



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY**

**A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

**ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**

DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

## **SROVNÁNÍ VYBRANÝCH HEMODYNAMICKÝCH PARAMETRŮ A POVRCHOVÉ TEPLoty TĚLA MEZI VRCHOLOVÝMI SPORTOVCI A NORMÁLNÍ POPULACÍ PO ZÁTĚŽI**

COMPARISON OF SELECTED HEMODYNAMIC PARAMETERS AND BODY SURFACE TEMPERATURE  
BETWEEN ATHLETES AND NORMAL POPULATION AFTER EXERCISE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

SEMESTRAL THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Veronika Remenárová**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Mgr. Daniel Vlk, CSc.**

**BRNO 2018**

## Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Biomedicínská technika a bioinformatika**  
Ústav biomedicínského inženýrství

**Studentka:** Veronika Remenárová

**ID:** 185956

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2017/18

**NÁZEV TÉMATU:**

### **Srovnání vybraných hemodynamických parametrů a povrchové teploty těla mezi vrcholovými sportovci a normální populací po zátěži**

#### **POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1) Provedte literární rešerši v oblasti sledování hemodynamických změn a změn povrchových teplot u mladých žen (případně mužů). Zaměřte se na změny po zátěži u sportovců a u běžné populace. 2) Navrhněte vhodné hemodynamické parametry pro vlastní měření. Vyberte nejvhodnější části těla pro sledování teplotních změn po zátěži pomocí termovize. Navrhněte vhodné statistické metody pro vyhodnocení výsledků. 3) Navrhněte zátěžový test vhodný pro srovnání sportovců a běžné populace. Vytipujte skupiny dobrovolníků z obou skupin. 4) Na vybraných skupinách probandů proveďte hemodynamická a termovizní měření vždy před zátěžovým testem a po něm. 5) Vybranými statistickými metodami vyhodnoťte získané hemodynamické parametry a povrchové teploty částí těla. 6) Diskutujte získané výsledky, zhodnoťte rozdíly mezi sportovci a normální populací, případně rozdíly ženami a muži.

#### **DOPORUČENÁ LITERATURA:**

- [1] Lott, M.E., Hogeman, C.S., Vickery, L., Kunselman, A.R., Sinoway, L.I., MacLean, D.A. Effects of dynamic exercise on mean blood velocity and muscle interstitial metabolite responses in humans. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* 281, 2001, H1734–H1741.
- [2] Staffa E, Bernard V, Kubiček L, Vlachovský R, Vlk D, Mornstein V, Staffa R. Using Noncontact Infrared Thermography for Long-term Monitoring of Foot Temperatures in a Patient with Diabetes Mellitus. *Ostomy/Wound Management, King of Prussia, USA, Pa.: Health Management Publications*, 2016, 62 (4):54-61, 1943-2720.

**Termín zadání:** 5. 2. 2018

**Termín odevzdání:** 25. 5. 2018

**Vedoucí práce:** Mgr. Daniel Vlk, CSc.



**prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.**  
předseda oborové rady

#### **UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č.121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Práca je venovaná tematike sledovania hemodynamických parametrov, povrchovej teploty tela populácie a zmien týchto veličín spôsobených telesnou záťažou. V práci je zahrnutá aj literárna rešerš zo spomenutej oblasti, kde sa sústreďuje najmä na pulz, krvný tlak, prietok krvi, jeho rýchlosť a na povrchovú teplotu tela, v zmysle ich hodnôt v kľude, spôsoby ich merania a ich zmeny vplyvom záťaže. Dvadsať probandiek, desať športovkýň a desať nešportovkýň bude podrobených dvom typom záťažových testov pre odsledovanie zmien vybraných hemodynamických parametrov a pre porovnanie sledovaných skupín. Nasleduje kvantitatívna a štatistická analýza nameraných dát.

## **Kľúčové slová**

Hemodynamické parametre, záťažový test, športovci, normálna populácia, povrchová teplota tela, dopplerovské ultrazvukové meranie, infračervená termografia

## **Abstract**

The thesis deals with monitoring of hemodynamic parameters, body surface temperature of population and changes in these physical parameters caused by physical exercise. This thesis includes literary research from mentioned area, focusing mainly on pulse, blood pressure, blood flow, its velocity and body surface temperature, in meaning of their resting values, methods of measurement and their changes caused by exercise. Twenty women, 10 sportswomen and 10 women from normal population will undergo two types of exercise test to monitor changes in chosen hemodynamic parameters and to compare different groups of women. This part is followed by quantitative and statistical analysis of the measured data.

## **Keywords**

Hemodynamic parameters, exercise test, sportswomen, normal population, body surface temperature, Doppler ultrasound measurement, infrared termography

### **Bibliografická citace:**

REMENÁROVÁ, V. *Srovnání vybraných hemodynamických parametrů a povrchové teploty těla mezi vrcholovými sportovci a normální populací po zátěži*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2018. 85s. Vedoucí práce: Mgr. Daniel Vlček, CSc.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci na téma „Srovnání vybraných hemodynamických parametrů a povrchové teploty těla mezi vrcholovými sportovci a normální populací po zátěži“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dňa .....

.....  
podpis autorky

## **Pod'akovanie**

Ďakujem svojmu vedúcemu bakalárskej práce Mgr. Danielovi Vlкови, CSc. za účinnou metodickú, pedagogickú, odbornú pomoc a v neposlednom rade za veľmi ochotný a ľudský prístup. Moje ďalšie pod'akovanie patrí konzultantovi mojej bakalárskej práce MUDr. Tomášovi Júzovi za cenné rady a výpomoc pri meraní.

V Brně dňa .....

.....  
podpis autorky

# Obsah

Úvod .....	1
<b>1 Hemodynamika krvného obehu .....</b>	<b>2</b>
1.1 Obehová sústava.....	3
1.1.1 Srdce .....	3
1.1.2 Cievny systém.....	4
1.2 Hemodynamické parametre a ich meranie .....	5
1.2.1 Srdcový pulz .....	6
1.2.2 Meranie srdcového pulzu.....	7
1.2.3 Prietok krvi .....	8
1.2.4 Prúdenie krvi.....	10
1.2.5 Meranie rýchlosti toku krvi.....	11
1.2.6 Krvný tlak .....	12
1.2.7 Meranie krvného tlaku .....	15
1.3 Infračervená termografia .....	18
1.3.1 Povrchová teplota a s tým súvisiace veličiny .....	18
1.3.2 Bezdotykové meranie teploty povrchu tela .....	19
<b>2 Zmeny hemodynamických parametrov pri záťaži .....</b>	<b>22</b>
2.1 Zmeny srdcového pulzu .....	22
2.1.1 Porovnanie hodnôt tepu u športovcov a nešportovcov .....	24
2.2 Zmeny rýchlosti toku krvi.....	25
2.2.1 Výskum zameraný na zmeny rýchlosti toku krvi pri záťaži.....	26
2.3 Zmeny tlaku krvi .....	26
2.3.1 Zmeny tlaku krvi na základe rozdielnych druhov záťaže.....	27
2.3.2 Pozitívny vplyv cvičenia na vysoký krvný tlak .....	28
2.3.3 Vplyv vysokého krvného tlaku na výkon športovcov .....	28
2.3.4 Porovnanie hodnôt tlaku u športovcov a nešportovcov .....	29
2.4 Zmeny povrchovej teploty .....	30
<b>3 Návrh hemodynamických parametrov a záťažových testov .....</b>	<b>32</b>
3.1 Zvolené hemodynamické parametre .....	32
3.2 Záťažové testy .....	32
<b>4 Praktická časť .....</b>	<b>34</b>
4.1 Meracie systémy .....	34
4.2 Metodika merania .....	35
4.3 Namerané výsledky .....	37
4.3.1 Štatistická analýza hemodynamických parametrov .....	37
4.3.2 Výsledky srdcového pulzu.....	38
4.3.3 Štatistická analýza srdcového pulzu .....	43
4.3.4 Výsledky rýchlosti toku krvi.....	45

4.3.5	Výsledky priemernej rýchlosti toku krvi .....	46
4.3.6	Štatistická analýza priemernej rýchlosti toku krvi.....	51
4.3.7	Výsledky pulzačného indexu .....	52
4.3.8	Štatistická analýza pulzačného indexu .....	58
4.3.9	Výsledky krvného tlaku .....	59
4.3.10	Výsledky systolického krvného tlaku .....	59
4.3.11	Štatistická analýza systolického tlaku.....	61
4.3.12	Výsledky diastolického tlaku.....	62
4.3.13	Štatistická analýza diastolického krvného tlaku .....	64
4.3.14	Výsledky povrchovej teploty tela .....	65
4.3.15	Štatistická analýza povrchovej teploty tváre .....	68
<b>5</b>	<b>Diskusia.....</b>	<b>69</b>
<b>6</b>	<b>Záver .....</b>	<b>74</b>
	<b>Literatúra .....</b>	<b>75</b>
	<b>Seznam symbolů, veličin a zkratek .....</b>	<b>83</b>
	<b>Prílohy na CD.....</b>	<b>85</b>

# Seznam obrázků

1 Morfológia srdca, prevzaté z [7] .....	3
2 Pulzný oxymeter pre meranie na prste, prevzaté z [21] .....	8
3 Porovnanie laminárneho a turbulentného prúdenia, prevzaté z [22].....	10
4 Grafické znázornenie Dopplerovho posunu, prevzaté z [26].....	12
5 Krivka krvného tlaku, prevzaté z [2].....	14
6 Extravaskulárny tlakový snímací systém, prevzaté z [36] .....	16
7 Oscilometrická metóda merania TK, prevzaté z [32] .....	17
8 Elektromagnetické spektrum, detail na infračervené pásmo, prevzaté z [39].....	18
9 Schéma spracovania žiarenia z objektu termokamerou, prevzaté z [39] .....	19
10 Palety termokamery. A: iron, B: rain, C: medical, D: grey, prevzaté z [37].....	20
11 Priebeh $HR_{rec}$ nameraný 5 minút po ukončení cvičenia, prevzaté z [45] .....	24
12 Ukážka cvičenia na modifikovanom Kroghovom ergometri, prevzaté z [49] .....	26
13 Príklad statickej a dynamickej práce prevzaté z [54] .....	27
14 Porovnanie hodnôt tlakov medzi športovcami a nešportovcami v kľude a po cvičení, prevzaté z [50].....	29
15 Rozloženie telesného tepla v chladnom (naľavo) a teplom (napravo) prostredí, dostupné z [62].....	30
16 Názorná ukážka cviku s jednoručnými činkami, dostupné z [64].....	33
17 Postupné polohy pri vykonávaní cviku „angličák“, dostupné z [66].....	33
18 Všetky prístroje použité pri meraní hemodynamických parametrov, zľava hore digitálny tlakomer, ultrazvukový prístroj, patientský monitor s pulzným oxymetrom a infračervená termokamera.....	34
19 Fotodokumentácia z priebehu merania .....	36
20 Ukážka jedného výstupného merania z ultrazvukového prístroja.....	38
21 Krabicový graf priemerných pulzov meraných v kľude a bezprostredne po angličákoch	40



22 Krabicový graf priemerných pulzov meraných v kľude a od minimálne jednej minúty po angličáku.....	41
23 Krabicový graf priemerných pulzov meraných v kľude, bezprostredne a od minimálne jednej minúty po cviku s činkou .....	42
24 Krabicový graf priemerných pulzov meraných v kľude, bezprostredne po cvičení s činkou a spriemerovaných hodnôt angličáku zo všetkých troch kôl.....	43
25 Ukážka výstupu zo software pre ultrazvukový prístroj.....	45
26 Krabicový graf priemerných rýchlostí toku krvi meraných v kľude a bezprostredne po angličáku.....	48
27 Krabicový graf priemerných rýchlostí toku krvi meraných v kľude, bezprostredne a minimálne jednu minútu po angličáku.....	49
28 Krabicový graf priemerných rýchlostí toku krvi meraných v kľude, bezprostredne a od minimálnej jednej minúty po cviku s činkami .....	51
29 Krabicový graf pulzačných indexov meraných v kľude a bezprostredne po angličáku....	55
30 Krabicový graf pulzačných indexov meraných v kľude a a minimálne jednu minútu po angličáku.....	56
31 Krabicový graf pulzačných indexov meraných v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu po cviku s činkami .....	57
32 Krabicový graf STK meraných v kľude, bezprostredne po cviku s činkami a po angličákoch .....	60
33 Krabicový graf DTK meraných v kľude, bezprostredne po cviku s činkami a bezprostredne po angličákoch .....	64
34 Ukážka snímku z termokamery s vykreslenými čiarami a zmeranými teplotami.....	66
35 Krabicový graf všetkých nameraných hodnôt povrchových teplôt tváre u športovkyň aj nešportovkyň.....	66

# Seznam tabulek

1	Typy ciev, ich prierezy riečiskom a v nich priemerné rýchlosti toku krvi.....	25
2	Vybrané orgány a časť z objemu MV srdca ktorá nimi preteká.....	25
3	Priemerné hodnoty pulzov meraných v kľude a po cviku angličák u športovkýň .....	39
4	Priemerné hodnoty pulzov meraných v kľude a po cviku angličák u nešportovkýň .....	39
5	Priemerné hodnoty pulzov meraných v kľude a po cviku s činkami u oboch skupín.....	43
6	Testovanie vplyvu záťaže na srdcový pulz u športovcov aj nešportovcov .....	44
7	Testovanie rozdielu pulzov tváre medzi športovcami a nešportovcami.....	44
8	Hodnoty priemernej rýchlosti toku krvi, nameranej v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu od ukončenia cviku angličák (všetky tri kolá) u športovkýň .....	47
9	Hodnoty priemernej rýchlosti toku krvi, nameranej v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu od ukončenia cviku angličák (všetky tri kolá) u nešportovkýň.....	47
10	Hodnoty priemernej rýchlosti toku krvi, nameranej v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu od ukončenia cviku s činkami u nešportovkýň aj športovkýň .....	50
11	Testovanie vplyvu záťaže na priemernú rýchlosť toku športovkýň aj nešportovkýň .....	52
12	Testovanie rozdielu priemernej rýchlosti toku medzi športovkyňami, nešportovkyňami	52
13	Hodnoty pulzačného indexu, nameraného v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu od ukončenia cviku angličák (všetky tri kolá) u športovkýň .....	53
14	Hodnoty pulzačného indexu, nameraného v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu od ukončenia cviku angličák (všetky tri kolá) u nešportovkýň .....	54
15	Hodnoty pulzačného indexu, nameraného v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu od ukončenia cviku s činkami u nešportovkýň aj športovkýň .....	57
16	Testovanie vplyvu záťaže na pulzačný index športovkýň aj nešportovkýň.....	58
17	Testovanie rozdielu priemernej rýchlosti toku medzi športovkyňami, nešportovkyňami	59
18	Namerané hodnoty STK v kľude a po všetkých záťažových cvičeniach u športovkýň...	61
19	Namerané hodnoty STK v kľude a po všetkých záťažových cvičeniach u športovkýň...	61

20	Testovanie vplyvu záťaže na STK u športovkýň aj nešportovkýň.....	62
21	Testovanie rozdielu STK medzi športovkyňami a nešportovkyňami .....	62
22	Namerané hodnoty DTK v kľude a po všetkých záťažových cvičeniach u nešportovkýň .....	63
23	Namerané hodnoty DTK v kľude a po všetkých záťažových cvičeniach u športovkýň ..	63
24	Testovanie vplyvu záťaže na DTK u športovkýň aj nešportovkýň .....	64
25	Testovanie rozdielu DTK medzi športovkyňami a nešportovkyňami .....	65
26	Priemerné hodnoty povrchových teplôt tváre nameraných u športovkýň .....	67
27	Priemerné hodnoty povrchových teplôt nameraných u nešportovkýň .....	67
28	Testovanie vplyvu záťaže napovrchovú teplotu tváre u športovcov aj nešportovcov.....	68
29	Testovanie rozdielu porchovej teploty tváre medzi športovkyňami a nešportovkyňami .	68

# ÚVOD

Cieľom tejto bakalárskej práce je v prvom rade preštudovať a oboznámiť sa s teóriou hemodynamických parametrov a ich zmien v súvislosti so záťažou a ich eventúálnymi rozdielmi medzi športovkyňami a nešportovkyňami. Táto práca sa bude sústreďovať na esenciálne hemodynamické parametre ako sú pulz, krvný tlak, rýchlosť toku krvi a navyše budú rozšírené o meranie povrchovej teploty tela (tváre) jedincov. V menšej miere bude pojednávané o metódach merania zmiených parametrov a o infračervenej termografii, ktorá sa stáva čoraz populárnejšou doplnkovou zobrazovacou metódou v klinickej praxi hlavne vďaka svojej neinvazívnosti, nezaťažujúcemu charakteru a jednoduchosti merania. Dáva lekárom jasné informácie o rozložení povrchovej teploty kože, z čoho sa dá usúdiť zvýšený prietok krvi danou oblasťou, ktorý môže ale nemusí mať patologický pôvod.

Druhým cieľom tejto práce je uskutočnenie merania hemodynamických parametrov pomocou vybraných meracích systémov pred a po záťažových testoch pre odsledovanie zmien týchto parametrov spôsobených vplyvom záťaže.

Posledným bodom je spracovanie nameraných výsledkov, ich kvantitatívne vyhodnotenie a štatistická analýza. Hlavným skúmaným faktorom je vplyv záťaže na zmenu hodnôt hemodynamických parametrov oproti kľudovým hodnotám. A taktiež porovnanie skupín športovkýň a nešportovkýň, v zmysle odlišností v zmenách týchto parametrov.

Sledovanie hemodynamických parametrov má svoj význam nie len v športovej medicíne ako nástroj zisťovania trénovanosti jedincov ale aj vo všeobecnej medicíne v rámci zisťovania a kontroly zdravotného stavu pacientov. Je známe, že cvičenie pomáha každý z hemodynamických parametrov udržiavať na fyziologických hodnotách preto by sa nemalo v rámci nie len zdravého, ale aj normálneho životného štýlu zanedbávať.

# 1 HEMODYNAMIKA KRVNÉHO OBEHU

Hemodynamika (z gréčtiny haima, krv a dynamis, sila) je hydrodynamika prúdenia krvi v uzavretom krvnom obehu. Z fyzikálneho hľadiska sa zaoberá obehom krvi ako nestlačiteľnej viskózne tekutiny, tlakmi krvi v rôznych častiach tela a za rôznych okolností, činnosťou srdca a ciev ako trubíc vedúcich krv. Komplexné usporiadanie obehovej sústavy a neustále zmeny tlaku spôsobujú, že popísanie mechaniky krvného toku je dosť zložitá záležitosť, a to z nasledujúcich dôvodov. [1] [2] [3]

- Krv je pumpovaná srdcom do veľkých tepien po „dávkach“.
- V ľudskom tele sa nachádzajú cievy o rôznych rozmeroch, o rôznych stupňoch pružnosti a rozťažnosti, a navyše sú mnohonásobne komplikovane vetvené.
- Krv je suspenzia pozostávajúca z krvných elementov rozptýlených v krvnej plazme ako vodnom roztoku obsahujúcom rozptýlené ióny, organické aj anorganické látky. [2]
- Krv patrí k ne-newtonovským kvapalinám – k nelineárne viskóznym, čo znamená, že sa počas svojho prúdenia neriadi Newtonovým zákonom viskozity, takže rýchlosť deformácie u krvi nie je priamo úmerná napätiu, ale je funkciou času. Lineárna závislosť platiaca pre newtonovské kvapaliny je vyjadrená Newtonovým zákonom, a teda vzťahom, [4]:

$$\tau_{xy} = -\eta \frac{du_x}{dy}, \quad (1)$$

kde je  $\tau_{xy}$  šmykové (dotykové) napätie,  $\eta$  je dynamická viskozita a  $\frac{du_x}{dy}$  je gradient rýchlosti danej kvapaliny. Obecne platí, že pokiaľ je hodnota gradientu rýchlosti  $\frac{du_x}{dy} \leq 100 \text{ s}^{-1}$ , má to za výsledok prejavovanie vlastností ne-newtonovských kvapalín. Ich špeciálne vlastnosti vyplývajú z interakcií medzi molekulami danej kvapaliny. Krv konkrétne patrí do podskupiny pseudoplastických kvapalín, u ktorých s narastajúcou rýchlosťou deformácie (s rastúcim napätím) viskozita klesá, takže také, ktoré dokážu tiecť už pri minimálnom napätí a ich častice sa orientujú v smere pohybu toku. [4]

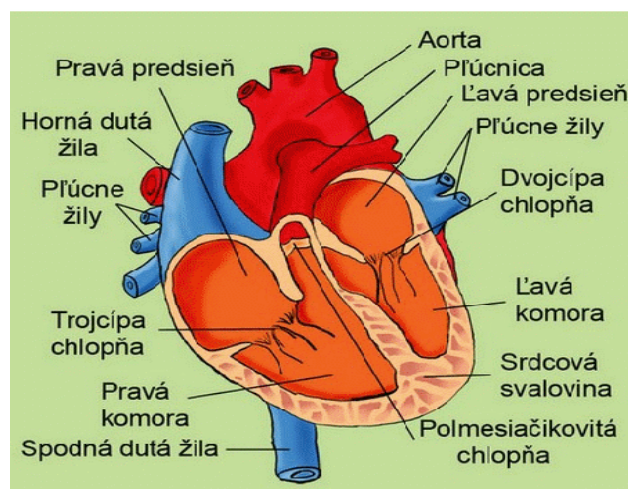
Regulácia obehovej sústavy je zabezpečená mechanizmami homeostázy, takže sa snaží priebežne zaznamenávať zmeny v hemodynamike a potrebné ich upravovať na normálne hodnoty, v rámci udržiavania stability vnútorného prostredia. [2]

## 1.1 Obehová sústava

Obehová sústava (kardiovaskulárny systém) predstavuje uzavretý systém, tvorený tromi zložkami vo vzájomných dynamických vzťahoch: srdce, cievy a krv. Srdce svojou silou na jednej strane krv vypudzuje do cievneho systému, a na druhej strane ju spätne nasáva (žilný návrat). Úlohou transportného média – krvi, je zaistiť rozvádzanie živín, odpadových látok, tepla, hormónov a dýchacích plynov cez cievny systém do rôznych častí tela. Dôležitým pre správnu svalovú prácu je predovšetkým zaistenie dostatočného prísunu kyslíku, energetických zdrojov a odvod katabolitov. Obehovú sústavu delíme na celotelový obeh a pľúcny obeh. [2] [4]

### 1.1.1 Srdce

Srdce je dutý, svalový orgán o veľkosti zovretej päste. Funguje ako tlakovo-objemové čerpadlo, zložené zo štyroch oddielov – ľavej a pravej predsieň, ľavej a pravej komory. Siene sú od komôr oddelené chlopňovým aparátom, ktoré zaisťujú jednosmerný tok. Naľavo sa nachádza dvojčípa chlopňa a napravo naopak trojčípa. Medzi tepnami a komorami nájdeme ďalšie chlopne, ktoré sa nazývajú polmesiačikové, napravo ústia do pľúcnice a naľavo do aorty.



Obrázok 1 Morfológia srdca, prevzaté z [7]

Pri sledovaní srdečnej práce je možné rozoznať jej dve zložky – elektrickú a pracovnú. Medzi nimi funguje veľmi tesný vzťah, pretože elektrické zmeny sú bezprostredne doprevádzané zmenami mechanickými, presnejšie povedané ide o kontrakčne – relaxačný cyklus. Nás, vzhľadom k téme tejto práce, bude viacej zaujímať mechanická práca srdca.

V rámci srdečného cyklu sa prostredníctvom pravidelne opakujúcich relaxácií (diastol), kedy sa srdce plní krvou a následných kontrakcií srdečného svalu (systol), krv hnacou silou srdca vypudzuje do cievneho obehu. Pri každej systole je do krvného obehu vypudený tepový objem krvi. Objemovú prácu srdca si môžeme predstaviť ako objemovú prácu piestu, ktorý pri každom svojom pohybe vytlačí určitý objem krvi za použitia dostatočného tlaku. [3] [5] [6]

### **1.1.2 Cievny systém**

Cievny systém je tvorený viacerými druhmi ciev o rôznej pružnosti, rozťažnosti a rozmere. Vo všeobecnosti sa na stavbe ciev podieľajú tri základné vrstvy: vrstva endoteliálnych buniek, vrstva hladkej svaloviny a vrstva väzivového tkaniva. Delíme ich teda do 6 kategórií, ktoré budú v nasledujúcom úseku krátko popísané.

- **Odporové ciev** – anatomicky sem patria predovšetkým arterioly a venuly. Vyznačujú sa vysokým podielom hladkej svaloviny v stene, preto sa tiež nazývajú muskulárne ciev. Vďaka svalovine, môžu tieto ciev meniť aktívne svoj prievit, kontrahovať alebo relaxovať sa podľa potreby organizmu. Napríklad pri svalovej práci sa s rastúcou spotrebou, ciev viac relaxujú a do svalu priteká viac krvi. Ich úlohou je teda predovšetkým regulácia prietoku krvi orgánmi a taktiež svojou činnosťou zvyšujú periférny odpor krvného riečiska.
- **Pružníkové ciev** – do tejto kategórie patria veľké tepny, hlavne aorta. Tieto ciev sa vyznačujú svojimi elastickými vlastnosťami, ktoré umožňujú vyrovnávať pulzačný prúd krvi a rýchlo privádzať krv do periférie. Naopak sú veľmi chudobné na hladké svalstvo, takže dokážu len minimálne meniť svoj prievit. V systole sa časť kinetickej energie vypudzovanej krvi mení v potenciálnu energiu rozťahnutých elastických vlákien. Počas diastoly sa cieva pasívne stiahne a tým sa potenciálna energia premení na translačný pohyb krvi a udržuje tak súvislý krvný tok. Tento dej sa súhrne nazýva

pružníkový efekt, ktorý umožňuje plynulý tok kapilármi, udržuje tlak počas diastoly a tým znižuje nároky na prácu srdca.

- Kapacitné cievy – sem radíme predovšetkým žily. Žily sa podobne ako pružníkové cievy vyznačujú poddajnou stenou s nízkym obsahom hladkej svaloviny. Tieto vlastnosti ich predurčujú k tomu aby mohli slúžiť ako rezervoár krvi.
- Kapiláry – z funkčného hľadiska predstavujú najvýznamnejšiu časť krvného obehu, pretože výmena látok cez kapiláry je jednou z podmienok života organizmu. V orgánoch tela cez tenkú stenu kapiláry prestupujú do interstícia živiny a  $O_2$  z krvi a opačným smerom prestupujú odpadové látky a  $CO_2$ .
- Arteriovenózne skraty – odborne anastomosis, predstavujú priame spojenie žilného a tepenného riečiska, takže dochádza k obídeniu kapilárnej siete a tým k urýchleniu prietoku orgánmi.
- Prekapilárne sfinktery – prstence hladkej svaloviny, ktoré sa nachádzajú vo vyústení kapilár, kde určujú veľkosť kapilárnej plochy. Sú citlivé na parciálny tlak  $pO_2$ , pri jeho zvýšení sa kontrahujú a zastavujú tok kapilármi. [2] [3] [5]

## 1.2 Hemodynamické parametre a ich meranie

Pomocou hemodynamických parametrov dokážeme merať prácu a funkciu srdca, dynamické vlastnosti cievneho obehu a krvi. Súvislé monitorovanie hemodynamických parametrov napomáha doktorom pri hľadaní príčin obehovej nestability, pri nastavovaní vhodnej liečby a taktiež im pomáha predchádzať zhoršovaniu stavu pacientov a tak napríklad včasne predísť kardiovaskulárnemu zlyhaniu, ktorého následkom môže byť až zlyhanie ostatných orgánov.

Z pohľadu hydrodynamiky sa systém chová podľa Ohmovho zákona, [8]:

$$U = R \cdot I, \quad (2)$$

kde  $U$  je tlakový gradient medzi vstupným a výstupným stredným tlakom,  $R$  chápeme ako odpor kapilárneho riečiska a  $I$  je prietok jednotlivými čerpadlami (srdce funguje ako dve sériovo zapojené čerpadlá).

Hemodynamické monitorovanie môže byť invazívne alebo neinvazívne, súvislé alebo prerušované. Invazívne metódy vyžadujú zavedenie špeciálneho katétru do cievy, za účelom merania krvného tlaku alebo saturácie krvi kyslíkom. Neinvazívne metódy sú



založené na dopplerovskom ultrazvukom meraní krvného prúdu. Hemodynamické veličiny môžu byť merané priamo alebo sa môžu odvodiť cez spracovanie signálov. [8] [9]

Ďalej budú uvedené teoretické podklady hemodynamických parametrov súvisiacich s predpokladaným zameraním experimentálnej časti bakalárskej práce. A následne budú krátko zmienené princípy bezkontaktnnej termografie, ktorá bude využitá k sledovaniu zmien prekrvenia periférnych častí tela.

