



Porovnání neinvazivních metod měření tlaku krve

Bakalářská práce

Studijní program:

B3944 Biomedicínská technika

Studijní obor:

Biomedicínská technika

Autor práce:

Markéta Paličová

Vedoucí práce:

Bc. Josef Erben

Fakulta zdravotnických studií





Zadání bakalářské práce

Porovnání neinvazivních metod měření tlaku krve

Jméno a příjmení: **Markéta Paličová**
Osobní číslo: D18000058
Studijní program: B3944 Biomedicínská technika
Studijní obor: Biomedicínská technika
Zadávací katedra: Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: **2020/2021**

Zásady pro vypracování:

Cíle práce:

1. Vypracovat odbornou rešerši na měření krevního tlaku s důrazem na auskultační a oscilometrickou metodu.
2. Popsat základní principy, na kterých jsou založeny vybrané metody používané při měření krevního tlaku.
3. Provést měření krevního tlaku vybranými technikami, auskultační a oscilometrickou metodou.
4. Vyhodnotit získaná data za pomoci vhodně zvolených metod statistické analýzy.

Teoretická východiska (včetně výstupu z kvalifikační práce):

Znalost hodnoty krevního tlaku je důležitou složkou procesu určení celé řady cévních i jiných onemocnění. Vysoký i nízký tlak mají neblahý vliv na zdraví jedince. Hypertenze, dnes často dlouho není doprovázena jinými příznaky, a přesto může způsobovat mnoho letálních obtíží. Pro měření krevního tlaku při běžných preventivních vyšetřeních se v dnešní době používá několik neinvazivních metod měření, přičemž každá z těchto metod má své výhody a nevýhody. Výstupem bakalářské práce bude prezentace, která se uskuteční na konferenci v Liberci na Technické universitě.

Výzkumné předpoklady / výzkumné otázky:

1. Nastudování principů jednotlivých zmíněných metod neinvazivního měření krevního tlaku.
2. Zjistit vyhodnocením dat, jaké jsou mezi danými metodami rozdíly.
3. Vyhodnotit ze získaných dat, která metoda je přesnější, z hlediska měření krevního tlaku.

Metoda:

Kvantitativní výzkum

Technika práce, vyhodnocení dat:

Strukturované pozorování, měření dat, statistické zpracování naměřených dat s pomocí tabulkového editoru.

Místo a čas realizace výzkumu:

Technická univerzita v Liberci, Fakulta zdravotnických studií, prosinec 2020 až leden 2021.

Vzorek:

studenti, počet = 100

Rozsah práce:

Rozsah bakalářské práce činí 50-70 stran (tzn. 1/3 teoretická část, 2/3 výzkumná část).

Forma zpracování kvalifikační práce:

Tištěná a elektronická.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování práce:

Jazyk práce:

tištěná/elektronická

Čeština



Seznam odborné literatury:

ASTAPENKO, David a Vladimír ČERNÝ. 2019. Krevní tlak – fyzika a fyziologie. *Anesteziologie a intenzivní medicína*. 30(5), 241-243. ISSN 1214-2158.

CÍFKOVÁ, Renata. 2016. Automatické měření krevního tlaku ve zdravotnickém zařízení. Kapitoly z kardiologie pro praktické lékaře. 8(2), 71-73. ISSN 1803-7542.

ČERNÝ, Vladimír. 2015. Měření krevního tlaku neinvazivní metodou –měli bychom znát, co je schováno za číslem na displeji. *Anesteziologie a intenzivní medicína*. 26(5), 287-288. ISSN 1214-2158.

DÖRR, Marcus et al. 2019. Invasive Validation of Antares, a New Algorithm to Calculate Central Blood Pressure from Oscillometric Upper Arm Pulse Waves. *Journal of Clinical Medicine*. 8(7).

DOI 10.3390/jcm8071073.

DOUPALOVÁ, P., J. CHRASTINA a J. VÁCLAVÍK. 2015. Přístupy neinvazivního měření a monitorace krevního tlaku u pacientů s arteriální hypertenzí. *Intervenční a akutní kardiologie*. 14(3), 109-116. ISSN 1213-807X.

FILIPOVSKÝ, Jan. 2017. Cílové hodnoty krevního tlaku při léčbě hypertenze: co nového přinesla studie SPRINT. *Medicína & umění*. 2017(1/44), 8-10. ISSN 1803-3679.

KAMASOVÁ, Monika a Jan VÁCLAVÍK. 2017. Měření krevního tlaku. *Postgraduální medicína*. 19(6), 595-599. ISSN 1212-4184.

NĚMCOVÁ, Helena. 2018. Je při hodnocení kompenzace hypertenze důležitější systolický, nebo diastolický krevní tlak? *Interní medicína pro praxi*. 20(2), 108-110. ISSN 1212-7299.

PETRÁK, Ondřej a Jiří WIDIMSKÝ. 2015. Praktické kasuistiky z 24hodinového monitorování krevního tlaku. Kapitoly z kardiologie pro praktické lékaře. 7(2), 70-74. ISSN 1803-7542.

SOVOVÁ, E., M. SOVOVÁ a L. ŠTĚGNEROVÁ. 2015. Jak, kdy a čím měřit krevní tlak –novinky. *Medicína pro praxi*. 12(4), 197-200. ISSN 1214-8687.

SRBOVÁ, Eva. 2020. Krevní tlak u žen pravděpodobně začíná stoupat dříve než u mužů. *Terapie*. 2020(3), 2. ISSN 2570-8759.

Vedoucí práce:

Bc. Josef Erben

Fakulta zdravotnických studií

Datum zadání práce:

1. září 2020

Předpokládaný termín odevzdání: 30. června 2021

L.S.

prof. MUDr. Karel Cvachovec, CSc., MBA
děkan

V Liberci dne 30. listopadu 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

20. července 2022

Markéta Paličová

Rozhodnutí o žádosti studenta

Žádost o ponechání tématu bakalářské práce a prodloužení termínu odevzdání do 30.6.2022

Jméno a příjmení: **Markéta Paličová**

Osobní číslo: **D18000058**

Datum podání žádosti **23.07.2021**

Rozhodnutí děkana ze dne 09.08.2021 :

VYHOVĚL

Odůvodnění

Poučení

Proti tomuto rozhodnutí se může student/ka odvolat ve lhůtě 30 dnů od jeho oznámení. Odvolání se podává děkanovi.

Rozhodnutí rektora ze dne

NEUVEDENO

Odůvodnění:

Poděkování

Ráda bych chtěla poděkovat vedoucímu práce Bc. Josefu Erbenovi za odborné rady a připomínky, které vedly ke zpravování bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat dobrovolníkům, kteří se zúčastnili měření krevního tlaku. V neposlední řadě také děkuji své rodině a příteli za podporu a trpělivost, kterou po celou dobu studia poskytovali.

Anotace

Autor: Markéta Paličová

Instituce: Technická univerzita v Liberci, Fakulta zdravotnických studií

Název práce: Porovnávání neinvazivních metod měření tlaku krve

Vedoucí práce: Bc. Josef Erben

Počet stran: 79

Počet příloh: 2

Rok obhajoby: 2022

Anotace: Bakalářská práce se zabývá porovnáváním neinvazivních metod měření tlaku krve. V úvodní části jsme se seznámili se základními poznatky o oběhové soustavě a krevním tlaku. Následně si představíme dvě metody, s kterými budeme pracovat. První metoda se jmenuje auskultační a druhá oscilometrická. Výsledkem výzkumné části bylo statistické porovnání naměřených dat mezi těmito metodami a zjistit jaký jsou mezi nimi rozdíly a stanovit, která metoda je z hlediska měření krevního tlaku je přesnější.

Klíčová slova: krevní tlak, systolický, diastolický, auskultační, oscilometrická, měření, metoda

Annotation

Author: Markéta Paličová

Institution: Technical University of Liberec, Faculty of Health Studies

Title: Comparison of non-invasive methods of measuring blood pressure

Supervisor: Bc. Josef Erben

Pages: 79

Appendix: 2

Year: 2022

Annotation: The bachelor's thesis deals with the comparison of non-invasive methods of measuring blood pressure. In the introductory part, we got acquainted with basic knowledge about the circulatory system and blood pressure. Subsequently, we will introduce two methods with which we will work. The first method is called auscultatory and the second oscillometric. The result of the research part was a statistical comparison of the measured data between these methods and to find out what the differences are between them and to determine which method is more accurate in terms of blood pressure measurement.

Keywords: blood pressure, systolic, diastolic, auscultatory, oscillometric, measurement, method

Obsah

Seznam použitých zkratek	12
Seznam použitých symbolů	13
1 Úvod	15
2 Teoretická část	16
2.1 Anatomie a fyziologie oběhového systému.....	16
2.1.1 Stavba krevního oběhového systému	16
2.1.2 Srdeční revoluce	17
2.1.3 Stavba a funkce krevních cév.....	18
2.3 Proudění krve.....	19
2.4 Krevní tlak	20
2.4.1 Velikost krevního tlaku.....	22
2.4.2 Jednotka krevního tlaku	25
2.4.3 Parametry určující krevní tlak	25
2.4.4 Faktory ovlivňující krevní tlak	30
2.4.5 Regulace krevního tlaku	31
2.5 Měření krevního tlaku	32
2.5.1 Invazivní měření krevního tlaku.....	32
2.5.2 Neinvazivní měření krevního tlaku	33
2.6 Neinvazivní metody měření krevního tlaku	33
2.6.1 Pomůcky k měření krevního tlaku.....	33
2.6.2 Auskultační metoda měření krevního tlaku	36
2.6.3 Oscilometrická metoda měření krevního tlaku	38
3 Výzkumná část	41
3.1 Cíle a výzkumné předpoklady	41
3.2 Metodika výzkumu	41
3.2.1 Charakteristika studovaných vzorků	41

3.3. Použité přístroje pro měření krevního tlaku	42
3.3.1 Omron M6 Comfort (HEM-7321-E)	43
3.3.2 Omron M2 Basic (HEM-7121J-E)	43
3.3.3 Aneroidní tonometr LOGIKO s fonendoskopem (DM333)	44
3.4 Vlastní měření.....	46
3.4.1 Příprava respondenta	46
3.4.2 Postup vlastního měření krevního tlaku.....	47
3.5 Statistické zpracování dat	47
3.6 Analýza výzkumných dat	49
3.6.1 Porovnávání naměřených rozdílů hodnot ST a DT u oscilometrické a auskultační metody	62
3.7 Analýza výzkumných cílů předpokladů	69
4 Diskuze	70
5 Návrh doporučení pro praxi	72
6 Závěr	73
Seznam použité literatury	74
Seznam příloh	79

Seznam použitých zkratek

a.	arteria
AUS.	auskultační
cm H ₂ O	centimetry sloupce vody
cm	centimetr
DBP	diastolic blood pressure (diastolický tlak)
DT	diastolický tlak
g	gram
kPa	kilopascal
lat.	latinsky
LCD	Liquid Crystal Display (displej z tekutých krystalů)
MAP	mean arterial pressure (střední arteriální tlak)
ml	mililitr
mm	milimetr
mmHg	milimetr rtuti
mmHg/s	milimetr rtuti za sekundu
Obr.	obrázek
OSC.	oscilometrická
Pa	pascal
řec.	řecky
s.	strana
SBP	systolic blood pressure (systolický tlak)
SD	směrodatná odchylka
ST	systolický tlak
t ₀	čas měření
Tab.	tabulka
TK	krevní tlak

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotka	Význam symbolu a jednotky
ΔP	[Pa]	rozdíl tlaků [Pascal]
ΔV	[m ³]	objem v tepnách [metr krychlový]
l	[mm]	délka [milimetr]
m	[kg/m]	hmotnost krve [kilogram na metr]
O_D	[mmHg]	klesající oscilace [milimetr rtuti]
O_m	[mmHg]	maximální oscilace [milimetr rtuti]
O_s	[mmHg]	narůstající oscilace [milimetr rtuti]
p	[Pa]	tlak [Pascal]
Q	[cm ³ /s]	průtok krve [centimetr krychlový za sekundu]
r	[-]	Pearsonův korelační koeficient
r	[m]	poloměr průsvitu cévy [metr]
R	[Pa·ml ⁻¹ ·s]	periferní odpor, lze spočítat z tlakového rozdílu [Pa - pascal] a toku krve [ml/s - mililitr za sekundu]
Re	[-]	Reynoldsovo číslo
T	[N·m ⁻¹]	tuhost [newton na metr]
T	[s]	perioda [sekunda]
v	[m/s]	rychlost krve [metr za sekundu]
α	[%]	alfa, hladina významnosti statistického testu $\alpha = 0,05 = 5 \%$ [procenta]
ΔP	[Pa]	rozdíl tlaků [Pascal]
η	[Pa·s]	dynamická viskozita krve [pascal sekunda]

ρ	[kg/m ³]	hustota [kilogram na metr krychlový]
%		procento
Δ		časová změna
°C		stupeň Celsia
1/3		jedna třetina
2/3		dvě třetiny

1 Úvod

Měření krevního tlaku patří mezi základní diagnostické metody v medicíně. Znalost hodnoty krevního tlaku je základním ukazatelem, pro odhalení celé řady cévních i jiných onemocnění. Mezi nejčastější zjištěné onemocnění, patří hypertenze a hypotenze. Obě tyto onemocnění mají na lidské tělo neblahý vliv. Hypertenze v dnešní době není většinou doprovázena jinými příznaky, a i přesto nám může způsobit mnoho obtíží. Pro měření krevního tlaku se běžně ať už u běžných preventivních vyšetření nebo pro domácí pozorování krevního tlaku používají dvě nejčastější neinvazivní metody. První z těchto metod se nazývá auskultační metoda, fungující na základně poslechu Korotkovových zvuků a druhá metoda je oscilometrická, která funguje na principu vyhodnocování oscilometrických pulsací.

Jelikož jsou tyto metody k měření tlaku krve nejběžnější tak naším hlavním cílem této práce je tyto metody mezi sebou porovnat a stanovit jaké rozdíly se mezi danými metodami vyskytují a určit, která metoda je z hlediska měření krevního tlaku přesnější.

V teoretické části bakalářské si nejprve připomeneme základní poznatky o oběhovém systému lidského těla, kde se hlavně zaměříme na srdeční cyklus, kde je vysvětleno, jak vzniká systola a diastola. Dále následuje krátká kapitola o proudění krve v cévách, kde si vysvětlíme, co je to laminární a turbulentní proudění. V další části se už zabýváme samotným krevním tlakem, řekneme si, jakou má jednotku, jaké jsou jeho optimální hodnoty, které parametry ho můžou při měření ovlivňovat, nebo jak je krevní tlak regulován. Nakonec provedeme rešerši na měření krevního tlaku, kde se budeme zabývat hlavně auskultační a oscilometrickou metodou.

V první části výzkumné části se budeme zabývat jakým způsobem měření krevního tlaku probíhalo a jaké přístroje k tomu byly použity. V druhé polovině už budeme zpracovávat vyhodnocená data pomocí statistických metod statistické analýzy.

2 Teoretická část

Teoretická část popisuje anatomii a fyziologii oběhového systému, základní informace o krevním tlaku a jakými metodami se může měřit. Dále se zabývá danými metodami a pomůckami, které se u těchto metod používají.

2.1 Anatomie a fyziologie oběhového systému

Srdce spolu s cévami vytváří krevní oběh, který je účelně uspořádaný pro transportní funkci. Transportní médium (krev) může plnit své funkce jen tehdy, pokud nepřetržitě cirkuluje organismem, to zabezpečuje srdce, které pumpuje krev do systému, který je tvořen rozvodnými a sběrnými cévami a tenkostěnnými cévami umožňujícími výměnu látek mezi krví a tkáněmi nebo výměnu dýchacích plynů mezi krví a plicními alveoly (Kittnar et al., 2011).

Krev je poháněna dvěma sériově uspořádanými pumpami do dvou rovněž do série seřazených oběhů: **systémového oběhu** (pumpou je levá polovina srdce) a **plicního oběhu** (pumpou je pravá polovina). Srdce je tedy tvořeno dvěma anatomicky a funkčně spojenými čerpadly, pravou a levou polovinou srdce. Spojení obou čerpadel do jediného orgánu – srdce, je výhodné z hlediska dokonalé synchronizace jejich činnosti. Obě čerpadla jsou duté orgány, jejichž stěna je tvořena svalovinou a skládá se z předsíně (pomocné čerpadlo) a komory (hlavní čerpadlo) (Kittnar et al., 2011).

Pravá komora má oproti levé komoře výrazně tenčí stěnu, a tedy i menší hmotnost, pohání nízkotlaký plicní oběh, do kterého přivádí odkysličenou krev z celého těla. **Levá komora**, která má výrazně vyvinutou cirkulární svalovinu, přečerpává okysličenou krev z plic do vysokotlakého systémového oběhu. Oba oběhy (systémový a plicní) jsou složeny ze sériově zapojených jednotek: tepen, kapilár a žil. Navíc je systémový oběh složen z řady paralelně zapojených okruhů, vyživujících jednotlivé orgány a tkáně (Kittnar et al., 2011).

2.1.1 Stavba krevního oběhového systému

Krevní oběh lidského těla rozdělujeme na dva, malý krevní oběh a velký krevní oběh. **Malý krevní oběh** neboli plicní, začíná tím, že z celého těla je odkysličená krev odvedena do pravé síně a odtud se vstříkují do pravé komory, kde je přečerpána plicním kmenem

do plicního řečiště. Plicní kmen se rozděluje na pravou a levou plicní tepnu. Z plic je okysličená krev přiváděna plicními žilami do levé síně. **Velký krevní oběh** neboli periferní začíná tak, že okysličená krev z levé síně je vedena je do levé komory odkud je aortou odváděna krev do celého těla, tam se okysličí a vrací se horní a dolní dutou žilou do pravé síně (Dylevský, 2009).

2.1.2 Srdeční revoluce

Srdeční činnost je neustále se opakující, cyklický děj. Jeden cyklus označujeme termínem srdeční revoluce (cyklus), ve kterém se pravidelně střídá systola a diastola. Systola znamená kontrakci myokardu, diastola uvolnění myokardu. Obě části srdeční revoluce, systola a diastola jsou výsledkem změn napětí srdeční svaloviny, čímž dochází ke změnám tlaku v srdečních dutinách, což je důležité pro proudění krve (Rokyta et al., 2000).

Pokud označujeme srdce jako tlakově-objemové čerpadlo, máme tím na mysli hlavně obě komory. Síně slouží jen jako pomocný rezervoár, kterým během diastoly krev volně protéká po mírném tlakovém spádu do komor. Svým stahem pouze dokončují plnění komor, tzn. že systola síní je z hlediska srdečního cyklu jev diastolický. Těsně předtím, než začíná systola jsou obě komory naplněny a zaujímají konečně diastolický objem, který za klidových podmínek dosahuje hodnot 100–150 ml. Tato veličina je důležitá, protože podle Starlingova principu rozhoduje o tom, jak velký bude příští stah (Bravený et al., 1992).

Doba jednoho srdečního cyklu je nepřímo úměrná srdeční frekvenci, se zvyšující se frekvencí se délka cyklu zkracuje, se snižující se frekvencí se prodlužuje. Jeden cyklus při frekvenci 75 za minutu, trvá 0,8 sekund. Za normálních podmínek systola trvá 1/3 a diastola 2/3 délky srdečního cyklu. Při zvyšující se frekvenci se zkracuje trvání diastoly, na systolu stoupající frekvence nemá moc velký vliv, její délka se příliš nemění. Obě části srdečního cyklu, systolu a diastolu můžeme rozdělit do fází. Do fází systoly můžeme zařadit izovolumickou kontrakci a ejekční fázi. Do diastoly izovolumickou relaxaci, rychlé plnění komor, pomalé plnění komor a systolu síní (Nalos a Švíglerová, 2009).

Srdeční fáze systoly

Systola komor začíná uzavřením cípových chlopní, dochází k tomu kvůli obrácení tlakového gradientu mezi síněmi a komorami, protože síně již ochabují a začíná stah komor. Pokud se cípové chlopně uzavřely, dochází ke stahu bez změny objemu, což se projeví prudkým vzrůstem tlaku v komorách. Tuto fázi označujeme jako **izovolumickou kontrakci**. Ve chvíli, kdy tlak v komorách je vyšší než tlak v aortě a plicnici, dochází k otevření poloměsíčitých chlopní. Objem komory se zmenšuje a krev je vypuzena pod velkým tlakem do oběhu. Tato část fáze se nazývá vypuzovací neboli **ejekční fáze**, která trvá až do okamžiku, než tlak v komoře klesne pod tlak v aortě, respektive v plicnici, kde dochází k obrácení tlakového gradientu, čímž se poloměsíčité chlopně uzavrou. Přečerpaný objem krve se nazývá systolický nebo tepový objem, který v klidu činí 60-70 ml. S koncem ejekce tlak v komorách se zavřenými chlopněmi klesá až do chvíle, kdy se nitrokomorový tlak sníží pod tlak v síních, kde v průběhu celé systoly jsou síně plněny žilní krví a dochází k otevření cípových chlopní. Tuto fázi jmenujeme **izovolumická relaxace** (Bravený et al., 1992).

