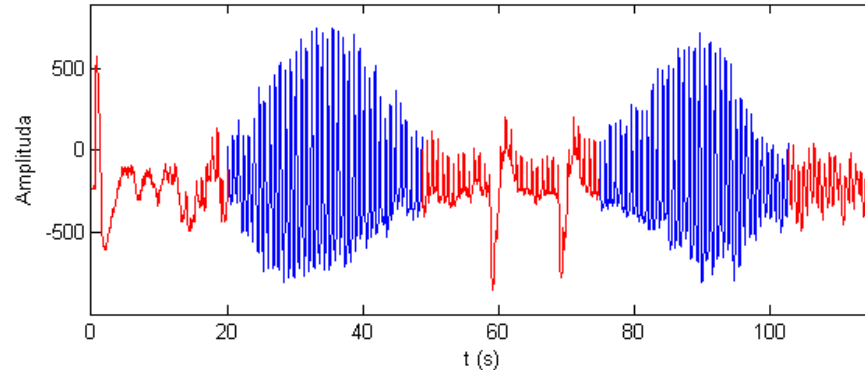
Vliv šířky manžety



AHA Recommendation for Human Blood Pressure Determination by Sphygmomanometers, 1993.

Oscilometrická metoda

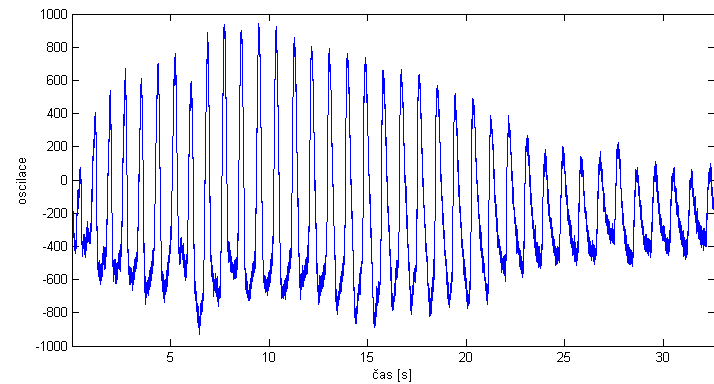
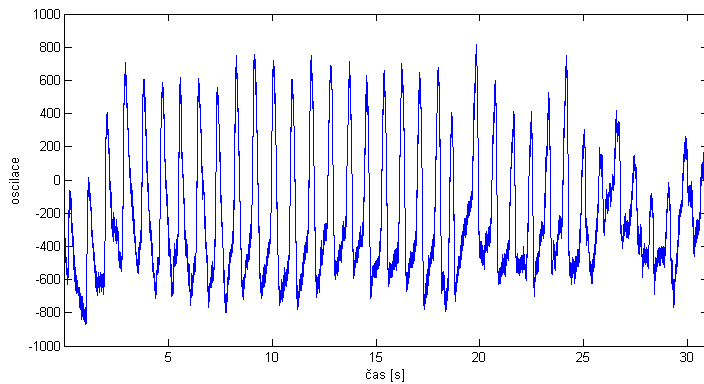
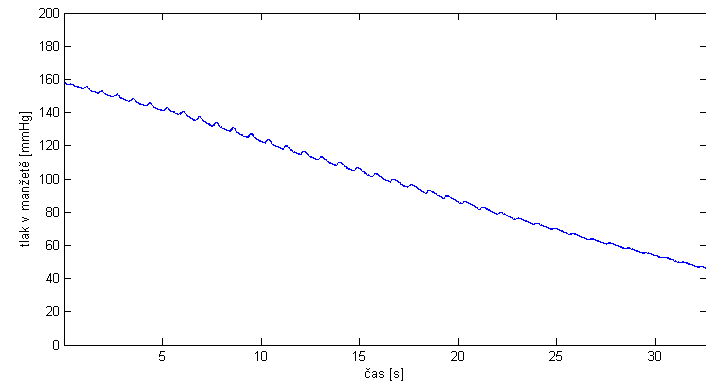
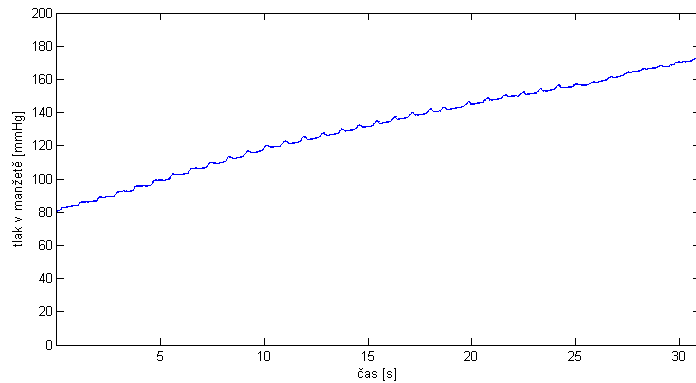
- stanovení tlaku vyžaduje nalezení obálkové křivky, v podstatě tedy úspěšné detekování extrémů oscilací; výsledné proložení křivkou by mělo být hladké