### 1.2.1 Srdcový pulz

Tlaková vlna, vznikajúca vypudením krvi z ľavej srdcovej komory do aorty a šíriaca sa ďalšími tepnami, spôsobuje rozvlnenie cievnych stien, ktoré môžeme sledovať ako pulz (tep). Rýchlosť pulznej tlakovej vlny je oveľa väčšia ako krvi a jej tvar závisí na poddajnosti a rozmere ciev. Tieto vlny hýbu krvou v tele človeka, ktorá je transportérom živín a kyslíku do celého tela. [2] [10]

Rozoznávame apikálny pulz, ktorý môžeme nahmatať v okolí hrotu (apexu) srdca a ten častejšie meraný na periférnych tepnách – periférny pulz. [11]

Pulz (tepová frekvencia) je rýchlosť akou tepe srdca, vyjadruje sa preto v počtoch sťahov srdca za minútu. Je dôležitým ukazovateľom stavu organizmu v kľude aj pri záťaži. Zmena pulzu môže súvisieť so zmenami zdravotného stavu a preto má veľký význam pri stanovovaní lekárskej diagnózy. [12]

Kľudová tepová (srdcová) frekvencia sa v priemere pohybuje okolo 61-72 tep/min u mužov a 67-76 tep/min u žien. Je závislá na dýchaní, pri nádychu sa zrýchľuje a pri výdychu naopak spomaľuje. Zvyšuje sa najmä pri záťaži, ale napríklad aj v stresových situáciách. Nižšie hodnoty sú väčšinou pozorované u športovcov, ktorí majú silnejšie srdce ako bežní ľudia a tým dokážu prečerpať väčšie množstvo krvi – hodnota pulzu sa potom môže pohybovať až okolo 40 tepov/min. Športovci využívajú tepovú frekvenciu ako hlavný ukazovateľ trénovanosti a zaťaženia organizmu, o čom bude pojednávané v nasledujúcich kapitolách tejto práce. U netrénovaných ľudí môže nízky pulz spojený so stratami vedomia signalizovať srdcový blok, ktorý môže vyústiť až v zástavu srdca. [10] [13]

Medzi faktory ovplyvňujúce pulz patria napríklad:

- genetické predispozície,
- vek, pohlavie – ženy a starší ľudia ho majú vyšší,

- teplota tela – nárast teploty o 1 °C spôsobí zvýšenie pulzu o 10 tep.min<sup>-1</sup>,
- teplota okolitého prostredia – v chladnom prostredí pulz klesá, v horúcom narastá,
- trénovanosť - čím je človek trénovanejší, tým má nižší pulz,
- záťaž (fyzická, psychická) – s narastajúcou záťažou stúpa aj pulz,
- poloha tela – v polohe ležmo je pulz nižší ako v stoji,
- prijaté potraviny – trávenie vo všeobecnosti podmieňuje nárast pulzu,
- poprípade prijaté stimulačné zložky v potravinách (káva obsahujúca kofeín) tento nárast ešte zvyšujú,
- autonómny nervový systém – bližší popis v kapitole 2.1,
- lieky, hormóny, atď. [14]

### 1.2.2 Meranie srdcového pulzu

Účelom merania pulzu (tepovej frekvencie) je zistenie stavu krvného obehu. Periférny pulz najčastejšie meriame na a.radialis, alebo aj na iných cievach, ako: a. temporalis, a. carotis, a. brachialis, a. femoralis, a. poplitea, a. tibialis posterior, a. dorzalis pedis. [11]

Pri hodnotení pulzu sa sleduje jeho frekvencia, pravidelnosť (rytmus) a kvalita. Pri pozorovaní rytmu sa snažíme odsledovať či je pulz pravidelný, plný a taktiež či je dobre hmatateľný. Nepravidelný pulz môže mať pôvod v srdcovej arytmii (porucha srdcovej činnosti). [11] [15]

Kvalitu tepu hodnotíme okrem iného aj podľa tvaru pulzovej vlny. Vtedy pulz rozlišujeme napríklad na tvrdý, veľký, mäkký, atď. Tvrdý vyžaduje veľké stlačenie tepny a prejavuje sa u hypertenzie. Mäkký (nitkovitý), sotva hmatateľný pulz, ktorý má malú pulzovú krivku, môžeme sledovať pri závažnej hypotenzii až šoku. Veľký má naopak mohutnú pulzovú vlnu a vzniká ako dôsledok aterosklerózy. [16]

Keď je frekvencia pulzu v norme hovoríme o normokardií (70 – 80 tep/min). Ak sa však zvýši nad 90 tep/min ide už o tachykardiu, naopak zníženie pulzu pod 60 tep/min označujeme ako bradykardiu. [15]

V nasledujúcej časti bude popísaná použitá metóda merania tepovej frekvencie.

#### *Pletysmografia*

Metóda založená na vzťahu medzi výškou tlaku vo vnútri cievy a objemového pulzu v končatinách (majú podobné priebehy). Slúži na získanie informácií o funkčnej

priechodnosti v danom úseku cievy, o trombóze a o svalovom eventuálne kožnom prekrvení. Podľa typu adaptéru na prevod objemových zmien, sa pletysmografia delí ešte na viaceré metódy, ako tenzometrickú, mechanickú, impedančnú a fotoelektrickú. Fotoelektrická metóda sa používa pri prstovej pletysmografií, kde sú na končeky prstov pripnuté snímače, ktoré v podstate fungujú ako pulzné oxymetre teda na princípe prechodu svetla cez tkanivo. [17]

### *Pulzný oxymeter*

Patrí teda pod metódu fotoelektrickej pletysmografie, ktorá zároveň využíva aj spektrofotometriu. Používa sa k meraniu saturácie krvi kyslíkom ( $SpO_2$ ) a pulzu respektíve pulzovej vlny. Snímač sa skladá zo zdroja svetla (dve LED diódy emitujúce červené a blízke infračervené svetlo), ktorého lúče prechádzajú cez tkanivo v závislosti na množstve okysličeného hemoglobínu (čím viac je hemoglobínu tým menšiu intenzitu nameriame). Intenzita prejdeného svetla sa následne detekuje na fotodióde. Meranie saturácie sa koreluje s meraním pulzu, pretože v priebehu pulzovej vlny sa mení objem cievy (krv priteká) a teda aj absorbanca svetla hemoglobínom (pulzujúca zložka absorbancie). [18] [19] [20]



Obrázok 2 Pulzný oxymeter pre meranie na prste, prevzaté z [21]

### **1.2.3 Prietok krvi**

Mechanika toku krvi v obehovej sústave sa riadi zákonmi náuky o tokových vlastnostiach kvapalín, ktorá sa presnejšie nazýva reológia.

Pojmom prietok krvi chápeme objem krvi, ktorý pretečie prierezom cievy za jednotku času, [2]:

$$Q = \frac{V}{t}, \quad (3)$$

kde  $Q$  je objemový prietok krvi počítaný v mililitroch za sekundu,  $t$  je čas v minútach za ktorý tento prietok meriame a  $V$  je daný objem krvi počítaný v litroch.

Najpomalší tok krvi nájdeme v kapilárach, kde je to obzvlášť dôležité, pretože sa tým zaistí dostatočne dlhý čas pre uskutočnenie výmeny dýchacích plynov alebo iných látok medzi krvou a intersticiálnou tekutinou. Najväčšia rýchlosť je naopak v aorte, ktorá je síce široká, ale prierez ich celkového riečisko je menší, čo sa odzrkadlí na väčšej rýchlosti. Vo všeobecnosti však rýchlosť krvi nie je v celom priereze cievy rovnaká, stúpa od nulových hodnôt pri stene, k maximálnym hodnotám v strede cievy.

Príčinou prúdenia krvi v krvnom obehú je činnosť srdca, ktorá vytvára tlakový gradient medzi tepennou a žilnou časťou systému. To znamená, že krv prúdi z miesta vyššieho tlaku do miesta nižšieho tlaku a dokáže tak prekonať odpor, ktorý mu kladie krvné riečisko. Vzťah spojujúci periférny odpor, tlakový gradient a prietok krvi, je možné vyjadriť rovnicou, [2]:

$$Q = \frac{\Delta p}{R}, \quad (4)$$

kde  $Q$  je objemový prietok krvi počítaný v litroch za minútu,  $\Delta p$  je tlak krvi, presnejšie rozdiel tlakov na začiatku a konci sledovanej cievy a  $R$  je periférny odpor, vyjadrujúci súčet všetkých čiastkových odporov, ktoré kladú krvi odpor. Keď za  $R$  dosadíme veličiny z Hagen-Poiseuillovoho zákona, môžeme tento vzťah (4) napísať aj v tvare, [2]:

$$Q = \frac{\Delta p \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot \eta \cdot l}, \quad (5)$$

kde  $\eta$  je dynamická viskozita krvi,  $l$  je dĺžka cievy,  $r$  je polomer cievy a  $\Delta p$  je rozdiel tlakov. Z týchto vzťahov je možné odvodiť tieto tri hlavné závery:

- prietok krvi je priamo úmerný štvrtej mocnine polomeru cievy, teda jeho veľkosť významne závisí na priemere cievy (napríklad pri zdvojnásobení priemeru sa prietok zvýši až šesťnásťkrát),
- prietok krvi a s ním súvisiaci polomer cievy sú nepriamo úmerné periférnemu odporu (pri tom istom príklade, klesne periférny odpor na 1/16 pôvodnej hodnoty),
- závislosť na dĺžke cievy alebo viskozite sa berie ako zanedbateľná. [2]

## 1.2.4 Prúdenie krvi

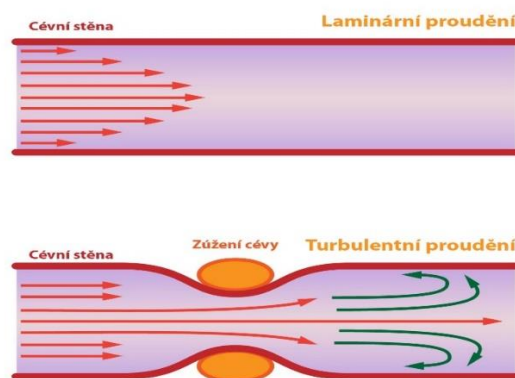
Ako už bolo spomenuté, príčinou prúdenia krvi sú tlakové rozdiely medzi tepennou a žilnou časťou krvného obehu. V krvnom obehu existujú dva typy prúdenia krvi.

- Laminárne – považuje sa fyziologické. Keď si predstavíme krv ako jednotlivé vrstvy tekutiny poukladané na seba, tak jej pohyb sa potom deje paralelne s pozdĺžnou osou cievy. Prietok krvi stúpa lineárne s tlakovým spádom až do kritickej hodnoty – Reynoldsovho čísla. Pri tejto hodnote vznikajú víry a prúdenie sa mení z laminárneho na turbulentné.
- Turbulentné – častice kvapaliny okrem posúvania pri prúdení, vykonávajú aj vlastný pohyb, ktorý spôsobuje vznik vírov, ktoré je možné detekovať ako zvukové fenomény – šelesty. Tie je možné počuť nad postihnutou oblasťou, a silnejšie je dokonca možné nahmatať. [5]

Reynoldsovo číslo, konkrétne jeho hodnota 1000, predstavuje kritický bod premeny laminárneho prúdenia na turbulentné. Závisí na polomere trubice, strednej rýchlosti, na hustote a viskozite kvapaliny, [5]:

$$Re = \frac{v \cdot r \cdot \rho}{\eta}, \quad (6)$$

kde  $Re$  je Reynoldsovo číslo (bezrozmerné),  $v$  je stredná rýchlosť krvi,  $r$  je polomer cievy,  $\rho$  je hustota a  $\eta$  je viskozita krvi. Na všetkých týchto parametroch a obzvlášť na kritickej rýchlosti je prechod medzi prúdeniami závislý. [5]



Obrázok 3 Porovnanie laminárneho a turbulentného prúdenia, prevzaté z [22]

Prietok krvi riečiskom sa dá kvantifikovať pomocou stanovenie srdcového výdaja (SV, CO - cardiac output). Predstavuje objem krvi, ktorý komora prečerpá za

jednotku čas, väčšinou jednu minútu (minútový srdcový objem). Získame ho vynásobením tepového objemu a pulzu. [2]

### 1.2.5 Meranie rýchlosti toku krvi

Z rovnice pre Reynoldsovo číslo (6) vieme, že rýchlosť toku krvi, je priamo úmerná prietoku a nepriamo úmerná priemeru cievy. Následkom vnútorného trenia medzi molekulami krvi je vektorové pole rýchlosti nehomogénne, vytvára sa tzv. parabolický rýchlostný profil (rýchlosť narastá od stien smerom do stredu cievy). Ten nájdeme hlavne v malých artériách, smerom k väčším artériám sa tento profil oplošťuje a mení sa na profil zátkový. Rýchlosť toku krvi vo vzdialenosti od stredu cievy je daná vzťahom, [23]:

$$v_r = v_m + \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right), \quad (7)$$

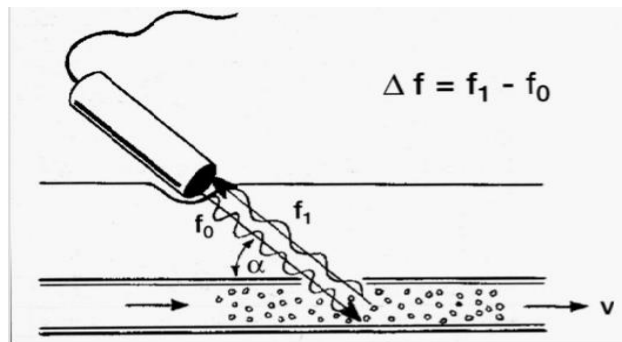
kde  $v_r$  je rýchlosť toku krvi v cm/s,  $R$  je polomer cievy,  $r$  je vzdialenosť od stredu cievy a  $v_m$  je maximálna rýchlosť prúdenia v strede trubice. Rýchlosť pri stenách trubice sa neberie v úvahu pretože je nulová. [23]

Pri meraní rýchlosti toku krvi sa využíva Dopplerov jav, ktorý slúži na popis zmeny odrazenej frekvencie pri pohybe zdroja (sonda s kryštálom) alebo pozorovateľa (červené krvinky). Ak sa budú erytrocyty pohybovať v smere šírenia ultrazvuku, potom prístroj prijme vlnenie o nižšej frekvencii ako vyslané vlnenie. Ak sa však budú pohybovať proti smeru ultrazvuku, prijaté vlnenie bude mať vyššiu frekvenciu. Vlna sa šíri cievou po istý čas  $t$  až pokiaľ sa neodrazí od pohybujúcich sa červených krviniek, na ktorých dôjde k frekvenčnému posunu čím sa časť vlnenia odrazí späť k sonde, kde sa kryštál mechanicky deformuje a to generuje elektrické napätie, ktoré meriame. Tento posun frekvencie medzi vyslaným vlnením  $f_0$  a prijatým vlnením  $f_1$  (signálom) udáva Dopplerov posun  $f_d$ . Jeho veľkosť je priamo úmerná rýchlosti krvného toku a kosínusu uhla  $\alpha$ , ktorý zvierá dopplerovský signál a tok krvi, respektíve osa sondy s osou cievy. Bolo zistené, že optimálne hodnoty snímaného signálu sa dosahujú pri veľkosti uhlu  $\alpha$  55°. Dopplerov posun (zdvih) sa vypočíta ako, [25]:

$$f_d = f_1 - f_0 = \frac{2 \cdot v \cdot f_0 \cdot \cos\alpha}{c}, \quad (8)$$

kde  $f_d$  je Dopplerov posun je,  $f_1$  je frekvencia prijatého vlnenia,  $f_0$  je frekvencia vysielaného vlnenia (všetky frekvencie počítané v Hz),  $v$  je rýchlosť krvi v cieve,  $\alpha$  je

uhol ktorý zvierá sonda s cievou a  $c$  je fázová rýchlosť krvi, ktorá je približne rovná hodnote  $1500 \text{ ms}^{-1}$ . Tento frekvenčný posun sa nachádza v počuteľnej oblasti zvukového spektra, čo sa využíva v klinickej praxi pri zisťovaní prietokového stavu ciev v končatinách pomocou dopplerovských prietokometrov. Z týchto prístrojov môžeme získať sluchový výstup aj grafické znázornenie rýchlosti toku krvi (jeho krivku) v závislosti na čase a okrem toho aj údaje o tepovej frekvencii. [23] [24]



Obrázok 4 Grafické znázornenie Dopplerovho posunu, prevzaté z [26]

Zo vzorca pre Dopplerov posun, si môžeme odvodiť aj vzorec pre výpočet rýchlosti toku krvi v  $\text{cm/s}$ , [25]:

$$v = \frac{f_d \cdot c}{2 \cdot f_0 \cdot \cos \alpha} \quad (9)$$

Musíme taktiež dbať na použitú vyslanú frekvenciu, pretože ovplyvňuje hĺbku, v ktorej dokážeme rýchlosť merať. Všeobecne platí, že čím vyššiu frekvenciu vlnenia použijeme, tým viac bude vlnenie absorbované a dosiahne len na povrchové cievy, ale zachová si dobrú rozlišovaciu schopnosť (pre hlbšie uložené cievy sa používajú sondy s frekvenciou okolo 5MHz a pre povrchové cievy frekvencie 8 až 10 MHz). [27]

## 1.2.6 Krvný tlak

Krvný tlak je tlak, ktorý je vyvíjaný na stenu cievy počas prietoku krvi cievny m riečiskom. Jeho vznik je podmienený prácou srdca a odporom ciev, preto je tým vyšší čím je väčšia práca srdca. Jeho hodnota musí byť tak veľká, aby zabezpečila kontinuálny pohyb krvi v celom tele. [6]

Práca ľavej komory spôsobuje kolísanie tlaku v tepnách. Počas systoly tlak v ľavej komore stúpa až prevýši tlak v aorte, čím sa otvorí výtoková chlopňa a krv je vypudená do obehu. Prechodný nárast tlaku v aorte – tlakový pulz, rozpína jej elastické steny a šíri

sa ako pulzová vlna. Počas diastoly udržiava súvislý krvný tok pružníkový efekt ciev. [2] [5]

Počas systoly, po rýchlom dosiahnutí maximálneho tlaku, ktorý sa označuje ako systolický tlak (STK), dochádza k pomalšiemu ústupu. Najnižšiu hodnotu tlaku, pred ďalšou systolou, označujeme ako diastolický tlak (DTK). Pokles tlaku trvá po zvyšok srdcového cyklu, na začiatku je prudký, avšak následne na začiatku diastoly, kedy naopak tlak v aorte prevyšuje tlak v komore, sa smer toku krvi nakrátko otočí a tým uzavrie aortálnu chlopňu. Na zázname priebehu tlaku sa to zobrazí jemným zárezom, tzv. dikrotickou incisúrou (zárezom), vid' krivka priebehu tlaku na obrázku 5 (dikrotický zárez je na obrázku naznačený červenou hviezdičkou). Služi ako indikátor, pri vylúčení nedomykavosti chlopní. Potom tlak už rovnomerne klesá, avšak na rozdiel od rýchlosti krvného prúdu neklesne až na nulu, ale vďaka elasticite stien ciev a periférnemu odporu ostane na konci diastoly na pomerne vysokej hodnote.

Synonymnými pojmami pulzový tlak alebo tlaková amplitúda sa označuje rozdiel oboch spomenutých tlakov. Keďže veľkosť tohto tlaku je podmienená systolickým výdajom a compliance (poddajnosťou) ciev, dokáže pulzový tlak určovať naplnenie ciev a veľkosť vznikajúcej tepovej vlny (pulzu). Pri znížení poddajnosti aorty, napríklad vplyvom vyššieho veku, pulzový tlak narastá. [2] [3]

Ďalší typ tlaku, ktorý môže byť dopočítaný je stredný arteriálny tlak (SAT, anglicky MAP – mean arterial pressure). Chápeme ho ako priemernú hodnotu tlaku počas srdcového cyklu. Keďže diastola trvá dlhšie ako systola, (srdce 60% svojho času v diastole) hodnota SAT sa v skutočnosti skôr približuje k hodnote DTK ako k priemeru. Z dôvodu súvislosti DTK so SAT, sú obidva tieto tlaky ovplyvňované zvyšujúcou sa tepovou frekvenciou. Keďže zvyšujúca sa tepová frekvencia má vplyv na skracovanie diastoly, a z dôvodu súvislosti DTK so SAT, môžeme povedať že bude ovplyvňovať aj hodnotu SAT. Nie úplne presne je možné stredný arteriálny tlak vypočítať podľa vzorca, [3]:

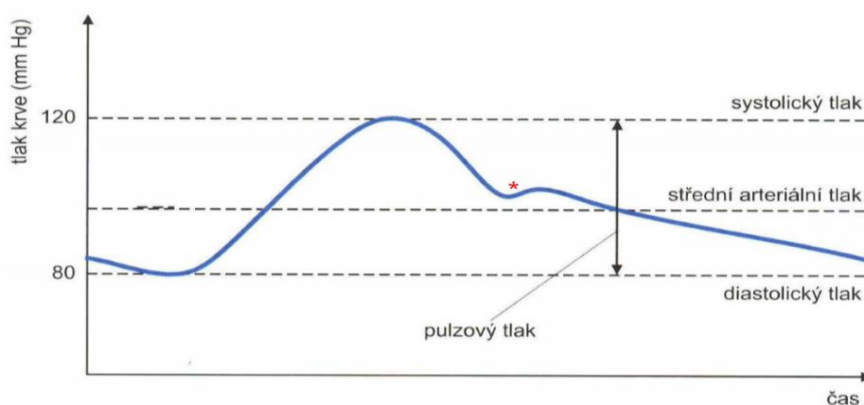
$$SAT = DTK + \frac{STK - DTK}{3} \quad (10)$$

Vo všeobecnosti sa u ľudí meria krvný tlak, ktorý sa zapisuje ako systolický/diastolický tlak. S týmto zápisom sa môžeme stretnúť pri osobných tonometroch alebo v lekárskej dokumentácii pri bežných kontrolách. [2] [3] [28]

Fyziologické hodnoty uvedených typov tlakov v aorte sú:



- systolický tlak – 120 mmHg (16kPa),
- diastolický tlak – 70 mmHg (9,3kPa),
- stredný arteriálny tlak – 90mmHg (11,9kPa),
- pulzový tlak – 50mmHg (6,7kPa). [2]



**Obrázok 5** Krivka krvného tlaku, prevzaté z [2]

Ďalej budú uvedené faktory ovplyvňujúce krvný tlak.

- Vek + pohlavie – s rastúcim vekom klesá poddajnosť ciev a stúpa diastolický aj pulzový tlak, čo sa môže prejavíť až ako ochorenie zvané pružníková hypertenzia. Batol'atám je možné namerat' systolický pulz až okolo hodnoty 100 mm Hg. U teenagerov je odsledované, že chlapci majú vyšší tlak ako dievčatá. Vo všeobecnosti u dospelých ľudí platí, že ženy vďaka menšiemu vplyvu ženských hormónov majú tlak nižší ako muži.
- Životný štýl – fajčenie a obezita má za následok upchávanie ciev, čím sa zvyšuje periférny odpor a tým aj krvný tlak.
- Zát'až – cvičením alebo fyzickou zát'ažou si zvyšujeme srdečnú frekvenciu a srdečný výdaj, čo má za následok zvýšenie krvného tlaku. Dlhodobé cvičenie má za následok zníženie kľudového systolického tlaku, preto môže slúžiť ako terapia pre hypertonikov.
- Gravitácia – pokiaľ človek stojí, srdce musí vyvinúť väčšiu silu nato aby dopravilo krv do celého tela aj proti gravitácii, čím sa tlak zvyšuje. Naproti tomu keď človek leží, gravitácia stráca vplyv a na rozvod krvi postačí aj menší tlak.
- Okolité teplota – teplo pôsobí na obehovú sústavu človeka vazodilatačne, čo vo výsledku zníži periférny odpor a hlavne aj krvný tlak. Pri chlade je účinok presne opačný.

- Denná doba – tlak začína stúpať nadržanom, ešte pred prebudením. Zvyšujúci sa krvný tlak pomáha organizmu, aby sa po nočnom spánku prebudil. Preto býva krvný tlak najvyšší ráno a predpoludním.
- Stres, emócie, lieky, životné prostredie, atď. [2] [3] [28]

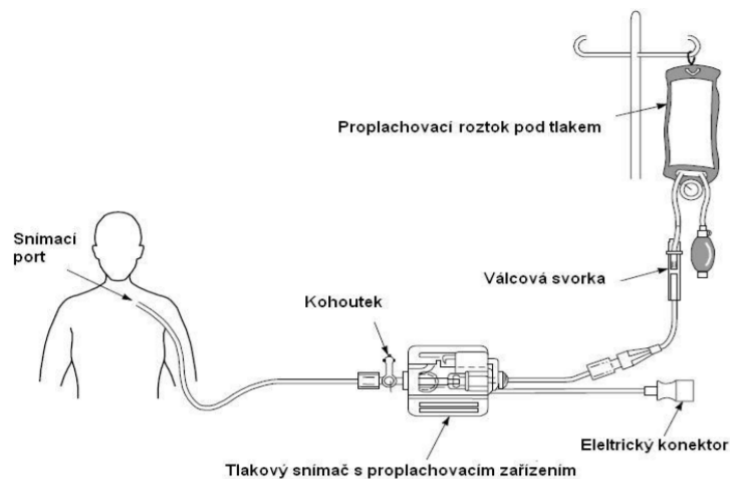
## 1.2.7 Meranie krvného tlaku

Meranie krvného tlaku, ako aj počúvanie tlkotu srdca fonendoskopom patrí k jedným zo základných vyšetrení, ktorá sa uskutočňujú skoro v každej ordinácii. Má veľkú výpovednú hodnotu o zdravotnom stave pacienta, obzvlášť o jeho srdcovocievnom systéme. Podľa miesta kde meriame tlak, rozlišujeme centrálny (invazívne priamo zo srdca) a periférny tlak (neinvazívne, obvykle za pomoci manžety na ľavej ruky). [29]

Tlak sa meria v jednotkách milimetra ortuťového stĺpca (mm Hg), ktoré sa číselne rovnajú torrom, poprípade sa po prepočte môže vyjadriť aj v pascaloch (1 mm Hg = 133,322 Pa). Metódy merania krvného tlaku môžeme primárne rozdeliť na invazívne a neinvazívne, a podľa toho či sa merajú spojitě alebo nespojitě. Pomocou nespojitých metód získavame výsledky (jednotlivé hodnoty krvných tlakov) za určitý časový interval, ktorý v sebe obsahuje viac ako jeden cyklus srdca. A pomocou spojitých získavame hodnoty kontinuálne, tep za tepom. [6]

### 1.2.7.1 Invazívne metódy merania krvného tlaku

Invazívne metódy sa vyznačujú priamym meraním tlaku z cievného systému, z periférnych alebo aj z centrálnych častí. Do tepny (*a. radialis*) sa zavádza katéter, ktorý buď má na svojom hrote snímač tlaku (polovodičový alebo optický), alebo je napojený na manometer (zariadenie na meranie tlaku, najčastejšie ortuťový) a monitor v oboch prípadoch. Katéter je dutá, poddajná, plastová trubica naplnená fyziologickým roztokom, ktorý prenáša zmeny tlaku smerom k čidlu manometra. Vo všeobecnosti získame hodnotu systolického tlaku o niečo vyššiu a diastolického o niečo nižšiu. Aj keď je toto vyšetrenie považované za presnejšie ako neinvazívne, v praxi sa moc nepoužíva pretože hrozí infekcia. Lekári sú nútení ho použiť hlavne v prípadoch kedy nie je možné tlak namerať neinvazívne, a to v prípade obezity, arytmií, u novorodencov v inkubátore, pri náročných operačných zákrokoch alebo keď je potrebné dlhodobjšie nepretržité meranie na jednotkách intenzívnej starostlivosti. [30] [31]



Obrázok 6 Extravaskulárny tlakový snímací systém, prevzaté z [36]

### 1.2.7.2 Neinvazívne metódy merania krvného tlaku

Pri neinvazívnom (nepriamom) meraní TK je celá merajúca sústava umiestnená mimo telo pacienta, teda bez priameho spojenia s cievnu sústavou. Tento druh merania je častejšie využívaný v klinickej praxi, pretože je rýchlejší a nenaruša sa pri ňom integrita pacienta. Vo väčšine prípadov sa používa zastavenie toku krvi riečiskom pomocou zvýšenia tlaku v manžete obopínajúcej končatinu (ľavá paža v úrovni srdca). Dôležitým aspektom pri používaní manžety je jej adekvátne šírka, doporučuje sa 40% obvodu paže (to znamená pre dospelých asi 12 cm pri obvode paže 30 cm, a pre deti asi 8 cm). [2] [29] V nasledujúcich odsekoch budú popísané dve metódy merania TK a ich princípy len veľmi stručne.