Srdeční fáze diastoly

Po izovolumické relaxaci následuje diastola. Nahromaděná krev proudí ze síní do komor, nejprve prudce, jedná se o fázi **rychlého plnění**, poté pomaleji, **fáze pomalého plnění**. K rychlému plnění se podílí komprese síní pohybem relaxujících komor. Diastola je zakončena **systolou síní** dalšího cyklu (Bravený et al., 1992).

2.1.3 Stavba a funkce krevních cév

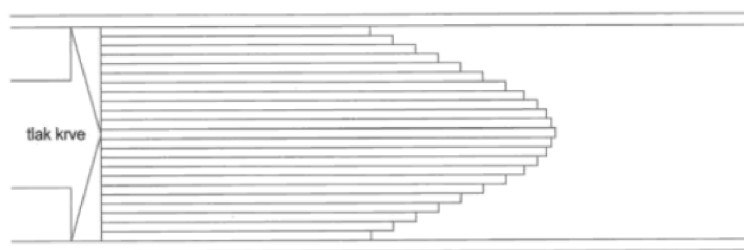
V průběhu cévního řečiště prochází krev různými druhy cév, než se opět vrací do srdce (Vácha, 2014). Podle struktur a funkcí cévních stěn rozdělujeme cévy na **tepny** (arterie), které vedou krev od srdce a postupně se větví na tenčí tepny až na nejtenčí **tepénky** neboli arterioly. Ty se pak rozpadají na **vlásečnice** (kapiláry), které představují konec cévní sítě. Z vlásečnic se sbíhají **tenčí žíly**, tzv. venuly a ty se dále sbíhají v **žíly** (vény), které odvádějí krev z vlásečnic do srdce (Čihák, 2016).

Krev je z levé komory vypuzována do aorty, která se dále větví na **artérie** (tepny) (Vácha, 2014). Větší cévy se skládají z trojvrstevné stěny. **Vnitřní vrstva** stěny cévy je vystlána z výstelky, která je tvořena z endotelu. Díky této endotelové vrstvě je zajištěn hladký

a nesmáčivý vnitřní povrch cév. **Střední vrstva** cévy je tvořena hladkou svalovinou, která umožňuje změnu průsvitu cév, regulaci krevního toku a ovlivňuje pružnost cévní stěny. Tuto vrstvu mají silnou velké cévy, hlavně tepny. **Vnější vrstva** cév je složena z vaziva, ve kterém se nachází mnoho elastických vláken (Dylevský a Trojan, 1982). Elasticita tepenných stěn je základem tzv. pružnickového efektu, poskytuje přeměnu nárazových výtrysků krve ze srdce na kontinuální proudění. Poddajnost jejich stěn utlumuje nárůst tlaku při systole, a naopak udržuje tlak v diastole (Vácha, 2014).

2.3 Proudění krve

Za fyziologických podmínek je tok krve v cévách laminární. To znamená, že pohyb všech vrstev krve v cévě je rovnoběžný i když se jednotlivé vrstvy pohybují různě rychle. Nejpomaleji se pohybuje vrstva, která je bezprostředně ve styku se stěnou cévy a nejrychleji vrstva, která je v dlouhé ose cévy (Trojan et al., 2003). Na obr. 1 můžeme vidět rychlost jednotlivých vrstev krve.



Obr. 1 Laminární proudění krve cévou (Trojan et al., 2003)

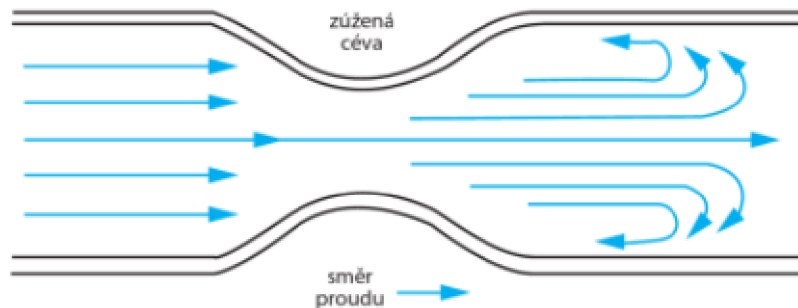
Za určitých podmínek se laminární proudění mění v turbulentní. To znamená, že krev proudí v cévě ve směrech, které svírají s dlouhou osou cévy různý úhel včetně pravého úhlu. Neboli v krevním proudu vznikají víry, což vede ke zhoršení tokových vlastností krve. Turbulentní proudění způsobuje výrazně vyšší zátěž pro srdce a také může způsobit i mechanické poškození stěny tepen (Trojan et al., 2003).

Přechod laminárního proudění na turbulentní (obr. 2) vystihuje Reynoldsovo číslo:

$$Re = \frac{r * v * \rho}{\eta}$$

Rovnice 1 (Trojan et al., 2003, s. 194)

kde r je poloměr cévy, v je rychlost proudění krve, ρ je hustotu krve a je η dynamická viskozita krve



Obr. 2 Změna laminárního v turbulentní proudění (Beneš, Kyplová a Vitek, 2015)

Dosáhne-li toto bezrozměrné číslo hodnoty 200, začínají se objevovat v proudu ojedinělé turbulence. S rostoucí hodnotou Reynoldsova čísla počet turbulencí stoupá a při překročení hodnoty kolem 1000 je už proudění plně turbulentní (Trojan et al., 2003).

Z uvedeného vzorce 1 je zřejmé, že tyto turbulence se většinou objevují ve velkých cévách při vyšších rychlostech proudění krve. Dále za bezprostředně za zúžením cévy (např. při ateroskleróze), kde zúžením zrychlený proud vtéká do většího poloměru cévy. Také se vyskytují při stavech se sníženou viskozitou krve (např. u anémií) (Trojan et al., 2003).

2.4 Krevní tlak

Krevní tlak je jedním ze základních a nejdůležitějších neinvazivně měřitelných hemodynamických parametrů. Význam krevního tlaku spočívá především ve sledování celkového stavu u krevního řečiště, protože je jeho hodnota závislá právě na celkové rezistenci cév a minutovém srdečním výdeji. Rezistenci cév pak ovlivňuje mnoho faktorů, především ale poddajnost velkých cév a vasodilatace či vazokonstrikce cév v periferních oblastech (Dvořák, Havlík a Fabián, 2012).

Krevní tlak označujeme jako tlakovou sílu proudící krve působící na plošnou jednotku cévní stěny neboli krevní tlak představuje tlak, působící na stěnu cév. Hnací silou pro oběh krve z fyzikálního hlediska jsou rozdíly krevního tlaku mezi tepennou a žilnou částí oběhové soustavy čili tlakový spád. Protože žilný tlak je skoro nulový, můžeme považovat za hnací sílu v oběhovém systému přímo velikost arteriálního krevního tlaku (Novotný a Hruška, 2008). Pojem krevní tlak znamená tlak arteriální (tepenný). Je

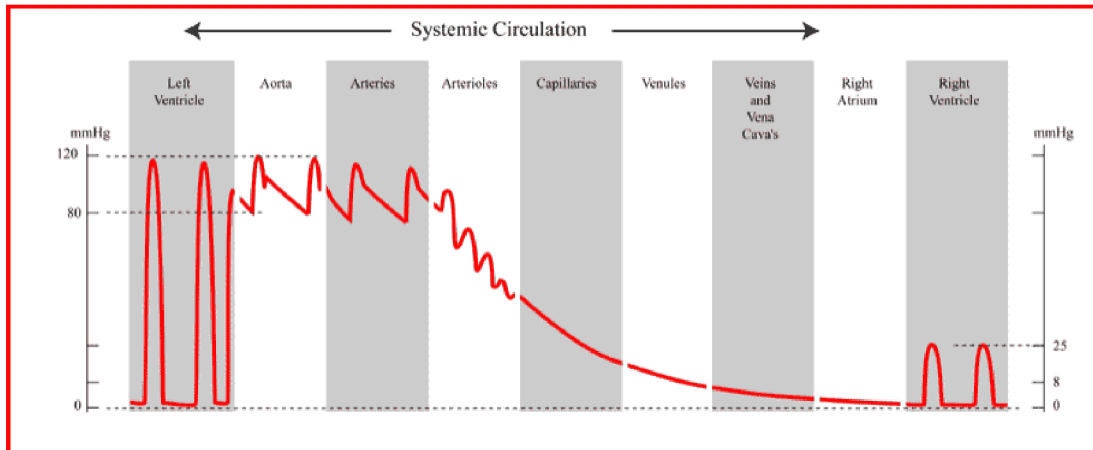
ovlivněn hlavně srdeční činností, odporem periferního řečiště a množstvím krve v oběhové soustavě (Vytejková et al., 2013).

Hodnotu krevního tlaku (TK) považujeme s tepovou frekvencí za základní ukazatel činnosti oběhového systému (Astapenko a Černý, 2019). Je výsledkem součinnosti srdeční aktivity a periferního odporu řečiště. Krevní tlak se liší v různých částí krevního řečiště. Ve velkých tepnách krevní tlak má skoro stejnou hodnotu jako tlak v aortě, v perifernějších cévách se jeho hodnota snižuje a ve vlásečnicích už ani není pulsni (Rokyta et al., 2000).

Tlakové poměry v krevním řečišti

Obr. 3 ukazuje velký krevní oběh, kde je na levé straně levá komora, dále následuje aorta, artérie, arterioly, kapiláry, větší a menší vény, pravá předsíň a pravá komora. V levé komoře TK kolísá od nuly do 120 mmHg do okamžiku, než dojde k systole, pak krev je vytlačena do aorty. Ve chvíli, kdy levá komora začne zpátky zvětšovat svůj objem, tak aortální chlopeč zajistí, že z aorty se nemůže krev vracet zpátky do levé komory, tzn., že někde okolo 80 mmHg je levá komora odpojena od aorty. Z toho vyplývá, že v aortě zůstane 80 mmHg a tlak, který tam zůstane po zbytek srdeční periody, zařídí, že krev neteče zpátky, ale že se právě tím tlakem dostane dál do krevního řečiště (Havlík, 2021).

Tlak ve velkých artérii bude podobný hodnotě tlaku v aortě. Čím dál půjdeme od srdce, tak jak víc se bude cévní řečiště větvit na menší a menší tepny, tak někde na úrovni arteriol tlak začne klesat. Ve chvíli, kdy se krev přefiltruje přes kapiláry, objevuje se tam tlakový gradient, který zajišťuje, aby se krev protlačila přes velký odpor tenounkých trubiček krevního řečiště. Kromě výskytu systémového odporu, se tam také objevuje poddajnost cév. Kombinace odporu a poddajnosti se signál tlaku vyhladí, což je vidět na obr. 3, jak je krev vypuzena do krevního řečiště, tak tlak začne klesat. To znamená, že v žilách už není krevní tlak pulsni a má malou hodnotu. Obr. 3 končí pravou srdeční komoru, kde tlak je zase pulsni, protože srdce tlak z pravé komory musí protlačit skrz plíce, tedy přes malý krevní oběh (Havlík, 2021).



Obr. 3 Tlakové poměry v krevním řečišti (Havlík, 2021)

2.4.1 Velikost krevního tlaku

Nejvyšší dosažená hodnota krevního tlaku během systoly se nazývá systolický tlak. Fyziologická hodnota maximálního tlaku v aortě je 120 mmHg. Nejnižší hodnota tlaku krve, na niž tlak klesne v průběhu diastoly je diastolický tlak, jehož fyziologická hodnota maximálního tlaku v aortě je 70 mmHg (Trojan et al., 2003). Systolický tlak je určen převážně srdečním výkonem a diastolický tlak odporem v periferních cévách. Systolický tlak kolísá v rozmezí 100 až 160 mmHg, diastolický tlak kolísá méně. Za horní hranici normálního diastolického krevního tlaku se považuje hodnota 90 mmHg. Hodnoty systolického a diastolického tlaku se označují zlomkem (Novotný a Hruška, 2008). Rozdíl mezi systolickým a diastolickým tlakem se nazývá pulzový tlak, též je také nazýván tlaková amplituda. Hodnota pulzového tlaku se pohybuje okolo 50 mmHg (Trojan et al., 2003).

Poslední používaná hodnota krevního tlaku je střední tlak, (viz rovnice 2), což je průměrná hodnota tlaku za celou srdeční akci. Průměrná hodnota středního tlaku je 90 mmHg. Protože diastola trvá déle než systola, tak není střední tlak průměrem systolického a diastolického tlaku, spíše se blíží k hodnotě diastolického tlaku. Čím více se měří střední tlak od srdce, tím víc se blíží k diastolickému tlaku. Protože zvýšení srdeční frekvence zkracuje diastolu více než systolu, je více hodnota středního tlaku ovlivňována srdeční frekvencí (Trojan et al., 2003). Na obr. č. 4 je znázorněn průběh tlaku krve a jejich velikosti.

Hodnotu střední krevního tlaku lze spočítat ze vzorce 2:

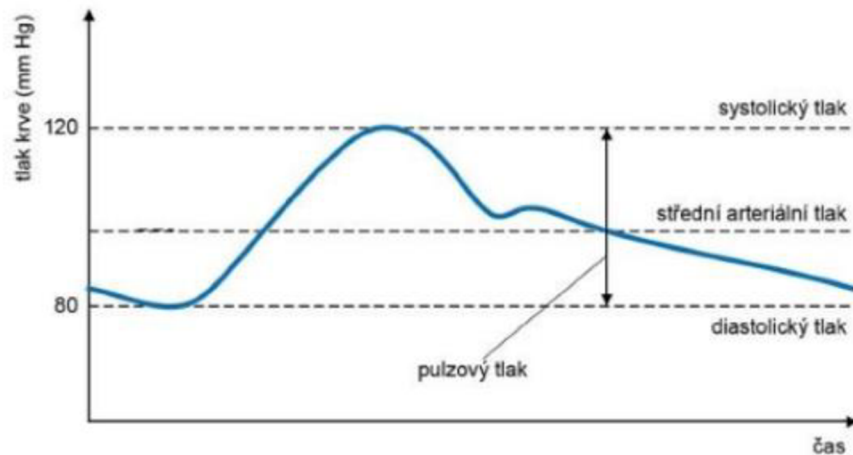
$$MAP = \frac{SBP - DBP}{3} + DBP$$

Rovnice 2 (Havlík, 2021)

MAP – střední arteriální tlak (mean arterial pressure)

SBP – systolický tlak (systolic blood pressure)

DBP – diastolický tlak (diastolic blood pressure)



Obr. 4 Průběh tlaku krve v tepnách během srdeční revoluce (Langmeier et al., 2009)

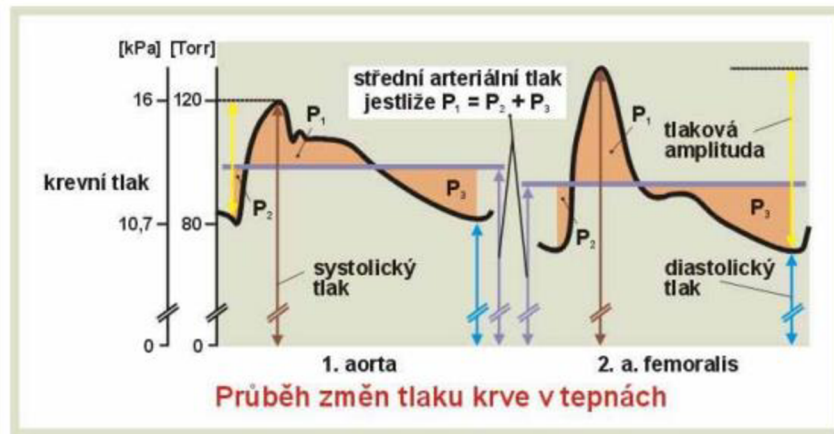
Tento vztah 2, platí pouze jen když srdeční frekvence měřené osoby je klidová, tedy pokud diastola trvá déle než systola. Např. u tachykardie dochází k tomu, že systola se téměř nemění a diastola se zkracuje. Z toho vyplývá, že přesnost měření hodnoty MAP klesá (Havlík, 2021).

Obr. č. 5 ukazuje pulsní křivky naměřené z aorty a a. femoralis, vidíme, že průběhy jsou docela podobný, systolický a diastolický tlaky se budou od sebe lišit ale střední arteriální tlak bude poměrně stejný. Vlastností středního arteriálního tlaku je, že je to hodnota, která se příliš nemění na arteriální straně krevního řečiště. MAP můžeme také spočítat podle vzorce 3. Jenže taková metoda se dá udělat jen u centrálního měřeného tlaku, protože není šance z periferie neinvazivní metodou změřit tlakovou křivku (Havlík, 2021).

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

Rovnice 3 (Havlík, 2021)

Kde T označuje dobu trvání jedné periody během srdečního cyklu a p označuje naměřený krevní tlak, a t_o čas měření. Díky tomuhle vzorci lze spočítat krevní tlak pouze pokud známe přesný průběh a tlakovou křivku. Z tohoto důvodu byl právě odvozen vzorec (viz rovnice 2) pro přibližné vypočítání MAP.



Obr. 5 Průběh změn krve v tepnách (Havlík, 2021)

Způsob, kterým je určována hodnota arteriálního krevního tlaku, platí nejpřesněji pro hodnotu středního tlaku. Naproti tomu hodnota pulzového tlaku je dána velikostí tepového objemu a poddajností stěny velkých tepen. Z rovnice 4 vyplývá, že čím méně bude poddajný materiál stěny tepen, tím bude vyšší přírůstek tlaku, to znamená zvětšení objemu v tepnách způsobené systolou komor, tzn. změna objemu krve v tepnách při každé systole určuje při normální poddajnosti tepen velikost vzestupu systolického tlaku. Naopak při žádné změně tepového objemu bude systolický tlak tím větší, čím bude menší poddajnost tepen. Tento typ zvýšeného tlaku se vyskytuje u starších osob (Kittnar et al., 2011).

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

Rovnice 4 (Kittnar et al., 2011, s. 227)

kde T je tuhost materiálu stěny tepen, ΔP je přírůstek tlaku při jednotkovém zvýšení objemu a ΔV je objem v tepnách

Podle Evropské kardiologické společnosti a Evropské společnosti pro hypertenzi dělíme hodnoty krevního tlaku, viz Tab. 1 (Špinar et al., 2013).

Tab. 1 Klasifikace hodnot krevního tlaku (Špinar et al., 2013)

Kategorie	Systolický tlak (mmHg)	Diastolický tlak (mmHg)
Optimální	<120	< 80
Normální	120–129	80–84
Vysoký normální	130–139	85–89
Hypertenze 1. stupně (mírná)	140–159	90–99
Hypertenze 2. stupně (středně závažná)	160–179	100–109
Hypertenze 3. stupně (závažná)	≥ 180	≥ 110
izolovaná systolická hypertenze	≥ 140	< 90

Pokud naměřené hodnoty systolického TK jsou nižší než 100 mmHg jedná se o hypotenzi. Naopak pokud hodnoty TK jsou vyšší než 140/90 mmHg, mluvíme o hypertenzi (Špinar et al., 2013). Hypertenze je vážná choroba, působící nepříznivě nejen na srdce, ale i na mozkové cévy a jiné orgány. Příčiny mohou být různé, např. zvýšení napětí hladkých svalů ve stěně arterioli nebo jiná choroba např. arterioskleróza. Krevní tlak se zvyšuje ve stáří, kdy ubývá pružnosti stěn arterií, a zvětšuje se tak jejich odpor (Novotný a Hruška, 2008).

2.4.2 Jednotka krevního tlaku

Pro hodnoty krevního tlaku byla zprvu zvolena jednotka a cm H₂O (centimetry sloupce vody). V dnešní době se používají pro krevní tlak jednotky mmHg (milimetry sloupce rtuti) nebo také jednotka Torr. Voda byla nahrazena rtutí kvůli její větší hustotě. Sloupec rtuti v tlakoměru vystupuje do menší výšky než při využití vody. To znamená, že stačí menší rozměry tlakoměrů, než bylo při použití vody (Komárek, 2009).

Podle soustavy jednotek SI, je pro tlak platná jednotka Pa. Byla snaha tuto jednotku zavést i pro měření krevního tlaku, případně jednotku kPa ale nepodařilo si ji prosadit, protože odborná literatura, která se zabývá krevním tlakem již řadu let používá jednotku mmHg (Komárek, 2009).