Martinovská, Z.: Detekce artefaktů v signálu oscilometrických pulzací.
Diplomová práce, FEL ČVUT v Praze, 2013.

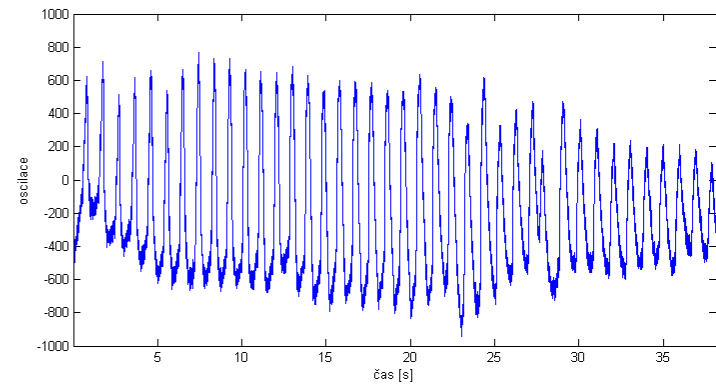
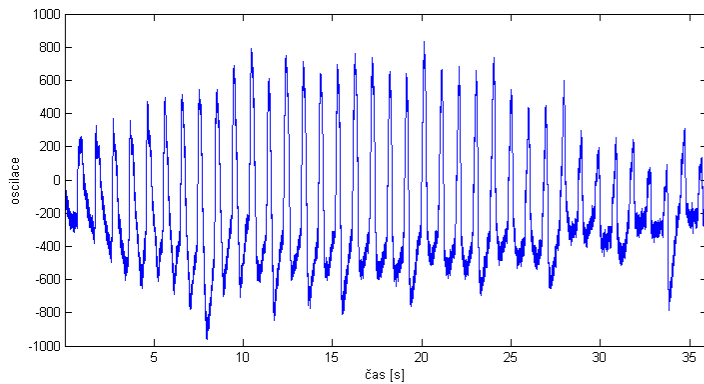
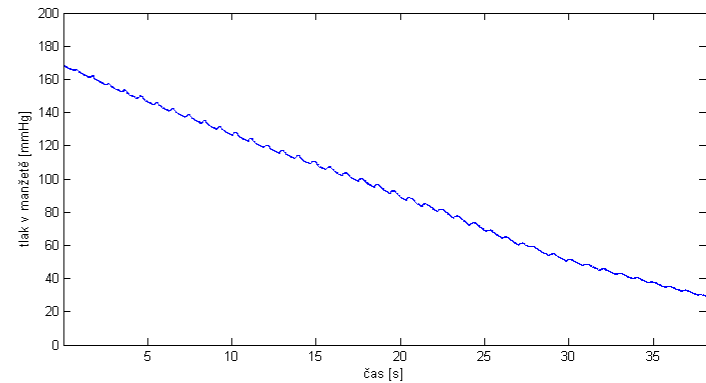
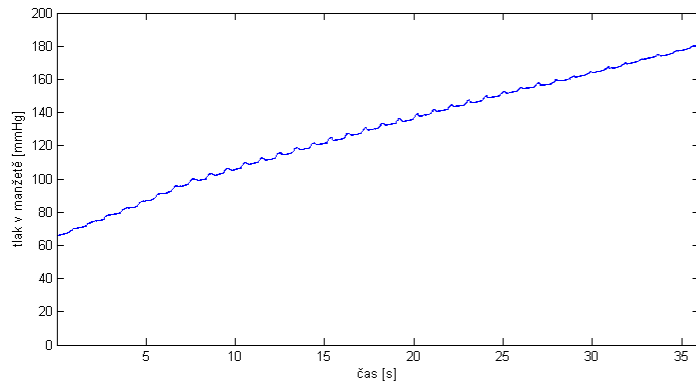
Vliv tvaru oscilometrických pulzací