#### *Auskultačná (posluchová) metóda*

Moderná metóda využívajúca sa dnes bežne v lekárstve. Manžeta tlakomeru sa nafukuje až nad hodnotu systolického tlaku, čo uzavrie prietok krvi. Potom tlak pomaly vypúšťame, až začne krv opäť prúdiť. Vznikne turbulentné prúdenie a to počujeme vo fonendoskope ako Korotkove ozvy. Tlak v paži ďalej klesá ako vypúšťame manžetu až prestaneme počuť ozvy, turbulentné prúdenie sa vráti k laminárnemu. Tlak pri prvej počuteľnej ozve je systolický a pri poslednej ozve je naopak diastolický. [32] [33]

#### *Oscilometrická metóda*

Na báze tejto metódy fungujú aj digitálne tonometre, preto ich nebudeme popisovať jednotlivo, ale spolu. Metóda je založená na meraní amplitúdy zmien tlaku v natlakovanej

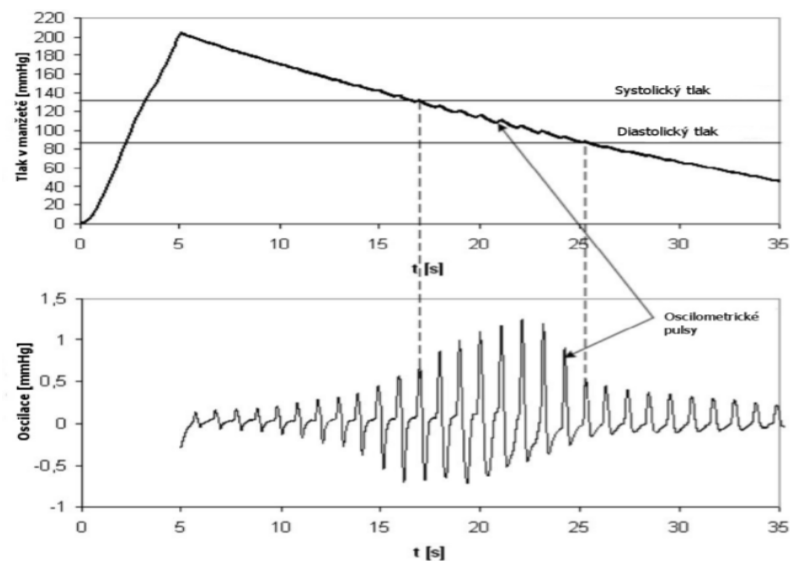
manžete, ktoré spôsobujú objemové pulzácie v cieve (na manžetu sa prenášajú jej oscilácie). Snímač tlaku v manžete je teda sonda (tenzometer), ktorej úlohou je zmeny pulzácií sledovať [34]. Amplitúda týchto pulzácií je závislá na rozdieli tlaku vo vnútri a mimo tepnu. Amplitúda je najväčšia, pokiaľ je tlak v zaškrtenej tepne rovnako veľký ako tlak v natlakovanej manžete, značí sa  $O_m$  a je rovná strednému arteriálnemu tlaku (SAT), [35]. Zvyšné hodnoty STK a DTK sú dopočítavané vhodným algoritmom. Systolický tlak (jeho oscilácie  $O_s$ ) sa určuje hneď na začiatku prvých oscilácií ako, [34]:

$$O_s = 0,55 \cdot O_m, \quad (11)$$

a hodnota diastolický tlaku  $O_d$  sa odpisuje z displeja v momente prudkého zníženia oscilácií a dopočíta sa ako:

$$O_d = 0,85 \cdot O_m \quad (12)$$

Táto metóda je používaná najviac pri domácich meraniach TK pretože je rýchla, automatická a eliminuje syndróm bieleho plášťa. [59]



Obrázok 7 Oscilometrická metóda merania TK, prevzaté z [32]

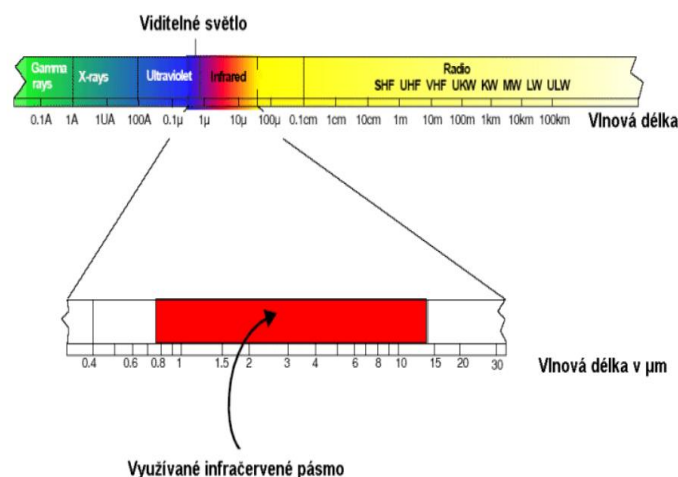
## 1.3 Infračervená termografia

Metóda infračervenej termografie bola vybraná ako doplnková pre kontrolu zmeny rýchlosti toku krvi konkrétnou oblasťou spôsobenou záťažou, ktorá by sa mohla prejavíť zvýšenou teplotou.

### 1.3.1 Povrchová teplota a s tým súvisiace veličiny

Teplota tela pacienta je pre lekárov už po dlhé stáročia významnou informáciou o jeho momentálnom zdravotnom stave a preto je dodnes využívané meranie teploty ako jedna z hlavných diagnostických metód. Teplota na povrchu tela kolíše podľa druhu termoregulačných procesov, teda či má telo zvýšený výdaj alebo znížené straty tepla a najviac je významne ovplyvňovaná teplotou okolia. Normálna telesná teplota sa pohybuje v rozmedzí 36,0 - 37,0 °C, v extrémnych prípadoch podchladenia alebo horúčky môže klesnúť na 31°C alebo sa vyšplhať až na 42°C. Telesná teplota, v podobe energie je do okolitého prostredia prenášaná pomocou 4 mechanizmov: sálaním, vedením, odparovaním a pre termografiu najdôležitejším spôsobom, žiarením. [6] [37]

Z fyziky je známe, že každé teleso, ktorého teplota je vyššia ako absolútna nula (0 K = -273,15°C), vyžaruje isté množstvo elektromagnetického žiarenia. Časť spektra tohto elektromagnetického žiarenia leží aj v pre oko neviditeľnej infračervenej oblasti (celkový rozsah od 0,8 μm – 1000μm), ktorá môže byť použitá práve pre bezkontaktné meranie teploty povrchu telies, teda aj povrchu tela človeka. [37] [38]



Obrázok 8 Elektromagnetické spektrum, detail na infračervené pásmo, prevzaté z [39]

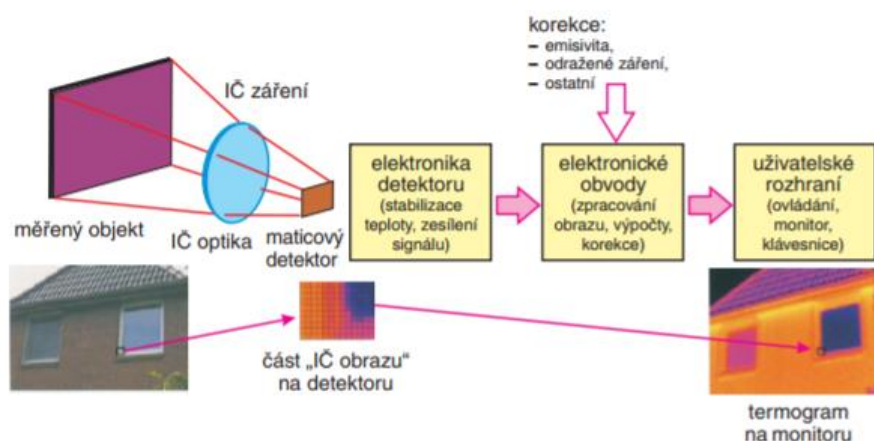
Intenzita žiarenia (energia), ktorú emituje telo človeka je priamo úmerné teplote jeho povrchu, teda čím vyššia teplota povrchu tým silnejšie žiarenie je možné detekovať.

Ľudská pokožka vyžaruje infračervené žiarenie v oblasti dlhších vln, čiže v rozmedzí od 8 – 15  $\mu\text{m}$ . Z Planckovho zákona a Wienovho posunovacieho zákona zároveň vyplýva, že so zvyšujúcou sa teplotou telesa sa vrchol intenzity žiarenia posúva ku kratším vlnovým dĺžkam (význam tohto zákona pre termokameru bude popísaný v ďalšej kapitole). [37]

Emisivita ľudskej pokožky má hodnotu  $\varepsilon = 0,98$  a vo všeobecnosti vyjadruje schopnosť telesa vyžarovať energiu. Táto veličina je bezrozmerná, pohybuje sa v rozmedzí od 0 do 1, pričom  $\varepsilon = 1$  má absolútne čierne teleso, čo je model, ktorý predstavuje dokonalý žiarič a zároveň dokonalý pohlcovač energie, ktorá naňho dopadá. Toto číslo je dôležité vedieť pri nastavovaní parametrov termokamery, pretože pri jeho nesprávnom zadaní môže negatívne ovplyvniť výsledné zobrazenie. [37] [38]

### 1.3.2 Bezdotykové meranie teploty povrchu tela

K bezdotykovému meraniu telesnej teploty v IČ oblasti sa používajú IČ teplomery a IČ termokamery, ktoré konkrétne umožňujú zobrazit' rozloženie teploty na celom povrchu tela. Termografia je vedný odbor respektíve zobrazovacia metóda, ktorá sa zaoberá rozborom rozloženia teplotného poľa na povrchu telesa. Konkrétne infračervená termografia analyzuje infračervené žiarenie (energii), ktoré emituje dané teleso. K vizualizácii tohto inak neviditeľného žiarenia slúžia termovízne zobrazovacie systémy, termokamery. Používajú sofistikovanú technológiu premeny elektromagnetického žiarenia na elektrický signál. [39]

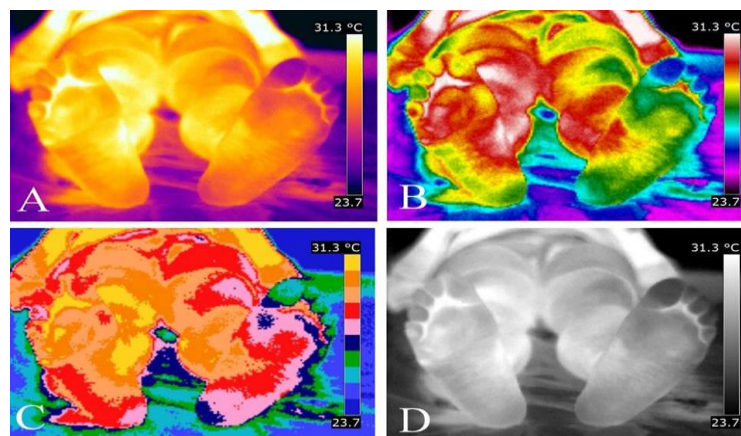


Obrázok 9 Schéma spracovania žiarenia z objektu termokamerou, prevzaté z [39]

V prvom kroku je potrebné sústrediť emitované IČ žiarenie z telesa na detektor (obsahujúci IČ senzor) za pomoci optického systému. Hlavný rozdiel medzi teplomerom

a kamerou je v ploche a počte detektorov, keďže teplomer má len jeden senzor, ktorým meria priemernú teplotu okolo fokusovaného bodu a kamera má maticu senzorov, ktorými dokáže snímať rozloženie teploty nad danou oblasťou naraz. Prvý typ kamery používa neskenovací systém, teda pozostáva z matice detektorov, ktoré zachytávajú žiarenie z celého zorného poľa naraz (má lepšie rozlíšenie). Druhou možnosťou kamery je tá len s jedným IČ detektorom a skenovacím systémom, ktorý postupne po riadkoch a stĺpcoch skenuje zorného pole a z každého bodu sníma žiarenie. V ďalšom kroku, ktorý je spoločný pre oba typy dôjde na detektoroch k premene žiarenia na elektrický analógový signál, ktorý sa ďalej posúva na elektronické obvody, ktoré tento signál prevádzajú na digitálny a následne na teplotu. Z týchto dát je nakoniec vytvorený snímok, tzv. termogram, ktorý sa môže ďalej analyzovať a spracovávať aj v počítači.

Existujú dva typy termogramu a to radiometrický – umožňujúci výpočet teploty, alebo neradiometrický – umožňujúci len zobrazenie teplotného poľa. Tento termogram je vytvorený pomocou viditeľných paliet, ktoré každej teplote priradzujú inú farbu podľa zvolenej stupnice. Druhov paliet existuje niekoľko (napríklad iron, rain, medical, grey) ako môžeme vidieť na obrázku 10, a dajú sa použiť v závislosti od toho čo je potrebné pozorovať alebo zvýrazniť. Termogram dáva lekárovi informáciu o lokálnej teplote tkaniva, z ktorej môže usúdiť či sa jedná o patologický stav (diabetickú nohu, nádor), poprípade len o zvýšené lokálne prekrvenie spôsobené záťažou fyzického či psychického pôvodu. [37] [39]



**Obrázok 10** Palety termokamery. A: iron, B: rain, C: medical, D: grey, prevzaté z [37]

Tieto kamery pracujú v infračervenej oblasti so strednými a dlhými vlnami od 2 do 15  $\mu\text{m}$ , čo odpovedá rozsahu na ktorom vyžaruje ľudská pokožka. Dôvodom je, že v tejto oblasti je intenzita vyžarovania najvyššia a zároveň pri týchto vlnových dĺžkach

infračervené žiarenie najlepšie prechádza atmosférou (najmenej sa absorbuje na molekulách vzduchu), čo má za výsledok lepšiu detekciu tohto žiarenia senzormi termokamery.

Termokamery našli svoje uplatnenie v rôznych odvetviach priemyslu ale aj v medicíne, kde slúžia ako doplnková zobrazovacia metóda. V klinickej praxi sa pomaly dostávajú do popredia najmä vďaka svojej jednoduchosti merania, neinvazívnosti a svojmu pre pacienta nezaťažujúcemu charakteru, keďže nepoužíva žiadne ionizujúce žiarenie. [37] [39]



# 2 ZMENY HEMODYNAMICKÝCH PARAMETROV PRI ZÁŤAŽI

Pri fyzickej záťaži si ľudia uvedomujú, že sa s nimi niečo deje, že je niečo inak ako keď sú v kľude. Usudzujeme to podľa toho, že rýchlejšie dýchame, bolia nás precvičované svaly, začíname sa potiť, poprípade červenať. Dochádza najmä k presunu krvi do svalov na úkor orgánov, zvyšujú sa ukazovatele obehových funkcií (menia sa hemodynamické parametre). U väčšiny ukazovateľov dochádza k maximálnym hodnotám pri submaximálnych intenzitách zaťaženia. [40]

## 2.1 Zmeny srdcového pulzu

Srdcový pulz (tepová frekvencia) je vďaka jednoduchosti merania najprístupnejší obehový ukazovateľ a taktiež najelementárnejší ukazovateľ intenzity záťaže. Vzťah medzi tepovou frekvenciou a intenzitou záťaženia je lineárny v celom rozsahu až do hodnoty anaeróbného prahu, teda vtedy keď zdrojom energie pre svaly sú prednostne cukry. [14] [14]

Na hodnotu pulzu má veľký vplyv autonómny nervový systém, konkrétne sympatikus a parasympatikus. Zvýšenou aktivitou sympatika dochádza k miernemu nárastu tepovej frekvencie a tlaku krvi. Funkčnosť a podiel vplyvu sympatiku a parasympatiku vyjadruje variabilita srdcového rytmu (HRV – heart rate variability). HRV vyjadruje časové zmeny rytmu srdca, teda to ako moc sa líšia časové intervaly medzi jednotlivými údermi srdca. Keďže sympatikus a nervus vagus ovplyvňujú tonus sínusového uzla v srdci, môžeme HRV namerať na EKG ako variabilitu R-R intervalov. Na základe analýzy HRV môže lekár odhadovať riziko mortality u kardiovaskulárnych ochorení, sledovať účinnosť liekov, terapie, atď. [41]

Na rozdiel od ostatných parametrov, u tepovej frekvencie pozorujeme už po pár sekundách cvičenie rýchly nárast k hodnotám blízkych maximu. Postupne sa spomaľuje, nadobúda stálosť pri hodnotách, ktoré odpovedajú momentálnej záťaži, [14]. Každé srdce má však svoje pracovné hranice, ktoré sa dajú napríklad vyčíslit' ako maximálna pulzová frekvencia ( $HR_{max}$ ).  $HR_{max}$  je najväčší počet srdcových sťahov za jednu minútu, väčšinou dosiahnutá pri maximálnej záťaži pre daného jedinca. Hodnota  $HR_{max}$  je veľmi individuálna, záleží najmä na genetických predispozíciách. Na túto veličinu má vplyv

najmä vek (s rastúcim vekom  $HR_{max}$  klesá), ale rozhodne nie trénovanosť (trénovaní jedinci môžu mať úplne zhodnú  $HR_{max}$  s netrénovanými). [42]

Na výpočet slúžia rôzne vzorce, zohľadňujúce vek, telesné aspekty či kľudový pulz. Pre všetky verzie tepových frekvencií platí rovnaká jednotka: tep/min. Na ukážku boli vybrané dva vzorce, [14]:

$$HR_{max} = 220 - vek, \quad (13)$$

táto rovnica je považovaná základnú pre približný odhad  $HR_{max}$  a závisí v postate len na veku. [14]

Ďalšia rovnica zohľadňuje aj telesnú hmotnosť (v rovnici 14 značená ako  $m$  a pohlavie (muži by mali vládäť viac ako ženy, preto majú v rovnici +4) [43]:

$$HR_{max} = 210 - \frac{1}{2} vek - 11\% m + 4muž/0žena \quad (14)$$

Dôležitejším parametrom pre trénovanie je skôr hodnota tréningovej frekvencie  $HR_{tren}$ . Môže sa vypočítať tiež podľa dvoch vzorcov líšiacich sa znova podľa zohľadňovania faktorov, [14]:

$$HR_{tren} = 170 - vek, \quad (15)$$

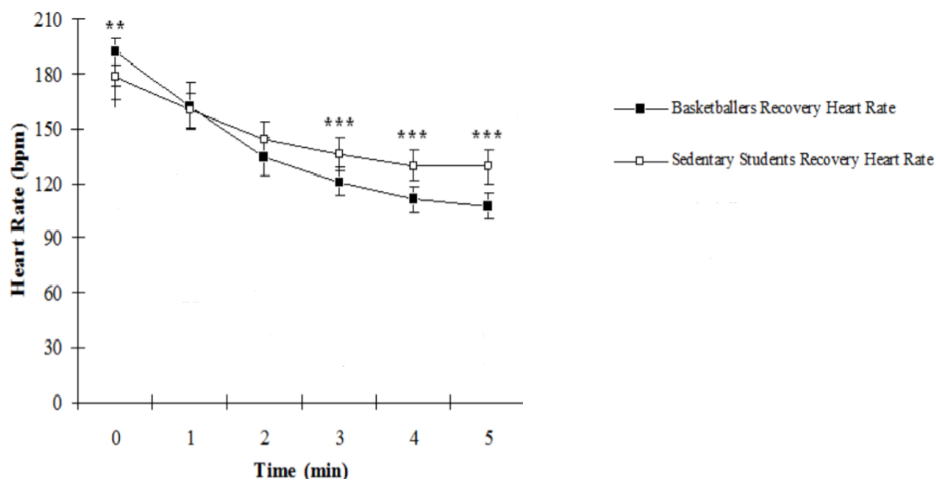
v skutočnosti sa však viac uplatňuje upravený vzorec, podľa toho v akej tréningovej zóne sa chceme pri cvičení nachádzať (v závislosti na koľko percent z  $HR_{max}$  cvičíme). Napríklad vytrvalostná tréningová zóna (zóna spaľovania tukov) sa pohybuje okolo 60 – 70% z  $HR_{max}$  nie pri vyšších intenzitách ako si ľudia častokrát mylne myslia, [44].

$$HR_{tren} = (HR_{max} - HR_{kl'ud}) \cdot \% intenzity + HR_{kl'ud}, \quad (16)$$

kde  $HR_{kl'ud}$  je kľudová pulzová frekvencia, ktorú je najlepšie si merať hneď ráno po prebudení. Sledovaním  $HR_{kl'ud}$  si môžeme odpozorovať pozitívny vplyv cvičenia na túto hodnotu, ktorá by mala postupne klesať. Dlhodobu športujúcim môže klesnúť až na 40 úderov za minútu, k čomu dochádza vďaka tzv. srdcovej vagotónii (zvýšený vplyv parasimpatiku, ktorý spôsobuje zníženie pulzu). Uvedený rozdiel  $HR_{max} - HR_{kl'ud}$  sa označuje aj pojmom rezerva pulzovej frekvencie ( $HRR$  – heart rate reserve). [44]

### 2.1.1 Porovnanie hodnôt tepu u športovcov a nešportovcov

Čo sa týka porovnania športovcov a nešportovcov (ľudí s nepravidelnou fyzickou aktivitou) je všeobecne známe, že lepšie hodnoty by mali dosahovať trénovaní športovci. Najnovšie výskumy túto skutočnosť potvrdzujú, napríklad štúdium vedcov na dievčatách s indiánskym pôvodom potvrdil, že tie ktoré sa aktívne venovali basketbalu (BD – dievčatá basketbalistky) mali nižší  $HR_{klud}$  pred cvičením (cca BD - 75 , SD - 85), vyšší HR počas cvičenia (cca BD - 192, SD – 178), a taktiež mali rýchlejší spätný pokles pulzu (recovery) po ukončení cvičenia –  $HR_{rec}$  (cca BD - 108, SD - 129) oproti tým ktoré viedli sedavý spôsob života (SD – dievčatá so sedavým spôsobom života). [45]



Obrázok 11 Priebeh  $HR_{rec}$  nameraný 5 minút po ukončení cvičenia, prevzaté z [45]

$HR_{rec}$  (heart rate recovery) poukazuje na účinnosť schopnosti srdca vrátiť sa na normálnu hladinu po fyzickej záťaž, teda poukazuje aj na level trénovanosti jedinca. Najčastejší čas merania  $HR_{rec}$  je druhá minúta od ukončenia cvičenia. Zdravé alebo trénované srdce by sa malo vrátiť ku kludovým hodnotám rýchlejšie ako choré, takže ak nám pulz neklesá v rozumnom časovom intervale, môžeme predpokladať nejaký kardiovaskulárny problém. Táto veličina slúži ako vhodné meradlo kardiovaskulárneho pokroku pri cvičení, s narastajúcou kondíciou by mala postupne klesať. Vypočíta sa jednoducho ako, [46]:

$$HR_{rec} = HR_{prac} - HR_{2min}, \quad (17)$$

kde  $HR_{prac}$  je tepová frekvencia počas cvičenia a  $HR_{2min}$  je tepová frekvencia meraná v druhej minúte odpočinku po ukončení cvičenia. [46]

## 2.2 Zmeny rýchlosti toku krvi

Teoretický opis tejto veličiny a spôsob jej merania bolo popísané už v kapitole 1.2.5. Táto časť je zameraná na výskumy venované tejto tematike. Pre prehľad sú ešte uvedené priemerné hodnoty rýchlosti toku krvi rôznymi časťami cievneho riečiska a priemerné hodnoty prietoku krvi rôznymi orgánovými sústavami tela, od ktorých sa očakáva fyziologický nárast počas záťaže, sledovaný práve v týchto výskumoch.

**Tabuľka 1** Typy ciev, ich prierezy riečiskom a v nich priemerné rýchlosti toku krvi, prevzaté z [47]

typ ciev	prierez riečiskom [cm <sup>2</sup> ]	rýchlosť toku krvi [cm/s]
aorta	4,5	30 – 40
artérie	20	10
arterioly	400	0,5 – 1,5
kapiláry	4500	0,05
venuly	1000	0,1 – 0,5
vény	40	54
vena cava	18	8

Prietok krvi je priamo úmerný minútovému výdaju srdca (MV). V kľude má objem okolo 5 - 6 litrov, ktorý sa rozdelí medzi jednotlivé časti:

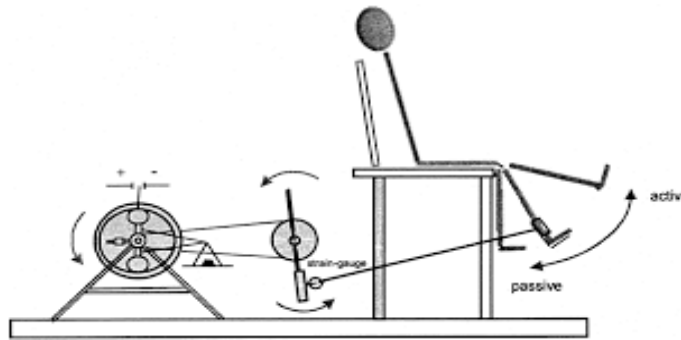
**Tabuľka 2** Vybrané orgány a časť z objemu MV srdca ktorá nimi preteká, prevzaté z [47]

orgán	časť objemu z MV v [ml]	časť objemu z MV v [%]
srdcový sval	250	5%
mozog	750	15%
obličky	1000	20%
svaly	1000	20%
koža	500	10%
pečeň	1500	35%

Pri záťaži stúpne MV až osem násobne, na 15–40 litrov. Čo sa týka jednotlivých orgánov, logicky najviac krvi sa bude distribuovať do svalov (až 20 násobne viac), mozgu a srdca (5 násobne viac) na úkor najmä pečene a obličiek (len 3 a 1,5 násobne viac zásobenia krvou oproti kľudu). Deje sa to aj vďaka stimulácií sympatiku, ktorý spôsobuje zúženie ciev kože (zníženie prietoku) a abdominálnych orgánov a naopak v cievach mozgu, srdca a svalov spôsobuje rozšírenie, takže sa zvyšuje prietok. [31] [47]

### 2.2.1 Výskum zameraný na zmeny rýchlosti toku krvi pri záťaži

Účinkom dynamického cvičenia na strednú rýchlosť toku krvi (MBV – mean blood velocity) sa zaoberal aj tím amerických vedcov a doktorov. Ako dynamické cvičenie zvolili extenzné prednožovanie jednou nohou na modifikovanom Kroghovom ergometri (toto cvičenie zapojuje výlučne kvadriceps, vďaka čomu je v tomto mieste veľmi vysoká rýchlosť toku krvi a veľká spotreba kyslíku). Subjekti (nešportovci) cvičili po dobu piatich minút na 30% a potom na 60% zo svojho pracovného maxima  $W_{max}$ . Pred a po cvičením bolo nastavená päť minútová fáza oddychu (zotavenia).



Obrázok 12 Ukážka cvičenia na modifikovanom Kroghovom ergometri, prevzaté z [49]

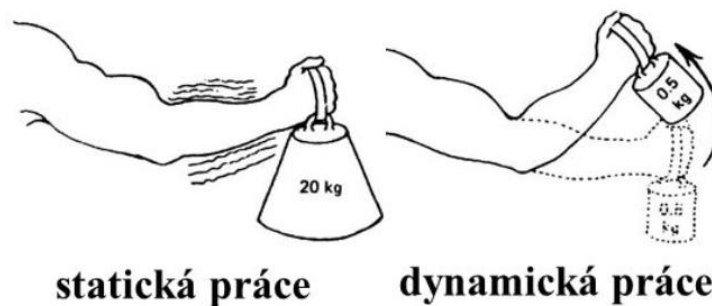
MBV merali za použitia sondy tužkového dopplerovského ultrazvuku s pulznou vlnou (upevnená na stehne nad femorálnou artériou). Výsledkom ich výskumu bolo zistenie, že MBV sa pri fyzickej záťaži zvyšuje. MBV vo fáze odpočinku ( $MBV_{rest}$ ) bola podobná pred 30% aj 60% cvičením z maxima  $W_{max}$ , v priemere približne 16,0 cm/s a 16,4 cm/s. Počas cvičenia došlo k výraznému nárastu: pri 30% sa MBV zvýšila priemerne na 59,7 cm/s a pri 60% na 93,4 cm/s. Po skončení 30% cvičenia sa MBV dokázala vrátiť na úroveň podobnú tej pred cvičením, avšak po 60% ostala MBV stále zvýšená na hodnote približne 38cm/s. [48]

## 2.3 Zmeny tlaku krvi

Krvný tlak je ďalším kardiovaskulárnym ukazovateľom, ktorý sa pri záťaži mení. Krv sa redistribuuje v tele tak, aby pokryla metabolické nároky svalov, ale aby pritom zároveň neklesol tlak. Má tendenciu zvyšovať sa za cieľom zintenzívnenia prietoku krvi svalmi a transportu živín potrebných pre svalovú prácu. Jeho výška závisí však na veku, druhu záťaže a jej intenzite. [50] [50]

### 2.3.1 Zmeny tlaku krvi na základe rozdielnych druhov záťaže

Prvý druh záťaže je dynamická záťaž, pre ktorú je charakteristické opakované striedanie dĺžky svalu bez zmeny tonu svalu (tzv. izotonická, svalová kontrakcia). Medzi tento druh záťaže radíme vytrvalostný beh, bicyklovanie, plávanie, loptové športy, teda taký druh pohybu, ktorý prebieha za aeróbnych podmienok. Pri takomto zaťažení je pozorovaný výraznejší nárast tlaku systolického (STK) a taktiež mierny nárast stredného arteriálneho tlaku (SAT). Maximálne hodnoty je možné dosiahnuť cvičením (pracovaním) v submaximálnej intenzite, vtedy sa môže STK vyšplhať až na hodnoty 180 – 240 mm Hg. Návrat TK k pôvodným hodnotám závisí od intenzity a dĺžky cvičenia. Po krátkom maximálnom cvičení sa tlak vráti do normálu rýchlejšie ako po dlhodobšej námahe v submaximálnych intenzitách (v rádoch niekoľkých minút). Diastolický tlak (DTK) sa obvykle u zdravých ľudí nemení, pri submaximálnej intenzite môže niekedy dôjsť až k jeho nepatrnému zníženiu (z dôvodu dilatácie periférnych ciev).