Platí, že tlak 1 torr je roven hydrostatickému tlaku vyvolanému 1 mmHg.

Převod 1 torr = 1 mmHg \approx 133,322 Pa (Komárek, 2009).

2.4.3 Parametry určující krevní tlak

Velikost krevního tlaku je závislá na mnoha parametrech. Dané parametry jsme si rozdělili do dvou kategorií: fyzikální a fyziologické (Astapenko a Černý, 2019).

2.4.3.1 Parametry z fyzikálního hlediska

Krevní tlak je z fyzikálního hlediska determinován třemi energiemi: energií elastickou, kinetickou a gravitační (Astapenko a Černý, 2019).

Elastická energie

Tato síla tvoří největší část krevního tlaku a vzniká napínáním objemu uvnitř cévních struktur na jejich elastické stěny a vytváří zpětnou sílu, která na základě elastických vlastností struktury vytváří tlak. Materiál, který tvoří cévní strukturu není homogenní, tzn. vztah mezi objemem a tlakem arteriálních cév není lineární a má konvexní křivočarost. Odolnost vůči elastickým struktur se nazývá roztažnost, a naopak snadné roztažení struktur se jmenuje poddajnost (Magder, 2018).

Při změně složení elastických vláken v pokročilém věku se zvyšuje elastance, a tím i tendence k arteriální hypertenzi (Astapenko a Černý, 2019).

Kinetická energie

Druhá energie, determinující krevní tlak je dána rychlostí proudící krve. Kinetickou sílu lze spočítat ze vzorce 5:

$$\text{Kinetická energie} = \frac{1}{2} m * v^2$$

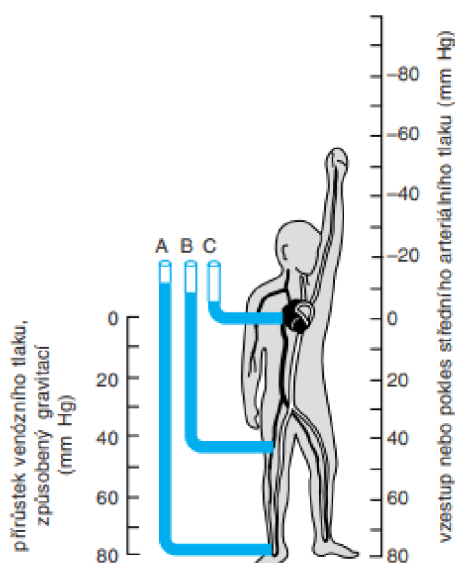
Rovnice 5 (Magder, 2018)

kde m označuje hmotnost krve a v rychlost proudící krve

Tato energie přispívá cca 3 % z hodnoty krevního tlaku v arteriálním systému, ve venózní části cirkulace a v plicních tepnách se její podíl zvyšuje z pozice malého obsahu elastických vláken ve stěně cévy. Např. u cévní výdutí se kinetická energie přemění na elastickou a způsobí zvyšující napětí ve ztenčující se stěně výdutě, což vede většinou k prasknutí cévy (Astapenko a Černý, 2019). V dilatující se cévě, kde je průměr mnohem větší je rychlost mnohem pomalejší, protože se plocha průřezu mění s druhou mocninou poloměru. Z toho vyplývá, že dojde k poklesu kinetické energie a ta se přemění zpět na elastickou (Magder, 2018).

Gravitační energie

Třetí energie určující krevní tlak nabývá na významu, když měříme krevní tlak mimo úroveň srdce u stojící nebo sedící osoby (Astapenko a Černý, 2019). Vlivem gravitační energie jsou tlaky v cévách pod úrovní srdce zvýšeny a naopak tlaky, které jdou nad úrovní sníženy (viz obr. 6). Velikost vlivu gravitace je dána součinem hustoty krve, gravitačním zrychlením a svislé vzdálenosti nad srdcem nebo pod ním. Ta je rovna 0,77 mmHg. To znamená, že s každým centimetrem pod úrovní srdce se zvyšuje tlak krve o tuto hodnotu (Ganong, 2005).



Obr. 6 Vliv gravitace na arteriální a venózní tlak (Ganong, 2005)

2.4.3.2 Parametry z fyziologického hlediska

Do této kategorie patří: srdeční výdej, periferní cévní rezistence, objem cirkulující krve, viskozita krve a elasticita stěny cév.

Krevní tlak se zvyšuje se zvýšeným výdejem, periferní cévní rezistencí, objemem krve, viskozitou krve a tuhostí cévních stěn. Oproti tomu krevní tlak klesá se snížením srdečního výdeje, periferní cévní rezistencí, objemu krve, viskozity krve a elasticity cévních stěn (Lapum et al., 2018).

Srdeční výdej

Srdeční výdej je množství krve, které přečerpá srdce za jednotku času. **Minutový srdeční výdej** znamená objem krve, který přečerpá srdeční komora za minutu. Srdeční výdej obou srdečních komor by měl být podobný (Petřek, 2019). Při jednom stahu komora vypudí

cca 70 ml krve. Průměrný počet stahů za minutu je 70–80 (Langmeier et al., 2009). Srdeční minutový výdej vypočítáme ze vzorce 6:

$$\text{minutový výdej} = \text{tepový objem} * \text{srdeční frekvence}$$

Rovnice 6 (Langmeier et al., 2009, s. 71)

Periferní cévní rezistence

Periferní cévní rezistence je odpor v oběhovém systému, který přispívá k tvorbě krevního tlaku, průtoku krve. Když se cévy zúží, dochází ke zvýšení odporu, a naopak když se cévy rozšíří, odpor se sníží (DeLong a Sharma, 2022).

Odpory jednotlivých úseků cévního řečiště se sčítají a vytvářejí celkový periferní odpor. Z celkového periferního odporu připadá na úsek arteriální 66 % (z toho kolem 40 % na arterioly), na úsek kapilární 27 % a na úsek venózní 7 % (Beneš, Jiráček a Vítek, 2015).

Tok krve je způsoben rozdílem tlaků mezi jednotlivými částmi krevního oběhu. Z toho vyplývá, že krev proudí z míst vyššího tlaku do míst nižšího. Tlakový gradient je generován srdcem a umožňuje toku krve překonat odpory v krevním řečišti, které jsou závislé na průsvitu cév, jejich délce a na viskozitě krve (Trojan et al., 2003).

Vzájemný vztah mezi velikostí toku krve, tlakového gradientu a periferního odporu řečiště lze vyjádřit rovnicí analogickou Ohmovu zákonu:

$$Q = \frac{\Delta P}{R}$$

7 Rovnice (Trojan et al., 2003, s. 191)

Velikost **periferního odporu** můžeme odvodit z Hagen-Poiseuilleova zákona. Podle tohoto zákona je průtok krve dán vztahem 8:

$$Q = \frac{\Delta P * \pi * r^4}{8 * l * \eta}$$

8 Rovnice (Trojan et al., 2003, s. 191)

Protože $R = \Delta P/Q$, velikost periferního odporu se rovná podle vzorce 9:

$$R = \frac{8 * l * \eta}{\pi * r^4}$$

Rovnice 9 (Trojan et al., 2003, s. 191)

Z rovnice 9 můžeme vyčíst, že průtok krve je úměrný čtvrté mocnině poloměru cévy. Z toho vyplývá, že je na velikosti poloměru výrazně závislý, obdobně akorát nepřímo úměrný je na poloměru závislý periferní odpor. Periferní odpor je přímo úměrný délce cévy a viskozitě krve. To znamená, že změny poloměru cév jsou rozhodujícím mechanismem regulace jak průtoku krve, periferního odporu tak i tlaku krve.

Objem cirkulující krve

Změny objemu krve ovlivňují arteriální tlak změnou srdečního výdeje. Zvýšením krevního objemu se zvyšuje centrální žilní tlak. Ten pak zvyšuje tlak v pravé síni, koncový diastolický tlak pravé komory a objem. Toto zvýšení komorového preloadu zvyšuje komorový tepový objem Frankův-Starlingovým mechanismem. Zvýšením tepového objemu pravé komory se zvyšuje průtok krve plicní žílou do levé komory, čímž se zvyšuje předpětí levé komory a jeho tepový objem. Zvýšením objemu krve se pak zvyšuje srdeční výdej a arteriální krevní tlak (Klabunde, 2022).

Frankův-Starlingův mechanismus, říká, že pokud srdce nemůže přečerpat dané množství krve, bude v levé komoře krev stagnovat, čím dojde ke zvětšení konečného diastolického objemu. Čím je konečný diastolický objem (preload), větší, tím větší je síla následující kontrakce, a tedy i tepový objem (Bulava Alan, 2017).

Viskozita krve

Viskozita je odpor, kterým kapalina působí proti síle snažící se uvést ji do pohybu. Laminární proudění kapaliny v trubici si můžeme představit, tak že vrstva molekul sousedící se stěnou trubice na ní ulpívá a prakticky se nepohybuje, naopak se vrstva kapaliny nejvíce pohybuje v dlouhé ose trubice. Jednotlivé vrstvy kapaliny mezi těmito dvěma se při proudění posunují po sobě a třecí síly mezi sousedními vrstvami způsobují, že pomalejší vrstva „brzdí“ vrstvu rychlejší. Vzniklá třecí síla mezi dvěma paralelně se pohybujícími sousedními vrstvami kapaliny vztažená na jednotku plochy kontaktu těchto vrstev se nazývá **smykové napětí** a rozdíl rychlostí těchto dvou sousedních vrstev při jejich jednotkové vzdálenosti se nazývá **smyková rychlost** (Trojan et al., 2003)

Pro homogenní kapaliny (např. vodu), existuje lineární vztah mezi smykovým napětím a smykovou rychlostí, který lze zjistit z rovnice 10:

$$\text{viskozita} = \frac{\text{smykové napětí}}{\text{smyková rychlost}}$$

Rovnice 10 (Trojan et al., 2003, s. 195)

Tyto kapaliny se nazývají newtonské kapaliny, kvůli platícím zákonům pro ně popsané Isaacem Newtonem. Změní-li se u takové kapaliny smyková rychlost, změní se úměrně i smykové napětí a výsledná viskozita kapaliny se nezmění. Krev je podle reologického hlediska **heterogenní neneutonská kapalina**. To znamená, že viskozita není při dané teplotě stálá, ale kolísá se smykovou rychlostí. Závislost smykového napětí na smykové rychlosti není lineární. Viskozita krve klesá s rostoucí smykovou rychlostí a při konstantní teplotě závisí především na množství krevních elementů, jejich velikosti, deformabilitě a agregaci, méně pak na viskozitě plazmy. Prakticky viskozita krve je funkcí hematokritu (Trojan et al., 2003).

Elasticita cévních stěn

Funkce elasticity stěn cév je obnovit normální tvar stěny cévy po jejím natažení a stlačení. Cévy, které jsou větší než 10 mm v průměru jsou typicky elastické. Jejich elastická vlákna jim umožňují rozpínat se, když jimi proudí krev, která je vypuzena z komor, a poté také aby se po průchodu pulsí vlny vrátila zpět na svůj tvar. Pokud stěna cévy by byla tuhá a nemohla by se roztahovat nebo by se nemohla vrátit zpět na svůj tvar, její odpor vůči průtoku krve by se výrazně zvýšil, čímž by se krevní tlak zvýšil, což by vedlo k tomu, aby srdce pumpovalo více, a aby se zvýšil objem krve. To by vedlo k udržení přiměřeného krevního tlaku. Stěna cévy by musela být ještě silnější v reakci na vzniklý zvýšený tlak (Lapum et al., 2018).

2.4.4 Faktory ovlivňující krevní tlak

Hodnotu krevního tlaku nám ovlivňuje několik faktorů. Některé z těchto faktorů si v této části práce představíme.

- **Věk** – s přibývajícím věkem krevní tlak u člověka roste, děje se to kvůli tepnám, které s věkem postupně ztrácejí svou pružnost

- **Pohlaví** – ženy mívají nižší krevní tlak než muži, díky vlivu ženských pohlavních hormonů
- **Pohybová aktivita** – jakákoliv tělesná aktivita zvyšuje krevní tlak
- **Denní doba** – ráno bývá krevní tlak nižší než v odpoledních hodinách
- **Stres, silné emoce** – dochází ke stimulaci sympatiku, což vede ke zvýšení srdečního výdeje, vazokonstrikci (zúžení cév a nárůstu krevního tlaku)
- **Léky**
- **Teplota zevního prostředí** – v teplém prostředí dochází k vazodilataci (rozšíření cév) a snížení krevního tlaku, v chladném dochází k opaku, vazokonstrikci, čímž se zvyšuje krevní tlak
- **Další faktory** – mohou to být nejrůznější onemocnění např. nemoci srdce a cév, obezita, horečka, krvácení atd. (Kelnarová et al., 2009).

2.4.5 Regulace krevního tlaku

Určitá přiměřená velikost krevního tlaku je nezbytná k tomu, aby krev proudila tkáněmi v jednotlivých orgánech těla. Proto je důležité, aby velikost krevního tlaku byla pod stálou fyziologickou kontrolou organismu. Regulace probíhá reflexně prostřednictvím regulační soustavy, která má centrum v prodloužené míše. Regulace krevního tlaku se uskutečňuje díky kardiovaskulárnímu centru v prodloužené míše, které ovládá prostřednictvím sympatických a parasympatických nervů patřících k vegetativní nervové soustavě činnost srdce a hladkého svalstva cévních stěn (především arteriol). Centrum vysílá signály ve formě akčních potenciálů o určité frekvenci určující velikost krevního tlaku tím, že ovlivňují srdeční výkon a velikost stahu hladkého svalstva arteriol. Ve velkých tepnách (aorta a krční tepny) se vyskytují čidla (baroreceptory), které zaznamenávají skutečnou aktuální výši krevního tlaku. Z baroreceptorů jsou vysílány signály (akční potenciály) o různé frekvenci v závislosti na velikosti zaznamenaného krevního tlaku do centra v prodloužené míše. Pokud je nízký krevní tlak, je i nízká frekvence signálů z čidel, na což centrum reaguje tím, že vydá signály ke zvýšení srdečního výkonu a k zúžení cév. Pokud je to naopak a je vysoký krevní tlak, frekvence signálů z čidel přiváděných do centra je vysoká, což vede ke snížení srdečního výkonu a k rozšíření arteriol. (Novotný a Hruška, 2008).

2.5 Měření krevního tlaku

Měření krevního tlaku patří k základnějším vyšetřovacím metodám v medicíně. Na jejím základě hodnotíme zdravotní stav osoby z pohledu hemodynamického, metabolického, popřípadě i psychického. Podle výsledku měření se stanovují preventivní a léčebná opatření (Rozman et al., 2006).

Podle toho, kde se nachází lokace měření TK, rozlišujeme tlak centrální, periferní, arteriální a venózní. Centrální tlak se měří přímo v srdečních komorách, naproti tomu periferní v končetinách. Neinvazivně měříme tlak pomocí manžety na levé horní paži, kde se hodnoty arteriálního tlaku přibližují k centrálnímu (Penhaker et al., 2004).

Krevní tlak se nejčastěji měří ve zdravotnických zařízeních. Hodnotu, která se naměří označujeme jako příležitostný, kauzální tlak. Naměřené hodnoty příležitostného tlaku ale nemusí odpovídat skutečnosti, protože pro mnoho jedinců je takové prostředí stresující. Obvykle jsou měřené hodnoty krevního tlaku vyšší ve zdravotnických zařízeních než mimo nich (Němcová, 2006).

Podle metody měření TK je lze rozdělit do několika systémových skupin. Tyto metody se liší způsobem měření, lokalizací místa měření, dosaženými výsledky i jejich přesností (Rozman et al., 2006).

Tyto způsoby měření TK také můžeme rozdělit na nespojité a spojité metody měření. Nespojitou metodou lze stanovit charakteristické hodnoty, systolický, diastolický a střední krevní tlak. Pro nespojité měření je typické omezení průtoku krve krevním řečištěm po dobu několika srdečních akcí pomocí okluzivní manžety. Oproti tomu spojitá metoda měření TK poskytuje informaci o okamžité hodnotě pulsové vlny, ta může být snímána jak invazivně, tak neinvazivně pomocí snímačů tlaku, kde je pak převáděna na elektrický analogový signál (Rozman et al., 2006).

2.5.1 Invazivní měření krevního tlaku

Je to přímá metoda měření TK, při které se zavádí snímací část měřicího systému do krevního řečiště měřené osoby, nejčastěji punkční metodou, čímž umožňuje měřit lokální krevní tlaky v přesně definovaných místech kardiovaskulárního systému. Považuje se až principiálně za přesnější měření TK než nepřímá metoda. Doba měření je omezena

možností infekce v místě punkce oběhového systému. Provádí se pomocí zavedením intrakardiálních katetru s tenzometrem na hrotu (Rozman et al., 2006).

2.5.2 Neinvazivní měření krevního tlaku

Tento způsob měření je nepřímý, to znamená bez zásahu do oběhového tělního systému. Omezuje, popřípadě zastavuje na určitou dobu průtok krve v měřené tkáni pomocí manžety fixované na končetině. Dokáže měřit charakteristické hodnoty krevního tlaku, dokonce i pulsovou vlnu. Měření se provádí pouze na přístupných místech krevního řečiště, např. na končetinách, stehnu, předloktí či prstu (Rozman et al., 2006). U této metody se obvykle měří TK na a. brachialis, kdy paže má být ve výšce srdce, aby se vyloučil vliv hydrostatického tlaku krve. Paže se obemkne dutou manžetou, do které se vhání vzduch. Vnitřek manžety je spojen s manometrem. Do manžety je vháněn vzduch balónkem s uzávěrem, do doby, než se dosáhne takového tlaku, který postačí k uzavření tepny. Při vypouštění vzduchu tlak v manžetě poklesne na hodnotu uzavírající tepny a sluchově se zjistí, kdy začala procházet krev a na manometru se pak odečte hodnota systolického tlaku. Při dalším vypouštění vzduchu je tep stále zřetelnější, až dosáhne maxima, po kterém klesá tlak na méně slyšitelný, až zmizí, kdy vnější tlak nestačí k uzavření tepny ani během diastoly. V okamžiku přechodu se odečítá na manometru diastolický tlak (Beneš, Jirák a Vítek, 2015). Jedná se o nespojitou metodu měření, patří k nejpoužívanějším. Typickou součástí měřicí soustavy je manžeta, která v průběhu měření omezuje průtok krve v měřeném místě (Rozman et al., 2006). Tato metoda měření není příliš přesná, ale je vzhledem k ostatním metodám měření TK nejvýhodnější, kvůli jednoduchosti a přístrojové nenáročnosti (Beneš, Stránský a Vítek, 2007).

2.6 Neinvazivní metody měření krevního tlaku

V této kapitole budeme podrobně probírat neinvazivní metody, které se používají k měření krevního tlaku. Nejprve si rozebereme, jaké se používají pomůcky u měření a dále si dané metody popíšeme.

2.6.1 Pomůcky k měření krevního tlaku

K měření krevního tlaku se používají různé druhy pomůcek, které si v následující části rozebereme.

2.6.1.1 Manžeta

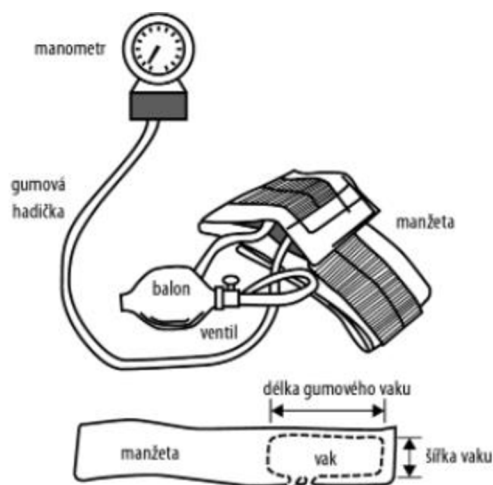
Správná volba manžety ovlivňuje přesnost měření. Manžeta je z pevné textilie, ve které se nachází gumový vak, který rozhoduje o velikosti manžety. Velikost manžety má být taková, aby šířka gumového vaku odpovídala 40 % obvodu paže a délka gumového vaku 80 % obvodu paže u dospělého člověka, 100 % u dětí (Němcová, 2006). Správná velikost manžety je nezbytná k tomu, abychom získali správné hodnoty TK, protože pokud použijeme nedostatečně širokou manžetu, můžeme změřit vyšší tlak, než je ve skutečnosti. Oproti tomu, při použití moc široké manžety, můžeme změřit nižší tlak (Sovová, 2008).