- žena, 77 let, 168 cm/70 kg (BMI 24,8), křečové žíly

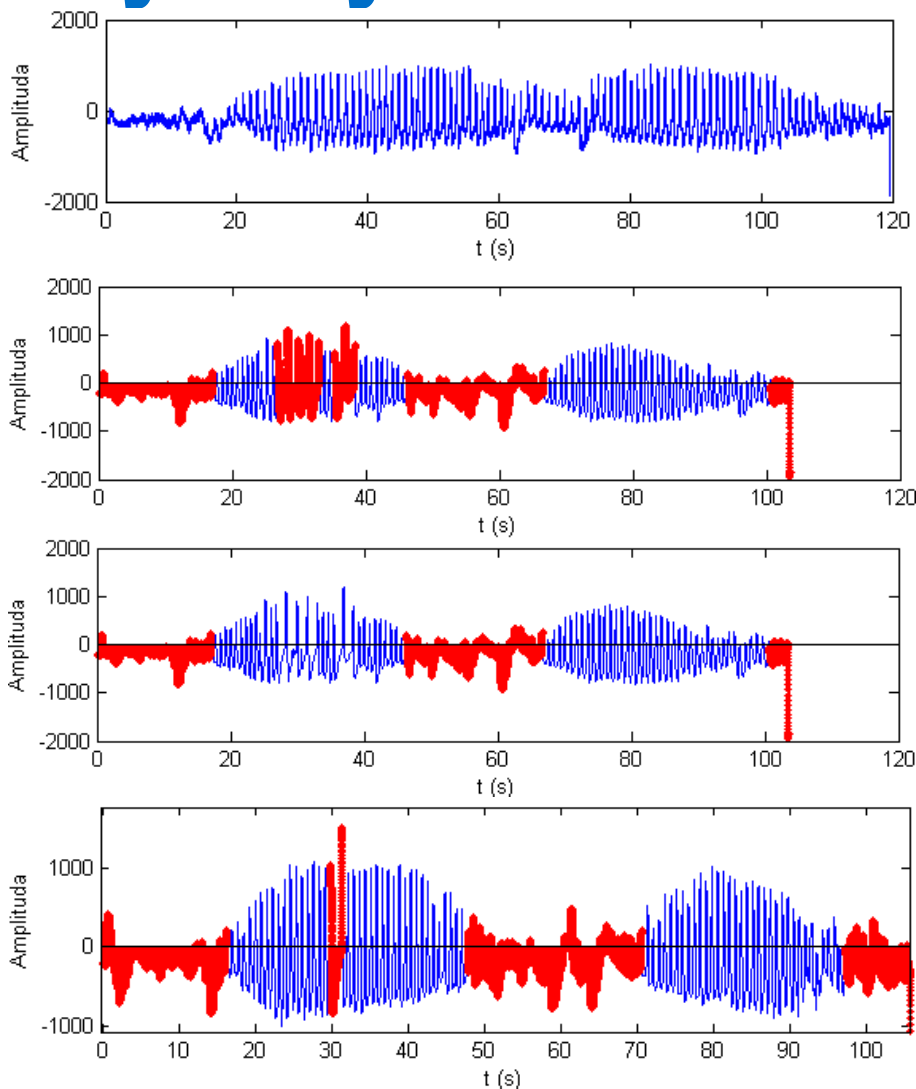


Vliv tvaru oscilometrických pulzací

- žena, 93 let, 152 cm/61 kg (BMI 26,4), po infarktu



Vliv pohybových artefaktů



Martinovská, Z.: Detekce artefaktů v signálu oscilometrických pulzací.
Diplomová práce, FEL ČVUT v Praze, 2013.