Obrázok 13 Príklad statickej a dynamickej práce prevzaté z [54]

Druhý druh záťaže je statická záťaž, pri ktorej precvičované svaly vyvíjajú silu len za použitia dlhotrvajúcej kontrakcie proti odporu (mení sa tonus svalu), bez toho aby sa predlžovali alebo skracovali (tzv. izometrická kontrakcia). Do tejto skupiny radíme udržiavanie predmetu v určitej polohe poprípade silové posilňovanie (vzpieranie), teda taký druh pohybu, ktorý prebieha za anaeróbnych podmienok. Napríklad u vzpieračov, v tomto prípade narastá STK ešte výraznejšie a môže dosahovať hodnoty až 500 mmHg. Statická záťaž na rozdiel od dynamickej má vplyv na DTK, pričom dochádza k jeho zvýšeniu v extrémnych podmienkach až do výšky 200 mm Hg. Toto vysoké tlakové zaťaženie má vplyv aj na srdce, ktorému sa tým zosilňuje svalovina stien komôr, vzniká hypertrofia srdca. [16] [52] [53]

### 2.3.2 Pozitívny vplyv cvičenia na vysoký krvný tlak

Mnohé štúdiá preukázali, že fyzická kondícia má veľký vplyv na znižovanie kardiovaskulárnej mortality. Okrem toho, že pravidelná fyzická aktivita dokáže znižovať krvný tlak, má taktiež znižujúci vplyv na vysoký krvný tlak.

Vysoký TK býva diagnostikovaný v tom prípade ak pri opakovaných vyšetreniach doktor pacientovi nameria STK vyšší ako 140 mm Hg a DTK vyšší ako 90 mm Hg. Terapia vhodná k znižovaniu TK preto zahŕňa okrem medikamentózneho liečby aj zdravý životný štýl a pravidelnú telesnú aktivitu. Najvhodnejšie sú aeróbne športy ako beh, plávanie, cyklistika. Pri takýchto pohybových aktivitách dochádza k poklesu tlaku, teda k poklesu odporu voči srdcu, a to môže potom pracovať vo vyššej záťaži a mať pritom adekvátny výkon. Statická silová záťaž nie je v tomto prípade úplne vhodná, pretože má len veľmi malý tréningový efekt na obehový systém a TK má tendenciu sa pri tomto type práce skôr zvyšovať. [55]

### 2.3.3 Vplyv vysokého krvného tlaku na výkon športovcov

Vysoký krvný tlak (VTK) ako ochorenie nevyníma ani športovcov, pre ktorých môže v niektorých prípadoch znamenať relatívnu kontraindikáciu pre výkon preferovaného športu. Nedávne štúdiá potvrdili, že VTK začínajúci v puberte je asociovaný s vysokým rizikom kardiovaskulárnych ochorení počas života, ktoré môžu v niektorých prípadoch vyústiť až do náhlej smrti týchto vrcholových športovcov.

Výskumom vplyvu zvýšeného TK na výkonovú kapacitu elitných športovcov sa zaoberal aj tím srbských vedcov a doktorov. Športovci podstúpili maximálny kardiopulmonálny test na bežiacom páse. Ako hlavný parameter výkonovej kapacity (aeróbnej kapacity) brali maximálnu rýchlosť spotreby kyslíka ( $VO_{2max}$ ), udávajúca objem kyslíka (v mililitroch) spotrebovaného za minútu na každý kilogram hmotnosti ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ). Z toho vyplýva že čím je hodnota  $VO_{2max}$  vyššia, tým viac kyslíka sa dostane do svalov čo vo výsledku zvyšuje aeróbnu výkonnosť. Všetkým účastníkom bol zmeraný tlak, na základe ktorého hodnot boli následne roztriedený do skupín s normálnym, zvýšeným a vysokým tlakom.

Prišli na to, že športovci s normálne vysokým a zvýšeným TK mali podstatne vyššiu hmotnosť a podiel tuku v tele, čo odpovedá všeobecným znalostiam o negatívnych vplyvoch na TK. Hodnoty  $HR_{krv}$  boli tiež namerané vyššie u športovcov s normálne vysokým a zvýšeným TK. Čo sa týka hodnôt  $VO_{2max}$ , tie boli namerané najnižšie opäť

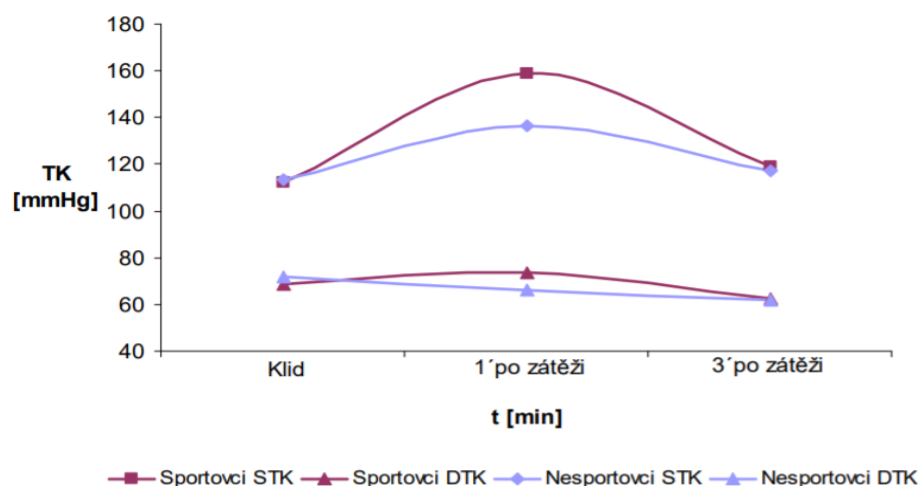
skupine s normálne vysokým TK a skupine s hypertenziou. Vo výsledku ich výskum potvrdil nimi vyslovenú hypotézu a to že, zvýšený krvný tlak vedie k viditeľnému zhoršeniu výkonnej kapacity u elitných športovcov. Sú však potrebné ďalšie vyšetrenia (echokardiografia, záťažový test, koronarografia) na objasnenie, čo tieto zmeny spôsobuje a či môžu súvisieť so zvýšeným rizikom náhlej smrti srdca športovca. [56] [57]

### 2.3.4 Porovnanie hodnôt tlaku u športovcov a nešportovcov

Čo sa týka závislosti TK medzi športovcami a nešportovcami, predpokladá sa že športovci budú dosahovať pri záťaži vyššie hodnoty tlaku. Táto úvaha vyplýva z Mareyovho zákona, ktorý hovorí, že srdcová frekvencia (SF) a TK sú v nepriamo úmernom vzťahu (prejavujúcom sa najmä pri poklese TK), [58]:

$$MV = SF \cdot TO, \quad (18)$$

kde  $MV$  je minútový srdcový výdaj (objem krvi prečerpaný komorou srdca za minútu) počítaný v litroch za minútu a  $TO$  je tepový (systolický) objem, ktorý vypudí srdce pri jednej systole do krvného obehu. Ten teda priamo ovplyvňuje aj hodnotu STK. Pre  $MV$  platí, že je u trénovaných jedincov pri záťaži v rozmedzí  $35\text{--}40 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  u nešportovca len  $20\text{--}25 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Z rovnice (18) teda jasne vyplýva, že ak budú mať športovci aj nešportovci identickú  $HR_{\max}$ , potom je nutné aby športovcovo srdce vyvinulo väčší tlak (STK) pre udržanie väčšieho výdaja ako srdce nešportovca. [58]



Obrázok 14 Porovnanie hodnôt tlakov medzi športovcami a nešportovcami v klude a po cvičení, prevzaté z [50]

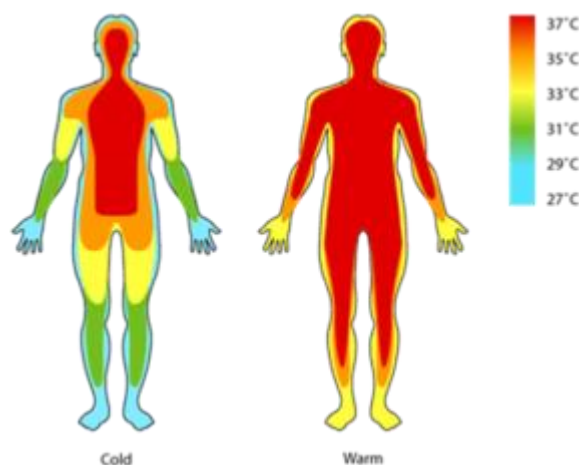


Jediný rozdiel je viditeľný v amplitúde STK po prvej minúte od ukončenia cvičenia. Športovci (muži) majú podľa tejto štúdie študentky Kolářovej (2007) o 14% väčší STK ako nešportovci. Čo sa týka DTK, tu už nie je sledovaný viditeľný rozdiel v priebehu medzi pozorovanými skupinami. Vo všeobecnosti sa pri dynamickom type záťaže očakávajú len minimálne zmeny DTK. Z obrázku je patrné, že u trénovaných mužov DTK počas záťaže mierne stúpla a po záťaži dokonca poklesla pod úroveň kludovej hodnoty. [50]

## 2.4 Zmeny povrchovej teploty

Telesná teplota je ukazovateľ organizmu, ktorý si telo samo udržiava pomocou termoregulácie, tak aby bola rovnováha medzi teplom vyrobeným telom a teplom, ktoré telo stráca.

Vo všeobecnosti rozlišujeme 2 druhy telesnej teploty: vnútornú a povrchovú. Keďže ľudský organizmus je endotermný, nezáleží, či sa naše telo nachádza v horúcom alebo chladnom prostredí, vnútorná teplota (teplota telesného jadra – pečeň, mozog, obličky, atď) ostáva konštantná. Naopak, povrchová teplota sa môže meniť vo väčších rozsahoch. Cieľom termoregulácie je teda udržať teplotu telesného jadra na hodnote, ktorá sa nastavuje v termoregulačnom centre v hypotalame (spodná časť mozgu), čo u človeka predstavuje hodnotu približne 37 °C. [60]



**Obrázok 15** Rozloženie telesného tepla v chladnom (naľavo) a teplom (napravo) prostredí, dostupné z [62]

Záťaž (fyzická aktivita) má podobný vplyv na človeka ako keby sa nachádzal v horúcom prostredí. Pri záťaži sa zvyšuje svalová aktivita, svaly potrebujú viac energie a medziproduktom tohto procesu je aj teplo vznikajúce v svaloch. Teplota tela tým

stúpne, čo dá signál termoregulačnému centru aby túto teplotu vrátil do normálu. Mechanizmus funguje tak že, periférne cievy sa dilatujú a tým sa k povrchu tela dostáva viac horúcej krvi (viď obrázok 15) a zároveň sa otvárajú póry pokožky, čím sa teplotný gradient medzi povrchom tela a prostredím zvýši, čo má za následok tepelné straty (ochladzovanie organizmu) pomocou vyžarovania, vyparovania alebo potu. [60] [64]

Veľmi zaujímavé je skúmanie korelácie medzi zvyšujúcim sa srdcovým pulzom a stúpajúcou teplotou, čím sa vo svojom výskume zaoberal tím nemeckých vedcov Arfaoui, Legrad a Bertucci. Podarilo sa im dokázať vzťah medzi teplotou tváre (konkrétne líc) a srdcovým pulzom počas desať minútového cvičenia. [63]

# 3 NÁVRH HEMODYNAMICKÝCH PARAMETROV A ZÁŤAŽOVÝCH TESTOV

## 3.1 Zvolené hemodynamické parametre

Táto práca sa bude venovať neinvazívnym metódam merania hemodynamických parametrov na periférnych cievach. Z dôvodu dostupnosti meracích systémov a rýchlosti vlastných meraní boli vybrané nasledujúce hemodynamické parametre:

- srdcový pulz,
- rýchlosť toku krvi v periférnych cievach (konkrétne priemerná rýchlosť toku krvi a pulzačný index),
- krvný tlak,
- povrchová teplota tváre

Pričom hlavné parametre budú merané: pulz bude meraný pulzným oxymetrom a rýchlosť toku krvi bude meraná prenosným dopplerovským systémom. Krvný tlak bude meraný digitálnym tlakomerom a prekrvenie periférnych častí tela budú parametre doplnkové. Vo všetkých prípadoch bude sledovaný stav pred záťažou, bezprostredne po nej a bude meraná doba potrebná k návratu k hodnotám predzáťažovým.

Pulz a rýchlosť toku krvi budú sledované na hornej končatine na *a. radialis*. Tlak bude meraný na *a. brachialis*. Periférne prekrvenie bude sledované termokamerou na tvári.

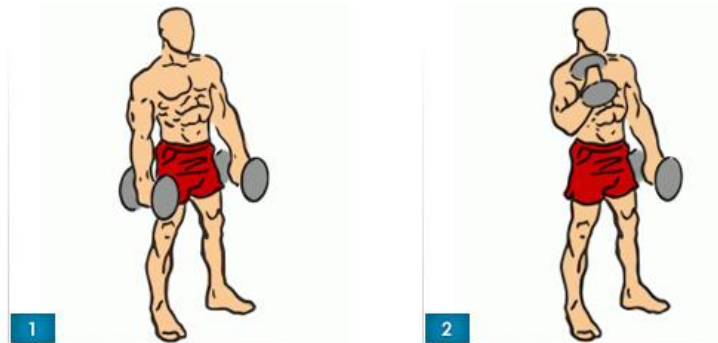
## 3.2 Záťažové testy

Na základe mojich skúseností z oblasti profesionálneho športu a s pomocou konzultácií s kondičnými trénermi a vedúcim práce boli vybrané tieto dve cvičenia zameriavajúce sa izolovane na horné končatiny a komplexné na celé telo. Cviky boli vybrané tak aby ich zvládli športovkyne ale aj nešportovkyne.

*Cvičenie zamerané izolovane na horné končatiny*

Cvičiaci uchopí do každej ruky jednoručnú činku o váhe 3kg. S výdychom striedavo zdvíha jednu činku pokrčením paže v lakti, pričom dlane smerujú k sebe a palec smeruje

hore (ako môžeme vidieť na pravej strane obrázku 16). Toto cvičenie pod názvom kladivový zdvih, by sa malo vykonávať dynamicky po minimálne 10 opakovaní na každú ruku, ale len tak rýchlo aby to nebolo na úkor techniky. [64]



Obrázok 16 Názorná ukážka cviku s jednoručnými činkami, dostupné z [64]

#### *Cvičenie zamerané komplexne na celé telo*

Toto cvičenie je známe pod názvom „angličák“ (anglicky burpee). Človek zo stoja naskakuje do hlbokého drepu (vid' prvá poloha na obrázku 17). V spodnej polohe drepu sa ide rukami pred telo a následne na zem do pozície kliku (druhá poloha na obrázku 17). Ďalšou fázou cviku je návrat do začiatkovej pozície. V pozícii kliku pritiahneme nohy pod hrudník, čím sa opäť dostaneme do drepu, z ktorého sa následne postavíme. Poslednou časťou tohto komplexného cviku je dynamický výskok zo stoja (tretia poloha na obrázku 17). Po dopadnutí na zem sa pokračuje do drepu a celý cvik sa opakuje. [65]



Obrázok 17 Postupné polohy pri vykonávaní cviku „angličák“, dostupné z [66]

# 4 PRAKTICKÁ ČASŤ

Zmyslom tejto bakalárskej práce bolo popísať a kvantifikovať zmeny vo vybraných hemodynamických parametroch a v povrchovej teplote tváre po dvoch typoch záťažových cvičení. A následne namerané hodnoty porovnať medzi vybranými skupinami probandov a to skupinou športovkýň a kontrolnou skupinou z normálnej populácie (nešportovkýň).

Praktická časť je rozdelená do troch častí. Prvou je popis použitých meracích prístrojov a slovný opis priebehu celého merania (doložený fotodokumentáciou). Druhá časť je preložená treťou, v tom zmysle, že pod každou kapitolou nameraných výsledkov hemodynamických parametrov je hneď kapitola venovaná štatistickej analýze. Tento spôsob nie je úplne obvyklý, ale bol uprednostnený z dôvodu lepšej prehľadnosti.

## 4.1 Meracie systémy

V rámci praktickej časti práce boli použité prístroje: pulzný oxymeter napojený na patientský monitor od firmy Ekona, digitálny tlakomer od firmy OMRON, stacionárna infračervená termokamera WIC od firmy Workswell, ultrazvukový prístroj pre dopplerovské meranie Hadeco ES-100 Bidop s 8MHz sondou.



**Obrázok 18** Všetky prístroje použité pri meraní hemodynamických parametrov, zľava hore digitálny tlakomer, ultrazvukový prístroj, patientský monitor s pulzným oxymetrom a infračervená termokamera

## 4.2 Metodika merania

Meranie hemodynamických parametrov a povrchovej teploty tela bolo uskutočnené na skupine 20 probandov ženského pohlavia vo veku približne od 18 do 26 rokov. Prvú polovicu probandov tvorili vrcholové športovkyne, konkrétne 3 florbalistky a 7 basketbalistiek (ďalej označované len ako športovkyne). Zvyšných desať žien bolo vybraných z normálnej populácie, teda také ktoré pravidelne nešportujú (označované len ako nešportovkyne), ďalej v práci zapisované číslami 11 až 20. Športovkyniam, konkrétne basketbalistkám ako probandkám je pridelené číslo od 4 do 10 a florbalistkám 1 až 3. Ani jedna z probandiek netrpela nadváhou alebo podvýživou, všetky boli nefajčiarky. Jedna športovkyňa bola však po dlhodobejšom úraze a druhá bola naopak po chorobe. Týka sa to konkrétne probandky číslo 3, florbalistky, ktorá bola po operácií kolena a čase tohto merania bola už tretí mesiac vo fáze rekonvalescencie. Probandka s číslom 8 (basketbalistka) mala pár dní pred meraním horúčku. Vplyvy týchto dvoch skutočností budú krátko komentované v diskusií.

Samostatné získavanie dát pomocou všetkých spomenutých zariadení prebiehalo tak, že sa testovaný jedinec či už v kľudovej fáze alebo ihneď po záťažovom teste usadil na stoličku, ktorá bola v definovanej pozícii pred termokamerou. Proband bol požiadaný aby rozprestrel svoje paže na obidve strany a následne upravil pozíciu svojho tela tak aby kamera zachytila celú jeho hlavu zaostrenú a taktiež aby svoj pohľad upriamil presne do objektívu kamery (na obrázku 19 absentuje pohľad do kamery). Keď bolo všetko v poriadku, spustil sa 5 sekundový záznam, ktorý sa ihneď pomocou softwaru CorePlayer uložil do počítača pripojeného ku kamere. Ľavú ruku probanda, konkrétne jeho *a. brachialis* bola použitá na meranie krvného tlaku, takže ihneď po posadení na stoličku sa mu natiahla manžeta tlakomeru a spustilo sa meranie a zároveň sa prostredný prst tej istej ruky zasunul do pulzného oxymetru. V tom istom čase sa na pravú ruku probanda naniesla tenká vrstva gélu, ku ktorej bola následne priložená ultrazvuková sonda dopplerovského prístroja pod uhlom 60° pre meranie rýchlosti toku krvi z *a. radialis*. Pomocou jemných pohybov sondy po pokožke nad spomenutou artériou sa hľadal podľa vizuálnych a akustických charakteristík ten najpriateľnejší signál. Po jeho nájdení sa na sonde stlačilo tlačítko „Freeze“ čím signál na obrazovke ako keby zamrzol, prestal prebiehať a tým pádom bol pripravený k uloženiu.

Celý tento cyklus sa uskutočnil pre každého jedinca v kľude a následne po štyroch kolách záťažových cvičení. Prvé cvičenie bolo zamerané len na horné končatiny,

k čomu boli použité dve jednoručné činky o váhe 3 kg. Proband bol požiadaný aby pohyboval s činkami čo možno najrýchlejšie do toho momentu, kým necítil už nezvládnuteľnú svalovú únavu.

Zvyšné tri kolá patrili angličákovi, ktorých úlohou bolo dostať celé telo probandov do dynamickej záťaže a odsledovať vzniknuté zmeny hemodynamických parametrov. Aj s ohľadom na náročnosť cviku sme požiadali probandov o čo najlepší výkon, čo znamenalo prevedenie tohto cviku v rozmedzí 8 až 12 opakovaní podľa pocitovej únavy. Pred každým ďalším cvičením mal každý proband minimálne 20 minút odдыхu dokým boli nameraní všetci ostatní probandi.



**Obrázok 19 Fotodokumentácia z priebehu merania**

Celkovo tak bolo u každého z 20 probandov nameraných 51 hodnôt hemodynamických parametrov, ktoré boli všetky zapísané do tabuľky A (tabuľka A – viď príloha na CD), doplnené o priemery pulzov, priemery a mediány z celých skupín jednotlivo.

Ďalším skúmaným parametrom bol priemerný rozsah peaku (od minima k maximu) v rámci jedného záznamu rýchlosti toku krvi. Vyhodnocované boli aj diferencie, ako zmeny medzi kľudovými a pozáťažovými hodnotami. To sa týkalo hodnôt pulzov, systolického aj diastolického tlaku a v poslednej rade rozsahu peaku. Zistenia z týchto parametrov budú prezentované len v diskusii. V kapitole 4.3 Namerané výsledky budú komentované len hodnoty pulzu, hodnoty oboch typov tlakov, povrchová teplota tváre a rýchlosť toku krvi, konkrétne priemerná rýchlosť toku krvi a pulzačný index.

### 4.3 Namerané výsledky

Všetky namerané výsledky boli zapísané do komplexnej tabuľky A (viď tabuľka A – prílohy na CD), k čomu bol využitý program Excel. Pre lepšiu názornosť sú namerané dáta zobrazené graficky pomocou krabicových grafov (boxplotov) v programe Excel, niekedy tiež nazývaných krabicové diagramy. Z týchto grafov je možné vyčítať niekoľko ukazovateľov. Rozsah hodnôt je určený dvomi vodorovnými krátkymi úsečkami – hore je to maximum a dole minimum. Samotný box (krabica) je ohraničený dole prvým kvartilom a hore 3. kvartilom. Kvartily rozdeľujú dáta na časti, ktoré sú približne rovnako veľké. Medzi týmito dvoma kvartilmi je box rozdelený úsečkou, ktorá vyjadruje medián (strednú hodnotu výberu). V grafe možno vidieť aj jednotlivé body (naznačené ako guľičky), ktoré zodpovedajú nameraným hodnotám. Medzi týmito bodmi sa nachádza aj kríž, naznačený znakom X, ktorý predstavuje priemer dát a v normálnom rozložení by sa nemal odlišovať od mediánu o viac ako 10%. Niektoré hodnoty však nepatria do oboru hodnôt medzi maximom a minimom, jedná sa teda o odľahlé hodnoty (extrémy). Práve tieto hodnoty nemôžu byť započítavané do priemerov ani mediánov a v tabuľkách sú vždy naznačené červeným písmom, na rozdiel od grafov (boxplotov), kde ich bolo potrebné nechať. Ako už bolo teda naznačené, pre každú skupinu sa jednotlivo po každom cviku aj v kľude vypočítal priemer a medián. Pre niektoré porovnania (komplexné zhodnotenie) bol navyše ešte spočítaný priemer pre každého probanda za všetky tri kolá angličákov. [67]

#### 4.3.1 Štatistická analýza hemodynamických parametrov

Celá štatistická analýza prebiehala v programe Statistica13 (od firmy TIBCO). Na základe nízkeho počtu probandov - 10 z každej skupiny čiže dokopy len 20 osôb boli používané len neparametrické testy (určené pre tento typ dát).

Pre testovanie vplyvu záťaže na zmenu hemodynamických parametrov (porovnanie pozáťažovej hodnoty s kľudovou) bol použitý neparametrický Wilcoxon Test. Na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$  bola testovaná nulová hypotéza  $H_0$  = rozdiel medzi kľudovou a pozáťažovou hodnotou hemodynamického parametru je nulový, proti alternatívnej hypotéze  $H_A$  = jednotlivé hodnoty sa od seba líšia.

Pre testovanie rozdielu hodnôt hemodynamických parametrov medzi športovkyňami a nešportovkyňami bol použitý neparametrický Mann-Whitney U Test. Na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$  bola testovaná nulová hypotéza  $H_0$  = rozdiel medzi



športovkyňami a nešportovkyňami je nulový, proti alternatívnej hypotéze  $H_A$  = jednotlivé pozorované skupiny sa od seba líšia.

Formulácie týchto hypotéz budú rovnaké u všetkých parametrov, preto už nebudú v nasledujúcich kapitolách znova písané.

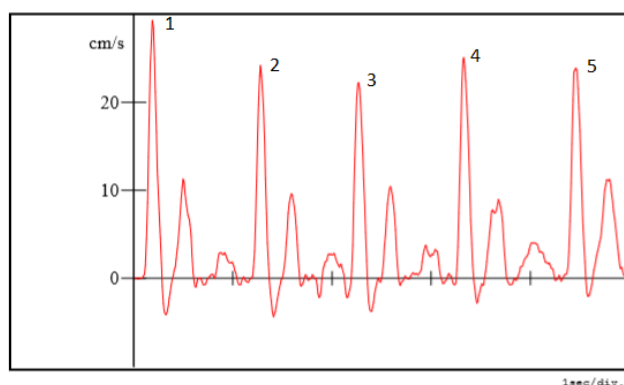
Všetky zistené štatistické významnosti (p hodnoty) sú uložené v tabuľke B (viď tabuľka B – prílohy na CD)

### 4.3.2 Výsledky srdcového pulzu

Srdcový pulz (tep) bol ako hlavný hemodynamický parameter snímaný za použitia 2 meracích systémov. A to pomocou ultrazvukového prístroja pre dopplerovské meranie a pulzného oxymetru pripojeného na patientský monitor.

Čo sa týka hodnôt pulzu z ultrazvukového prístroja pre dopplerovské meranie, tie boli zaťažené určitou chybou, keďže software dopočítaval pulz na základe vykresleného priebehu rýchlosti toku krvi v cieve (ktorý nebol vždy ideálny). Preto bola každá hodnota pulzu ešte ručne prepočítaná. Počet peakov vlny v systole (označených na obrázku 20 číslami od 1 po 5) v 5 sekundovom okne bol vynásobený číslom 12, čím bol získaný približný počet pulzov za celú jednu minútu (pre príklad uvedený na obrázku 20, bude počet pulzov za jednu minútu rovný 60):

$$HR = \text{počet peakov} \cdot 12 \text{ [tep/min]} \quad (19)$$



Obrázok 20 Ukážka jedného výstupného merania z ultrazvukového prístroja

Hodnoty pulzu z pulzného oxymetru a dopočítané hodnoty z ultrazvukového prístroja boli zapísané do tabuľky A (viď tabuľka A – prílohy na CD). Tieto dve čísla boli pre každého probanda spriemerované a ďalej používané v rámci všetkých štatistík a krabicových grafov. Výnimku tvorí meranie s odstupom jednej minúty po záťaži, kedy

bola meraná už len jedna hodnota pulzu pomocou ultrazvukového prístroja. Všetky spomenuté hodnoty sú zapísané v tabuľke A (vid' tabuľka A – prílohy na CD).