Vliv rychlosti vypouštění manžety na přesnost měření

Tlak v manžetě snižujeme rychlostí asi 2–3 mm Hg/s. Rychlejší vypouštění manžety vede k chybám měření, protože se obtížněji detekují Korotkovovy ozvy, což vede k podhodnocování systolického tlaku a nadhodnocování diastolického tlaku (Havlík, 2021).

2.6.1.2 Tonometr

Tonometr je přístroj, který se používá pro nepřímé měření krevního tlaku. Je složen z manometru a manžety. Uvnitř manžety je nafukovací gumový vak, z něhož vedou dvě hadičky. Jedna hadička slouží k napojení manometru. Druhá hadička obsahuje balónek s ventilem. Některé digitální tonometry mají jenom jednu hadičku, která napojuje přístroj, manžeta se při zahájení měření automaticky nafukuje (Vytejšková et al., 2013). Jak vypadá tonometr, můžeme vidět na obr. 7.



Obr. 7 Tonometr (Vytejšková et al., 2013)

Tonometry lze rozdělit na rtuťové, bezrtuťové, aneroidový a digitální (Vytejková et al., 2013).

Rtuťové tonometry

Jedná se o kalibrovaný válec naplněný rtuťí. Tlak ukazuje místo, kam sahá vrchol rtuťového sloupce (Vytejková et al., 2013). Jeho základní výhodou je odolnost vůči kalibračním chybám. Pokud není sloupec rtuti narušen a hladina rtuti se ustálí na nulových hodnotách stupnice a pokud nemáme překážku mezi manžetou a přístrojem, můžeme předpokládat, že údaje odečtené na stupnici jsou správné. Podmínkou je přísně kolmá pozice rtuťové trubice. Je nutno zdůraznit, že stupnice by se měla během měření nacházet zhruba ve výši očí pozorovatele (Ceral, Linhart a Filipovský, 2016).

Rtuťový tonometr patřil mezi nejpoužívanější tonometry, ale kvůli toxicitě rtuti je postupně nahrazován bezrtuťovými, aneroidovými a digitálními přístroji (Vytejková et al., 2013).

Od 1. 6. 2009 platí podle směrnice Evropského parlamentu č. 51/2007 zákaz prodeje nových rtuťových přístrojů pro použití ve zdravotnických zařízeních, proto je nahrazován jinými tonometry (Němcová, 2009).

Bezrtuťové tonometry

Vzhledově je podobný k rtuťovému tonometru. Krevní tlak je zobrazován v podobě sloupce a číslic na LCD displeji, kde tlak odečítá auskultační metodou stejně jako u rtuťového tonometru. Některé přístroje dokonce dokáží změřit i srdeční akci (Vytejková et al., 2013).

Aneroidový tonometry

Aneroidní neboli deformační tonometr obsahuje tenkostěnnou kovovou krabičku, která se kvůli působení atmosférického tlaku více nebo méně deformuje. V případě tonometrů je krabička s ohledem na rozsah měřených hodnot uzavřena pružnou membránou. Velikost deformace je přenášena na ručičku, která ukazuje velikost tlaku na stupnici (Ceral, Linhart a Filipovský, 2016).

Obsahuje kruhovou stupnici, je funkční v každé poloze ale měřidlo musí být nastaveno tak, aby na poměrně malé stupnici se mohli správně odečítat naměřené hodnoty. Jedná se

o citlivý a složitý mechanismus, který vyžaduje častou servisní službu. Má menší přesnost než rtuťový. Vyžaduje kalibraci optimálně dvakrát do roka, a to vždy po nárazu. Novější a kvalitnější typy těchto přístrojů jsou vybaveny systémem „shock protected“, který chrání přístroj při pádu proti poškození měřícího mechanismu (Němcová, 2009).

Digitální tonometry

Tyto přístroje většinou pracují na oscilometrickém principu (lat. oscillare znamená kmitat), který spočívá v určení takové hodnoty tlaku, při níž se vyskytnou největší tlakové změny v tepně. Přístroj stanovuje hodnotu středního tlaku a hodnoty systolického a diastolického tlaku jsou dopočítávány. Kvůli výpočtu systolického a diastolického tlaku není měření tak přesné jako u auskultační metody, kde se tyto hodnoty přímo měří. Nejčastěji se používají pro domácí měření krevního tlaku a při 24hodinovém pozorování krevního tlaku (Beneš, Stránský a Vítek, 2007).

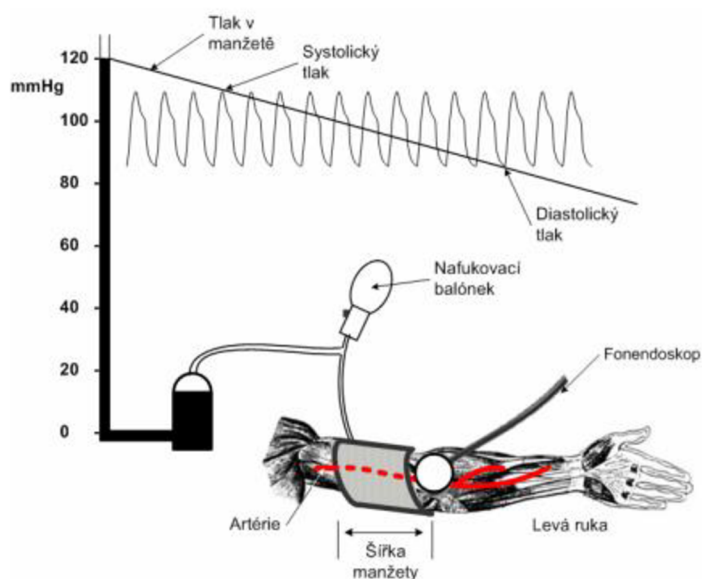
Digitální přístroje lze rozdělit na poloautomatické a automatické přístroje. Poloautomatické přístroje, tzv. osoba měřící si tlak, nafukuje a vyfukuje manžetu. U automatických přístrojů se po stisknutí tlačítka přístroj nafukuje a vyfukuje manžetu sám (Sovová, 2008).

2.6.1.3 Fonendoskop

Je složen z kovové hlavy, která slouží k zesílení Korotkovových zvuků a přikládá se na tepnu, na které měříme krevní tlak. Hlava, která je ve formě zvonečku usnadňuje přesnější odečítání diastolického tlaku. Ve větším případě se používá kruhová hlava fonendoskopu, opatřená membránou, díky níž se pohodlněji přikládá nad tepnu, na které měříme. U některých fonendoskopů je kovová hlava nahrazena mikrofonem, s nímž je možnost zesilovat zvuky. Další součástí fonendoskopu jsou hadičky zakončené olivkami, kterými je zvuk veden (Němcová, 2006).

2.6.2 Auskultační metoda měření krevního tlaku

Auskultační metoda je diagnostickým standardem v kardiologii. K celému měření je potřeba tonometr, manžeta nafukovaná balónek aneroidejní nebo rtuťový měřič tlaku s fonendoskopem (Rozman et al., 2006). Průběh auskultační metody můžeme vidět na obr. 8.



Obr. 8 Princip auskultační metody měření krevního tlaku (Kolář, 2006)

Během jednoho měření se manžeta tonometru pomocí balónku nafoukne nad hodnotu systolického tlaku, na hodnotu takového tlaku, který uzavře průtok krve pod manžetou, nastává tzv., okluze (Rozman et al., 2006). Tlak v manžetě se postupně zmenšuje rychlostí 2-3 mmHg/s. Pokud se tlak v manžetě dostane pod hodnotu systolického tlaku, začnou vznikat tzv. **Korotkovovy zvuky**, které vznikají v důsledku turbulentního proudění v deformovaném řečišti (Kolář, 2006). Hodnota tlaku, při které se objevuje zvuk, znamená maximální tlak, který vzniká při každém srdečním stahu a odpovídá systolickému TK. Naopak, poslední slyšitelný tón, je označován jako diastolický TK. Korotkovovy zvuky se definují do 5 fází, kdy při proudění krve v tepně vznikají tóny různé hlasitosti a kvality. Systolický TK se odečítá v Korotkovově první fázi a diastolický v páté fázi (Němcová, 2006).

Korotkovovy fáze:

- Fáze I: první jasný tón připomínající kapající kohoutek, současně se znovu objevuje hmatný pulz
- Fáze II: tóny mají spíše charakter intermitentního šelestu, jsou delší a tlumenější
- Fáze III: tóny jsou opět hlasitější a ostré, jejich hlasitost dosahuje maxima
- Fáze IV: dochází k oslabení tónů, jsou tlumené, méně zřetelné
- Fáze V: vymizení tónů (Němcová, 2006).

Výhodou této metody je přesnější měření systolického a diastolického tlaku, jednodušší obsluha přístroje a nezávislost na elektrickém zdroji (Chrastina, Doupalová a Václavík, 2015). Nevýhodou je, že měření krevního tlaku nelze provádět v hlučném prostředí, protože by nebyly slyšet Korotkovovy zvuky. Dalšími nevýhodami je citlivost na pohyb paže, nesprávné umístění manžety a fonendoskopu, a hlavně rozměr manžety (Kolář, 2006).

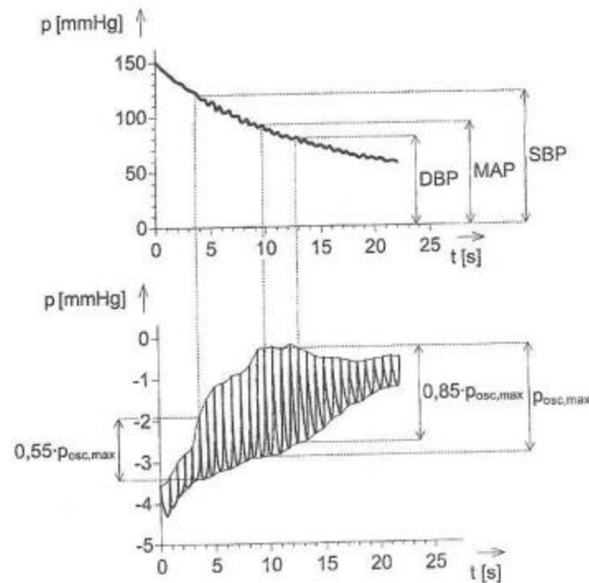
2.6.3 Oscilometrická metoda měření krevního tlaku

Tato metoda se hlavně využívá u domácího měření krevního tlaku. Z bezpečnostního hlediska jsou skoro vždy aneroidní, většinou jsou vybaveny mikropočítačem, a zobrazovacím displejem. Dále umožňují vyhodnocovat tepovou frekvenci. Mívají paměť na desítky měření a některé i zpracovaná data umějí vytisknout. Metoda je velmi jednoduchá pro obsluhu, a protože nevyužívá Korotkovových zvuků, tak není citlivá na hluk (Rozman et al., 2006).

Oscilometrická metoda je na rozdíl od auskultační metody plně automatická. Její automatizace eliminuje chybovost vyšetřujícího. Během měření je zaznamenávána amplituda pulzací na oscilogramu. Nejvyšší hodnoty odpovídají střednímu arteriálnímu tlaku. Hodnoty systolického a diastolického tlaku jsou dopočítávány za pomoci softwaru (Fremuth et al., 2021).

Manžetou, která je umístěna na měřeném místě se přenášejí vibrace arteriální stěny, které vyvolávají proudící krev přes část deformace artérie. Manžeta se nafoukne nad hodnotu systolického tlaku, a tím je proud v artérii zastaven. Tlak v manžetě se postupně snižuje a intenzita oscilací stoupá, než dosáhne maximální amplitudy. Během dalšího vypouštění manžety následuje pokles oscilací, až do úplného vymizení (Brabencová, 2012). Amplituda oscilací je závislá na rozdílu tlaku uvnitř a vně tepny, tzv. transmuralní tlak. Pokud v manžetě oscilace začínají prudce stoupat, tak odpovídají hodnotě systolického tlaku, naopak hodnota diastolického tlaku odpovídá tomu, pokud oscilace prudce klesnou (Švrček, 2007). V okamžiku, kdy je amplituda oscilací nejvyšší, tak je tlak v manžetě roven MAP. Systolický tlak lze určit s přijatelnou chybou v okamžiku, kdy byly v manžetě zaznamenány změny tlaku o určité úrovni. Obtížnější je zaznamenat hodnotu diastolického tlaku, protože naměřená hodnota bývá zatížena vyšší chybou měření. Lze určit hodnotu systolického tlaku v okamžiku, kdy amplituda oscilací nabude 55 % svého

maxima. Podobně lze určit hodnotu diastolického tlaku, oscilace dosahují amplitudy rovné 85 % maximální hodnoty. Pro vyhodnocení amplitudy oscilací je potřeba nalézt obálku odpovídajícího signálu, což je vidět na obrázku 9 (Penhaker et al., 2004).



Obr. 9 Průběh tlaku v manžetě při jejím vypouštění (nahore) a po odstranění pomalu se měnící složky (dole), s vyznačeným způsobu určení systolického a diastolického tlaku (Penhaker et al., 2004)

Systolickému krevnímu tlaku je rovna narůstající oscilace o velikosti:

$$O_S = 0,55 * O_m$$

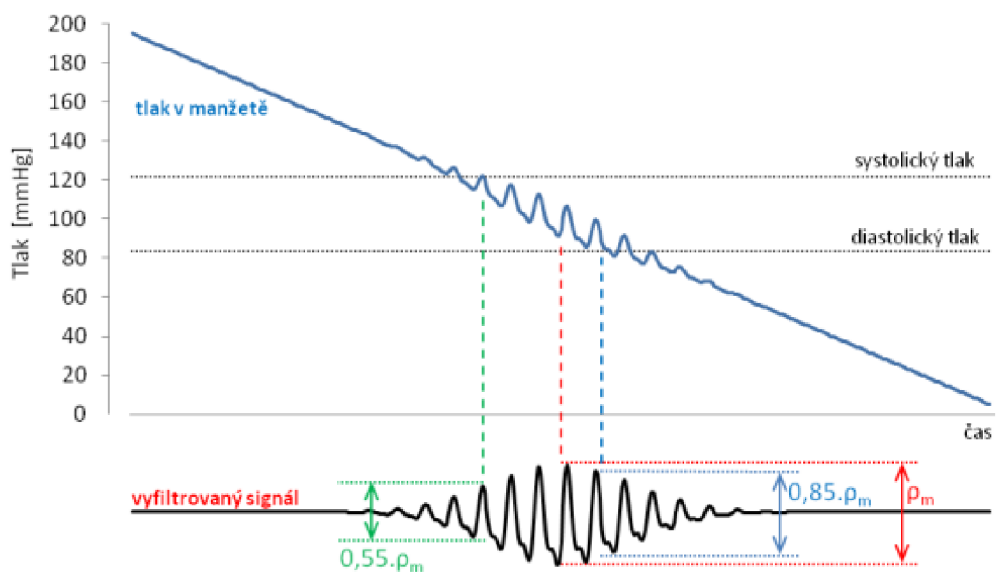
Rovnice 11 (Rozman et al., 2006, s. 162)

Diastolickému krevnímu tlaku je rovna klesající oscilace o velikosti:

$$O_D = 0,85 * O_m$$

Rovnice 12 (Rozman et al., 2006, s. 162)

Další možností vyhodnocení obálky oscilací je pomocí první derivace. Výskyt systolického tlaku v manžetě určuje časový okamžik, ve kterém má derivovaný průběh maximum, obdobně minimum určuje diastolický tlak. Pokud je derivace nulová, odpovídá střednímu arteriálnímu tlaku (Penhaker et al., 2004). Z obr. 10 můžeme vyčíst, jak probíhá průběh měření oscilometrickou metodou.



Obr. 10 Průběh měření oscilometrickou metodou (Havlík 2021)

Oscilometrická metoda je citlivá na pohyby pacienta v průběhu měření (napětí svalů). Chyba měření se pohybuje kolem 3-10 mmHg, záleží na výrobci (Kolář, 2006).

3 Výzkumná část

3.1 Cíle a výzkumné předpoklady

Hlavním cílem této práce je provést měření krevního tlaku neinvazivními metodami, auskultační a oscilometrickou. Naměřená data, které získáme vybranými měřicími přístroji krevního tlaku zpracujeme a vyhodnotíme je pomocí metod statistické analýzy.

Prvním předpokladem je nastudování principů jednotlivých neinvazivních metod měření krevního tlaku. Dále vyhodnocením získaných dat určit, která vybraná metoda je přesnější z hlediska měření krevního tlaku.

3.2 Metodika výzkumu

Výzkum probíhal na Fakultě zdravotnických studií na Technické univerzitě v Liberci. Časové rozmezí bylo od prosince 2020 až do ledna 2021. Jelikož k měření krevní tlaku byla potřeba přítomnost studentů, tak nemohl být dokončen výzkum v daném termínu kvůli covidové situaci, proto byl tento výzkum přeložen na rok 2022. Jedná se o kvantitativní výzkum. Metodami kvantitativního výzkumu, které byly využity pro získání dat byly měření, a pozorování. Získané hodnoty jsme zpracovali v programu Microsoft Office Excel 2019 a zapsali jsme je pomocí programu Microsoft Office Word 2019.

3.2.1 Charakteristika studovaných vzorků

Jako vzorek respondentů jsme zvolili studenty Technické university v Liberci ve věkové kategorii od 19 do 29 let. Dohromady se tedy zúčastnilo měření 100 respondentů, z toho bylo 49 mužů a 51 žen. Základní charakteristika souborů je uvedena v Tab.2. Věková kategorie respondentů je dále rozepsána v Tab. 3 a dále znázorněna v grafu 1.

Tab. 2 Charakteristika studovaného vzorku (Zdroj: autor)

	Počet	Průměrný věk	Minimální věk	Maximální věk	SD
muži	49	24,06	20	29	2,09
ženy	51	22,98	19	28	2,24

Z tabulky lze vyčíst že průměrný věk mužů byl 24 ± 2 a u žen 23 ± 2 . Dále, že nejmladšímu respondentovi bylo 20 let a nejstaršímu 29let. Nejmladší respondentce bylo 19 let a nejstarší 28 let.

Tab. 3 Zastoupení věkových kategorií respondentů (Zdroj: autor)

věková kategorie v letech	absolutní četnost	relativní četnost
19	1	1 %
20	9	9 %
21	9	9 %
22	14	14 %
23	22	22 %
24	15	15 %
25	9	9 %
26	9	9 %
27	7	7 %
28	4	4 %
29	1	1 %
celkem	100	100 %

Respondenti se pohybovali ve věkové kategorii od 19 do 29 let. Nejvíce respondentů se zúčastnilo měření ve věkové kategorii 23 let (22 %), a naopak nejméně respondentů se pohybovalo ve věku 19 a 29 let (1 %). Pro přehlednější znázornění jsme vytvořili graf 1.



Graf 1 Věková kategorie respondentů (Zdroj: autor)

3.3. Použité přístroje pro měření krevního tlaku

V této kapitole si uvedeme všechny přístroje a jejich technické parametry, které jsme použili při měření TK. Pro měření jsme zvolili tři přístroje. Dva přístroje na principu

oscilometrické metody a třetí přístroj fungoval na principu auskultační metody. V další části jsi tyto přístroje představíme.

3.3.1 Omron M6 Comfort (HEM-7321-E)

Prvním přístroj, který jsme použili pro měření krevního byl **Omron M6 Comfort** (viz obr. 11). Je to digitální tonometr měřící krevní tlak při nafukování manžety, která se umísťuje na levou paži přibližně 1 až 2 cm nad loktem, a aby byla ve stejné úrovni jako srdce. Požívá se pro určování krevního tlaku oscilometrickou metodou a tepové frekvence. Manžeta se umísťuje na paži tak, aby vzduchová hadička směřovala k ruce. Manžeta je určena pro paže o obvodu 22–42 cm. Tonometr měří tlak v rozsahu 20–280 mmHg. Rozsah měření pulsu je 40 až 180 tepů za minutu. Přesnost měření krevního tlaku je ± 3 mmHg, u tepové frekvence je přesnost měření ± 5 %. Tonometr váží cca 380 g bez baterií a manžeta 163 g (OMRON, 2018).



Obr. 11 Omron M6 Comfort (Zdroj: autor)

3.3.2 Omron M2 Basic (HEM-7121J-E)

Druhým přístrojem je **Omron M2 Basic**. Jedná se jako u předchozího Omronu o digitální tonometr, který měří tlak oscilometrickou metodou a určuje tepovou frekvenci. Rozsah měření krevního tlaku je 20–280 mmHg a srdeční frekvence je 40 až 180 tepů za minutu. Přesnost měření krevního tlaku je tlaku je ± 3 mm Hg, u tepové frekvence je přesnost měření ± 5 %. Váží přibližně 250 g bez baterií a manžeta cca 130 g. Originální manžeta je určena pro obvod paže 22–32 cm. Tonometr je zobrazen na obr. 12 (OMRON, 2020).