Spolehlivost stanovení MAP

- měření MAP oscilometrickou metodou je principiálně možné jak při vypouštění manžety, tak i při jejím napouštění
- srovnání MAP při napouštění a vypouštění

$$\Delta MAP = MAP_{\text{inflation}} - MAP_{\text{deflation}}$$

- vyhodnocení provedeno pro dvě věkové skupiny
 - mladí lidé, věková skupina (23,1±1,7) let, 19 osob
 - senioři, věková skupina (83,9±7,9) let, 35 osob

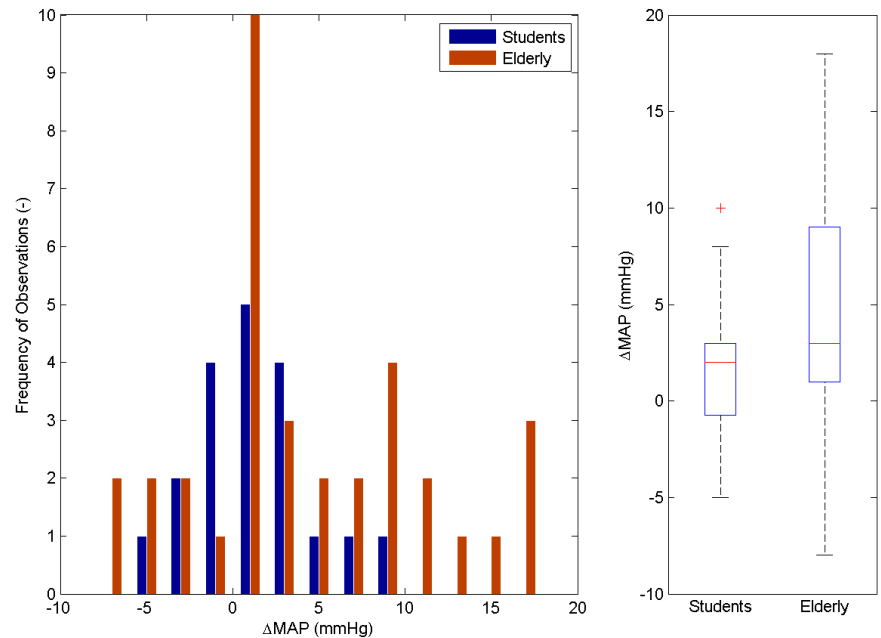
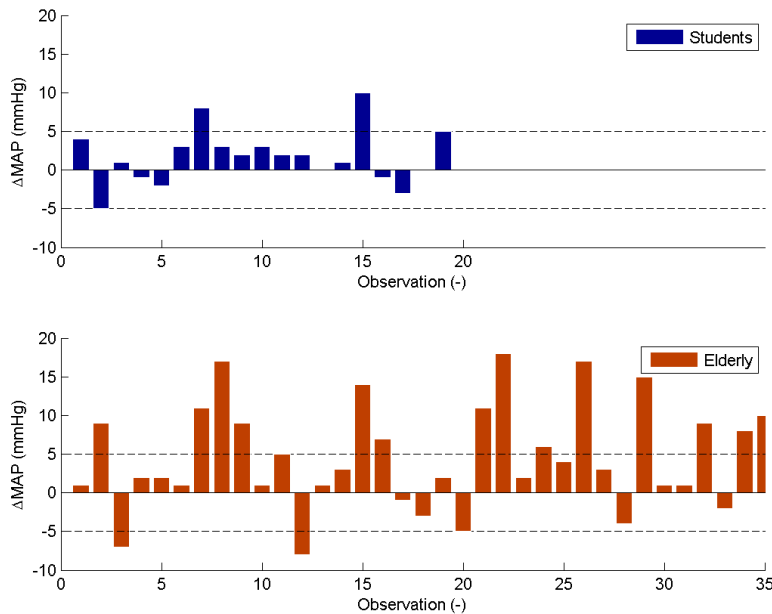
Spolehlivost stanovení MAP

- ΔMAP pro mladé lidi

$\Delta MAP = 1,7 \pm 3,4$ mmHg; $|\Delta MAP| > 5$ mmHg v 11 % případů

- ΔMAP pro seniory

$\Delta MAP = 4,6 \pm 6,6$ mmHg; $|\Delta MAP| > 5$ mmHg v 48 % případů



Spolehlivost stanovení MAP

- **střední hodnota ΔMAP u mladých lidí a seniorů prokazatelně odlišná na hladině významnosti 5 %**
 - Lilliefors a Jerque-Bera testy pro potvrzení normálního rozložení naměřených dat,
 - dvouvýběrový F-test pro porovnání rozptylů,
 - dvouvýběrový t-test pro data s nestejnými a neznámými rozptyly pro potvrzení rozdílu naměřených středních hodnot

Čím je tento rozdíl způsoben? Jaká je potom vypovídací hodnota naměřených hodnot tlaku? Jaký je vliv aterosklerózy na naměřené údaje?