**Tabuľka 3 Priemerné hodnoty pulzov meraných v kľude a po cviku angličák u športovkýň**

<b>šport</b>	<b>kľud</b>	<b>ang 1</b>	<b>ang 1 po 1min</b>	<b>ang 2</b>	<b>ang 2 po 1min</b>	<b>ang 3</b>	<b>ang 3 po 1min</b>
1	60	131	60	131	72	133	60
2	76	159	72	155	84	146	75
3	79	157	96	151	84	156	77
4	63	146	84	149	75	144	96
5	55	128	84	121	72	123	66
6	56	143	84	141	84	147	84
7	60	128	84	129	78	133	60
8	70	129	84	142	72	131	72
9	50	118	80	126	84	122	67
10	87	113	84	113	84	108	84
<b>priemer</b>	<b>66</b>	<b>135</b>	<b>82</b>	<b>136</b>	<b>79</b>	<b>134</b>	<b>74</b>
<b>medián</b>	<b>62</b>	<b>130</b>	<b>84</b>	<b>136</b>	<b>81</b>	<b>133</b>	<b>74</b>

**Tabuľka 4 Priemerné hodnoty pulzov meraných v kľude a po cviku angličák u nešportovkýň**

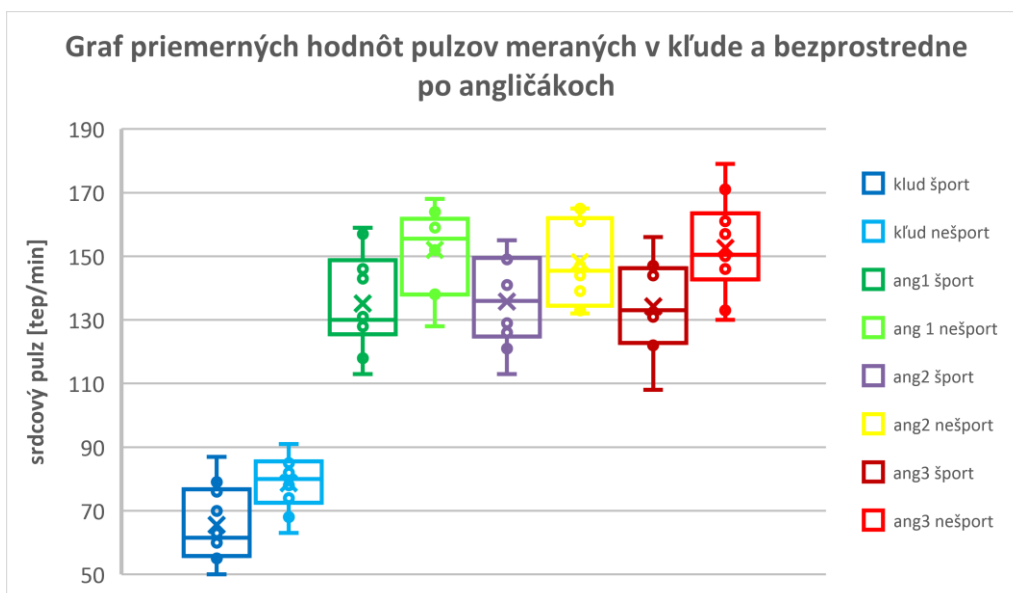
<b>nešport</b>	<b>kľud</b>	<b>ang 1</b>	<b>ang 1 po 1min</b>	<b>ang 2</b>	<b>ang 2 po 1min</b>	<b>ang 3</b>	<b>ang 3 po 1min</b>
11	78	128	90	132	96	130	108
12	83	168	108	161	105	179	114
13	82	152	92	165	108	157	96
14	68	160	96	144	84	151	96
15	63	138	72	135	108	150	96
16	85	152	110	147	109	148	120
17	74	159	84	165	84	161	96
18	87	164	84	161	84	171	96
19	91	138	72	133	72	133	74
20	76	161	75	139	72	146	72
<b>priemer</b>	<b>79</b>	<b>155</b>	<b>93</b>	<b>150</b>	<b>96</b>	<b>153</b>	<b>97</b>
<b>medián</b>	<b>80</b>	<b>156</b>	<b>87</b>	<b>146</b>	<b>90</b>	<b>151</b>	<b>96</b>

V tabuľkách 3 a 4 vyššie sú zapisované už len priemerné hodnoty pulzov a z nich vypočítané priemery a mediány. Červeným písmom sú naznačené extrémne hodnoty, ktoré neboli započítané do priemerov, mediánov a neboli ani použité v štatistike.

V nasledujúcej časti budú okomentované rôzne prístupy k porovnávaniu hodnôt pulzov nameraných v kľude a po rôznych záťažach. Nerozdelenie jednotlivých porovnaní do kapitol je zámerné.

*Porovnanie hodnôt pulzu v kľude a bezprostredne po odcvičení angličáku medzi športovkyňami a nešportovkyňami*

Na základe teoretických znalostí, ktoré boli načrtnuté v predchádzajúcich kapitolách o pulze a jeho reakcií na záťaž môžeme jednoznačne očakávať lepšiu adaptabilitu športovkyň na záťaž a ich nižší kľudový pulz. Toto tvrdenie bolo naším meraním jednoznačne potvrdené, čo ukazuje aj krabicový graf na obrázku 21. Športovkyňiam bol ako skupine nameraný kľudový pulz v priemere približne 66 tep/min a nešportovkyňiam až 79 tep/min.

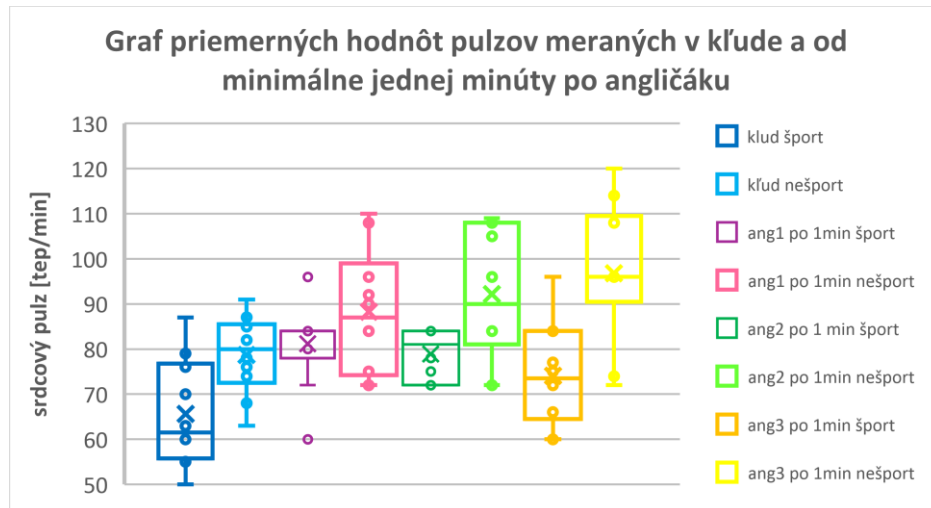


**Obrázok 21** Krabicový graf priemerných pulzov meraných v kľude a bezprostredne po angličáku

Pokiaľ ide o hodnotu pulzu nameranú ihneď po ukončení záťaže, naše meranie preukázalo opäť signifikantný rozdiel medzi pozorovanými skupinami. Po všetkých troch kolách angličáku bol nešportovkyňiam nameraný vždy vyšší pulz, v priemere o 18 tep/min viac ako u športovkyň. Hodnoty pulzov sa u športovkyň pohybovali v priemere u všetkých troch kôl angličáku okolo hodnoty 135 tep/min ( $\pm 1$  tep/min) čo značí nárast o 105% oproti kľudovej hodnote – 66 tep/min. U nešportovkyň to bolo v priemere 153 tep/min po angličáku (číslo vyjadruje komplexný priemer, sú do neho zahrnuté všetky tri priemery po každom kole). Táto hodnota predstavuje nárast o 96% oproti kľudovej hodnote – 79 tep/min, teda menej ako u športovkyň.

## Porovnanie hodnôt pulzu v kľude a minimálne minútu po odcvičení angličáku medzi športovcami a nešportovcami

Podrobným preštudovaním teórie bolo zistené, že od športovcov môžeme očakávať po záťaži rýchlejší pokles, teda návrat zvýšených hodnôt pulzov späť ku kľudovým.



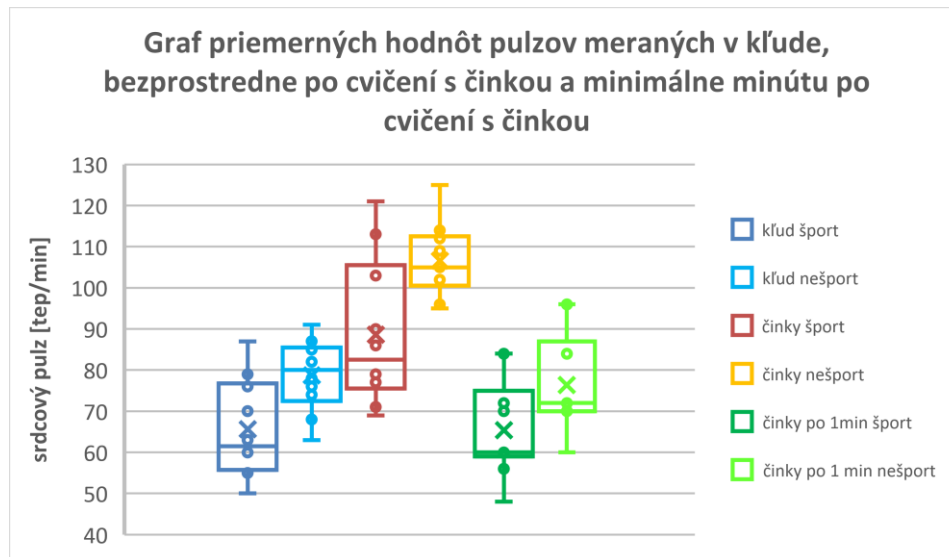
Obrázok 22 Krabicový graf priemerných pulzov meraných v kľude a od minimálne jednej minúty po angličáku

Športovcom dokázal v priemere za minútu od ukončenia cvičenia klesnúť pulz o 57 tep/min (v priemere z 135 na 78 tep/min), pričom ich kľudový priemerný pulz bol 66 tep/min. V porovnaní s nešportovcami, ktorým pulz za toto krátke časové okno stihol klesnúť v priemere tiež o 58 tep/min (v priemere z 153 na 95 tep/min), stým rozdielom že ich priemerný kľudový pulz bol 79 tep/min. V rámci krabicových grafov sa vykresľuje aj hodnota mediánu (vodorovná čiara) či priemerná hodnota (krížik) na základe ktorej je možné voľným okom posúdiť viditeľný rozdiel medzi pozorovanými skupinami, ktorý je najvýraznejší po treťom angličáku. S pribúdajúcimi kolami angličákov dochádzalo u pozorovaných skupinách k presne opačnému trendu. Športovcom s pribúdajúcimi kolami priemerný pulz klesal, z čoho môžeme dohadom vyvodit', že sa na záťaž postupne adaptovali. U nešportovcov to malo naopak stúpajúcu tendenciu, čo znamená že táto adaptácia u nich absentovala.

O počítaní  $HR_{REC}$  (rýchlosť návratu pulzu ku kľudovým hodnotám), ktorá bola načrtnutá v kapitole 2.1 sa bohužiaľ nedá v tomto prípade hovoriť pretože pre zistenie tohto parametru je nutné poznať  $HR_{PRAC}$  (pracovný pulz – počas záťaže), teda hodnotu pulzu počas cvičenia, ktorú sme v rámci našej štúdie nemerali.

*Porovnanie hodnôt pulzu v kľude, bezprostredne a minimálne minútu po odcvičení s činkami medzi športovkýňami a nešportovkýňami + konfrontácia s angličákom*

Cvičenie s činkami bolo oproti cviku angličák statické, fyzicky zaťažené boli len horné končatiny. Z čoho vyplýva, že angličák ako náročnejší cvik mal na pulz výraznejší vplyv ako cvičenie s činkami.

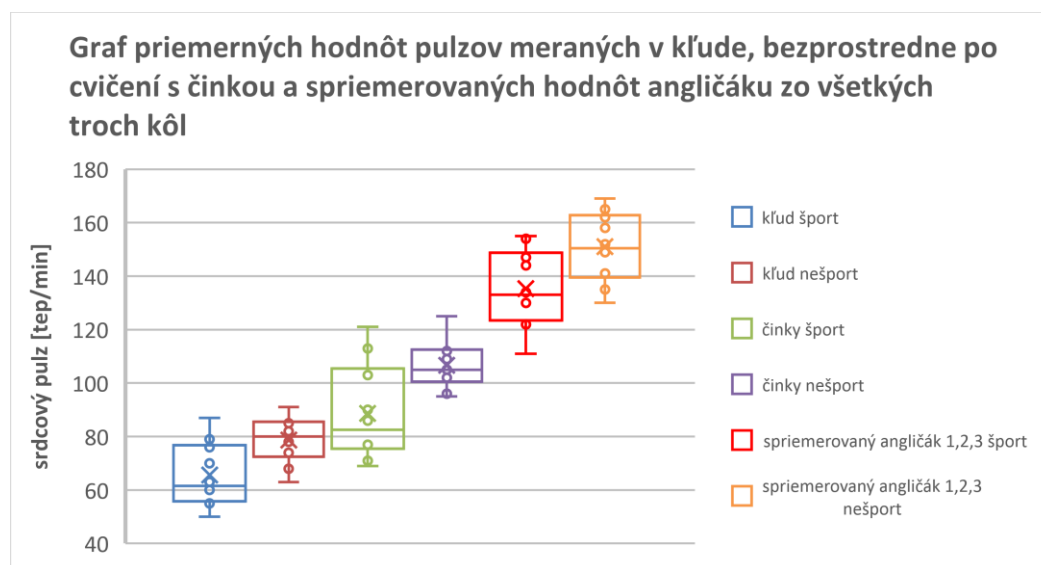


**Obrázok 23** Krabicový graf priemerných pulzov meraných v kľude, bezprostredne a od minimálne jednej minúty po cviku s činkou

Opäť sa povrdilo tvrdenie že športovci dosahujú počas cvičenia nižšie pulzy a po cvičení im pulz rýchlejšie klesá ku kľudovým hodnotám ako nešportovcom. Pulzy v oboch skupinách sa po záťaži len mierne zdvihli oproti stavu pred záťažou, a to v priemere u športovkýň z 66 na 89 tep/min a u nešportovkýň v priemere z 79 na 110 tep/min (viď obrázok 23). V porovnaní s angličákom, kde sa pulz vyšplhal po záťaži v priemere za tri kolá u nešportovkýň až na 151 tep/min a u športovkýň len na 135 tep/min, čím sa jeho fyzicky náročnejší charakter ako cviku potvrdil. Pri podrobnom individuálnom preskúmaní dát v tabuľke 5 bolo zistené že po cvičení došlo u 55% probandov dokonca k prechodnému zníženiu pulzu oproti kľudovým hodnotám. Pri celkovom pohľade tabuľka 5 demonštruje fakt, že obom pozorovaným skupinám stačila jedna minúta od ukončenia cviku s činkou vrátiť sa ku kľudovým hodnotám. To sa na proti tomu pri angličáku nepodarilo, čo len utvrdzuje domnienku, že cvičenie s činkami nebolo pre probandov tak fyzicky náročné, čo je prehládne vidieť aj na obrázku 23.

Tabuľka 5 Priemerné hodnoty pulzov meraných v kľude a po cviku s činkami u oboch skupín

nešport	kľud	činky	činky po 1min	šport	kľud	činky	činky po 1min
11	78	105	72	1	60	90	60
12	83	105	72	2	76	113	70
13	82	112	72	3	79	121	84
14	68	114	72	4	63	86	60
15	63	95	70	5	55	71	56
16	85	109	96	6	56	79	72
17	74	102	70	7	60	77	60
18	87	103	84	8	70	77	60
19	91	125	96	9	50	69	48
20	76	96	60	10	87	103	84
priemer	79	110	80	priemer	66	89	65
medián	80	105	72	medián	62	83	60



Obrázok 24 Krabicový graf priemerných pulzov meraných v kľude, bezprostredne po cvičení s činkou a spriemerovaných hodnôt angličáku zo všetkých troch kôl

### 4.3.3 Štatistická analýza srdcového pulzu

Ako prvé bolo uskutočnené testovanie vplyvu záťaže na srdcový pulz. Výsledné štatistické významnosti (p hodnoty) z Wilcoxon testu boli zapísané do tabuľky 6.

Čo sa týka porovnaní hodnôt pulzu v kľude a bezprostredne po docvičení, predpokladali sme, že rozdiel medzi týmito číslami by mal byť dostatočný na dokázanie štatistickej významnosti. To sa aj potvrdilo, keďže všetky p hodnoty vyšli pod hladinou významnosti (p hodnota < 0,05), z čoho vyplýva že, nulovú hypotézu zamietame

a môžeme tvrdiť, že záťaž má vplyv na hodnotu pulzu zmeranú priamo po ukončení cvičenia u oboch pozorovaných skupín.

**Tabuľka 6 Testovanie vplyvu záťaže na srdcový pulz u športovcov aj nešportovcov**

	kľud vs. činky	kľud vs. činky_1m	kľud vs. ang1	kľud vs. ang1_1m	kľud vs. ang2	kľud vs. ang2_1m	kľud vs. ang3	kľud vs. ang3_1m
<b>šport</b>	0,005	0,575	0,005	0,036	0,005	0,009	0,005	0,022
<b>nešport</b>	0,005	0,508	0,005	0,074	0,005	0,059	0,005	0,022

U nešportovkýň, okrem angličáku 3 ( $p = 0,022$ ), vyšla štatistická významnosť po všetkých ostatných záťažoch nad hladinou významnosti  $\alpha$  ( $p = 0,059 - 0,508$ ), z čoho musíme usúdiť záver, že nulovú hypotézu nezamietame a hodnoty pulzu v kľude a minútu od ukončenia záťaže sú u nešportovkýň približne rovnaké.

U športovkýň ukázala štatistika to čo sme podľa nameraných dát očakávali. Po cviku s činkou, ktorý nemal veľký vplyv na výkyvy pulzu, vyšla štatistická významnosť nad hladinou  $\alpha$  ( $p = 0,508$ ), čo značí že nulovú hypotézu nezamietame a môžeme tvrdiť že hodnoty pulzu v kľude a minútu po ukončení cvičenia s činkou sa nelíšia. Po všetkých troch kolách angličáku vyšla u športovkýň štatistická významnosť, čo nám dáva možnosť nulovú hypotézu zamietnuť a tvrdiť, že pozorované hodnoty sú odlišné, aj keď by práve u športovkýň mohli byť už s odstupom minúty podobné.

Cieľom druhého typu testovania bolo overiť podobnosť respektíve rozdielnosť medzi pozorovanými skupinami. Výsledky ( $p$  hodnoty) Mann-Whitney U testu boli zapísané do tabuľky 7.

**Tabuľka 7 Testovanie rozdielu pulzov tváre medzi športovcami a nešportovcami**

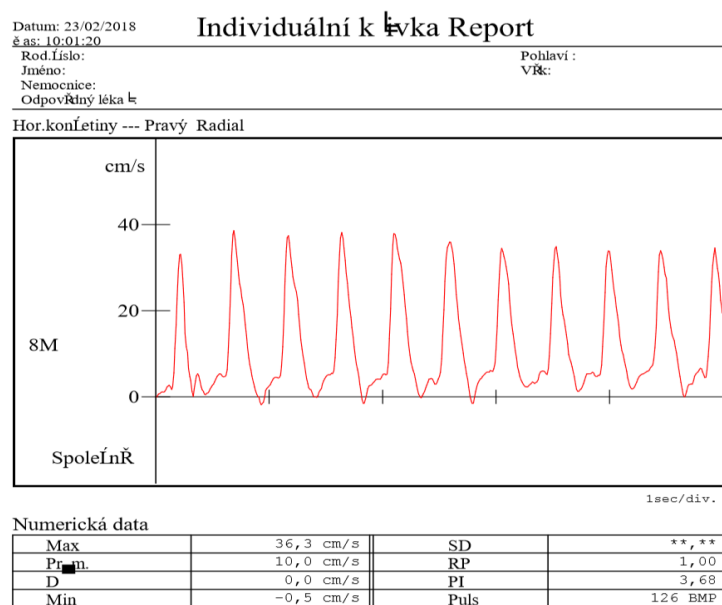
	kľud	činky	činky 1min	ang1	ang1 1min	ang 2	ang2 1min	ang3	ang3 1min
<b>šport vs. nešport</b>	0,019	0,023	0,052	0,019	0,315	0,075	0,052	0,011	0,004

Hlavný rozdiel medzi pozorovanými skupinami pri tomto druhu štatistiky bol očakávaný bezprostredne po cviku angličák. To sa potvrdilo pri angličáku 1 ( $p = 0,019$ ) a angličáku 3 ( $p = 0,011$ ), ale tesne vyvrátilo pri angličáku 2 ( $p = 0,075$ ). Z týchto výsledkov teda nedokážeme jednoznačne vysloviť zamietnutie alebo prijatie nulovej hypotézy pri komplexnom pohľade na tento cvik.

Pri zameraní sa na hodnoty merané s odstupom jednej minúty po záťaži vidíme, že v tomto prípade naopak všade okrem angličáku 3 ( $p = 0,004$ ) nevyšla žiadna štatistická závislosť. Z čoho vyplýva, že vo väčšine prípadov mali športovkyne aj nešportovkyne v dobe minúty od ukončenia záťaže takmer nelíšiace sa hodnoty pulzu. Táto skutočnosť však úplne nekorešponduje s tým ako vyzerajú reálne nameraná dáta v tabuľke 3 v tabuľke 4, čím pripúšťame že mohlo dôjsť pri štatistickej analýze k určitej chybe.

#### 4.3.4 Výsledky rýchlosti toku krvi

K zaznamenávaniu rýchlosti toku krvi bol použitý tužkový ultrazvukový prístroj pre dopplerovské meranie. Miesto merania tohto parametru bolo zvolené na pravom zápästí, konkrétne na *a.radialis*. Prístroj bol napojený na počítač, kde bol nainštalovaný software Smart V-Link™ pre zaznamenávanie kriviek rýchlosti toku krvi. Na obrázku 25 je ukážka okna tohto programu.



Obrázok 25 Ukážka výstupu zo software pre ultrazvukový prístroj

Dole na obrázku môžeme vidieť malú tabuľku do ktorej software zapisuje namerané a dopočítané dáta. V rámci tejto štúdie sme používali maximálnu rýchlosť toku krvi (na obrázku 25 značené Max), priemernú rýchlosť toku krvi (na obrázku 25 značené Priem.), pulzačný index (PI) a pulz. Spomenuté hodnoty boli všetky zapísané do tabuľky A (viď tabuľka A – prílohy na CD).

Štatisticky hodnotiť i graficky vyhodnocovať sme sa rozhodli len priemernú rýchlosť toku krvi a pulzačný index.



### 4.3.5 Výsledky priemernej rýchlosti toku krvi

Tento parameter (anglicky mean blood velocity) bol načrtnutý už v teoretickej časti tejto práce. Najčastejšie sa meria v centimetroch za sekundu (cm/s), poprípade v iných podobných mierach. Jej hodnoty sa v rôznych povrchových artériách značne líšia.

Ako už bolo spomínané software nepracuje na sto percent správne, v tom zmysle, že meranú krivku toku nevykresľuje vždy okolo nulovej osy, čím vzniká určitý posun hodnôt, ktoré potom nie sú úplne korektné. Preto bol zavedený korekčný faktor, ktorého úlohou bolo chybné čísla upraviť tak aby bol tento posun eliminovaný. Pre korekciu sa používala hodnota z krivky, ktorá mala priebeh a nulovú osu v poriadku a bola z rovnakej kategórie (hodnota angličáku sa korigovala inou hodnotou angličáku, ale od tej istej osoby). Vzorec použitého korekčného faktoru je nasledovný:

$$\text{nová\_hod } \emptyset = \frac{\text{korigujúca\_hod\_max}}{\text{aktuálna\_hod\_max}} \cdot \text{aktuálna\_hod } \emptyset \quad (20)$$

kde *aktuálna\_hod*  $\emptyset$  je aktuálna hodnota priemernej rýchlosti ktorú chceme prepočítať, *aktuálna\_hod\_max*, je aktuálna hodnota maximálnej rýchlosti toku krvi, *korigujúca\_hod\_max*, je maximálna rýchlosť toku zobraená z iného kola (napríklad angličáku) pomocou ktorej dochádza ku korekcií priemernej rýchlosti a *nová\_hod*  $\emptyset$  je už prepočítaná, skorigovaná, nová hodnota priemernej rýchlosti toku krvi počítaná v cm/s. Všetky prepočítané hodnoty sú v tabuľke 8 a tabuľke 9 naznačené hviezdíčkou \*. Originálne hodnoty sú uvedené pod poznámkou v tabuľke A (tabuľka A - prílohy na CD).

V nasledujúcej tabuľke 8 si môžeme všimnúť, že probandke č. 9 absentujú všetky dáta priemernej rýchlosti toku krvi, čo však nevzniklo ani náhodou ani chybou merania. Bolo rozhodnuté jej hodnoty v rámci hodnotenia a štatistiky nepoužiť, keďže jej krivky rýchlosti toku vyzerali v klude ako u ostatných po záťaži a naopak.

Tabuľka 8 Hodnoty priemernej rýchlosti toku krvi, nameranej v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu od ukončenia cviku angličák (všetky tri kolá) u športovkýň

šport	klúd	ang 1	ang 1 po 1min	ang 2	ang 2 po 1min	ang 3	ang 3 po 1min
1	8,9	6,1	6,5	7,1	9,2	8,6	7,8
2	3,4	5,9	3,4	5,8	5,9*	10,3	6,7
3	7,5	13,06*	13,2	9,4	14,3	13,4	12,9
4	2,7	6,7	3,2	5,6	5,4	5,2*	3,2
5	2	8,7	8,9	4,2	5	6,4*	6,8
6	1,65	6,3*	3,6	6,8	5,9	8	5,2
7	3,1	7,9	3,6	8,2	4,5	10	5,6*
8	2,9	5,45*	5,5	5,4*	4,9	9,2	8,5
9	-	-	-	-	-	-	-
10	4,9	6,3	15,4	10,7	15,7	10,8	12,9*
priemer	3,5	6,7	7,0	7,0	6,9	9,1	6,3
medián	3,0	6,3	5,5	6,8	5,7	9,2	6,7

Tabuľka 9 Hodnoty priemernej rýchlosti toku krvi, nameranej v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu od ukončenia cviku angličák (všetky tri kolá) u nešportovkýň

nešport	klúd	ang 1	ang 1 po 1min	ang 2	ang 2 po 1min	ang 3	ang 3 po 1min
11	14,6	7,2	5,3	9,7	5,7	8,9	5
12	10,3	4,9	3,2*	5,4	4	6,2	6,5
13	4,7	8,2	9,6	11,1*	10,2	8,1	6,1
14	1,6	6,4	4,4	10	2,6	9,8*	6,1
15	1,6	1,5	2,3	6,4	5,8	10,4	3,4
16	1,1	6,7	6,3*	5,9	8,6	9,9	8,1
17	2,2	3,3	1,6	4,6	4,3	4,9	3,7
18	1,9	10,7	2,7	7	4,5	8,1	6,2
19	9,9	9,1	9,3	9,8	11	11,3	13,74*
20	10,9	12,4	5,3*	13	10	11,7	9,7
priemer	5,9	7,0	5,0	8,3	6,7	8,9	6,9
medián	3,5	7,0	4,9	8,4	5,8	9,4	6,2

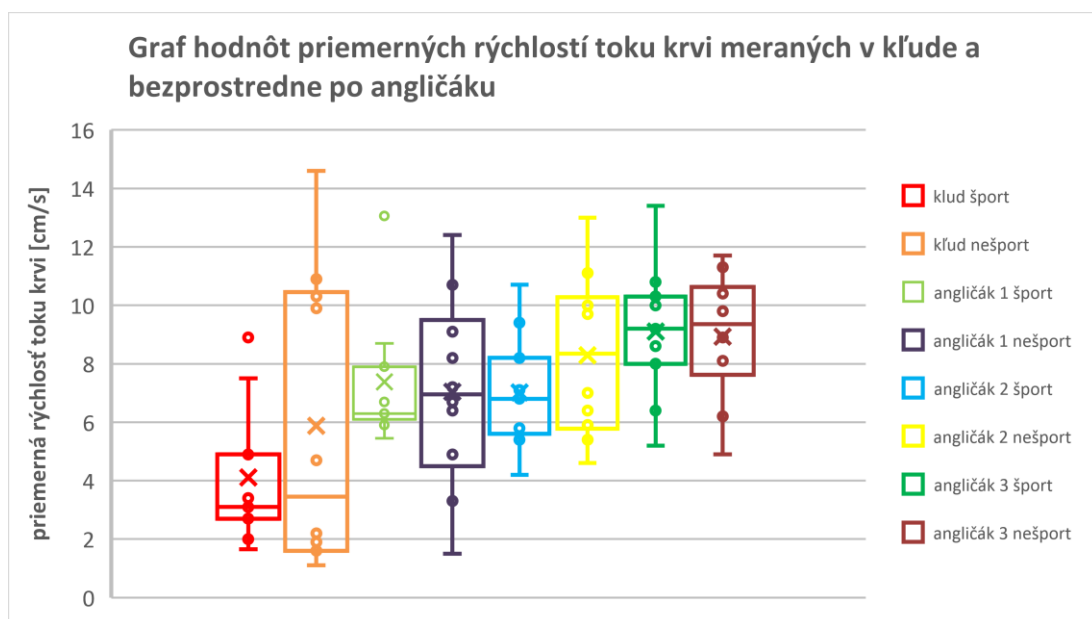
*Porovnanie hodnôt priemernej rýchlosti toku krvi v kľude a bezprostredne po odcvičení angličáku medzi športovkýňami a nešportovkýňami*

Z tabuľky 8 (športovkyne) môžeme vidieť, že čo sa týka priamo pozáťažových hodnôt angličákov, tak okrem probandky č.1 všetkým ostatným stúpla priemerná rýchlosť toku

krvi oproti kľudu. V priemere za všetky športovkyne vznikla tak vplyvom cvičenia diferencia oproti kľudu 4,1 cm/s (z priemernej kľudovej hodnoty 3,5 cm/s na pozáťažovú hodnotu 7,1 cm/s).