Obr. 12 Omron M2 Basic (Zdroj: autor)

Postup měření s přístrojem Omron

Měření TK se provádí na levé paži. Před začátkem měření je potřeba si svléknout z levé paže přilétávající oděv nebo si vyhrnout rukáv, aby nedocházelo k chybě měření. Manžeta, která, která se nasadí na levou paži by se měla umístit přibližně 1 až 2 cm nad loktem, tak aby vzduchová hadička směřovala k ruce. Manžeta by měla být umístěna ve stejné úrovni jako srdce. Pokud se tlak měří na pravé paži tak vzduchová hadička bude vést kolem loktu. Je důležité, aby se o vzduchovou hadičku neopíralo. Krevní tlak se může lišit na levé a pravé paži, proto také naměřené hodnoty TK se mohou od sebe lišit. Je potřeba aby měřená osoba byla uvolněná a pohodlně usazena při běžné pokojové teplotě, tak aby nohy nebyly překříženy a by se chodidla dotýkala celou plochou podlahy, a aby před měřením 30 minut nekouřila, nepila alkohol či kofein, necvičila nebo nebyla po jídle. Dále aby byla před zahájením měření min. 5 minut v klidu. Měření je zahájeno tlačítkem START/STOP a stejné tlačítko se používá i k vypínání přístroje (OMRON, 2018).

3.3.3 Aneroidní tonometr LOGIKO s fonendoskopem (DM333)

Poslední přístroj, který jsme použili při měření je **aneroidní ručičkový tonometr LOGIKO**, který je určen k měření TK a používá klasickou auskultační metodu. Tonometr obsahuje ručičkový tonometr, který má stupnici od 0 až 300 mmHg po 2 mmHg. Tlakování se provádí pomocí balónku. Vypouštěcí otočný ventil má velikou citlivost, proto dovoluje jemnou regulaci vypouštěcí rychlosti. Vypouštěcí rychlost je

10 sekund. Váží 478 g. Manžeta je určena pro obvod paže 26–36 cm (ASKER, 2022). Ručičkové tonometry LOGIKO jsou vyrobeny v souladu s platnou normou u EN 81060-1 Neinvazivní tonometry; Část 1 Požadavky a metody zkoušení typu s neautomatizovaným měřením (Logiko, 2020). Aneroidní tonometr i s fonendoskopem lze vidět na obr. 13 a 14.



Obr. 13 Aneroidní tonometr LOGIKO (Zdroj: autor)



Obr. 14 Fonendoskop (Zdroj: autor)

Postup měření s aneroidní tonometrem LOGIKO

Stejně jako u měření s přístrojem Omron se neměří přes oblečení a měří se na levé paži. Manžeta se umístí na levou paži v úrovni srdce, tak aby spodní část manžety byla umístěna přibližně 2–3 cm nad loketní ohyb. Manžeta se utahuje tak, aby mezi paží a manžetou byl prostor pro maximálně jeden prst. Levá ruka uživatele se umístí na stůl v úrovni srdce a aby dlaň směřovala vzhůru. Fonendoskop nesmí být příliš utlačen k manžetě kvůli nepřesnosti měření. Náslechy fonendoskopu je potřeba mít nasazené na obou uších. Po nasazení náslechu se nafoukne balónek pomocí manžety, ale před nafouknutím je se potřeba ujistit, jestli je vypouštěcí ventil řádně upevněn. Manžeta se napumpuje nad hodnotu systolického tlaku. Během měření je potřeba zůstat v klidu a nemluvit. Po ukončení pumpování se pomalu otáčí vypustný ventil, čímž dochází k vypouštění vzduchu manžety. V tomto okamžiku se provádí měření TK fonendoskopem. Ve chvíli, kdy jsou slyšet alespoň 2 po sobě následující úder srdce, jedná se o systolický tlak. V bodě, kdy přestanou být úder jasně rozeznatelné, jedná se o diastolický tlak. Po získání obou hodnot se uvolní vypouštěcí ventil, kvůli vypuštění zbylého tlaku v manžetě (Logiko, 2020).

3.4 Vlastní měření

Na respondentech jsme měřili krevní tlak třemi přístroji, jak už jsme poukázali v předchozí kapitole, dva přístroje, které jsme použili měřily oscilometrickou metodou a třetí přístroj, který jsme použili funguje na principu auskultační metody. Krevní tlak respondentů jsme měřili na levé paži, aby se hodnoty nelišily.

Na respondentovi jsme měřili krevní tlak každým přístrojem třikrát, přičemž jsme mezi každým měřením udělali 1–2 minuty pauza. Všechna data jsme ukládali do tabulky udělané v Programu Excel, jejíž parametry byly: číslo respondenta, jeho věk a pohlaví a zaznamenaný systolický a diastolický tlak všech přístrojů.

3.4.1 Příprava respondenta

Před zahájením měření krevního jsme počkali alespoň 5 minut, aby byl respondent před měřením v klidu. Ujistili jsme se, jestli respondenti před měřením nekouřili, necvičili, nepili alkohol nebo kávu, protože by to mohlo ovlivnit výsledky měření krevního tlaku. Dále jsme respondenty seznámili s postupem měření a jak by se měl během měření

chovat. Upozornili jsme je, aby při měření zůstali v klidu, nemluvili, měli opřenou levou ruku o stůl a neměli překřížené nohy.

3.4.2 Postup vlastního měření krevního tlaku

Respondentovi jsme nasadili manžetu na levou paži, tak aby spodní okraj manžety byl 2 až 3 cm nad loketní jamkou. Prvně jsme měřili přístrojem Omron M6 Comfort. Provedli jsme první měření a udělali 1-2 minuty pauzu, pak jsme zahájili druhé měření a udělali znovu 1-2 minuty pauzu, po pauze jsme provedli třetí měření. Po Omronu M6 Comfort jsme měřili druhým přístrojem, Omronem M2 Basic. Mezi měřeními prvního a druhého přístroje jsme udělali alespoň tříminutovou pauzu. Při zahájení měření druhým přístrojem jsme stejně jako u předchozího měření dělali 1-2 minuty pauzu. Poslední, přístroj, kterým jsme měřili byl aneroidní tonometr LOGIKO, kde jsme opět udělali tříminutovou pauzu, než jsme zahájili měření. Opět jsme udělali mezi jednotlivými měřeními 1-2 minuty pauzu. Získané naměřené hodnoty jsme zapsali do předem vytvořené tabulky.

3.5 Statistické zpracování dat

Naměřená data jsme statisticky zpracovali s využitím nástrojů v programu Microsoft Excel. U získaných výsledků jsme vypočítali základní statistické ukazatele (aritmetický průměr, směrodatná odchylka,). Pro statistické zpracování k porovnání oscilometrické a auskultační metody jsme použili korelační analýzu, k výpočtu Pearsonova lineárního korelačního koeficientu a dvojvýběrový párový t-test. Korelaci jsme použili ke zjištění závislosti mezi veličinami, v naší práci se jedná o závislost mezi měřeními ST a DT oscilometrickou a auskultační metodou. Párový t-test jsme použili k porovnávání střední hodnoty oscilometrické metody se střední hodnotou u auskultační metody.

Korelační analýza

Korelační analýza představuje statistickou metodu, která se používá k zjištění těsnosti závislosti neboli síly vztahu dvou náhodných spojitých proměnných, v našem případě závislost měření ST a DT oscilometrickou a auskultační metodou. Říká se, že dvě veličiny jsou korelované, pokud určité hodnoty jedné veličiny mají tendenci se vyskytovat společně s určitými hodnotami druhé veličiny. Jedná se tedy o dvoustranný vzájemný vztah dvou náhodných proměnných X a Y . Míra korelace dvou proměnných může dosahovat od neexistence korelace, tzn. že všechny hodnoty proměnné Y se vyskytují

stejně pravděpodobně s každou hodnotou proměnné X až po absolutní korelaci, kde s danou hodnotou proměnné X se vyskytuje právě jedna hodnota proměnné Y (Bedáňová a Večerek, 2007).

Pro kvantitativní vyjádření těsnosti vztahu dvou korelovaných veličin byla navržena řada koeficientů, které se liší podle typů proměnných, pro které se používají. Pro korelaci mezi dvěma spojitými náhodnými proměnnými X a Y je nejčastěji používanou mírou síly vztahu Pearsonův korelační koeficient, který značíme písmenem r (Bedáňová a Večerek, 2007).

Pearsonův lineární korelační koeficient

Pearsonův lineární korelační koeficient měří sílu lineární závislosti spojitých veličin. Vztah mezi veličinami může být kladný nebo záporný. Hodnota korelačního koeficientu může nabývat hodnot v intervalu -1 do $+1$. Pokud je hodnota -1 , znamená to zcela nepřímou závislost, tzn., čím více se zvětší hodnoty v první skupině znaků, tím více se zmenší hodnoty v druhé skupině znaků. Hodnota korelačního koeficientu $+1$ značí zcela přímou závislost a hodnota 0 značí, že mezi znaky není žádná statisticky zjištělná lineární závislost (Pecen a Kasík, 2014). V Tab. 4 jsme znázornili interpretaci míry souvislosti hodnot korelačního koeficientu.

Tab. 4 Interpretace korelačního koeficientu (Skutil et al., 2011)

Koeficient Korelace	Interpretace
$r = 1$	naprostá závislost (funkční závislost)
$1,0 > r \geq 0,90$	velmi vysoká závislost
$0,90 > r \geq 0,70$	vysoká závislost
$0,70 > r \geq 0,40$	střední závislost
$0,40 > r \geq 0,20$	nízká závislost
$0,20 > r \geq 0,00$	velmi slabá závislost
$r = 0$	naprostá nezávislost

Párový t-test

Párovým t-test používáme k tetování rozdílů výběrového průměru a známého průměru základního souboru nebo k testování významnosti rozdílů dvou výběrových průměrů, v našem případě to bude druhá varianta, rozdíl dvou výběrových průměrů. Hladinu významnosti jsme si zvolili $\alpha = 0,05$ (5 %), přičemž odchylky, které se vyskytují s pravděpodobností menší, než je hladina významnosti, označujeme za statistiky významně na zvolené hladině významnosti (Kladivo, 2013).

3.6 Analýza výzkumných dat

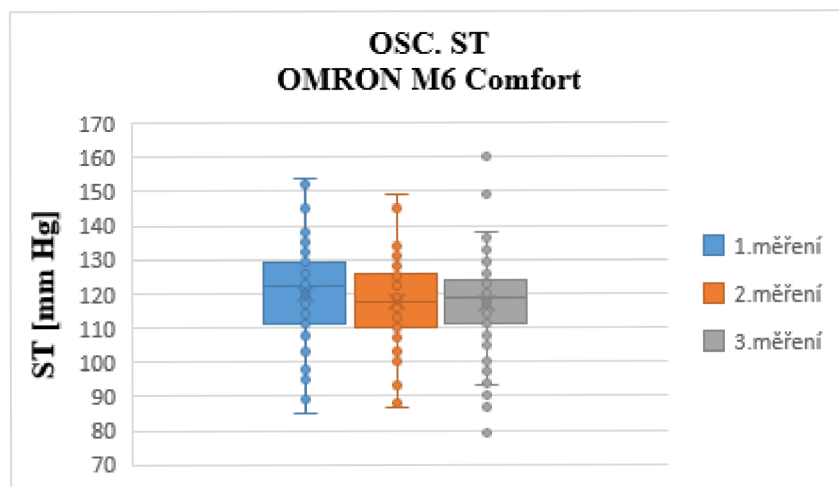
V této kapitole vyhodnotíme výsledky měření krevního tlaku obou metod, jejichž prezentaci jsme zpracovali do tabulek a grafů. Nejprve jsme si zpracovali hodnoty všech tří měření TK, kde jsme u každého měření spočítali průměrnou hodnotu a směrodatnou odchylku (viz Tab. 5-7). Pro přehled ke každé skupině měření jsme vypracovali krabicové grafy (viz Graf 2–7)

Tab. 5 Přehled hodnot ST a DT ze všech tří měření měřených Omronem M6 Comfort (Zdroj: autor)

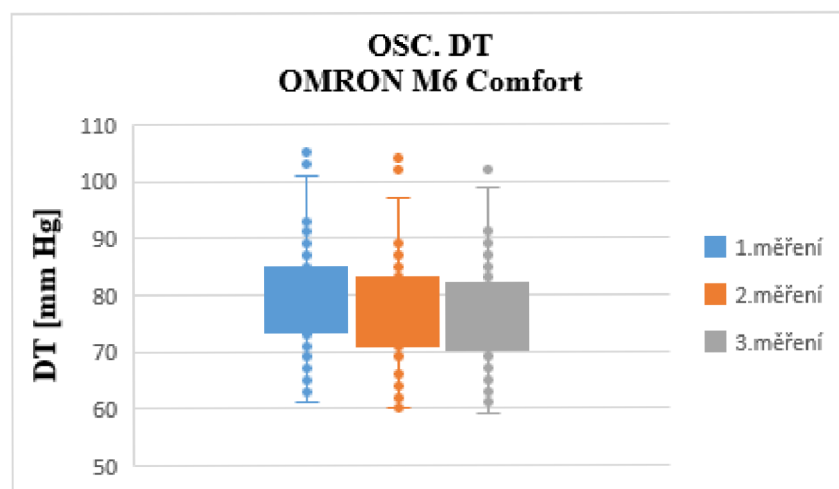
Omron M6 Comfort						
č.	ST [mmHg]			DT [mmHg]		
	1.měření	2.měření	3.měření	1.měření	2.měření	3.měření
1	114	117	124	81	73	69
2	135	125	124	80	86	86
3	131	127	122	89	74	71
4	125	115	121	87	89	86
5	108	111	115	81	79	74
6	154	149	160	103	104	102
7	109	117	112	75	72	79
8	131	131	126	87	89	87
9	119	111	121	76	69	73
10	109	105	98	81	80	77
11	132	131	122	79	80	78
12	110	117	114	79	82	75
13	112	102	110	84	78	78
14	123	121	119	83	85	82
15	115	114	113	87	88	82
16	119	113	110	84	82	78
17	123	113	115	84	81	77
18	89	95	90	73	69	65
19	95	87	94	61	62	64
20	131	123	118	86	82	82
21	125	128	118	69	72	70
22	115	109	105	79	76	71
23	137	119	129	81	60	79
24	127	121	117	88	78	82
25	140	145	138	80	77	79
26	131	124	124	86	71	86
27	126	132	125	70	74	69
28	119	117	102	83	85	78

29	124	119	112	82	88	79
30	123	115	116	91	84	81
31	119	124	126	87	88	81
32	117	113	112	81	75	76
33	123	114	115	83	79	79
34	129	115	124	85	77	84
35	131	121	120	87	79	70
36	137	134	136	79	83	85
37	133	126	129	80	79	83
38	97	93	87	78	71	67
39	119	115	121	79	73	74
40	104	115	99	69	61	64
41	109	109	113	69	74	75
42	115	125	118	70	64	72
43	145	134	136	84	76	75
44	131	116	127	87	81	85
45	128	133	135	71	75	67
46	114	110	108	76	71	69
47	127	136	131	90	85	91
48	103	93	110	71	67	69
49	112	107	116	87	83	89
50	133	124	124	74	75	78
51	85	88	79	65	63	62
52	129	121	130	85	78	74
53	104	103	97	72	67	63
54	123	127	120	80	83	80
55	111	115	109	78	71	69
56	99	114	100	63	65	68
57	139	124	128	81	77	85
58	117	109	119	73	67	71
59	139	135	136	105	102	103
60	129	118	130	87	82	80
61	125	119	121	77	72	78
62	99	94	90	65	61	69
63	122	117	124	64	61	67
64	104	109	101	74	71	69
65	98	105	100	63	67	61
66	127	117	115	78	72	71
67	105	111	102	76	86	72
68	127	134	129	79	85	75
69	118	100	113	76	70	69
70	125	128	121	83	88	79
71	120	116	122	81	84	81
72	109	102	105	79	73	71

73	128	126	123	78	82	76
74	113	108	116	73	67	75
75	121	129	117	83	87	82
76	134	128	133	87	84	84
77	103	109	100	64	69	73
78	112	107	124	71	79	74
79	128	122	119	86	78	84
80	152	145	149	101	97	99
81	138	127	134	87	83	81
82	111	119	115	67	66	66
83	98	88	93	63	61	59
84	119	126	129	78	83	86
85	126	118	115	68	74	77
86	110	105	111	68	60	71
87	122	129	124	77	81	83
88	133	127	131	72	67	66
89	108	113	105	75	71	78
90	120	123	120	80	83	81
91	138	133	129	84	79	82
92	104	101	112	65	69	66
93	115	119	112	75	67	73
94	123	116	121	74	69	70
95	124	119	125	83	86	85
96	129	124	121	87	78	80
97	108	103	105	77	73	75
98	127	119	121	86	83	81
99	118	127	115	76	73	78
100	131	123	121	93	90	89
průměr	120,24	117,49	117,32	78,98	76,69	76,63
SD	12,97	12,12	12,88	8,47	8,87	8,20



Graf 2 Zobrazení průměrných hodnot a směrodatných odchylek ST všech tří měření měřené OMRONEM M6 Comfort (Zdroj: autor)



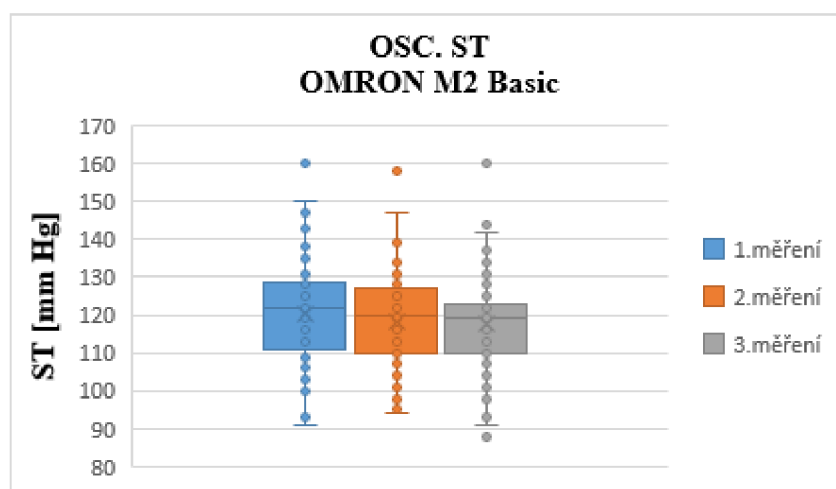
Graf 3 Zobrazení průměrných hodnot a směrodatných odchylek DT všech tří měření měřené OMRONEM M6 Comfort (Zdroj: autor)

Tab. 6 Přehled hodnot ST a DT ze všech tří měření měřené Omronem M2 Basic
(Zdroj: autor)

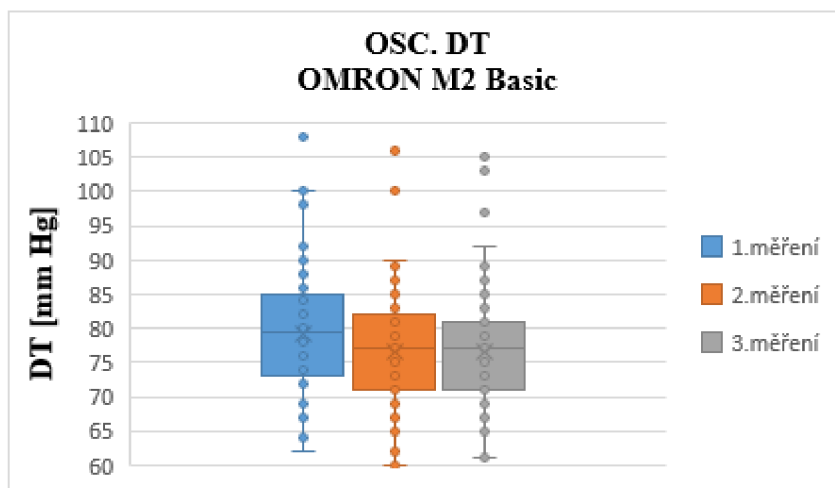
Omron M2 Basic						
č.	ST [mmHg]			DT [mmHg]		
	1.měření	2.měření	3.měření	1.měření	2.měření	3.měření
1	117	113	122	69	62	67
2	132	124	135	87	85	84
3	123	121	127	72	73	66
4	132	128	123	90	85	85
5	111	110	110	78	74	74
6	160	158	160	108	106	103
7	119	115	112	74	74	71
8	138	130	131	92	90	92
9	115	115	113	73	75	78
10	107	104	104	78	67	76
11	124	118	120	75	72	75
12	111	110	110	80	78	78
13	110	113	105	80	76	76
14	121	121	118	87	85	84
15	121	118	122	83	89	87
16	116	113	114	98	88	78
17	116	118	116	81	80	80
18	91	100	100	64	65	71
19	103	97	101	67	67	62
20	127	123	135	86	83	83
21	129	124	128	72	66	69
22	108	110	109	76	79	79
23	135	126	117	80	78	81
24	123	115	119	85	89	84
25	147	136	142	72	76	84
26	127	129	125	89	82	80
27	124	123	119	67	72	67
28	111	106	121	85	83	80
29	125	116	121	83	80	82
30	113	119	121	89	82	79
31	125	117	122	87	78	89
32	118	120	120	82	77	74
33	124	124	119	86	79	77
34	131	127	122	85	76	84
35	137	124	121	89	84	78
36	139	131	129	86	81	77
37	135	131	126	82	79	79
38	95	94	90	77	69	75