Měření krevního tlaku

Invazivní metody

Měření pomocí katétru vyplněného kapalinou

- kapalina zajišťuje přenos tlaku mezi místem snímání a snímačem, oba konce katétru by měly být ve stejné výšce
- snímač s membránou umístěn ve speciálním pouzdře s dvěma vývody – ke katétru a k proplachovací kapalině
- pro arteriální tlak obvykle zanedbáváme vyšší harmonické složky než desátou
- kvalitní soustava by měla měřit do 50 – 100 Hz

Měření pomocí katétru se snímačem na špičce

- snímáme přímo v místě měření polovodičovým nebo optickým snímačem
- polovodičový snímač
 - sonda může obsahovat i více snímačů
 - horní mezní kmitočet až 10 kHz
- optický snímač
 - dvojice optických vláken + kovová membrána
 - horní mezní kmitočet až 1 kHz
- intravaskulární snímače mají malou životnost

Měření krevního tlaku

Co by nemělo ujít pozornosti

Vliv žilního plnění

- zatímco arteriální krevní tlak je běžně okolo 120/80 mmHg, žilní tlak je výrazně nižší
- při zaškrcení tepny manžetou a postupném snižování tlaku v manžetě dojde k částečné obnově průtoku krve tepnou, nedojde ale k obnovení žilního návratu
- po celou dobu měření tak dochází k žilnímu plnění

Jaký je vliv žilního plnění na naměřené hodnoty krevního tlaku?

Vhodnost oscilometrické metody pro měření seniorů

- oscilometrická metoda je jednou z nejčastěji používaných metod měření krevního tlaku, téměř bezvýhradně ji využívají všechny domácí měřiče krevního tlaku
- naměřené výsledky jsou velmi závislé na průběhu naměřených oscilometrických pulzací

Jak jsou naměřené pulzace, resp. naměřené hodnoty krevního tlaku, závislé na pružnosti tkání, které tyto pulzace přenášejí? Je přenos pulzací tkáněmi lineární, aby bylo možné jejich pružnost zanedbat, nebo se tvar (a hlavně amplituda) pulzací mění?

Vliv stavu pacienta

- fyzická aktivita zjevně významně ovlivňuje kardiovaskulární oběh a potažmo i naměřené hemodynamické parametry
- okolní prostředí (především teplota) ovlivňují stav tkání, např. působení chladu vede k vazokonstrikci a vzniku husí kůže

Jaký je vliv např. právě vazokonstrikce na naměřené hodnoty krevního tlaku?

Jak se ověřují (elektronické) tonometry?

- nejčastěji dle protokolu BHS (British Hypertension Society), značení např. BHS A/A apod.
- měření u alespoň 85 osob s požadovaným rozložením hodnot krevního tlaku, pohlaví, věk a obvod paže náhodné; SBP a DBP jsou vyhodnocovány zvlášť

	Odchylka měření [mmHg]		
Hodnocení	≤ 5	≤ 10	≤ 15
	kumulativní procento měření		
A	60	85	95
B	50	75	90
C	40	65	85
D	horší než C		

- dle protokolu BHS jsou pro klinickou praxi vhodné přístroje s hodnocením A nebo B

Literatura

1. Penhaker, M. a kol.: Lékařské diagnostické přístroje –
– učební texty. VŠB TU Ostrava, Ostrava, 2004.
2. Webster, John G.: Medical Instrumentation –
Application and Design. John Wiley & Sons., 1998.
3. Rozman, J. a kol.: Elektronické přístroje v lékařství.
Academia, Praha, 2006.
4. Chmelař, M: Lékařská přístrojová technika.
CERM s. r. o., Brno, 1995.