Čo sa týka nešportovkýň, tam až taký jednoznačný pomer nebol. U jedenástej aj dvanástej probandky došlo k poklesu priemernej rýchlosti toku krvi po záťaži. U iných dvoch dokonca nebol trend po všetkých angličákoch rovnaký, vid' probandka č. 15 a č. 19. Pri celkovom pohľade na nešportovkyne ako skupinu, odhalila hodnota priemeru, že na rozdiel od športovkýň, spôsobila záťaž angličákom nárast hodnoty priemernej rýchlosti toku krvi len o 2,2 cm/s (z priemernej kľudovej hodnoty 5,9 cm/s na pozáťažovú hodnotu 8,1 cm/s).

Najväčšie rozdiely medzi skúmanými skupinami vidieť pri pohľade na graf na obrázku 26, konkrétne na kľudové hodnoty a na hodnoty po druhom angličáku. Práve v týchto dvoch prípadoch mali vyššiu priemernú rýchlosť toku nešportovkyne ako športovkyne. Rovnako, aj keď nie tak markantným rozdielom je tomu tak u prvého angličáku hoci sa to podľa grafu nemusí zdať (graf je tvorený aj s extrémami, priemer je počítaný bez nich).



**Obrázok 26** Krabicový graf priemerných rýchlostí toku krvi meraných v kľude a bezprostredne po angličáku

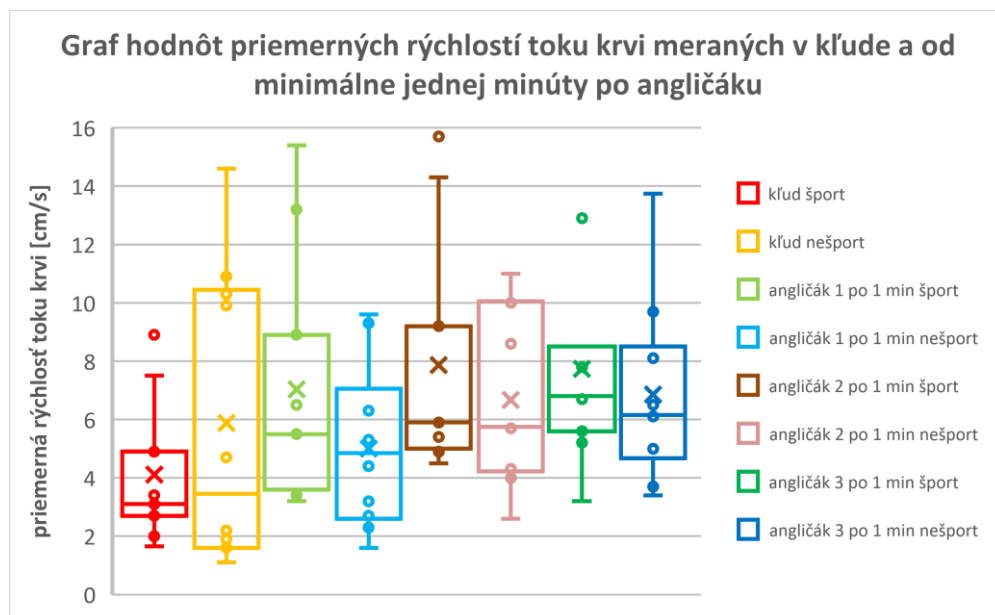
*Porovnanie hodnôt priemernej rýchlosti toku krvi v kľude a minimálne jednu minútu po odcvičení angličáku medzi športovkyňami a nešportovkyňami*

Opäť sa všetkým športovkyňam okrem prvej probandky držala priemerná rýchlosť toku vyššia ako v kľude po všetkých troch kolách angličákov. V priemere im ešte stále chýbalo

3,23 cm/s do dosiahnutia priemernej kludovej hodnoty, keďže minútu po ukončení angličáku im bola priemerne nameraná rýchlosť toku krvi 6,7 cm/s (priemer z hodnôt: 7; 6,9; 6,3). Pri detailnejšom pohľade na tabuľku 8, konkrétne na bezprostredne pozáťažové hodnoty a hodnoty s odstupom minúty po záťaži je viditeľný nejasný trend v chovaní sa týchto hodnôt. U nadpolovičnej väčšiny platil nemenný spôsob zmeny hodnoty, v tom zmysle, že im po všetkých troch kolách angličákov s odstupom jednej minúty hodnota rýchlosti toku buď vždy klesla alebo stúpala. U zvyšných probandiek boli zmeny (stúpanie alebo klesanie hodnoty) viac menej náhodné.

Len u polovičky nešportovkýň sa aj po minúte od ukončenia záťaže stále držala vyššia hodnota ako v klude. U zvyšnej polovice spomenutá minúta stačila na to, aby im priemerná rýchlosť toku krvi dokonca poklesla pod kludovú hodnotu z toho dvom probandkám – č. 17 a 19 to kleslo len po 1. angličáku, po 2. a 3. im hodnota rýchlosti stúpala. Tieto nejednoznačné výsledky sa odzrkadlili aj na priemerných hodnotách, keď po minúte od ukončenia cvičenia mali nešportovkyne len o 0,3 cm/s vyššiu priemernú rýchlosť toku krvi ako v klude (priemerná pozáťažová rýchlosť bola 6,2 cm/s a kludová hodnota bola 5,9).

Takže v porovnaní týchto skupín, za minútu od záťaže klesla rýchlosť toku rýchlejšie nešportovkyniam – 1,9 cm/s ako športovkyniam – 0,9 cm/s. Graf na obrázku 27 a takisto priemerné hodnoty za celé skupiny odhaľujú fakt, že nešportovkyne mali s odstupom minúty po angličáku vždy nižšiu priemernú rýchlosť ako športovkyne.



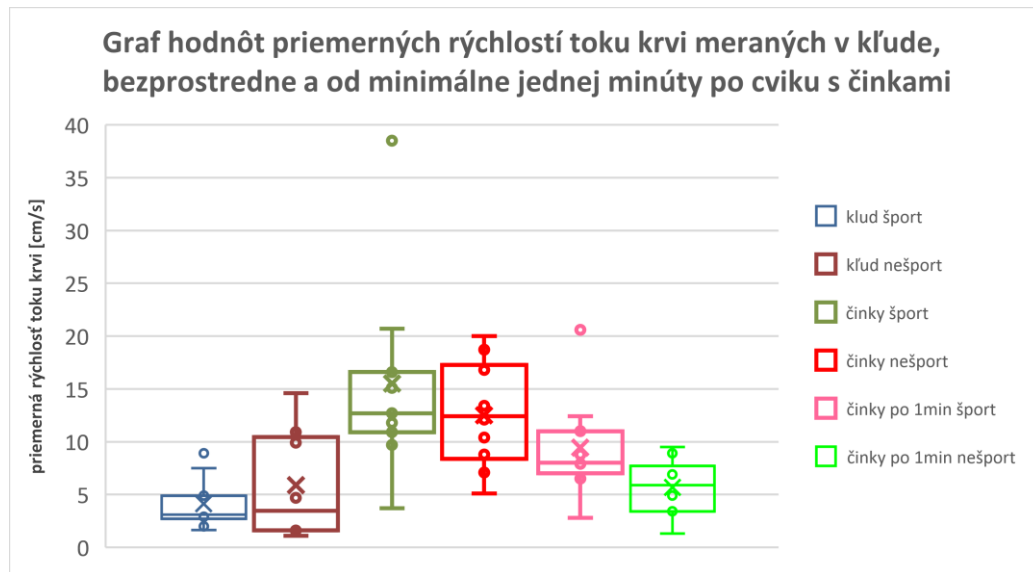
**Obrázok 27** Krabicový graf priemerných rýchlostí toku krvi meraných v klude, bezprostredne a minimálne jednu minútu po angličáku

*Porovnanie hodnôt priemernej rýchlosti toku krvi v kľude, bezprostredne a minimálne minútu po odcvičení s činkami medzi športovkyňami a nešportovkyňami + konfrontácia s angličákom*

Športkovkyňiam sa tentokrát všetkým priemerná rýchlosť toku priamo po záťaži zvýšila oproti kľudu a to v priemere o 8,6 cm/s (priemer priamo po záťaži 12,7 cm/s), čo je ešte o polovicu viac v porovnaní s nárastom po angličáku (priemerný nárast tu bol len o 4,1 cm/s). Keď sa zameriame na následnú zmenu tohto parametru s odstupom jednej minúty od ukončenia cviku s činkou, zistíme že v porovnaní s hodnotou priamo po ukončení cvičenia došlo ešte u troch probandiek (č. 4, č. 8, č. 10) k ďalšiemu navýšeniu rýchlosti toku krvi. Porovnanie hodnôt po minúte a v kľude ukazuje že s výnimkou probandky č. 1, nestačila ostatných športovkyňiam minúta pozátážového oddychu k navráteniu zvýšených hodnôt späť ku kľudovým (viď tabuľka 10).

**Tabuľka 10 Hodnoty priemernej rýchlosti toku krvi, nameranej v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu od ukončenia cviku s činkami u nešportovkyň aj športovkyň**

<b>nešport</b>	<b>kľud</b>	<b>činky</b>	<b>činky po 1min</b>	<b>šport</b>	<b>kľud</b>	<b>činky</b>	<b>činky po 1min</b>
<b>11</b>	14,6	7,1	3,4	<b>1</b>	8,9	<b>38,5</b>	8,8
<b>12</b>	10,3	12,1	6,9	<b>2</b>	3,4	20,7	7
<b>13</b>	4,7	10,4	7,3	<b>3</b>	7,5	16,6	8
<b>14</b>	1,6	13,4*	3,4	<b>4</b>	2,7	9,7	11
<b>15</b>	1,6	12,7	4,9	<b>5</b>	2	3,7	2,8
<b>16</b>	1,1	16,8	9,5	<b>6</b>	1,65	11,8	6,5
<b>17</b>	2,2	8,8	3,7	<b>7</b>	3,1	12,7	7,9
<b>18</b>	1,9	5,1	1,3	<b>8</b>	2,9	15,1	<b>20,6</b>
<b>19</b>	9,9	20	8,9	<b>9</b>	-	-	-
<b>20</b>	10,9	18,7	7,3	<b>10</b>	4,9	10,9	12,4
<b>priemer</b>	<b>5,9</b>	<b>12,5</b>	<b>5,7</b>	<b>priemer</b>	<b>4,1</b>	<b>12,7</b>	<b>8,1</b>
<b>medián</b>	<b>3,5</b>	<b>12,4</b>	<b>5,9</b>	<b>medián</b>	<b>3,1</b>	<b>12,3</b>	<b>7</b>



**Obrázok 28** Krabicový graf priemerných rýchlostí toku krvi meraných v kľude, bezprostredne a od minimálnej jednej minúty po cviku s činkami

Prvá nešportovkyňa, respektíve probandka č. 11 aj v tomto prípade nezapadá do trendu ako u zvyšku skupiny, keďže všetkým okrem nej rýchlosť toku krvi signifikantne stúpla. V priemere bol tento nárast oproti kľudu 6,6 cm/s, čiže z priemernej kľudovej 5,9 cm/s na priemernú pozát'azovú 12,5 cm/s. Čo je v porovnaní s angličákom (priemerná nárast bol 2,2 cm/s) trojnásobne vyššia hodnota. S odstupom ďalšej minúty sa všetkým probandkám znížila rýchlosť toku krvi oproti hodnote meranej priamo po záťaži s činkami, v priemere z 12,5 cm/s na 5,7 cm/s. Tento pokles stačil polovičke nešportovkyň aby dosiahli ešte nižšie hodnoty ako v kľude, čo ovplyvnilo výsledný priemerný rozdiel medzi porovnávanými hodnotami. Tu je možné sledovať hlavný signifikantný rozdiel medzi športovkyňami a nešportovkyňami, keďže u športovkyň zostala po záťaži priemerná rýchlosť toku stále o polovicu väčšia oproti kľudu, na rozdiel od nešportovkyň kde došlo dokonca k 0,2 cm/s poklesu oproti kľudu (viď tabuľka 10) .

#### 4.3.6 Štatistická analýza priemernej rýchlosti toku krvi

Na základe štatistickej významosti ( $p$ ) (zapísané v tabuľke 11) ktoré nám vyšli Wilcoxonovým štatistickým testom pre testovanie vplyvu záťaže na hodnoty priemernej rýchlosti toku, môžeme usúdiť nasledujúce závery.

U športovkyň môžeme nulovú hypotézu u všetkých skúmaní zamietnuť, keďže všetky  $p$  hodnoty vyšli menšie ako 0,05 (v rozmedzí  $p = 0,012 - 0,028$ ), čo znamená že u športovkyň má záťaž vplyv na hodnotu priemernej rýchlosti toku krvi. A ani minútové

okno po dokončení cvičenia nestačilo k návratu hodnôt späť ku kľudovým natoľko, aby to štatistika vyhodnotila ako podobné čísla.

Takmer presný opak nastal u nešportovkýň kedy s výnimkou porovnania kľudovej hodnoty s bezprostredne pozáťažovou hodnotou s činkami ( $p = 0,022$ ), vyšla štatistická nevýznamnosť,  $p > 0,05$  ( $p = 0,093 - 0,959$ ). Čo znamená, že u nešportovkýň sa nulová hypotéza nezamieta a tým pádom sa hodnoty priemernej rýchlosti toku priamo po záťaži aj s odstupom jednej minúty podobajú tým v kľude.

**Tabuľka 11 Testovanie vplyvu záťaže na priemernú rýchlosť toku športovkýň aj nešportovkýň**

	kľud vs. činky	kľud vs. činky_1m	kľud vs. ang1	kľud vs. ang1_1m	kľud vs. ang2	kľud vs. ang2_1m	kľud vs. ang3	kľud vs. ang3_1m
šport	0,012	0,018	0,018	0,018	0,012	0,018	0,012	0,028
nešport	0,022	0,959	0,386	0,799	0,169	0,386	0,093	0,241

Pre testovanie rozdielu pulzu tváre medzi športovkyňami a nešportovkyňami bol použitý neparametrický Mann-Whitney U Test. Ako môžeme vidieť z tabuľky 11 ani jedna p hodnota (z rozsahu  $p = 0,173 - 1,000$ ) nevyšla vyššia ako hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ , čo znamená že nulovú hypotézu nezamietame a hodnoty rýchlosti toku krvi sa medzi športovkyňami a nešportovkyňami nelíšia. Čo mohlo byť spôsobené malou odlišnosťou nameraných dát u pozorovaných skupín.

**Tabuľka 12 Testovanie rozdielu priemernej rýchlosti toku medzi športovkyňami, nešportovkyňami**

	kľud	činky	činky 1min	ang1	ang1 1min	ang 2	ang2 1min	ang3	ang3 1min
šport vs. nešport	0,965	0,965	0,173	0,515	0,278	0,315	0,696	0,968	1,000

#### 4.3.7 Výsledky pulzačného indexu

Hodnota pulzačného indexu (PI) vyjadruje energiu prúdiacej krvi a odlišuje sa pre jednotlivé artérie. Štúdie ukázali, že koreluje s prítomnosťou arteriálnej stenózy a taktiež sa v poslednej dobe využíva ako faktor pri sledovaní aneuryzmatických tokou. Má schopnosť ukazovať koreláciu so zvýšením pulzného tlaku a s arteriálnou tuhosťou (odráža vaskulárny compliance, teda poddajnosť ciev). [68] Chovanie tohto parametru

však nebolo ešte úplne preskúmané, preto je takmer nemožné predpokladať jeho chovanie pri záťaži a hľadať nejaké rozdiely medzi pozorovanými skupinami. Vypočíta sa [68]:

$$PI = \frac{v_{\max} - v_{\min}}{v_{\text{priemer}}}, \quad (21)$$

kde  $PI$  je pulzačný index (bezrozmerný),  $v_{\max}$  značí maximálnu rýchlosť toku krvi v systole,  $v_{\min}$  značí minimálnu rýchlosť toku krvi v diastole a  $v_{\text{priemer}}$  znamená priemerná rýchlosť toku krvi.

Pulzačný index je jedným z tých parametrov ktorý je veľmi ťažké kvantifikovať a hodnotiť, pretože neexistujú žiadne oficiálne čísla, ktoré by určovali jeho normálne, fyziologické hodnoty (tak ako má napríklad tlak 120/80 mmHg). Absolútne čísla závisia na uhle sondy pri prikladaní na artériu aj na samotnom type artérie. A to isté platí pre porovnávanie športovcov a nešportovcov, preto môžeme jedine vysloviť teoretické hypotézy. Na základe už prebehnutého výskumu na biofyzikálnom ústave Masarykovej univerzity, kde ako záťažový test používali tiež cvičenie s činkami, ktorému podrobili mužov aj ženy, zistili že pulzačný index má vplyvom záťaže tendenciu značne klesať. [69]

**Tabuľka 13 Hodnoty pulzačného indexu, nameraného v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu od ukončenia cviku angličák (všetky tri kolá) u športovkýň**

šport	klúd	ang 1	ang 1 po 1min	ang 2	ang 2 po 1min	ang 3	ang 3 po 1min
1	3,09	5,61	5,51	5,21	3,67	4,48	3,62
2	7,56	5,73	6,59	4,6	5,2*	4,62	6,4
3	2,49	2,63	2,64	2,14	1,71	1,84	1,85
4	10,96	5,48	6,78	5,71	4,54	5,12*	6,81
5	12,75	5,01	2,75	6,81	4,78	3,47*	3,68
6	12,48*	2,54	4,61	4,57	4,62	3,69	4,08
7	9,42	3,03	8,08	3,83	8,8	3,68	7,32*
8	10,76	9,56*	10,44*	10,5*	6,24	6,28	6,28
9	-	-	-	-	-	-	-
10	6,12	4,37	2,03	4,53	1,68	3,49	2,08
priemer	7,70	4,41	5,47	5,06	4,32	3,74	4,37
medián	8,49	5,01	5,41	4,6	4,58	3,68	3,88

V tabuľkách 13 a 14 sú hviezdičkou naznačené prepočítané PI na základe prepočítaných priemerných rýchlostí toku krvi pomocou korekčného faktoru. Červeným písmom sú naznačené extrémne hodnoty.



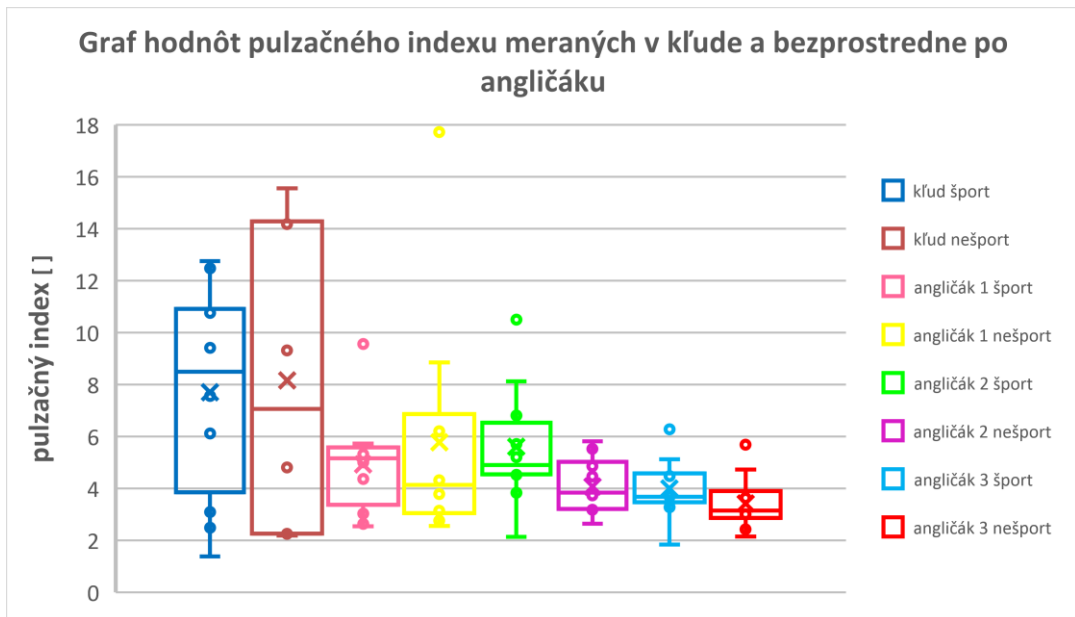
**Tabuľka 14** Hodnoty pulzačného indexu, nameraného v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu od ukončenia cviku angličák (všetky tri kolá) u nešportovkýň

<b>nešport</b>	<b>klúd</b>	<b>ang 1</b>	<b>ang 1 po 1min</b>	<b>ang 2</b>	<b>ang 2 po 1min</b>	<b>ang 3</b>	<b>ang 3 po 1min</b>
<b>11</b>	2,44	4,5	7,19	3,73	7,33	2,42	5,56
<b>12</b>	2,18	6,2	10,66*	5,81	6,67	4,73	4,68
<b>13</b>	4,81	3,95	3,16	3,22*	3,28	3,05	5,31
<b>14</b>	14,24	4,31	7,91	2,64	8,08	3,63*	5,31
<b>15</b>	15,56	<b>17,73*</b>	17,83*	4,86	7,31	3,01	<b>10,74</b>
<b>16</b>	14,18	2,76	3,27	3,42	2,42	2,15	2,85
<b>17</b>	9,32	8,85	21,24	5,52	5,81	<b>5,69</b>	7,22
<b>18</b>	14,42	3,14	12,55	4,46	9,29	3,15	4,89
<b>19</b>	2,25	3,78	2,89	3,18	1,75	3,14	2,02*
<b>20</b>	2,26	2,55	6,08	3,95	2,61	3,25	4
<b>priemer</b>	<b>8,17</b>	<b>4,45</b>	<b>9,28</b>	<b>4,08</b>	<b>5,46</b>	<b>3,17</b>	<b>4,65</b>
<b>medián</b>	<b>7,07</b>	<b>3,95</b>	<b>7,55</b>	<b>3,84</b>	<b>6,24</b>	<b>3,14</b>	<b>4,89</b>

*Porovnanie hodnôt pulzačného indexu v kľude a bezprostredne po odcvičení angličáku medzi športovkyňami a nešportovkyňami*

Prvá probandka je znovu jedinou športovkyňou, ktorej hodnoty sa menia úplne inak ako všetkým, v tom zmysle, že ostatným športovkyniam PI klesol pri všetkých troch kolách angličáku (viď tabuľka 13). V priemere PI klesol z kľudovej hodnoty 7,70 na pozát'azovú (v priemere za všetky tri kolá angličáku) hodnotu 4,40 (priemer z čísel 4,41; 5,06; 3,74).

Nešportovkyne mali opäť v rámci skupiny nejednoznačný trend chovania sa hodnôt po záťaži, v tom zmysle, že len u 50% došlo po všetkých troch kolách k poklesu hodnoty PI (viď tabuľka 14). Zo zvyšenej polovice, 3 probandkám po každom angličáku PI vzrástol a u dvoch sa chovanie PI po angličákoch rôzne menilo. V priemere PI pokleslo o 4,27, z priemernej kľudovej hodnoty 8,17 na priamo pozát'azovú 3,9 (priemer za všetky tri kolá angličáku, hodnoty: 4,45; 4,08; 4,65).



**Obrázok 29** Krabicový graf pulzačných indexov meraných v kľude a bezprostredne po angličáku

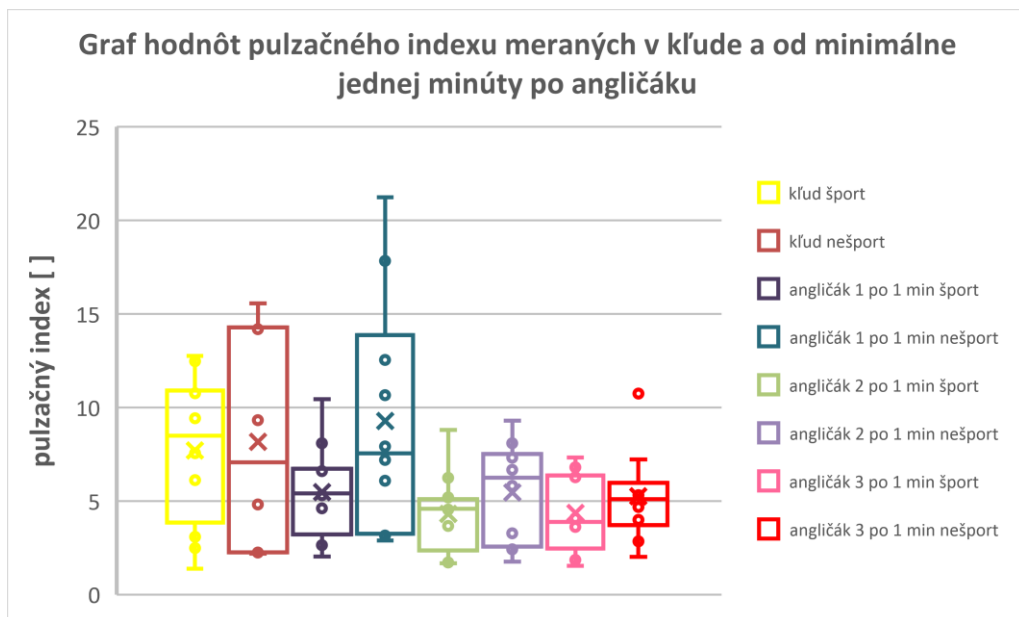
Takže v porovnaní oboch skupín, je očividné, že športovkyne mali nižší kľudový PI a že cvičenie spôsobilo signifikantnejší pokles hodnoty PI u nešportovkýň (bez ohľadu na kľudovú hodnotu). Graf na obrázku 29 môže svojim výsledkami zavádzať, ale ako už bolo spomínané bol vykresľovaný hlavne aj pre zobrazenie extrémnych hodnôt. Na prezentáciu poklesu PI u oboch skupín je však dostačujúci. Taktiež je zaujímavé ako sa zmenšil rozsah hodnôt po všetkých angličákoch oproti kľudovému rozsahu hodnôt.

*Porovnanie pulzačného indexu v kľude a minimálne jednu minútu po odcvičení angličáku medzi športovkyňami a nešportovkyňami*

Z desiatich nešportovkýň, tri probandky (č. 11, 12 a 20) mali s odstupom jednej minúty po všetkých troch kolách angličákoch dokonca ešte vyšší PI ako v kľude. Ďalšie tri probandky mali očakávaný priebeh hodnôt PI, čo znamená, že aj po minúte od ukončenia cvičenia mali stále nižšie hodnoty PI ako v kľude (viď tabuľka 14). U zvyšných štyroch boli zmeny pravdepodobne náhodné. Napriek tomu, že priemerná hodnota po prvom angličáku tento fakt nepotvrďuje (9,28), kompletná priemerná hodnota za všetky angličáky ukazuje, že s odstupom jednej minúty po dokončení tohto cviku mali nešportovkyne v priemere (6,46) ešte stále nižší pulz ako v kľude (8,17).

U športovkýň je rozdelenie probandiek tak ako v prechádzajúcich prípadoch, čiže prvá probandka mala po minúte od ukončenia cvičenia stále vyššie hodnoty ako v kľude (viď tabuľka 13). Čo vôbec nesúhlasí so zvyškom športovkýň, keďže ich hodnoty boli po všetkých kolách angličáku ešte stále nižšie ako hodnoty v kľude. V priemere

dosahovali športovkyne s odstupom jednej minúty po cviku angličák hodnotu PI rovnú 4,72, ktorá sa od priemerného kľudu (7,70) odlišuje ešte stále o veľkosť 2,98.



**Obrázok 30** Krabicový graf pulzačných indexov meraných v kľude a a minimálne jednu minútu po angličáku

Pri detailnom pohľade na zmenu hodnoty PI priamo po záťaži v porovnaní s odstupom jednej minúty môžeme vidieť, že vo väčšine prípadov došlo k opätovnému nárastu hodnôt PI ku kľudovým hodnotám v oboch skupinách, čo môže indikovať pozitívny vplyv oddechovej fázy, v zmysle navracania sa hodnôt PI späť k vyšším kľudovým. Z grafu na obrázku 30 môžeme zistiť jasný rozdiel medzi pozorovanými skupinami a to že minútu od ukončenia záťaže mali nešportovkyne vždy vyšší PI ako športovkyne.