39	113	116	119	74	78	71
40	106	111	104	62	65	74
41	116	105	111	76	67	75
42	115	124	127	69	63	71
43	143	139	144	77	86	76
44	124	129	121	89	83	81
45	131	127	130	73	73	70
46	113	119	110	75	77	73
47	133	128	137	86	90	81
48	104	98	93	74	65	67
49	109	114	110	89	81	87
50	129	131	122	83	79	78
51	93	96	88	64	72	66
52	125	134	132	73	89	77
53	102	95	98	75	68	61
54	129	120	121	84	77	80
55	113	107	110	67	73	75
56	103	99	91	73	66	62
57	129	132	127	85	74	81
58	115	112	111	75	70	69
59	137	131	134	100	101	105
60	126	131	122	89	84	85
61	128	126	121	81	74	79
62	100	96	104	68	60	62
63	122	126	122	65	60	65
64	107	103	98	72	75	67
65	100	96	107	65	69	70
66	121	126	119	76	79	72
67	109	105	99	79	75	81
68	132	128	130	80	88	78
69	115	105	100	74	68	76
70	127	121	117	88	78	81
71	123	127	120	83	87	80
72	111	104	107	76	72	72
73	125	116	122	84	79	81
74	111	114	105	77	71	68
75	127	121	119	86	84	81
76	129	135	137	83	88	85
77	111	105	101	67	71	70
78	110	112	118	72	67	71
79	125	131	126	87	81	83
80	150	147	144	100	100	97
81	136	124	129	85	79	76
82	110	116	112	65	61	66

83	101	95	100	67	71	61
84	123	125	117	82	75	81
85	122	119	123	72	69	75
86	113	103	109	64	67	71
87	127	123	121	82	79	76
88	133	129	121	69	74	71
89	110	101	107	79	73	70
90	124	120	119	84	77	80
91	136	132	135	87	83	85
92	110	100	103	67	62	65
93	116	110	114	76	70	74
94	125	124	121	76	66	69
95	122	126	121	84	81	83
96	129	131	125	85	81	84
97	107	102	109	75	71	71
98	124	128	123	87	82	84
99	121	122	116	73	74	71
100	121	117	115	84	81	83
průměr	120,41	118,1	117,67	79,12	76,67	76,68
SD	12,30	12,26	12,40	8,78	8,70	8,10



Graf 4 Zobrazení průměrných hodnot a směrodatných odchylek ST všech tří měření měřené OMRONEM M2 Basic (Zdroj: autor)



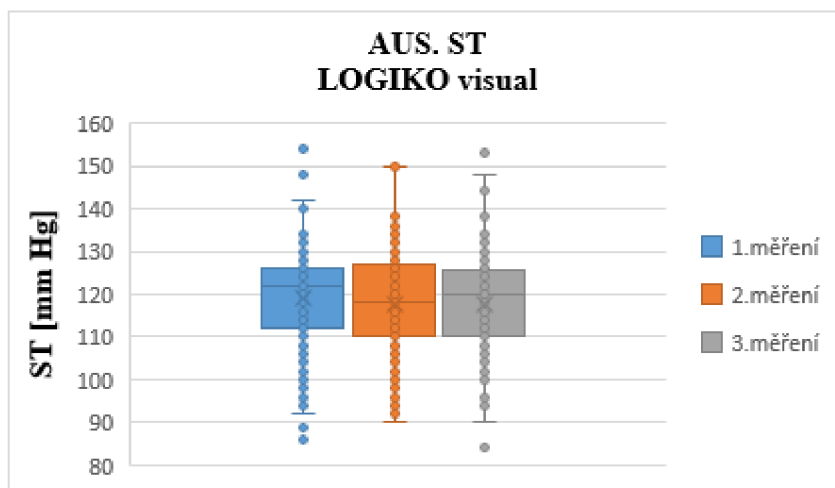
Graf 5 Zobrazení průměrných hodnot a směrodatných odchylek DT všech tří měření měřené OMRONEM M2 Basic (Zdroj: autor)

Tab. 7 Přehled hodnot ST a DT ze všech měření měřené auskultační metodou (Zdroj: autor)

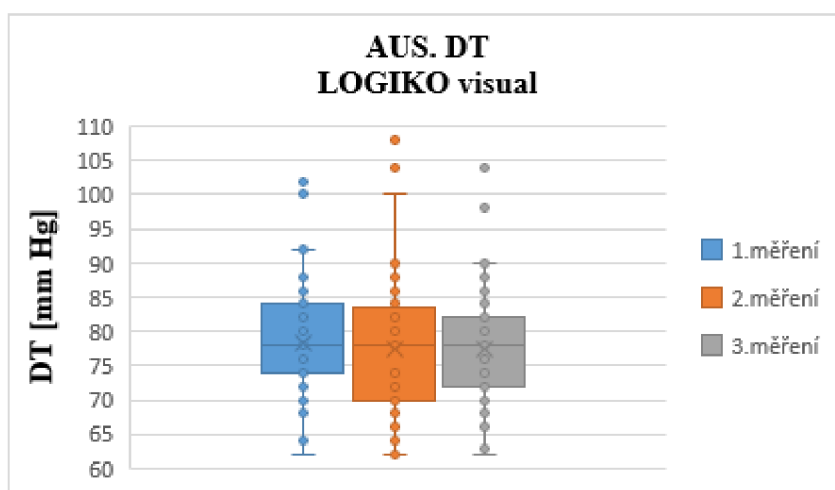
č.	LOGIKO					
	ST [mmHg]			DT [mmHg]		
	1.měření	2.měření	3.měření	1.měření	2.měření	3.měření
1	117	114	118	72	70	72
2	127	132	134	77	78	74
3	124	127	127	72	74	74
4	124	126	126	84	86	87
5	112	111	110	74	72	70
6	154	150	153	102	108	104
7	110	112	115	74	72	74
8	134	130	129	92	90	90
9	111	110	110	74	78	80
10	102	104	106	70	72	74
11	122	120	122	82	82	80
12	111	112	111	78	72	74
13	110	106	108	78	80	82
14	119	118	117	88	84	84
15	120	116	115	84	86	82
16	118	115	118	86	74	82
17	120	116	120	84	86	80
18	89	90	102	64	62	68
19	100	98	102	62	64	68
20	132	128	124	82	78	78

21	126	118	126	72	70	68
22	117	106	110	76	74	76
23	132	129	124	78	78	76
24	122	119	121	86	84	82
25	142	136	139	88	80	78
26	126	122	124	84	84	86
27	124	128	124	68	70	74
28	112	108	110	82	84	80
29	122	120	122	84	82	78
30	118	114	120	86	88	90
31	124	126	122	88	88	86
32	118	122	112	76	78	78
33	124	116	116	78	72	80
34	126	124	122	84	82	86
35	126	130	126	84	88	82
36	134	132	130	84	80	82
37	132	128	130	82	78	76
38	96	100	94	78	72	68
39	118	114	114	78	78	74
40	106	102	100	64	64	63
41	112	111	112	74	78	76
42	114	118	120	64	66	72
43	140	138	144	80	78	81
44	126	118	123	84	88	80
45	130	124	126	74	74	72
46	116	110	112	74	74	70
47	132	134	129	92	88	90
48	102	100	100	70	68	68
49	112	114	111	82	88	88
50	130	128	122	78	82	74
51	86	92	84	64	68	64
52	128	130	128	80	82	88
53	100	96	100	72	66	62
54	122	120	120	82	80	82
55	112	110	109	74	68	72
56	98	99	96	64	68	64
57	128	132	130	84	84	78
58	112	118	114	74	70	70
59	134	138	138	102	104	104
60	128	128	126	88	82	84
61	124	120	122	74	78	78
62	94	98	90	64	68	64
63	122	124	122	64	62	64
64	106	104	100	74	68	68

65	102	100	100	64	68	68
66	118	118	120	78	74	74
67	106	108	106	78	70	80
68	128	132	128	87	84	84
69	112	108	114	76	74	74
70	122	118	118	84	82	82
71	124	122	122	82	82	80
72	108	111	108	74	78	78
73	122	120	122	82	78	84
74	114	112	109	78	72	72
75	124	122	120	84	88	84
76	132	128	134	83	82	88
77	106	104	104	64	70	70
78	116	112	114	72	68	72
79	124	122	124	88	84	84
80	148	150	148	100	100	98
81	134	134	132	84	84	80
82	114	111	112	64	62	64
83	92	94	94	64	62	64
84	124	120	126	82	84	80
85	122	122	118	72	68	72
86	112	106	104	64	68	68
87	126	124	124	84	82	82
88	128	132	124	68	70	68
89	104	104	102	78	72	74
90	120	128	120	82	80	80
91	134	128	128	86	82	84
92	108	104	104	64	64	66
93	112	112	114	74	72	78
94	124	124	126	76	68	74
95	124	118	118	84	82	84
96	124	126	122	84	82	82
97	104	102	104	76	74	74
98	124	126	122	86	84	84
99	122	118	118	76	78	72
100	122	126	128	86	90	88
průměr	118,89	117,79	117,62	78,19	77,36	77,43
SD	12,07	11,94	12,01	8,56	8,77	8,26



Graf 6 Zobrazení průměrných hodnot a směrodatných odchylek ST všech tří měření měřené auskultační metodou (Zdroj: autor)



Graf 7 Zobrazení průměrných hodnot a směrodatných odchylek DT všech tří měření měřené auskultační metodou (Zdroj: autor)

Přehled statistických hodnot všech tří měření oscilometrické a auskultační metody jsme zpracovali do tabulky (viz Tab. 8), kde jsme vypočítali průměrné hodnoty a směrodatné odchylky všech tří měření TK. Dále jsme vypočítali p – hodnotu ST a DT párovým dvouvýběrovým t – testem, kde jsme hodnotili, jestli se od sebe metody liší. Pomocí Pearsonova korelačního koeficientu jsme porovnávali, jestli se vyskytuje mezi danými metodami přímá či nepřímá závislost. Výsledky p – hodnoty a korelačních koeficientů lze vidět v Tab. 9.

Tab. 8 Statistické zhodnocení výsledků všech tří měření TK (Zdroj: autor)

	OSC. Omron M6 Comfort		OSC. Omron M2 Basic		AUS. LOGIKO	
	ST	DT	ST	DT	ST	DT
průměr	118,35	77,43	118,73	77,49	118,10	77,66
SD	0,38	0,28	0,06	0,30	0,05	0,21

Průměrná hodnota výsledků systolického tlaku měřeným Omronem M6 Comfort je $118,35 \pm 0,38$ mmHg a pro diastolický tlak průměrná hodnota $77,43 \pm 0,28$ mmHg. Pro měření systolického a diastolického tlaku Omronem M2 Basic byla průměrná hodnota pro systolický tlak $118,73 \pm 0,06$ mmHg a pro diastolický tlak $77,49 \pm 0,30$ mmHg. Pro auskultační metodu vyšla průměrná hodnota $118,10 \pm 0,05$ a pro diastolický tlak $77,66 \pm 0,21$ mmHg.

Rozdíl systolického a diastolického tlaku mezi oscilometrickou metodou měřenou Omronem M6 Comfort a auskultační metodou činil pro systolický tlak $0,25 \pm 0,33$ mmHg a pro diastolický tlak $0,23 \pm 0,07$ mmHg.

Rozdíl systolického a diastolického tlaku mezi oscilometrickou metodou měřenou Omronem M2 Basic a auskultační metodou činil pro systolický tlak $0,63 \pm 0,01$ mmHg a pro diastolický tlak $0,17 \pm 0,09$ mmHg.

Tab. 9 Přehled získaných p – hodnot a korelačních koeficientů (Zdroj: autor)

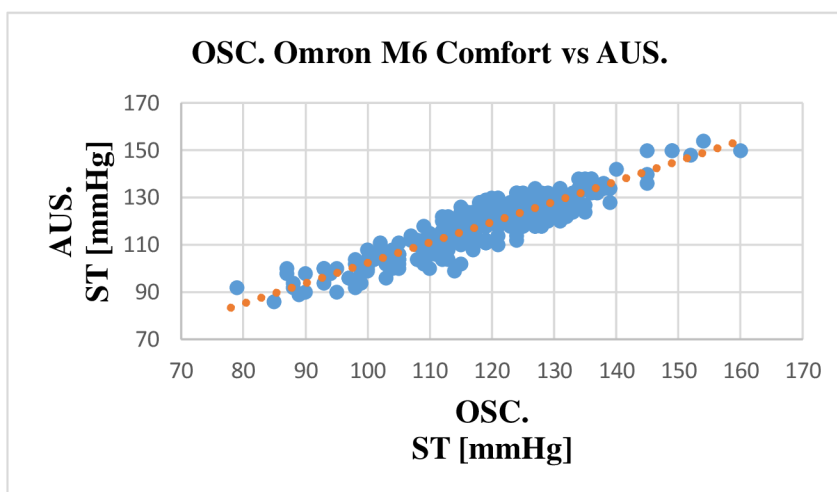
	Porovnávané metody	p – hodnota	r
ST	OSC. Omron M6 Comfort vs. AUS.	0,8051	0,9145
DT	OSC. Omron M6 Comfort vs. AUS.	0,7464	0,8728
ST	OSC. Omron M2 Basic vs. AUS.	0,5302	0,9370
DT	OSC. Omron M2 Basic vs. AUS.	0,8086	0,8781

Jelikož všechny p – hodnoty vyšli větší než hladina významnosti ($\alpha = 0,05$), nenalezli jsme mezi metodami statisticky významný rozdíl, a tudíž jsme nemohli zamítnout nulovou hypotézu.

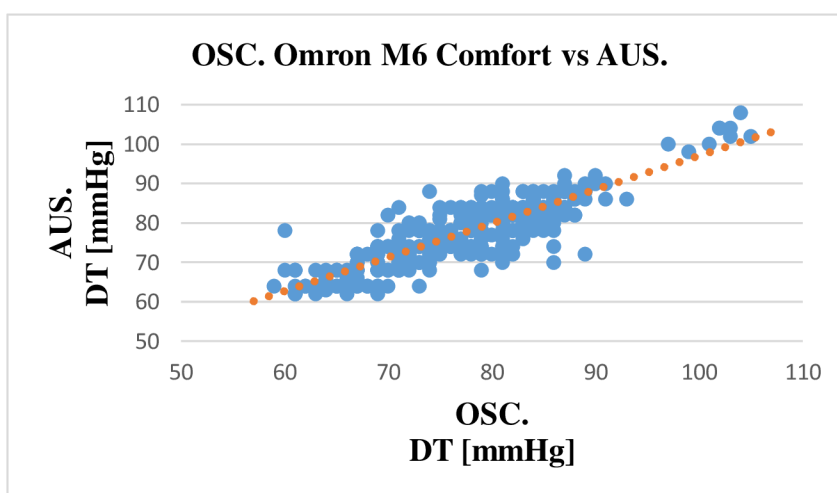
Výsledky korelačního koeficientu pro naměřené hodnoty diastolického tlaku obou metod se vyskytovali v intervalu $0,90 > r \geq 0,70$, což značí, že korelační závislost je mezi metodami vysoká. Nejvyšší míru korelace jsme zjistili pro naměřené hodnoty systolického tlaku u obou metod. Výsledky korelačních koeficientů mezi těmito metodami se vyskytovali v intervalu $1,0 > r \geq 0,90$, což značí velmi vysokou závislost.

Jelikož všechny výsledky korelačních koeficientů vyšly v kladných hodnotách, zjistili jsme, že existuje statistická lineárnost mezi metodami.

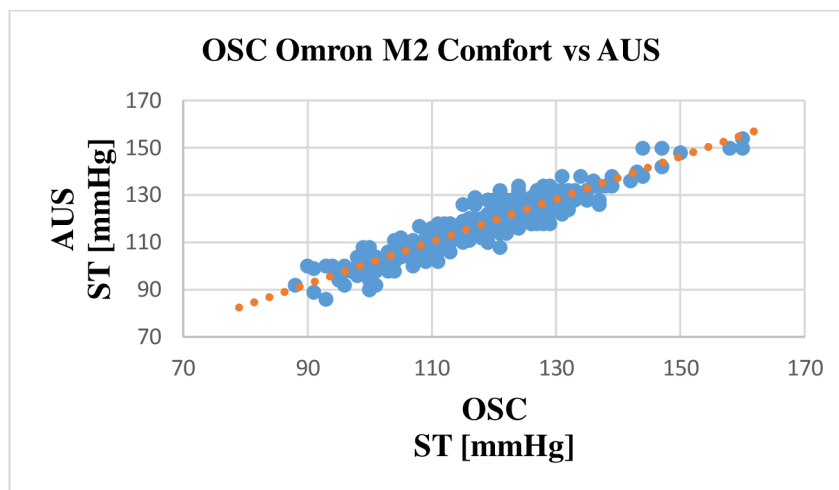
Pro přehlednost korelačních vztahů mezi metodami jsme vytvořili grafy (viz Graf 8-11).



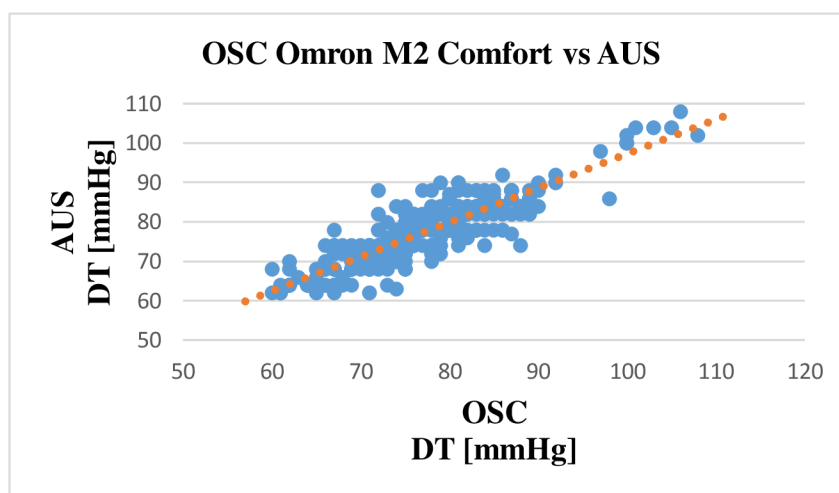
Graf 8 Porovnání hodnot ST měřených Omronem M6 Comfort a auskultační metodou (Zdroj: autor)



Graf 9 Porovnání hodnot DT měřených Omronem M6 Comfort a auskultační metodou (Zdroj: autor)



Graf 10 Porovnání hodnot ST měřených Omronem M2 Basic a auskultační metodou (Zdroj: autor)



Graf 11 Porovnání hodnot DT měřených Omronem M2 Basic a auskultační metodou (Zdroj: autor)

3.6.1 Porovnávání naměřených rozdílů hodnot ST a DT u oscilometrické a auskultační metody

V této podkapitole si porovnáme hodnoty rozdílů ST a DT oscilometrické a auskultační metody. Prvně budeme porovnávat rozdíly mezi oscilometrickou metodou měřenou přístrojem Omron M6 Comfort a auskultační metodou měřenou aneroidním tonometrem značky LOGIKO (viz Tab. 10). Potom budeme porovnávat rozdíly hodnot ST a DT mezi Omronem M2 Basic a aneroidním tonometrem (viz Tab. 11). Pro porovnání rozdílů mezi metodami jsme použili data z druhého měření.

Hodnoty z měření oscilometrické a auskultační metody jsme vložili do tabulky a mezi sebou porovnali. Pro ST a DT jsme vypočítali průměrné hodnoty a jejich směrodatné odchylky. Výsledky rozdílů, které jsou zobrazeny v pravé části tabulky mezi ST a DT jsme zapsali v absolutní hodnotě.

Pro porovnání výsledných rozdílů ST a DT jsme spočítali p – hodnotu, kterou jsme zjišťovali, jestli jsou výsledky z druhého měření statistické rozdílné.

Tab. 10 Porovnávání rozdílů ST a DT naměřených OmronemM6 Comfort a aneroidním tonometrem LOGIKO (Zdroj: autor)

č.	OmronM6 Comfort		LOGIKO		Rozdíly mezi přístroji	
	ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]	Δ ST [mmHg]	Δ DT [mmHg]
1	117	73	114	70	3	3
2	125	86	132	78	7	8
3	127	74	127	74	0	0
4	115	89	126	86	11	3
5	111	79	111	72	0	7
6	149	104	150	108	1	4
7	117	72	112	72	5	0
8	131	89	130	90	1	1
9	111	69	110	78	1	9
10	105	80	104	72	1	8
11	131	80	120	82	11	2
12	117	82	112	72	5	10
13	102	78	106	80	4	2
14	121	85	118	84	3	1
15	114	88	116	86	2	2
16	113	82	115	74	2	8
17	113	81	116	86	3	5
18	95	69	90	62	5	7
19	87	62	98	64	11	2
20	123	82	128	78	5	4
21	128	72	118	70	10	2
22	109	76	106	74	3	2
23	119	60	129	78	10	18
24	121	78	119	84	2	6
25	145	77	136	80	9	3
26	124	71	122	84	2	13

27	132	74	128	70	4	4
28	117	85	108	84	9	1
29	119	88	120	82	1	6
30	115	84	114	88	1	4
31	124	88	126	88	2	0
32	113	75	122	78	9	3
33	114	79	116	72	2	7
34	115	77	124	82	9	5
35	121	79	130	88	9	9
36	134	83	132	80	2	3
37	126	79	128	78	2	1
38	93	71	100	72	7	1
39	115	73	114	78	1	5
40	115	61	102	64	13	3
41	109	74	111	78	2	4
42	125	64	118	66	7	2
43	134	76	138	78	4	2
44	116	81	118	88	2	7
45	133	75	124	74	9	1
46	110	71	110	74	0	3
47	136	85	134	88	2	3
48	93	67	100	68	7	1
49	107	83	114	88	7	5
50	124	75	128	82	4	7
51	88	63	92	68	4	5
52	121	78	130	82	9	4
53	103	67	96	66	7	1
54	127	83	120	80	7	3
55	115	71	110	68	5	3
56	114	65	99	68	15	3
57	124	77	132	84	8	7
58	109	67	118	70	9	3
59	135	102	138	104	3	2
60	118	82	128	82	10	0
61	119	72	120	78	1	6
62	94	61	98	68	4	7
63	117	61	124	62	7	1
64	109	71	104	68	5	3
65	105	67	100	68	5	1
66	117	72	118	74	1	2
67	111	86	108	70	3	16
68	134	85	132	84	2	1

69	100	70	108	74	8	4
70	128	88	118	82	10	6
71	116	84	122	82	6	2
72	102	73	111	78	9	5
73	126	82	120	78	6	4
74	108	67	112	72	4	5
75	129	87	122	88	7	1
76	128	84	128	82	0	2
77	109	69	104	70	5	1
78	107	79	112	68	5	11
79	122	78	122	84	0	6
80	145	97	150	100	5	3
81	127	83	134	84	7	1
82	119	66	111	62	8	4
83	88	61	94	62	6	1
84	126	83	120	84	6	1
85	118	74	122	68	4	6
86	105	60	106	68	1	8
87	129	81	124	82	5	1
88	127	67	132	70	5	3
89	113	71	104	72	9	1
90	123	83	128	80	5	3
91	133	79	128	82	5	3
92	101	69	104	64	3	5
93	119	67	112	72	7	5
94	116	69	124	68	8	1
95	119	86	118	82	1	4
96	124	78	126	82	2	4
97	103	73	102	74	1	1
98	119	83	126	84	7	1
99	127	73	118	78	9	5
100	123	90	126	90	3	0
Průměr	117,49	76,69	117,79	77,36	5,04	3,93
SD	12,12	8,87	11,94	8,77	3,33	3,24

Průměrné výsledky rozdílů pro ST a DT vyšly pro systolický tlak $5,04 \pm 3,33$ mmHg, pro diastolický tlak $3,93 \pm 3,24$ mmHg. Vypočítaná p – hodnota nám vyšla 0,0184. Jelikož se jedná o hodnotu menší než je hladina významnosti ($p < 0,05$), nulovou hypotézu můžeme zamítnout a přijmout alternativní hypotézu. Mezi rozdíly ST a DT z druhého měření je významný statistický rozdíl.

Tab. 11 Porovnávání rozdílů ST a DT naměřených Omronem M2 Basic a aneroidním tonometrem LOGIKO (Zdroj: autor)

č.	Omron M2 Basic		LOGIKO		Rozdíly mezi přístroji	
	ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]	Δ ST [mmHg]	Δ DT [mmHg]
1	113	62	114	70	1	8
2	124	85	132	78	8	7
3	121	73	127	74	6	1
4	128	85	126	86	2	1
5	110	74	111	72	1	2
6	158	106	150	108	8	2
7	115	74	112	72	3	2
8	130	90	130	90	0	0
9	115	75	110	78	5	3
10	104	67	104	72	0	5
11	118	72	120	82	2	10
12	110	78	112	72	2	6
13	113	76	106	80	7	4
14	121	85	118	84	3	1
15	118	89	116	86	2	3
16	113	88	115	74	2	14
17	118	80	116	86	2	6
18	100	65	90	62	10	3
19	97	67	98	64	1	3
20	123	83	128	78	5	5
21	124	66	118	70	6	4
22	110	79	106	74	4	5
23	126	78	129	78	3	0
24	115	89	119	84	4	5
25	136	76	136	80	0	4
26	129	82	122	84	7	2
27	123	72	128	70	5	2
28	106	83	108	84	2	1
29	116	80	120	82	4	2
30	119	82	114	88	5	6
31	117	78	126	88	9	10
32	120	77	122	78	2	1
33	124	79	116	72	8	7
34	127	76	124	82	3	6
35	124	84	130	88	6	4

36	131	81	132	80	1	1
37	131	79	128	78	3	1
38	94	69	100	72	6	3
39	116	78	114	78	2	0
40	111	65	102	64	9	1
41	105	67	111	78	6	11
42	124	63	118	66	6	3
43	139	86	138	78	1	8
44	129	83	118	88	11	5
45	127	73	124	74	3	1
46	119	77	110	74	9	3
47	128	90	134	88	6	2
48	98	65	100	68	2	3
49	114	81	114	88	0	7
50	131	79	128	82	3	3
51	96	72	92	68	4	4
52	134	89	130	82	4	7
53	95	68	96	66	1	2
54	120	77	120	80	0	3
55	107	73	110	68	3	5
56	99	66	99	68	0	2
57	132	74	132	84	0	10
58	112	70	118	70	6	0
59	131	101	138	104	7	3
60	131	84	128	82	3	2
61	126	74	120	78	6	4
62	96	60	98	68	2	8
63	126	60	124	62	2	2
64	103	75	104	68	1	7
65	96	69	100	68	4	1
66	126	79	118	74	8	5
67	105	75	108	70	3	5
68	128	88	132	84	4	4
69	105	68	108	74	3	6
70	121	78	118	82	3	4
71	127	87	122	82	5	5
72	104	72	111	78	7	6
73	116	79	120	78	4	1
74	114	71	112	72	2	1
75	121	84	122	88	1	4
76	135	88	128	82	7	6
77	105	71	104	70	1	1

78	112	67	112	68	0	1
79	131	81	122	84	9	3
80	147	100	150	100	3	0
81	124	79	134	84	10	5
82	116	61	111	62	5	1
83	95	71	94	62	1	9
84	125	75	120	84	5	9
85	119	69	122	68	3	1
86	103	67	106	68	3	1
87	123	79	124	82	1	3
88	129	74	132	70	3	4
89	101	73	104	72	3	1
90	120	77	128	80	8	3
91	132	83	128	82	4	1
92	100	62	104	64	4	2
93	110	70	112	72	2	2
94	124	66	124	68	0	2
95	126	81	118	82	8	1
96	131	81	126	82	5	1
97	102	71	102	74	0	3
98	128	82	126	84	2	2
99	122	74	118	78	4	4
100	117	81	126	90	9	9
Průměr	118,10	76,67	117,79	77,36	3,89	3,73
SD	12,26	8,70	11,94	8,77	2,77	2,83

Průměrné výsledky rozdílů pro ST a DT vyšly pro systolický tlak $3,89 \pm 2,77$ mmHg, pro diastolický tlak $3,73 \pm 2,83$ mmHg. Vypočítaná p – hodnota nám vyšla 0,6879. Jelikož se jedná o hodnotu větší než je hladina významnosti ($p > 0,05$), nulovou hypotézu nemůžeme zamítnout. Mezi rozdíly ST a DT z druhého měření není významný statistický rozdíl.

3.7 Analýza výzkumných cílů předpokladů

V první řadě bylo cílem vypracovat odbornou rešerši na měření krevního tlaku s důrazem na auskultační a oscilometrickou metodu, k tomuto cíli se vztahoval výzkumný předpoklad, nastudování principů jednotlivých zmíněných metod neinvazivního měření krevního tlaku, kde jsme shrnuli základní znalosti o těchto metodách a řekli jsme si jakým způsobem fungují, dále jsme se zmínili, jaké výhody a nevýhody tyto metody měření krevního tlaku mají.

Hlavním cílem výzkumné části bylo provést měření krevního tlaku vybranými technikami, a to auskultační a oscilometrickou metodou, což se vztahuje k výzkumnému předpokladu zjistit vyhodnocením dat, jaké jsou mezi danými metodami rozdíly. Abychom došli k nějakému výsledku bylo třeba zvolit statistické metody, které by nás k danému výsledku dovedly. K tomuto bodu se váže i poslední stanovený cíl, vyhodnotit získaná data za pomoci vhodně zvolených metod statistické analýzy, k čemuž se i váže poslední předpoklad, vyhodnotit ze získaných dat, která metoda je přesnější, z hlediska měření krevního tlaku. Jako vhodně zvolené statistické metody jsme zvolili korelační analýzu, kterou jsme zvolili k tomu, abychom určili, jestli mezi danými metodami existuje přímá nebo nepřímá závislost. Ke zjištění míry závislosti mezi metodami jsme použili Pearsonův korelační koeficient. Z výsledku korelačního koeficientu jsme zjistili, že mezi danými metodami existuje vysoká závislost. Další statistickou metodu, kterou jsme použili byl dvouvýběrový párový t-test, který nám měl zodpovědět otázku jestli je mezi danými metodami statisticky významný rozdíl. Vyhodnocením tohoto testu jsme zjistili, že naměřené hodnoty systolického a diastolického naměřenými oběma metodami se od sebe neliší. Na závěr jsme porovnávali rozdíly hodnot systolického a diastolického tlaku z druhého měření mezi metodami. Nejprve jsme porovnávali hodnoty systolického a diastolického měřené Omronem M6 Comfort, pracující na principu oscilometrické metody s auskultační metodou. Ze statistického t-testu jsme zjistili, že rozdíly těchto naměřených hodnot jsou statisticky významný, čímž jsme zjistili, že se naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku se mezi sebou liší. Naopak výsledek p- hodnoty mezi oscilometrickou metodou, které byly měřeny Omronem M2 Basic a auskultační metodou nám vyšel, že mezi hodnotami neexistuje statisticky významný rozdíl.

4 Diskuze

Bakalářská práce se zabývala porovnáváním neinvazivních metod měření krevního tlaku, kde jsme porovnávali nejvíce používanější neinvazivní metody měření krevního tlaku v dnešní době. První metoda byla oscilometrická a druhá auskultační. V teoretické části práce jsme si shrnuli poznatky o krevním tlaku a o tom, jak se krevní tlak měří. Dále jsme se hlavně zaměřili na neinvazivní metody měření krevního tlaku, kterými se v této práci zabýváme. Prvně jsme si probrali auskultační metodu, která funguje na základě poslechu Korotkovových zvuků. Dále jsme si popsali oscilometrickou metodu, fungující na principu vyhodnocování oscilometrických pulsací. Měření krevního tlaku těmito metody jsme měřili třemi přístroji, dvěma přístroji, fungující na principu oscilometrické metody, Omron M6 Comfort a Omron M2 Basic. Třetím přístrojem byl aneroidní tonometr značky LOGIKO, pracující na principu auskultační metody. Každým přístrojem jsme měřili krevní tlak respondentů třikrát. Při každém měření jsme udělali 1-2 minuty pauzu, aby se mohla artérie vrátit do původního stavu. Postup měření jsme popsali v kapitole 3.4.

Ve výzkumné části jsme se zpracovávali výsledky měření systolického a diastolického tlaku obou metod pomocí statistických metod statistické analýzy. K porovnání těchto metod jsme použili dvouvýběrový párový t-test a korelační analýzu. V první části jsme zpracovávali všechny tři měření u všech přístrojů. U každého z měření jsme spočítali aritmetický průměr a jejich směrodatné odchylky. Dále jsme porovnávali všechny měření dvouvýběrovým párovým t-testem, kterým jsme zjišťovali, jestli se mezi metodami vyskytuje statisticky významný rozdíl a jestli se od sebe metody liší. Podle výsledných p – hodnot jsme zjistili, že se metody od sebe neliší, protože výsledky p – hodnot byly větší než hladina významnosti. Dále jsme vypočítali Pearsonův korelační koeficient, kterým jsme zjišťovali, jestli se mezi metodami vyskytuje přímá či nepřímá závislost. Zjistili jsme, že nejsilnější míra korelace se vyskytuje mezi naměřenými hodnotami systolického tlaku u obou metod. Nejlépe mezi sebou korelují měření mezi oscilometrickou metodou a auskultační metodou pro hodnoty diastolického tlaku. Uvedené hodnoty p – hodnot a korelačních koeficientů jsme zobrazili v Tab. 9. Jelikož výsledky všech korelačních koeficientů nabývají vysokých hodnot přibližující se k hodnotě +1, je mezi všemi zjištěná určitá pozitivní statistická lineárnost, což lze vidět v grafech 8-11.

V druhé části jsme porovnávali hodnoty rozdílů systolického a diastolického tlaku. Prvně jsme porovnávali rozdíly systolického tlaku a diastolického tlaku mezi přístrojem Omronem M6 Comfort s auskultační metodou. Statistickým testem jsme porovnali rozdíly systolického a diastolického tlaku mezi sebou a zjistili jsme, že mezi nimi se vyskytuje statisticky významný rozdíl, protože vypočítaná p – hodnota byla menší než hladina významnosti, což nám dokazuje, že vypočtené rozdíly systolického a diastolického tlaku se od sebe liší. Dále jsme porovnávali rozdíly hodnot systolického a diastolického tlaku měřené přístrojem Omron M2 Basic s auskultační metodou. Z výsledné p – hodnoty jsme zjistili, že se od sebe hodnoty rozdílů systolického a diastolického tlaku mezi Omronem M2 Basic a auskultační metodou neliší, protože výsledná p – hodnota byla větší než hladina významnosti. Proto, abychom mohli označit metodu, která je přesnější bychom potřebovali více dat a tím pádem nemůžeme přesně určit, která z neinvazivních metod, je z hlediska měření krevního tlaku je přesnější.

Výsledky, které jsme během měření získali mohli být ovlivněny několika faktory. Například u auskultační metody to mohlo být způsobeno utažením manžety na paži, nesprávným umístěným manžety či fonendoskopu nebo pohybem paže, na které jsme zrovna měřili krevní tlak. Naměřené hodnoty mohly být i ovlivněny rychlostí vypouštění manžety, což vede k chybám měření, protože se obtížněji detekují Korotkovovy zvuky, a to mohlo vést k podhodnocování systolického tlaku a nadhodnocování diastolického tlaku. U oscilometrické metody mohly být výsledky ovlivněny obdobně jako u auskultační metody a to, že v průběhu měření mohlo dojít k pohybu paže respondenta nebo jsme mohli zvolit nesprávnou velikost manžety, protože nedostatečně široká manžeta mohla změřit vyšší tlak, a naopak moc široká manžeta nižší tlak.

5 Návrh doporučení pro praxi

Tato bakalářská práce poskytuje informace o dvou nejpoužívanějších neinvazivních metod měření krevního tlaku. Pojednává, jestli přesněji měří oscilometrická metoda nebo auskultační metoda. Výsledné zjištění bylo, že mezi oscilometrickou metodou a auskultační metodou se nevyskytuje výrazný statistický rozdíl u krevního tlaku. Ale aby bylo možné toto tvrzení zobecňovat, bylo by nutné, kdybychom měli větší počet naměřených dat a k dispozici více tonometrů.

Doporučuji v práci pokračovat, protože přesnost a pravidelnost měření krevního tlaku nám může v čas odhalit kardiovaskulární onemocnění, což vede k včasnému preventivnímu a léčebnému opatření. Proto by bylo příznivé, aby zvolená metoda měřila co nejpřesněji.

6 Závěr

Tato bakalářská práce porovnávala dvě nejvíce používanější neinvazivní metody krevního tlaku v dnešní době. Z prvních metod neinvazivního měření tlaku krve je oscilometrická a druhá je auskultační. Na začátku bakalářské práce jsme si stanovili čtyři hlavní cíle, přičemž každý z nich byl splněn.

V teoretické části jsme se věnovali anatomii a fyziologii oběhového systému, dále jaké druhy proudění krve existují, což hraje důležitý faktor při měření krevního tlaku. Rovněž jsme se seznámili s pojmem krevní tlak, jak se značí, jakou má jednotku, jaké parametry ho určují nebo jaké faktory ho ovlivňují. Dále jsme si řekli, jakým způsobem je krevní tlak regulován.

Z prvních cílů bylo vypracovat odbornou rešerši na měření krevního tlaku s důrazem na auskultační metodu a oscilometrickou metodu, kde jsme si popsali, na jakých principech tyto metody fungují, čímž byl splněn i druhý cíl.

Ve výzkumné části jsme se zabývali třetím cílem, což bylo provést měření krevního tlaku vybranými technikami, auskultační a oscilometrickou metodou. Ve výzkumné části jsme popsali, jakým způsobem probíhalo měření krevního tlaku a jaký přístroje jsme k měření používali.

Čtvrtý a poslední cíl bylo vyhodnotit získaná data za pomoci vhodně zvolených metod statistické analýzy. K statistickým porovnáním obou metod jsme zvolili dvouvýběrový párový t-test, kterým jsme zjišťovali, jestli naměřené hodnoty systolického a diastolického tlaku se mezi metodami mezi sebou liší či neliší. Po vyhodnocení t-testu jsme zjistili, že se dané metody mezi sebou neliší. Dále jsme zjišťovali míru závislosti mezi metodami pomocí Pearsonova korelačního koeficientu, kterým jsme zjistili, že mezi metodami se vyskytuje velmi vysoká lineární závislost. V poslední části jsme porovnávali hodnoty rozdílů systolického a diastolického krevního tlaku měřenými přístroji, které jsme během měření používali. Zjistili jsme, že se vyskytuje statisticky významný rozdíl mezi hodnotami, měřené Omronem M6 Comfort a auskultační metodou. Naproti tomu jsme ze statistického testu stanovili, že z výsledných rozdílů krevního tlaku měřené Omronem M2 a auskultační metodou se nevyskytuje statisticky významný rozdíl.

Seznam použité literatury

ASKER. 2022. Tonometr aneroidní s fonendoskopem DM333 - Asker s.r.o. *Asker s.r.o. - lékařské a zdravotnické potřeby nejen pro lékaře* [online]. Trutnov: Asker, [cit. 2022- 07-20]. Dostupné z: <https://www.asker.cz/tonometry-aneroidni/tonometr-aneroidni-s-fonendoskopem/>

ASTAPENKO, David a Vladimír ČERNÝ. 2019. Krevní tlak - fyzika a fyziologie. *Anesteziologie & intenzivní medicína*. **30**(5), 241–243. ISSN 1214-2158. Dostupné také z: https://www.aimjournal.cz/artkey/aim-201905-0007_krevni-tlak-fyzika-a-fyziologie.php

BEDÁŇOVÁ, Iveta a Vladimír VEČEREK. 2007. *Základy statistiky pro studující veterinární medicíny a farmacie*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-026-9. Dostupné také z: <https://docplayer.cz/178278-Veterinarni-a-farmaceuticka-univerzita-brno-zaklady-statistiky-pro-studujici-veterinarni-mediciny-a-farmacie.html>

BENEŠ, J., D. JIRÁK a F. VÍTEK. 2015. *Základy lékařské fyziky*. 4. vyd. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-2645-1.