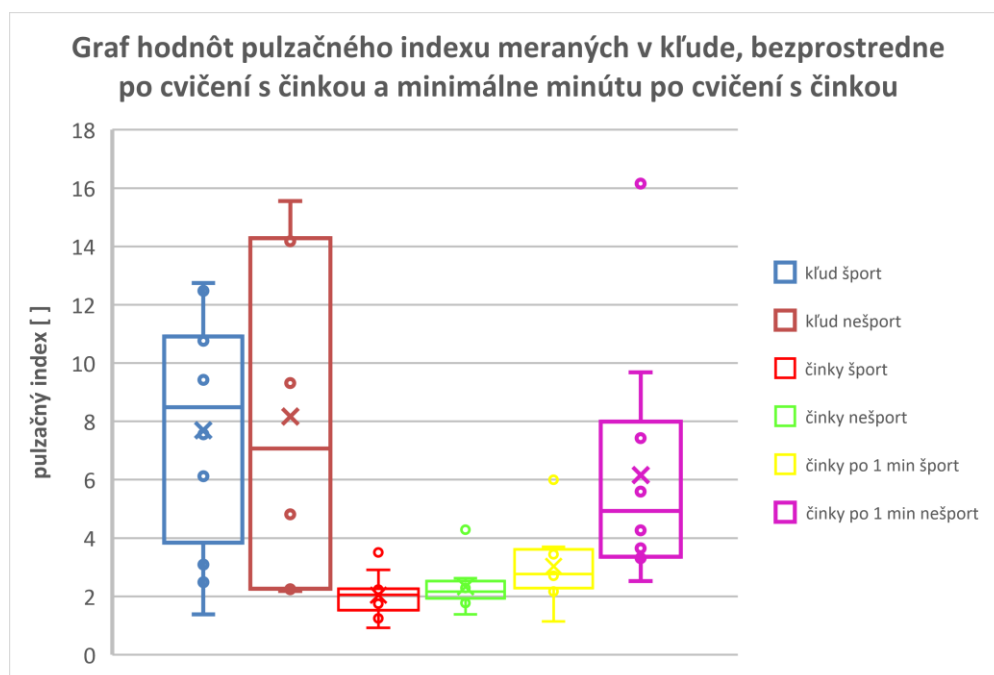
*Porovnanie hodnôt pulzačného indexu v kľude, bezprostredne a minimálne minútu po odcvičení s činkami medzi športovkyňami a nešportovkyňami + konfrontácia s angličákom*

Z tabuľky 15 môžeme vidieť, že všetkým probandkám s výnimkou 1. športovkyne, došlo účinkom cviku s činkami k poklesu PI pod kľudovú hodnotu (merané ihneď po docvičení). U nešportovkyň bol tento pokles priemerne 5,84 (z 8,17 na 2,33) a u športovkyň 5,82 (z 7,70 na 1,88) takže takmer identický.

**Tabuľka 15** Hodnoty pulzačného indexu, nameraného v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu od ukončenia cviku s činkami u nešportovkýň aj športovkýň

nešport	klud	činky	činky po 1min	šport	klud	činky	činky po 1min
11	2,44	2,62	9,68	1	3,09	0,92	3,67
12	2,18	2,04	3,65	2	7,56	1,25	3,7
13	4,81	2,5	3,38	3	2,49	1,45	2,44
14	14,24	2,29	5,59	4	10,96	1,88	2,71
15	15,56	2,4	5,67	5	12,75	3,51	6
16	14,18	1,38	2,52	6	12,48*	1,75	2,83
17	9,32	2,01	7,43	7	9,42	2,27	3,44
18	14,42	4,29	16,15	8	10,76	2,91	2,17
19	2,25	1,99	3,31	9	-	-	-
20	2,26	1,77	4,26	10	6,12	2,23	2,23
priemer	8,17	2,33	5,05	priemer	7,70	1,88	2,70
medián	7,07	2,17	4,26	medián	8,49	1,88	2,71

Po uplynutí nasledujúcej minúty oddychu sa začali u 90% športovkýň hodnoty PI navracat' späť ku kľudovým (s rozdielom probandky č.8). Táto minúta bola však k úplnému návratu ku pôvodným hodnotám nedostačujúca, keďže len prvej probandke zo všetkých deviatich sa podarilo po spomenutej minúte dokonca prevýšiť kľudovú hodnotu PI (viď tabuľka 15).



**Obrázok 31** Krabicový graf pulzačných indexov meraných v kľude, bezprostredne po a minimálne jednu minútu po cviku s činkami

Rýchlejší spätný nárast hodnôt PI bol preukázaný u nešportovkýň, u ktorých sa za spomenutú minútu dokázala polovici probandiek vrátiť pozáťažová hodnota nad úroveň kľudovej. Čo sa odzrkadlilo na výslednom priemere za celú skupinu, kde dosiahli hodnotu 5,05 na rozdiel od športovkýň, ktorým sa táto hodnota rovnala 2,70.

Zaujímavé je porovnanie týchto čísel s tými nameranými po angličákoch, pretože ani po jednom kole neboli ani u jednej skupiny namerané tak nízke PI ako po cviku s činkami. A takisto môžeme sledovať ako sa zmenšil rozsah nameraných hodnôt po záťaži u oboch skupín (viď obrázok 31).

### 4.3.8 Štatistická analýza pulzačného indexu

Pre testovanie vplyvu záťaže na zmenu priemernej rýchlosti toku krvi bol použitý neparametrický Wilcoxon Test a výstupné p hodnoty bol zapísané do tabuľky 16.

Štatistická analýza viac menej potvrdila to čo bolo predpokladané na základe nameraných hodnôt, najmä u nešportovkýň, u ktorých vyšla vo všetkých prípadoch okrem porovnania kľudu s činkami ( $p = 0,015$ ) štatistická nevýznamnosť ( $p > 0,05$ ), čo znamená že pre tieto porovnania nezamietame nulovú hypotézu a môžeme tvrdiť, že záťaž nemala na väčšinu hodnôt PI vplyv. A taktiež z týchto výsledkov vyplýva to, že po minúte oddychu sa im dokázali hodnoty PI vrátiť do normálu natoľko aby to štatistika vyhodnotila pod úrovňou hladiny významnosti, čo stavia nešportovkyne do lepšej pozície v zmysle lepšieho výsledku.

Športovkyniam vyšla štatistická analýza celkom naopak. Až na hodnoty po prvom kole angličáku (aj priamo pozáťažové hodnoty aj tie s odstupom jednej minúty), vyšla vo všetkých ostatných prípadoch štatistická významnosť ( $p < 0,05$ ), čo znamená že nulovú hypotézu zamietame a môžeme tvrdiť že záťaž mala hodnotu PI športovkýň signifikantný vplyv. A tento vplyv pretrvával aj po uplynutí minútového oddychu, viď p hodnoty činky\_1m = 0,025, ang2\_1m = 0,036, ang3\_1m = 0,011.

Tabuľka 16 Testovanie vplyvu záťaže na pulzačný index športovkýň aj nešportovkýň

	kľud vs. činky	kľud vs. činky_1m	kľud vs. ang1	kľud vs. ang1_1m	kľud vs. ang2	kľud vs. ang2_1m	kľud vs. ang3	kľud vs. ang3_1m
šport	0,012	0,025	0,069	0,051	0,036	0,011	0,025	0,011
nešport	0,015	0,374	0,386	0,441	0,508	0,114	0,114	0,139

V druhom kroku sa opäť testovala podobnosť pozorovaných skupín. Štatistika vyhodnotila porovnanie PI u športovkýň a nešportovkýň ako štatisticky nevýznamné (p hodnoty v rozmedzí 0,074 – 1,000) vo všetkých prípadoch okrem porovnania hodnôt po minúte od ukončenia cvičenia s činkou (p hodnota = 0,027). Presne tento výsledok bol očakávaný po vzhliadnutí nameraných dát, keďže najväčší číselný rozdiel bol práve pri tomto parametri (viď tabuľka 17).

**Tabuľka 17 Testovanie rozdielu priemernej rýchlosti toku medzi športovkyňami, nešportovkyňami**

	kľud	činky	činky 1min	ang1	ang1 1min	ang 2	ang2 1min	ang3	ang3 1min
šport vs. nešport	0,842	0,236	0,027	0,963	0,133	0,274	0,400	0,074	1,000

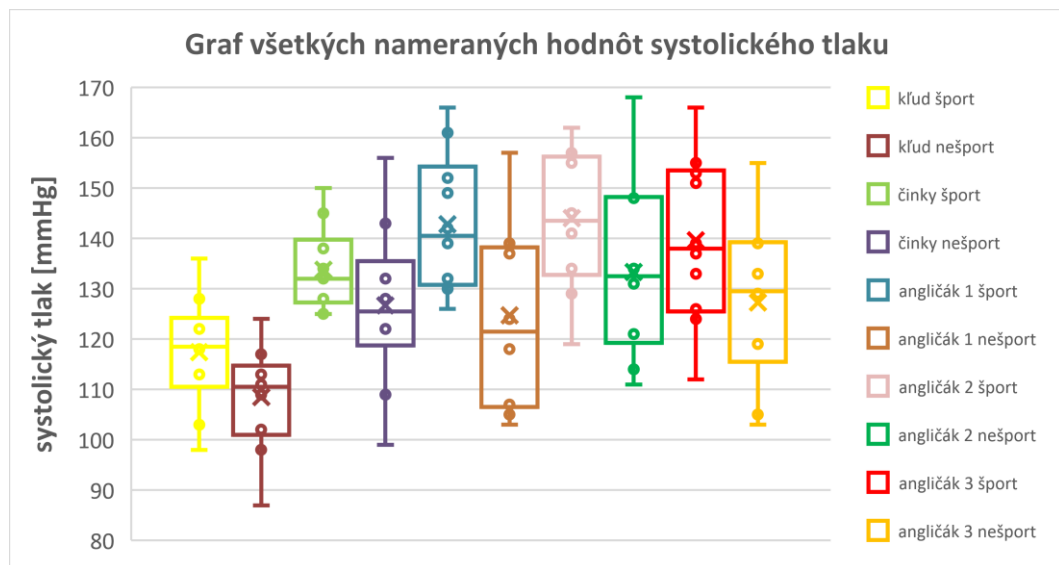
#### 4.3.9 Výsledky krvného tlaku

Štvrtým zaznamenávaným parametrom pri meraní bol krvný tlak, meraný klasickým digitálnym tonometrom (pracujúcim na oscilometrickom princípe) na domáce použitie. Výstupom z tlakomera je hodnota systolického tlaku (ďalej už len STK), hodnota diastolického tlaku (ďalej už len DTK) a pulzu. Pulz z tlakomera sme nepoužili, pretože nie je moc presný. STK a DTK budú komentované aj štatisticky vyhodnocované samostatne. Väčšia pozornosť bude venovaná STK pretože jeho hodnota sa pod vplyvom záťaže mení významnejšie ako hodnota DTK. Keďže obidva použité záťažové testy spadajú do kategórie dynamických (cvičenie s činkami menšou mierou, cvik angličák väčšou), predpokladáme pod vplyvom záťaže výraznejší nárast STK a len mierny nárast DTK. Na rozdiel napríklad od pulzu alebo rýchlosti toku krvi bol tlak meraný len bezprostredne po záťaži. Tlakomeru však trvá určitú dobu dokým vyhodnotí dáta, približne 20 sekúnd a keď k tomu pripočítame čas, za ktorý sa proband posadil a bola mu správne nasadená manžeta dostávame sa na pol minúty. Z čoho vyplýva, že hodnoty tlaku nie sú bezprostredne pozáťažové aj keď ich za také budeme považovať.

#### 4.3.10 Výsledky systolického krvného tlaku

V kapitole 2.3.1 boli prezentované vplyvy záťaže na tento druh tlaku. Pozáťažový návrat ku kľudovým hodnotám závisí od dĺžky a intenzity cvičenia, v zmysle, že po krátkom

maximálnom cvičení sa tlak vracia do normálu rýchlejšie ako po dlhodobej námahe v submaximálnych intenzitách.



**Obrázok 32** Krabicový graf STK meraných v kľude, bezprostredne po cviku s činkami a po angličákoch

Čo sa týka porovnania športovcov a nešportovcov, z Meyerovho zákona vyplýva (viď kapitola 2.3.4), že pulz a tlak sú v nepriamo úmernom vzťahu, čo znamená že ak predpokladáme u športovcov nižší pulz musí to automaticky znamenať vyšší tlak, a to konkrétne STK. Dáta ktoré sme namerali súhlasia s týmto faktom, keďže po všetkých cvikoch a dokonca aj v kľude vyšiel športovkyniam vyšší STK. Najväčší rozdiel je pozorovateľný z grafu na obrázku 32 a to pri prvom kole angličáku, kedy bol priemerný rozdiel medzi pozorovanými skupinami až 19 mmHg. Zaujímavé zistenie je, že STK nešportovkýň dosiahol v priemere podobné hodnoty po cviku s činkami ako po angličáku, naopak u športovkýň bol rozdiel medzi vplyvmi rozdielnych typov cvikov viditeľnejší.

Tabuľka 18 Namerané hodnoty STK v kľúde a po všetkých záťažových cvičeniach u športovkýň

šport	kľúd [mmHg]	činky [mmHg]	angličák 1 [mmHg]	angličák 2 [mmHg]	angličák 3 [mmHg]
1	118	125	132	141	151
2	103	129	152	145	166
3	136	132	139	156	126
4	114	125	126	119	112
5	122	145	161	157	155
6	119	138	142	129	124
7	128	134	149	142	137
8	123	150	166	162	153
9	98	128	131	134	133
10	113	132	130	155	139
priemer	117	134	143	144	140
medián	118,5	132	140,5	143,5	138

Tabuľka 19 Namerané hodnoty STK v kľúde a po všetkých záťažových cvičeniach u športovkýň

nešport	kľúd [mmHg]	činky [mmHg]	angličák 1 [mmHg]	angličák 2 [mmHg]	angličák 3 [mmHg]
11	87	99	118	114	119
12	98	109	119	111	103
13	114	123	107	134	105
14	113	122	138	148	140
15	102	128	124	122	130
16	111	122	139	135	120
17	117	133	103	149	133
18	109	143	105	131	139
19	110	132	137	121	129
20	124	156	157	168	155
priemer	109	127	125	133	127
medián	110,5	125,5	121,5	132,5	129,5

#### 4.3.11 Štatistická analýza systolického tlaku

Ako môžeme vidieť v tabuľke 20, všetky p hodnoty (v rozsahu  $p = 0,005062 - 0,028418$ ) vyšli pod zvolenou hladinou významnosti  $\alpha$ , takže nulovú hypotézu môžeme pre všetky skúmané prípady zamietnuť a prehlásiť že záťažové cvičenia, či už s činkami alebo



angličák majú na pozát'azovú hodnotu STK očividný vplyv. Tento výsledok jednoznačne potvrdil naše predpoklady a utvrdil aj správnosť nameraných výsledkov.

**Tabuľka 20 Testovanie vplyvu záťaže na STK u športovkýň aj nešportovkýň**

	kľud vs. činky	kľud vs. angličák 1	kľud vs. angličák 2	kľud vs angličák 3
športovkyne	0,007	0,005	0,005	0,022
nešportovkyne	0,005	0,028	0,005	0,011

Pri štatistickom porovnávaní pozorovaných skupín bol zistený jediný štatisticky významný rozdiel a to pri prvom kole cviku angličák,  $p = 0,023231$  (viď tabuľka 21). Tento výsledok sa dal predpokladať podľa nameraných hodnôt keďže najväčší priemerný rozdiel medzi skupinami bol vypočítaný práve po tom cviku. V ostatných prípadoch sú dáta podľa nasledovnej štatistiky podobné, nulová hypotéza sa nezamieta.

**Tabuľka 21 Testovanie rozdielu STK medzi športovkyňami a nešportovkyňami**

	kľud	činky	angličák 1	angličák 2	angličák 3
športovkyne vs. nešportovkyne	0,063	0,165	0,023	0,165	0,165

#### 4.3.12 Výsledky diastolického tlaku

Cvičenie s činkami malo na DTK u väčšiny športovkýň záporný vplyv, čo znamená došlo v priemere poklesu DTK z 70mmHg v kľude na 60mmHg po cviku s činkou, konkrétne sa tak stalo u 8 z 10 športovkýň (viď tabuľka 23 a krabicový graf na obrázku 33). Tento pomer bol u nešportovkýň naopak minoritný, kedy DTK stúpol len 4 z 10 nešportovkýň, čo odzrkadľuje aj rozdiel v priemerných hodnotách ktoré sa v kľude a po cviku s činkou líšia len o 1mmHg. V prípade napríklad 1. a 2. probanda ani nedošlo k žiadnej zmene DTK.

Keďže cviku angličák boli v našom meraní venované až 3 opakovania, nedá sa jednoznačne povedať aký vplyv mal tento cvik na pozát'azový DTK, pretože nie u všetkých probandov bolo chovanie DTK vo všetkých troch kolách angličáku identické. Nie úplne výrazne, ale predsa bol DTK v priemere vždy po všetkých kolách angličáku vyšší u nešportovkýň. Pri druhom kole angličákov, môžeme na grafe (obrázok 31) nájsť aj dve extrémne hodnoty tlaku, hodnota 104 mmHg bola nameraná u športovkýň a ešte vyššia hodnota 116 mmHg u nešportovkýň. Tieto dve hodnoty neboli preto použité pri výpočtoch priemeru a mediánu (v tabuľkách 22 a 23) a ani pri štatistických testoch aby

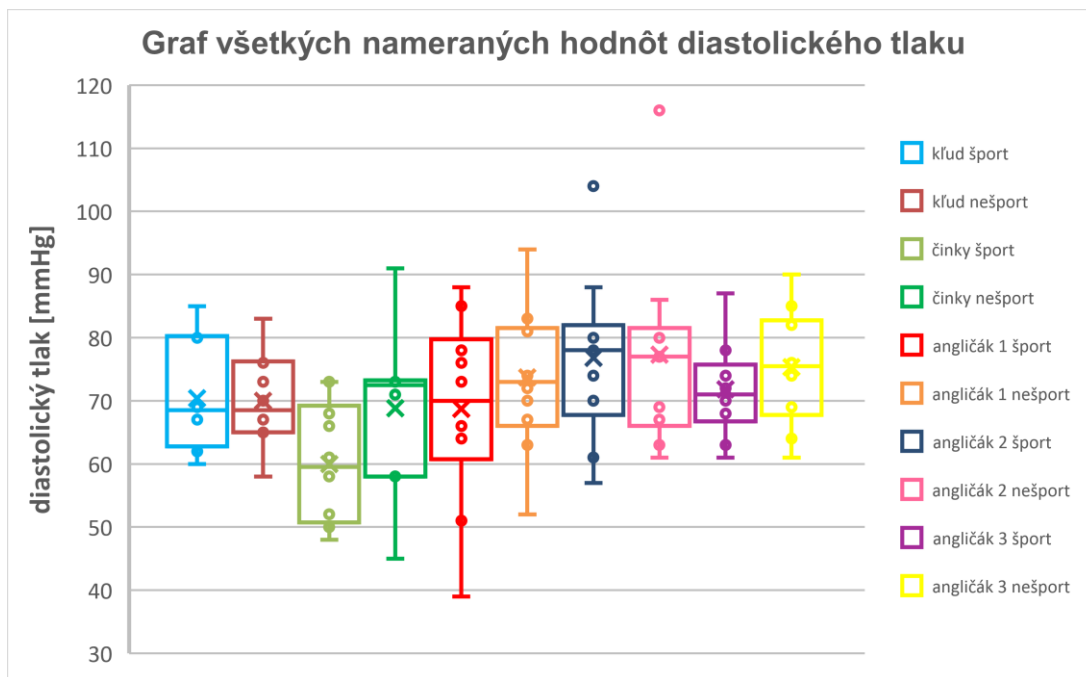
zbytočne negatívne neovplyvňovali jej výsledky. V tabuľkách 22 a 23 sú naznačené červeným písmom.

**Tabuľka 22** Namerané hodnoty DTK v kľude a po všetkých záťažových cvičeniach u nešportovkýň

<b>nešport</b>	kľud [mmHg]	činky [mmHg]	angličák 1 [mmHg]	angličák 2 [mmHg]	angličák 3 [mmHg]
11	58	58	74	67	64
12	73	73	52	63	75
13	70	71	63	116	61
14	76	73	81	86	90
15	66	72	81	77	76
16	77	73	72	77	85
17	65	58	83	69	74
18	65	45	67	61	69
19	67	74	70	77	77
20	83	91	94	80	82
<b>priemer</b>	<b>70</b>	<b>69</b>	<b>74</b>	<b>73</b>	<b>75</b>
<b>medián</b>	<b>68,5</b>	<b>72,5</b>	<b>73</b>	<b>77</b>	<b>75,5</b>

**Tabuľka 23** Namerané hodnoty DTK v kľude a po všetkých záťažových cvičeniach u športovkýň

<b>šport</b>	kľud [mmHg]	činky [mmHg]	angličák 1 [mmHg]	angličák 2 [mmHg]	angličák 3 [mmHg]
Abf 1	69	66	67	70	70
Ttf 2	69	73	39	104	78
VSf 3	81	73	85	78	63
VRb 4	63	48	51	61	61
MVb 5	85	58	88	88	87
KJb 6	80	61	76	80	75
LDb 7	68	50	73	78	70
BHb 8	67	51	78	74	74
Gab 9	62	68	66	57	72
JVb 10	60	52	64	78	68
<b>priemer</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>69</b>	<b>74</b>	<b>72</b>
<b>medián</b>	<b>68,5</b>	<b>59,5</b>	<b>70</b>	<b>78</b>	<b>71</b>



Obrázok 33 Krabicový graf DTK meraných v kľude, bezprostredne po cviku s činkami a bezprostredne po angličákoch

#### 4.3.13 Štatistická analýza diastolického krvného tlaku

Na základe p hodnôt, (vid' tabuľka 24) ktoré vyšli neparametrickým testom pre porovnanie závislých veličín, skupine nešportovkýň nulovú hypotézu v celom rozsahu ( $p = 0,233954 - 0,944183$ ) nezamietame a môžeme tvrdiť, že podľa štatistiky záťaž nemá vplyv na DTK.

U skupiny športovkýň vyšla štatistická závislosť len u dvoch zo štyroch porovnaní. Podľa nameraných dát sa štatistická významnosť očakávala po cviku s činkou, čo sa aj potvrdilo ( $p = 0,021825$ ), naopak sa to neočakávalo po cviku angličák, čo sa štatistikou vyvrátilo ( $p = 0,041492$ ). Pre tieto dva prípady teda nulovú hypotézu zamietame a môžeme tvrdiť, že cvik s činkou a tretie kolo cviku angličák malo na pozáťažovú hodnotu DTK signifikantný vplyv.

Tabuľka 24 Testovanie vplyvu záťaže na DTK u športovkýň aj nešportovkýň

	klud vs. činky	klud vs. angličák 1	klud vs. angličák 2	klud vs. angličák 3
športovkyne	0,022	0,760	0,294	0,041
nešportovkyne	0,944	0,359	0,234	0,332

Tento druh štatistického testu (neparametrický porovnanie nezávislých skupín) vyšiel v celom rozsahu nevýznamný ( $p = 0,105 - 0,971$ , vid' tabuľka 25), čo

znamená že nulovú hypotézu nezamietame a môžeme prehlásiť, že rozdiel medzi pozorovanými skupinami nie je. Tento výsledok bol pre meraním aj očakávaný, keďže ide o mladých ľudí takže veľká zmena tlaku sa neočakáva.

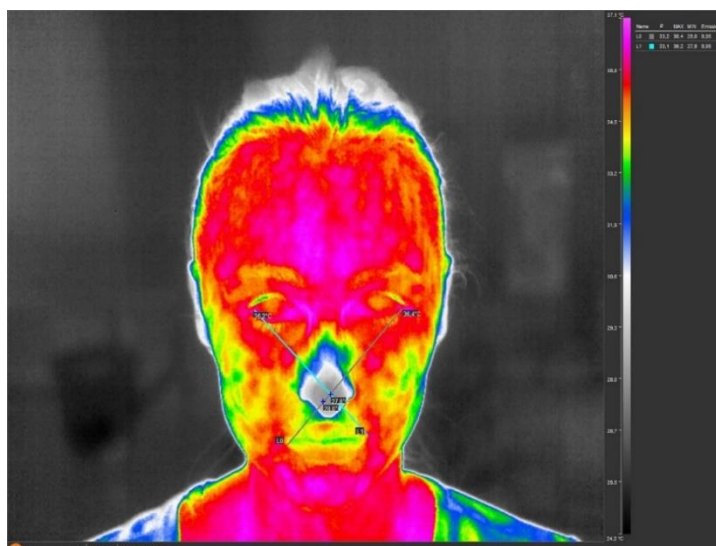
**Tabuľka 25 Testovanie rozdielu DTK medzi športovkyňami a nešportovkyňami**

	kľud	činky	angličák 1	angličák 2	angličák 3
športovkyne vs. nešportovkyne	0,971	0,105	0,529	0,666	0,315

#### 4.3.14 Výsledky povrchovej teploty tela

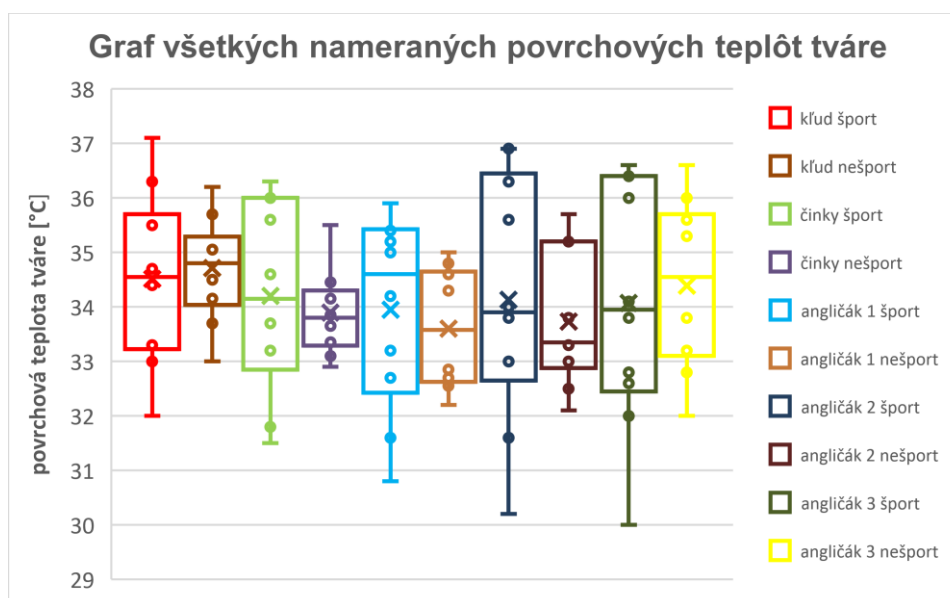
Spracovávanie všetkých dát nameraných z termokamery prebiehalo v oficiálnom software od firmy Workswell, Coreplayer Beta. Pri meraní bol do pamäte počítača vždy po odcvičení okamžite nahraný minimálne päť sekundový video záznam tvárovej časti hlavy (viď obrázok 34). Pri spracovaní bol z tohto 5 sekundového záznamu vybraný najlepší čas pre zastavenie záznamu a z toho vybraného momentu sa následne uložil radiometrický snímok. Box ploty a tabuľky boli vytvárané v programe Excel.

Program má menší nedostatok a to taký, že sa nedá nastaviť oválny výrez pre tvár. Preto bolo zvolené alternatívne riešenie pomocou vyznačenia dvoch úsečiek vedených cez tvár. Na radiometrickom snímku je prvá úsečka vedená od pravého kútika úst k vonkajšiemu kútiku ľavého oka a druhá od ľavého kútika úst k vonkajšiemu kútiku pravého oka (viď obrázok 34). Oči a ústa (keď sú zatvorené) sú jedinými pevnými záchytnými bodmi, ktoré sa dajú približne rovnako lokalizovať u všetkých probandov. Pomocou tohto postupu sa tak v každom bode úsečky zmeria teplota povrchu kože. Tento spôsob nezachytáva dynamicky meniace sa oblasti tváre, ale bol vybraný práve pre svoju jednoduchú opakovateľnosť.