BENEŠ, J., J. KYMPLOVÁ a F. VÍTEK. 2015. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory: pro studium i praxi*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4712-5.

BENEŠ, J., P. STRÁNSKÝ a F. VÍTEK. 2007. *Základy lékařské biofyziky*. 2. vyd. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-1386-4.

BRABENCOVÁ, Klára. 2012. *Oscilometrické měření krevního tlaku*. Brno. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav biomedicínského inženýrství.

BRAVENÝ, Pavel et al. 1992. *Poznámky k přednáškám z fyziologie*. 1. díl, srdce a krevní oběh: dýchání: ledviny: acidobazická rovnováha: svaly. 2. vyd. Jinočany: H+H. ISBN 978-80-85467-60-7.

BULAVA, Alan. 2017. *Kardiologie pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0468-0.

CERAL, J., A. LINHART a J. FILIPOVSKÝ. 2016. Praktický postup České společnosti pro hypertenzi: měření krevního tlaku. 2. část: měření krevního tlaku v ordinaci. *Hypertenze & kardiovaskulární prevence*. 5(2), 28–33. ISSN 1805-4129. Dostupné také z: <http://www.hypertension.cz/archiv-casopisu-1404042027.html>

ČIHÁK, Radomír. 2016. *Anatomie 3: třetí, upravené a doplněné vydání*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5636-3.

DELONG, Claire a Sandeep SHARMA. 2022. Physiology, Peripheral Vascular Resistance. *StatPearls* [online]. Treasure Island: StatPearls, aktualiz. 2022-05-08 [cit. 2022-07-22]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538308/>

DYLEVSKÝ, Ivan. 2009. *Funkční anatomie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3240-4.

DYLEVSKÝ, Ivan a Stanislav TROJAN. 1982. *Somatologie: učebnice pro střední zdravotnické školy, studijní obor zdravotní sestra a dětská sestra. Díl 1*. Praha: Avicenum.

FREMUTH, Jiří et al. 2021. *Propedeutika dětského lékařství*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-4741-8.

GANONG, William F. 2005. *Přehled lékařské fyziologie*. 20. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-311-2.

HAVLÍK, Jan. 2021. dr. Havlík [FEL ČVUT]: Lékařská elektronika (pro Elixír do škol). *YouTube* [online video]. San Bruno: YouTube, [cit. 2022-07-22]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=MNXpRZACXQc>

CHRASTINA, J., P. DOUPALOVÁ a J. VÁCLAVÍK. 2015. Neinvazivní měření krevního tlaku u hypertenzních pacientů. *Intervenční a akutní kardiologie*. 14(2), 70–73. ISSN 1213-807X. Dostupné také z: https://www.internimedica.cz/artkey/kar-201502-0004_Neinvazivni_mereni_krevniho_tlaku_u_hypertenznich_pacientu.php

KELNAROVÁ, Jarmila, et al., 2009. *Ošetrovatelství pro zdravotnické asistenty*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3105-6.

KITTNAR, Otomar et al. 2011. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3068-4.

- KLABUNDE, Richard E. 2022. Blood Volume. *Cardiovascular Physiology Concepts* [online]. Indianapolis: Marian University College of Osteopathic Medicine, [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://www.cvphysiology.com/Blood%20Pressure/BP025>
- KLADIVO, Petr. 2013. *Základy statistiky*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3841-2.
- KOLÁŘ, Radim. 2006. *Lékařská diagnostická technika*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Elektronická skripta VUT.
- KOMÁREK, Zbyněk. 2009. *Měřič pro neinvazivní měření krevního tlaku*. Brno. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky.
- LANGMEIER, Miloš et al. 2009. *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2526-0.
- LAPUM, Jennifer L. et al. 2018. *Vital Sign Measurement Across the Lifespan - 1st Canadian edition*. Ryerson University. Dostupné také z: <https://pressbooks.library.ryerson.ca/vitalsign/>
- LOGIKO. 2020. *Ručičkové tonometry DM342; DM346; DM360: návod k obsluze*. Plzeň: Stamed. Zveřejnil Zdravotnický dům. Dostupné také z: https://www.zdravotnickydum.cz/user/related_files/dm342__dm_346__dm360__dm365_ru__i__kov___tonometry_cze.pdf
- MAGDER, S. 2018. The meaning of blood pressure. *Critical Care*. **22**(1), 257. DOI 10.1186/s13054-018-2171-1. Dostupné také z: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-018-2171-1>
- NALOS, Lukáš a Jitka ŠVÍGLEROVÁ. 2009. Srdeční cyklus. *Výukový portál Lékařské fakulty v Plzni* [online]. Brno: Institut biostatistiky a analýz Lékařské fakulty Masarykovy univerzity, 2009-10-01, aktualiz. 2013-01-03 [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: <https://mefanet.lfp.cuni.cz/clanky.php?aid=12>
- NĚMCOVÁ, Helena. 2006. Měření krevního tlaku. *Interní medicína pro praxi*. **8**(9), 396–400. ISSN 1212-7299. Dostupné také z: https://www.internimedicina.cz/artkey/int-200609-0007_Mereni_krevniho_tlaku.php

- NĚMCOVÁ, Helena. 2009. Měření krevního tlaku. *Praktické lékárenství*. 5(5), 242–247. ISSN 1801-2434. Dostupné také z: https://www.praktickelekarenstvi.cz/artkey/lek-200905-0009_Mereni_krevniho_tlaku.php
- NOVOTNÝ, Ivan a Michal HRUŠKA. 2007. *Biologie člověka: pro gymnázia*. 4. vyd. Praha: Fortuna. ISBN 978-80-7373-007-9.
- OMRON. 2018. *Automatický měřič krevního tlaku na paži M6 Comfort (HEM-7321-E): návod k obsluze*. Kjóto: Omron. Zveřejnil manualypdf.cz. Dostupné také z: <https://www.manualypdf.cz/omron/m6-comfort/manu%C3%A1l?p=1>
- OMRON. 2020. *Automatický měřič krevního tlaku na paži Omron M2 Basic (HEM-7121J-E): návod k obsluze*. Kjóto: Omron. Zveřejnil manualypdf.cz. Dostupné také z: <https://www.manualypdf.cz/omron/m2-basic/manu%C3%A1l?p=1>
- PECEN, Ladislav a Petr KASÍK. 2014. *Základy biostatistiky a modelování lékařských dat*. Plzeň: Univerzita Karlova v Praze - Lékařská fakulta v Plzni. ISBN 978-80-260-6314-8. Dostupné také z: <https://oid.fnplzen.cz/sites//users/oid/e-skripta%20statistikaweb.pdf>
- PENHAKER, Marek et al. 2004. *Lékařské diagnostické přístroje: učební texty*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-0751-5.
- PETŘEK, Josef. 2019. *Základy fyziologie člověka pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-2208-0.
- ROKYTA, Richard et al. 2000. *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV. ISBN 978-80-85866-45-2.
- ROZMAN, Jiří et al. 2006. *Elektronické přístroje v lékařství*. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-1308-8.
- SKUTIL, Martin et al. 2011. *Základy pedagogicko-psychologického výzkumu pro studenty učitelství*. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-778-7.
- SOVOVÁ, Eliška. 2008. *100+1 otázek a odpovědí o krevním tlaku: syndrom obstrukční spánkové apnoe, jak správně měřit krevní tlak, nebezpečí hypertenze*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2281-8.

ŠPINAR, Jindřich et al. 2013. *Propedeutika a vyšetřovací metody vnitřních nemocí*. 2. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4356-1.

ŠVRČEK, Martin. 2007. Měřič krevního tlaku. *Elektrorevue*. (19). ISSN 1213-1539. Dostupné také z: <http://www.elektrorevue.cz/cz/download/meric-krevniho-tlaku/>

TROJAN, Stanislav et al. 2003. *Lékařská fyziologie*. 4. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-0512-5.

VÁCHA, Martin. 2014. Kardiovaskulární systém. VÁCHA, Martin. *Srovnávací fyziologie živočichů: multimediální elektronický výukový materiál* [online]. Brno: Masarykova univerzita v Brně, [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/sci/UEBBiol/um/sfz/ch11_s06.html

VYTEJČKOVÁ, Renata et al. 2013. *Ošetrovatelské postupy v péči o nemocné II: speciální část*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3420-0.

Seznam příloh

Příloha A Přehled naměřených hodnot krevního tlaku u respondentů

Příloha B Přiložené CD

Příloha A Přehled naměřených hodnot krevního tlaku u respondentů

č.	Pohlaví	Věk	Omron M6 Comfort		Omron M2 Basic		LOGIKO	
			ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]
1	M	24	114	81	117	69	117	72
			117	73	113	62	114	70
			124	69	122	67	118	72
2	Ž	23	135	80	132	87	127	77
			125	86	124	85	132	78
			124	86	135	84	134	74
3	M	23	131	89	123	72	124	72
			127	74	121	73	127	74
			122	71	127	66	127	74
4	Ž	24	125	87	132	90	124	84
			115	89	128	85	126	86
			121	86	123	85	126	87
5	Ž	27	108	81	111	78	112	74
			111	79	110	74	111	72
			115	74	110	74	110	70
6	Ž	26	154	103	160	108	154	102
			149	104	158	106	150	108
			160	102	160	103	153	104
7	Ž	26	109	75	119	74	110	74
			117	72	115	74	112	72
			112	79	112	71	115	74
8	Ž	23	131	87	138	92	134	92
			131	89	130	90	130	90
			126	87	131	92	129	90
9	Ž	22	119	76	115	73	111	74
			111	69	115	75	110	78
			121	73	113	78	110	80
10	Ž	23	109	81	107	78	102	70
			105	80	104	67	104	72
			98	77	104	76	106	74
11	M	24	132	79	124	75	122	82
			131	80	118	72	120	82
			122	78	120	75	122	80

č.	Pohlaví	Věk	Omron M6 Comfort		Omron M2 Basic		LOGIKO	
			ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]
12	Ž	22	110	79	111	80	111	78
			117	82	110	78	112	72
			114	75	110	78	111	74
13	Ž	20	112	84	110	80	110	78
			102	78	113	76	106	80
			110	78	105	76	108	82
14	Ž	21	123	83	121	87	119	88
			121	85	121	85	118	84
			119	82	118	84	117	84
15	M	24	115	87	121	83	120	84
			114	88	118	89	116	86
			113	82	122	87	115	82
16	Ž	23	119	84	116	98	118	86
			113	82	113	88	115	74
			110	78	114	78	118	82
17	M	23	123	84	116	81	120	84
			113	81	118	80	116	86
			115	77	116	80	120	80
18	Ž	21	89	73	91	64	89	64
			95	69	100	65	90	62
			90	65	100	71	102	68
19	Ž	21	95	61	103	67	100	62
			87	62	97	67	98	64
			94	64	101	62	102	68
20	M	25	131	86	127	86	132	82
			123	82	123	83	128	78
			118	82	135	83	124	78
21	M	25	125	69	129	72	126	72
			128	72	124	66	118	70
			118	70	128	69	126	68
22	Ž	26	115	79	108	76	117	76
			109	76	110	79	106	74
			105	71	109	79	110	76

č.	Pohlaví	Věk	Omron M6 Comfort		Omron M2 Basic		LOGIKO	
			ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]
23	M	26	137	81	135	80	132	78
			119	60	126	78	129	78
			129	79	117	81	124	76
24	Ž	24	127	88	123	85	122	86
			121	78	115	89	119	84
			117	82	119	84	121	82
25	M	27	140	80	147	72	142	88
			145	77	136	76	136	80
			138	79	142	84	139	78
26	M	28	131	86	127	89	126	84
			124	71	129	82	122	84
			124	86	125	80	124	86
27	M	28	126	70	124	67	124	68
			132	74	123	72	128	70
			125	69	119	67	124	74
28	Ž	25	119	83	111	85	112	82
			117	85	106	83	108	84
			102	78	121	80	110	80
29	Ž	27	124	82	125	83	122	84
			119	88	116	80	120	82
			112	79	121	82	122	78
30	Ž	23	123	91	113	89	118	86
			115	84	119	82	114	88
			116	81	121	79	120	90
31	Ž	22	119	87	125	87	124	88
			124	88	117	78	126	88
			126	81	122	89	122	86
32	M	24	117	81	118	82	118	76
			113	75	120	77	122	78
			112	76	120	74	112	78
33	Ž	23	123	83	124	86	124	78
			114	79	124	79	116	72
			115	79	119	77	116	80

č.	Pohlaví	Věk	OmronM6 Comfort		Omron M2 Basic		LOGIKO	
			ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]
34	M	25	129	85	131	85	126	84
			115	77	127	76	124	82
			124	84	122	84	122	86
35	M	21	131	87	137	89	126	84
			121	79	124	84	130	88
			110	78	105	76	108	82
36	M	21	137	79	139	86	134	84
			134	83	131	81	132	80
			136	85	129	77	130	82
37	M	27	133	80	135	82	132	82
			126	79	131	79	128	78
			129	83	126	79	130	76
38	Ž	23	97	78	95	77	96	78
			93	71	94	69	100	72
			87	67	90	75	94	68
39	Ž	20	119	79	113	74	118	78
			115	73	116	78	114	78
			121	74	119	71	114	74
40	M	23	104	69	106	62	106	64
			115	61	111	65	102	64
			99	64	104	74	100	63
41	Ž	24	109	69	116	76	112	74
			109	74	105	67	111	78
			113	75	111	75	112	76
42	M	23	115	70	115	69	114	64
			125	64	124	63	118	66
			118	72	127	71	120	72
43	M	26	145	84	143	77	140	80
			134	76	139	86	138	78
			136	75	144	76	144	81
44	Ž	26	131	87	124	89	126	84
			116	81	129	83	118	88
			127	85	121	81	123	80

č.	Pohlaví	Věk	Omron M6 Comfort		Omron M2 Basic		LOGIKO	
			ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]
45	M	24	128	71	131	73	130	74
			133	75	127	73	124	74
			135	67	130	70	126	72
46	Ž	21	114	76	113	75	116	74
			110	71	119	77	110	74
			108	69	110	73	112	70
47	M	23	127	90	133	86	132	92
			136	85	128	90	134	88
			131	91	137	81	129	90
48	Ž	23	103	71	104	74	102	70
			93	67	98	65	100	68
			110	69	93	67	100	68
49	M	24	112	87	109	89	112	82
			107	83	114	81	114	88
			116	89	110	87	111	88
50	M	29	133	74	129	83	130	78
			124	75	131	79	128	82
			124	78	122	78	122	74
51	Ž	22	85	65	93	64	86	64
			88	63	96	72	92	68
			79	62	88	66	84	64
52	M	25	129	85	125	73	128	80
			121	78	134	89	130	82
			130	74	132	77	128	88
53	M	24	104	72	102	75	100	72
			103	67	95	68	96	66
			97	63	98	61	100	62
54	Ž	25	123	80	129	84	122	82
			127	83	120	77	120	80
			120	80	121	80	120	82
55	Ž	25	111	78	113	67	112	74
			115	71	107	73	110	68
			109	69	110	75	109	72

č.	Pohlaví	Věk	Omron M6 Comfort		OmronM2 Basic		LOGIKO	
			ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]
56	Ž	25	99	63	103	73	98	64
			114	65	99	66	99	68
			100	68	91	62	96	64
57	M	24	139	81	129	85	128	84
			124	77	132	74	132	84
			128	85	127	81	130	78
58	Ž	20	117	73	115	75	112	74
			109	67	112	70	118	70
			119	71	111	69	114	70
59	M	23	139	105	137	100	134	102
			135	102	131	101	138	104
			136	103	134	105	138	104
60	Ž	22	129	87	126	89	128	88
			118	82	131	84	128	82
			130	80	122	85	126	84
61	M	20	125	77	128	81	124	74
			119	72	126	74	120	78
			121	78	121	79	122	78
62	M	21	99	65	100	68	94	64
			94	61	96	60	98	68
			90	69	104	62	90	64
63	M	25	122	64	122	65	122	64
			117	61	126	60	124	62
			124	67	122	65	122	64
64	M	22	104	74	107	72	106	74
			109	71	103	75	104	68
			101	69	98	67	100	68
65	Ž	20	98	63	100	65	102	64
			105	67	96	69	100	68
			100	61	107	70	100	68
66	Ž	23	127	78	121	76	118	78
			117	72	126	79	118	74
			115	71	119	72	120	74

č.	Pohlaví	Věk	Omron M6 Comfort		Omron M2 Basic		LOGIKO	
			ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]
67	Ž	27	105	76	109	79	106	78
			111	86	105	75	108	70
			102	72	99	81	106	80
68	M	28	127	79	132	80	128	87
			134	85	128	88	132	84
			129	75	130	78	128	84
69	Ž	19	118	76	115	74	112	76
			100	70	105	68	108	74
			113	69	100	76	114	74
70	Ž	28	125	83	127	88	122	84
			128	88	121	78	118	82
			121	79	117	81	118	82
71	M	23	120	81	123	83	124	82
			116	84	127	87	122	82
			122	81	120	80	122	80
72	M	23	109	79	111	76	108	74
			102	73	104	72	111	78
			105	71	107	72	108	78
73	M	22	128	78	125	84	122	82
			126	82	116	79	120	78
			123	76	122	81	122	84
74	Ž	22	113	73	111	77	114	78
			108	67	114	71	112	72
			116	75	105	68	109	72
75	Ž	20	121	83	127	86	124	84
			129	87	121	84	122	88
			117	82	119	81	120	84
76	M	23	134	87	129	83	132	83
			128	84	135	88	128	82
			133	84	137	85	134	88
77	M	20	103	64	111	67	106	64
			109	69	105	71	104	70
			100	73	101	70	104	70

č.	Pohlaví	Věk	Omron M6 Comfort		Omron M2 Basic		LOGIKO	
			ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]
78	Ž	20	112	71	110	72	116	72
			107	79	112	67	112	68
			124	74	118	71	114	72
79	M	24	128	86	125	87	124	88
			122	78	131	81	122	84
			119	84	126	83	124	84
80	M	26	152	101	150	100	148	100
			145	97	147	100	150	100
			149	99	144	97	148	98
81	M	26	138	87	136	85	134	84
			127	83	124	79	134	84
			134	81	129	76	132	80
82	Ž	21	111	67	110	65	114	64
			119	66	116	61	111	62
			115	66	112	66	112	64
83	Ž	22	98	63	101	67	92	64
			88	61	95	71	94	62
			93	59	100	61	94	64
84	Ž	22	119	78	123	82	124	82
			126	83	125	75	120	84
			129	86	117	81	126	80
85	M	24	126	68	122	72	122	72
			118	74	119	69	122	68
			115	77	123	75	118	72
86	Ž	23	110	68	113	64	112	64
			105	60	103	67	106	68
			111	71	109	71	104	68
87	Ž	22	122	77	127	82	126	84
			129	81	123	79	124	82
			124	83	121	76	124	82
88	M	22	133	72	133	69	128	68
			127	67	129	74	132	70
			131	66	121	71	124	68

č.	Pohlaví	Věk	Omron M6 Comfort		Omron M2 Basic		LOGIKO	
			ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]
89	M	23	108	75	110	79	104	78
			113	71	101	73	104	72
			105	78	107	70	102	74
90	Ž	23	120	80	124	84	120	82
			123	83	120	77	128	80
			120	81	119	80	120	80
91	M	23	138	84	136	87	134	86
			133	79	132	83	128	82
			129	82	135	85	128	84
92	Ž	20	104	65	110	67	108	64
			101	69	100	62	104	64
			112	66	103	65	104	66
93	M	27	115	75	116	76	112	74
			119	67	110	70	112	72
			112	73	114	74	114	78
94	M	22	123	74	125	76	124	76
			116	69	124	66	124	68
			121	70	121	69	126	74
95	Ž	21	124	83	122	84	124	84
			119	86	126	81	118	82
			125	85	121	83	118	84
96	Ž	24	129	87	129	85	124	84
			124	78	131	81	126	82
			121	80	125	84	122	82
97	M	24	108	77	107	75	104	76
			103	73	102	71	102	74
			105	75	109	71	104	74
98	Ž	27	127	86	124	87	124	86
			119	83	128	82	126	84
			121	81	123	84	122	84
99	M	22	118	76	121	73	122	76
			127	73	122	74	118	78
			115	78	116	71	118	72

č.	Pohlaví	Věk	Omron M6 Comfort		Omron M2 Basic		LOGIKO	
			ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]	ST [mmHg]	DT [mmHg]
100	M	26	131	93	121	84	122	86
			123	90	117	81	126	90
			121	89	115	83	128	88