**Obrázok 34** Ukážka snímku z termokamery s vykreslenými čiarami a zmeranými teplotami

Software vyhodnotí maximálnu, minimálnu, priemernú teplotu a aj emisivitu z celého vyznačeného úseku. V tomto prípade bola ako hlavný parameter vybraná práve priemerná teplota. Dve vybrané priemerné teploty z dvoch úsečiek boli teda následne zapísané do tabuľky C (viď tabuľka C – prílohy na CD). Z dôvodu množstva dát musela byť do tabuliek v tejto práci zapísaná len spriemerovaná hodnota teploty z oboch úsečiek.



**Obrázok 35** Krabicový graf všetkých nameraných hodnôt povrchových teplôt tváre u športovkýň aj nešportovkýň

Z nasledujúcich dvoch tabuliek je zrejmé, že rozdiel priemerných hodnôt teplot medzi športovcami a nešportovcami je minimálny rovnako aj rozdiel medzi kľudovými a pozát'azovými hodnotami. Dá sa povedať, že by sa po zát'aži dal očakávať nárast

povrchovej teploty tváre, nám však vyšli opačné výsledky. U športovkyní došlo priemerne k najväčšiemu poklesu teploty oproti kľudovej hodnote (34,51 °C) po prvom angličáku, kedy teplota klesla približne len o pol stupňa, v priemere na 33,95°C.

**Tabuľka 26 Priemerné hodnoty povrchových teplôt tváre nameraných u športovkyní**

<b>šport</b>	<b>priemer kľud [°C]</b>	<b>priemer činky [°C]</b>	<b>priemer angličák 1 [°C]</b>	<b>priemer angličák 2 [°C]</b>	<b>priemer angličák 3 [°C]</b>
<b>1</b>	33,3	31,8	31,6	30,2	30
<b>2</b>	33	36	34,2	34	33,8
<b>3</b>	33,3	33,2	35,2	33	32,6
<b>4</b>	32	33,3	32,7	33	32,8
<b>5</b>	34,7	33,7	33,2	33,8	34,1
<b>6</b>	34,4	31,5	30,8	31,6	32
<b>7</b>	37,1	36	35	36,3	36,6
<b>8</b>	35,3	35,6	35,9	36,9	36,4
<b>9</b>	36,3	36,3	35,4	36,9	36,4
<b>10</b>	35,5	34,6	35,5	35,6	36
<b>priemer</b>	<b>34,51</b>	<b>34,2</b>	<b>33,95</b>	<b>34,1</b>	<b>34,07</b>
<b>medián</b>	<b>34,55</b>	<b>34,15</b>	<b>34,6</b>	<b>33,9</b>	<b>33,95</b>

**Tabuľka 27 Priemerné hodnoty povrchových teplôt nameraných u nešportovkyní**

<b>nešport</b>	<b>priemer kľud [°C]</b>	<b>priemer činky [°C]</b>	<b>priemer angličák 1 [°C]</b>	<b>priemer angličák 2 [°C]</b>	<b>priemer angličák 3 [°C]</b>
<b>11</b>	35,15	33,1	32,85	33,4	32,8
<b>12</b>	35,05	33,35	32,7	33	33,2
<b>13</b>	34,55	32,9	32,2	32,5	33,3
<b>14</b>	34,5	33,75	32,55	33,8	33,8
<b>15</b>	33	35,5	35	33,3	35,6
<b>16</b>	34,15	34,45	34,35	33,1	35,3
<b>17</b>	33,7	34,25	34,3	35,2	36,6
<b>18</b>	36,2	33,85	34,8	35,7	36
<b>19</b>	35,7	34,15	34,6	35,2	35,3
<b>20</b>	35,15	33,65	32,65	32,1	31,9
<b>priemer</b>	<b>34,7</b>	<b>33,9</b>	<b>33,6</b>	<b>33,73</b>	<b>34,39</b>
<b>medián</b>	<b>34,8</b>	<b>33,8</b>	<b>33,58</b>	<b>33,35</b>	<b>34,55</b>

U nešportovkyní bol pokles mierne výraznejší, kedy tiež po prvom kole angličáku došlo k poklesu z 34,7 °C (kľudová hodnota) na 33,6 °C (pozátážová). Rozdiel

vplyvu medzi cvičením s činkami alebo angličákom nebol nájdený, vid' hodnoty v tabuľkách 26 a 27.

#### 4.3.15 Štatistická analýza povrchovej teploty tváre

Testovaním vplyvu záťaže na povrchovú teplotu tváre bol pomocou Wilcoxon testu vyšli nasledovné p hodnoty (vid' tabuľka 28).

Tabuľka 28 Testovanie vplyvu záťaže napovrchovú teplotu tváre u športovcov aj nešportovcov

	kľud vs. činky	kľud vs. angličák 1	kľud vs. angličák 2	kľud vs angličák 3
športovkyne	0,139	0,059	0,037	0,508
nešportovkyne	0,541	0,386	0,799	0,760

Z tabuľky 28 je viditeľné že, p hodnoty športovcov sa približujú hladine významnosti  $\alpha$  o niečo viac ako p hodnoty nešportovcov. Jediný potvrdzujúci vplyv záťaže na zmenu teploty bol preukázaný u športovcov po druhom kole cviku angličák, kde bola p hodnota = 0,036659, z čoho vyplýva, že len v tomto prípade môžeme nulovú hypotézu zamietnuť. V ostatných prípadoch nulovú hypotézu nezamietame.

Tabuľka 29 Testovanie rozdielu povrchovej teploty tváre medzi športovkyňami a nešportovkyňami

	kľud	činky	angličák 1	angličák 2	angličák 3
športovkyne vs. nešportovkyne	0,796	0,631	0,393	0,579	0,912

Na základe výsledných p hodnôt, ktoré vyšli z Mann-Whitney U testu a sú zapísané v tabuľke 29 nulovú hypotézu nezamietame. Z toho vyplýva záver a zároveň náš pohľad na diskutabilné porovnávanie povrchovej teploty tváre medzi športovcami a nešportovcami, že rozdiel medzi týmito skupinami nie je na základe štatistiky preukázateľný.

## 5 DISKUSIA

V rámci tejto štúdie sme sa rozhodli merať viac hemodynamických parametrov, na úkor sledovania časového vývoja (teoreticky nižšieho počtu parametrov).

Keďže boli použité dva typy záťažových cvičení, a to cvičenie s jednoručnými činkami zamerané výhradne na horné končatiny a dynamické cvičenie zamerané na celé telo, známe ako angličák, sledoval sa pochopiteľne aj rozdiel týchto dvoch typov cvikov na hemodynamické parametre a rozdiely medzi športovkyňami a nešportovkyňami.

Štatistické testy boli orientované na preskúmanie vplyvu záťaže na dané hemodynamické parametre (Wilcoxon test) a na porovnanie rozdielov medzi pozorovanými skupinami (Mann-Whitney U test).

Prvým a hlavným hodnoteným hemodynamickým parametrom je srdcová frekvencia (ďalej len pulz). Trénovanosť a kondícia športovkyň je hlavný faktor, ktorý rozhoduje o tom že nešportovkyne majú vyšší kľudový pulz. V priemere za skupinu majú športovkyne len 66 tep/min a nešportovkyne 79 tep/min. Táto hodnota je pochopiteľne ovplyvniteľná pravidelnou aktivitou, ktorú práve vykonávajú športovci a ktorá im pomáha udržiavať kľudový pulz nižší. Z čoho vyplývajú aj rozdiely v hodnotách pulzu medzi týmito skupinami namerané ihneď po ukončení záťažových cvičení, kedy bol v priemere nameraný nižší pulz u športovkyň o 18 tep/min. Z čoho môžeme okrem už spomínaného usúdiť lepšiu adaptibilitu športovkyň na záťaž, k čomu mohlo zaväziť aj to, že mali s podobnými cvikmi už vlastnú skúsenosť. Čo sa týka rozdielu pri použitých záťažových cvičení, potvrdil sa lineárny vzťah medzi intenzitou zaťaženia a stúpaním pulzu. Zistili sme, že angličák ako dynamickejší cvik zvyšuje pulz v priemere o 44 pulzov viac ako cvik s činkami. Nižšia intenzita cviku s činkami sa vo výsledku odzrkadlila aj v následnom poklese pulzu s odstupom jednej minúty po ukončení záťaže, v tom zmysle, že spomenutá minúta odдыхu stačila u oboch skupín k navráteniu hodnôt k podobným kľudu. U 55% probandov došlo dokonca k prechodnému zníženiu pod úroveň kľudových hodnôt.

Výsledky štatistických testov, úplne presne nevytvádzajú tomu ako vyzerajú namerané dáta na prvý pohľad. Napríklad štatisticky významný rozdiel medzi pozorovanými skupinami nám vyšiel len v 55% prípadoch. Pri analyzovaní vplyvu záťaže na pulz sme čakali, že väčší vplyv bude mať záťaž na nešportovkyne, štatistika však ukázala opak. U športovkyň vyhodnotila štatistický rozdiel u 88% porovnaní a u nešportovkyň len u 63% (viď kapitola 4.3.2), čo mohlo byť spôsobené aj chybou, keďže



neparametrické testy pracujú s poradím dát a nie s ich konkrétnymi hodnotami a keďže pracujeme s malým počtom subjektov. To by sa v rámci vylepšenia merania dalo odporovať pri dlhšom sledovaní zmien hodnôt po záťaži.

Ďalším známym parametrom bol krvný tlak, ktorý je v dnešnej dobe ostro sledovaný doktormi, keďže jeho vysoké nefyziologické hodnoty najlepšie indikujú začínajúce kardiovaskulárne problémy. Sledovali sme systolický aj diastolický tlak, ale na rozdiel od ostatných parametrov sme ho merali ihneď po ukončení záťaže. Pri skúmaní systolického krvného tlaku (ďalej len STK) boli potvrdené teoretické predpoklady vychádzajúce z Meyrovho zákona, keďže po všetkých cvikoch a dokonca aj v kľude vyšiel športovkyniam vyšší STK. Zaujímavé zistenie je, že STK nešportovkýň dosiahol v priemere podobné hodnoty po cviku s činkami ako po angličáku, naopak u športovkýň bol rozdiel medzi vplyvmi rozdielnych typov cvikov viditeľnejší.

Skutočnosť, že sa predpokladá, že záťaž nemá na DTK veľký vplyv má svoje fyziologické opodstatnenie. DTK, je ten druh TK, ktorý odráža tlak v cievnom systéme v momente kedy je srdce v diastole, čiže relaxované a relatívne v pokoji. Keď človek vykonáva nejakú fyzicky náročnú aktivitu zvyšuje sa mu sympatický tonus, čo má za následok vazokonstrikciu v obehovom systéme. Proti tomu je však v pracujúcich svaloch vazodilatácia (musí sa zvýšiť objem pritekajúcej krvi kvôli vyšším energetickým nárokom svalov), čo nastoluje rovnováhu medzi obidvomi systémami, takže sa krvný tlak v diastole výrazne nemení. Na základe druhu cvičenia a jeho intenzity môže DTK buď jemne stúpnuť alebo klesnúť [70]. To sa ukázalo ako pravdivé aj na základe nami nameraných výsledkov, keďže maximálna zmena DTK u športovcov bola 10 mmHg (po činke) a u nešportovcov len 5 mmHg. V rámci rozšírenia skúmania, či vylepšenia štúdie by sa hodilo snímať tlak ešte minútu po prvom premeraní, pre odsledovanie spätných poklesov tlakov a pre detailnejšie porovnanie pozorovaných skupín. Štatistika DTK vyšla skoro presne podľa očakávaní, keďže okrem štatistickej významnosti pri porovnaní kľudovej hodnoty DTK s hodnotou DTK po cviku s činkou a po treťom kole angličákov, vyšlo u všetkých ostatných skúmaní (aj u nešportovkýň) štatistická nevýznamnosť ( $p > 0,05$ ). Rovnako tomu bolo tak aj v celom rozsahu porovnávaní medzi pozorovanými skupinami, čo znamená že hodnoty DTK sa medzi športovkyňami a nešportovkyňami nelíšia.

Pri analýze STK vyšla u všetkých probandov pri Wilcoxon teste štatistická významnosť ( $p < 0,05$ ), čo znamená že záťaž bez ohľadu na jej druh má významný vplyv na hodnotu STK. Rozdiel medzi pozorovanými skupinami bol (nečakane s

ohľadom na teóriu) dokázaný len po prvom kole angličáku ( $p = 0,023$ ). Vo zvyšnej majoritnej väčšine bol výsledok opačný, čiže vo všeobecnosti môžeme tvrdiť že ani pri STK nebol rozdiel v hodnotách medzi športovkyňami a nešportovkyňami pozorovaný. Samozrejme, výsledky nemusia byť úplne korektné, pretože mohlo dôjsť k určitej chybe spôsobenej typom testu či malým počtom probandov.

Čo sa týka vplyvu záťaže na priemernú rýchlosť toku krvi, predpokladali sme nárast, ale nie výrazný, keďže použité záťažové testy boli len krátko dynamického charakteru. Navyše, pre celé toto meranie bolo charakteristické, že individuálne výsledky sa viacej zhodovali u športovkýň ako u nešportovkýň (platí aj pre pulzačný index). Sledovaný nárast hodnoty vplyvom cviku angličák bol u športovkýň 4,1 cm/s (kludová hodnota rovná 3,5 cm/s) a u nešportovkýň len 2,2 cm/s (kludová hodnota rovná 5,9 cm/s). Hodnota rýchlosti toku krvi závisí aj na tlaku v obehovom systéme, preto je ťažké porovnávať športovkyne a nešportovkyne len na základe čísiel, ktoré nám vyšli. Čo sa týka rýchlosti poklesu skúmanej hodnoty po angličáku, športovkyniam za minútu oddychu klesla rýchlosť toku o 1,9 cm/s a nešportovkyniam len o 0,9 cm/s. Tieto čísla sú veľmi malé, z dôvodu krátko cvičenia, ktoré nestačilo zvýšiť hodnoty signifikantne. Keďže cvik s činkami bol zameraný izolovanie na ruky spôsobil výraznejší nárast rýchlosti toku ako angličák, v priemere o 12,6 cm/s. Štatistická analýza preukázala vplyv záťaže len u športovcov a čo sa týka porovnania týchto dvoch skupín taktiež nevyšla žiadna štatistická významnosť. Príčinou mohlo byť homogénnejšie rozdelenie skupiny športovcov, v tom zmysle, že sa záťaž prejavila u všetkých viac menej rovnako, zatiaľ čo skupina nešportovkýň je značne heterogénna (platí aj pre ostatné časti diskusie). Je to možné aj z toho dôvodu, že hodnoty rýchlosti toku závisia dosť aj na hodnote krvného tlaku v celom obehovom systéme. Nie všetky namerané priemerné rýchlosti toku krvi boli korektné, preto museli byť ešte prepočítané pomocou korekčného faktoru.

Pulzačný index je veľmi ťažké kvantifikovať, pretože neexistujú žiadne oficiálne čísla, ktoré by určovali jeho normálne, fyziologické hodnoty. Na základe už prebehnutého podobného výskumu na Masarykovej univerzite sme predpokladali, že PI by mal vplyvom záťaže klesať. U oboch skupín bol teda naozaj aj pri našom meraní sledovaný pokles hodnoty PI po angličáku približne rovnako u oboch skupín, v priemere za oba o 4,34. Markantný rozdiel nebol pozorovaný ani u kludových hodnôt (športovkyne – 7,70 a nešportovkyne – 8,17). Jemný rozdiel sa preukázal pri navracaní hodnôt späť ku kludovým po uplynutí minúty od ukončenia cviku angličák. V tom prípade narastal spätne rýchlejšie PI nešportovkyniam. Meranie s činkami sa ukázalo ako silnejší faktor

(rovnako ako pri priemernej rýchlosti) čo sa týka odlišnosti hodnôt PI v porovnaní s angličákom, keďže po cviku s činkou boli v priemere namerané hodnoty u nešportovkýň 2,33 a u športovkýň dokonca len 1,88. Pri celkovom pohľade na štatistické výsledky je viditeľný väčší (respektíve pravdepodobnejší) vplyv záťaže na hodnoty PI u športovcov ako u nešportovcov. Porovnanie týchto skupín vyšlo v celom rozsahu okrem porovnania činky po 1 minúte štatisticky nevýznamné. Presne tento výsledok bol očakávaný po vzhliadnutí nameraných dát, keďže najväčší číselný rozdiel bol práve pri tomto parametri. Celkovo tak môžeme prehlásiť, že rozdiel medzi skupinami pri meraní PI sme nepotvrdili.

Zaujímavé výsledky vyšli pri skúmaní povrchovej teploty tváre po záťaži, ktorá bola v tejto bakalárskej práci použitá len ako doplnková metóda. Ako už bolo spomínané v kapitole 2.4 o zmenách povrchovej teploty, na základe doterajšieho výskumu sa predpokladalo, že športovci by mali mať po záťaži vyššiu povrchovú teplotu ako nešportovci. Na druhej strane je známe, že lokácia a spôsob akým sa ľudské telo ochladzuje je veľmi individuálny (konzultované so športovými lekármi). V tom zmysle, že niekto sa potí viac niekto menej alebo že niekomu sa pri záťaži potí hlavne tvár a inému naopak oblasť podpazušia.

Priemernú kľudovú teplotu mali skupiny takmer identickú, približne 34,6 °C. Mojim dohadom a názorom je, že krátky interval záťaže aj napriek jej väčšej intenzite spôsobil, že nebolo možné úplne odsledovať vplyv cvičenia na povrchovú teplotu. Nižšia hodnota teploty po záťaži oproti teplote v kľude (v rámci vyhodnotenia priemerných dát z celej skupiny) je zapríčinená tým, že aj pri cviku s činkami aj pri cviku angličák došlo k redistribúcií krvi do pracujúcich svalov (horné, dolné končatiny) na úkor distribúcie krvi do tvárovej oblasti. Respektíve tým, že sme merali teplotu priamo po záťaži a nie s určitým časovým odstupom, takže sa teplota ešte nestihla rovnomerne rozložiť na periférii a bola zatiaľ stále koncentrovaná v pracujúcich svaloch. V priemere táto teplota poklesla len na 33,9 °C. Tento efekt však neplatí pre všetkých probandov (bez rozdielu na skupinovú príslušnosť). Tieto minimálne zmeny teploty vplyvom záťaže vyhodnotila štatistika logicky ako nevýznamné ( $p > 0,05$ ), z čoho vyplýva že nulovú hypotézu nezamietame a môžeme prehlásiť, že záťaž nemá vplyv na povrchovú teplotu tela. Rovnako vyšla aj štatistika pri porovnávaní sledovaných skupín. K dokázaniu rozdielu medzi porovnávanými skupinami by bolo za potreby podrobiť probandov dlhšej záťaži, poprípade snímať teplotu zo zaťažovaných oblastí svalov, čo v našom prípade nebolo možné, pretože obdivy ruky boli používané pre meranie ostatných hemodynamických parametrov. Eventuálne pozoruhodné výsledky by mohli vyjsť aj pri skúmaní korelácie

stúpajúceho pulzu a stúpajúcej povrchovej teploty vplyvom záťaže. Nepresné výsledky merania mohol spôsobiť aj štýl akým bola teplota vyhodnocovaná, keďže sa do výslednej priemernej hodnoty z celej tváre nezapočítavala celá jej plocha ale len vybrané línie.

V kapitole 4.2 bolo spomenuté, že sme sa pokúsili aj o hodnotenie rozsahov peakov (min to max), to sa však neukázalo ako významné. Taktiež sú v tabuľke A (viď tabuľka A – prílohy na CD) zapísané diferencie vždy medzi kľudovou a pozátážovou hodnotou daného parametru. Boli čisto použité pri komentovaní nameraných výsledkov, v zmysle, kde sa o koľko zmenila hodnota parametru po záťaži oproti kľudovej, respektíve s odstupom jednej minúty.

Keďže medzi športovkyňami boli basketbalistky aj florbalistky je potrebné okomentovať aj eventuálne rozdiely medzi týmito rôznymi športovkyňami. Florbalistky mali v priemere vyššie pulzy ako basketbalistky, čo mohlo byť spôsobené tým, že basketbalistky trénujú do týždňa viacej hodín, tým pádom sa dá očakávať, že sú v mierne lepšej kondícii. Ďalší najviditeľnejší rozdiel bol dokázaný pri priemernej rýchlosti toku krvi po cviku s činkami (viď tabuľka 9), kedy mali florbalistky vyššie hodnoty ako basketbalistky. U ostatných parametrov nebol prekázaný rozdiel.

Interesantný výsledok poskytuje meranie športovkýň po úraze (dlhodobá absencia pravidelného tréningu) a kratšieho ochorenia. Z tabuľky 3 je možné si všimnúť, že zranenie malo väčší vplyv na zhoršenie hodnôt pulzu (aj na pozátážové). Športovkyňi po zranení bol v tomto prípade nameraný druhý najvyšší kľudový pulz, basketbalistke po chorobe ostal kľudový pulz mierne nad úrovňou priemeru a to 70 tep/min. Na priemernú rýchlosť toku mal dlhodobý nedostatok telesnej aktivity podobný vplyv ako na pulz. Na pozátážové hodnoty STK nemala ani jedna zo skutočností vplyv. Tieto čísla presne vypovedajú o tom, čo spôsobuje absentovanie pravidelnej športovej aktivity.

Pre úplné popísanie vplyvu záťaže na hemodynamické parametre by bolo vhodné merať jeho stav aj počas cvičenia, čo ale popri nami použitom type cvičenia nebolo úplne možné. Poprípade taktiež pozorovať klesanie hodnôt v dlhšom časovom okne po ukončení cvičenia. V rámci tejto štúdie sme sa ale rozhodli merať viac hemodynamických parametrov, na úkor sledovania časového vývoja (teoreticky nižšieho počtu parametrov) a taktiež z dôvodu už aj tak veľkého množstva dát.

## 6 ZÁVER

V teoretickej časti tejto bakalárskej práce boli vypracované literárne rešerše na tému hemodynamických parametrov v kľude a ich zmien po záťaži. Ďalej sa teoretický úvod v skratke venoval infračervenej termografií ako doplnkovej metóde v rámci tejto práce. V tretej kapitole sú spísané návrhy záťažových cvičení, vybrané hemodynamické parametre a konkrétne oblasti na ľudskom tele pre ich merania.

Praktická časť bakalárskej práce sa zaoberala meraním hemodynamických parametrov a kinetickým termovíznym meraním pred a po záťažovom teste a ich porovnaním medzi športovkyňami a nešportovkyňami. Merania sa zúčastnilo 20 žien, teda 10 športovkýň a 10 nešportovkýň, ktoré podstúpili 4 záťažové cvičenia: jedno cvičenie s činkami zamerané na horné končatiny a tri kolá dynamického cviku angličák zameraného na celé telo.

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo hlavne odsledovať zmeny vo vybraných hemodynamických parametroch pred a po záťaži (bezprostredne po aj s odstupom spomínanej minúty) a tieto rozdiely aj kvantitatívne vyhodnotiť. Ďalším z cieľov bolo porovnať sledované skupiny športovkýň a nešportovkýň. K obidvom týmto skúmaniam bolo použité vykresľovanie hodnôt pomocou krabicových diagramov (v programe Excel) a neparametrické štatistické testy ako Wilcoxon a Mann-Whitney U test (v programe Statistica 13).

Štatistická analýza zistila, že záťaž má vplyv na hodnoty pulzu, signifikantnejšie sa to však prejavilo u športovkýň. Pri porovnávaní pozorovaných skupín bolo len u 5 z 9 prípadov dokázaný štatisticky významný rozdiel medzi hodnotami pulzu u týchto skupín. Pri hodnotení priemernej rýchlosti toku krvi tomu bolo podobne, ba dokonca tu bol dokázaný takmer nulový vplyv záťaže na hodnoty u nešportovkýň. Naopak u športovkýň tu bol preukázaný vplyv záťaže po úplne všetkých cvičeniach. Medzi skupinami rozdiel preukázaný nebol. Pulzačný index sa vplyvom záťaže opäť menil signifikantnejšie u športovkýň, keďže u nešportovkýň to bolo preukázané len raz z deviatich prípadov. Čo sa týka systolického tlaku, ten sa vplyvom záťaže líšil signifikantne od kľudových hodnôt u obidvoch skupín. Zo 4 z 5 porovnávaní sa hodnoty STK u skupín nelíšili. Diastolický tlak sa vplyvom záťaže takmer vôbec nemenil a nebol ani preukázaný rozdiel medzi skupinami. Úplne to isté platí pre povrchovú teplotu tváre.

# Literatúra

- [1] *Hemodynamika*, [online]. [cit. 2017-10-28]. Dostupné z: <http://lekarske.slovníky.cz/pojem/hemodynamika>
- [2] KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.
- [3] WILHELM, Zdeněk. *Stručný přehled fyziologie člověka pro bakalářské studijní programy. 3. přeprac. vyd.* Brno: Masarykova univerzita, 2002. ISBN 80-210-2837-8.
- [4] HOLUBOVÁ, Renáta. *Krev jako ne-newtonovská kapalina ve fyzice a kriminalistice*, [cit. 2017-10-28]. Dostupné z: [http://www.vnufof.cz/prispevky/2017/Holubova\\_VNUF22\\_2017.pdf](http://www.vnufof.cz/prispevky/2017/Holubova_VNUF22_2017.pdf)
- [5] HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika. 1. vyd.* Brno: Neptun, 2001. ISBN 80-902896-1-4.
- [6] SOBOLOVÁ, Vítězslava a Václav ZELENKA. *Fyziologie člověka: skripta pro Trenérskou školu při Fakultě tělesné výchovy a sportu*. Praha: St. pedagog. nakl., 1978. ISBN
- [7] DOLINSKÁ, J. *Srdce a cievna sústava*, [cit. 2017-10-29]. Dostupné z: [http://www.oskole.sk/?id\\_cat=55&clanok=14460Pri](http://www.oskole.sk/?id_cat=55&clanok=14460Pri)
- [8] LEJSEK, J. *Monitorace hemodynamiky a vstupy do cévního řečiště*, [online]. [cit. 2017-10-29]. Dostupné z: <http://stary.lf2.cuni.cz/projekty/mua/3y2.htm>
- [9] MELICHAROVÁ, J. *Monitorace hemodynamiky v intenzivní péči – příprava výukového materiálu pro nově nastupující sestry*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, Katedra ošetřovatelství a porodní asistence 2014. 82 s. Vedoucí diplomové práce PhDr. Andrea Hudáčková, PhD.

- [10] BAJER, Karel. *Pulz*, [online]. [cit. 2017-10-30]. Dostupné z: <http://www.bfit-program.cz/puls.html>
- [11] OSACKÁ, P. a kol. *Meranie a záznam pulzu*, [online]. [cit. 2017-10-30]. Dostupné z: <https://portal.jfmed.uniba.sk/download.php?fid=292>
- [12] SEKYRA, Jíří. *Tepová frekvencia*, [online]. [cit. 2017-10-30]. Dostupné z: <http://www.sportvital.cz/sport/co-nam-rika-tepova-frekvence>
- [13] TAUSSIG, Jan. *Kľudová srdcová frekvencia*, [online]. [cit. 2017-10-30]. Dostupné z: <http://www.sportvital.cz/sport/klidova-srdecni-frekvence>
- [14] BARTŮŇKOVÁ, Staša. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty fyzioterapie a studia Tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2006. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-1171-6.
- [15] OSACKÁ, Petronela. *Meranie a záznam vitálnych funkcií*, [online]. [cit. 2017-10-31]. Dostupné z: <https://portal.jfmed.uniba.sk/download.php?fid=210>
- [16] ŠTEJFA, Miloš a kol. *Kardiologie. 3. přeprac. a dopl. vyd.* Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1385-4.
- [17] SOUČEK, Richard a kol. *Pletysmografie v angiologii*, [online]. [cit. 2017-11-4]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2301552/>
- [18] SYNEK, J. *Pulsní oxymetr v LabVIEW*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 34 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Vratislav Čmiel.
- [19] KASPEROVÁ, Martina. *Pletysmografie*, 2007 [online]. [cit. 2017-11-4]. Dostupné z: <http://www.ordinace.cz/clanek/pletysmografie/>
- [20] *Prstový pletysmograf*, [online]. [cit. 2017-11-4]. Dostupné z: [http://www.wikiskripta.eu/w/Prstov%C3%BD\\_pletysmograf](http://www.wikiskripta.eu/w/Prstov%C3%BD_pletysmograf)

- [21] *Oxymeter Oxy 6*, [online]. [cit. 2017-11-5]. Dostupné z: [https://www.alibaba.com/product-detail/OXYMETER-OXY-6\\_110186479.html](https://www.alibaba.com/product-detail/OXYMETER-OXY-6_110186479.html)
- [22] *Proudění krve v cévách*, [online]. [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <http://fb.lt.cz/skripta/x-srdce-a-obeh-krve/2-krevni-obeh/G>
- [23] BENEŠ, Jiří, STRÁNSKÝ, Pravoslav, VÍTEK, František. *Základy lékařské biofyziky*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2005. 196 s. ISBN 80-246-1009-4
- [24] *Jak se měří rychlost toku krve v cévách*, [online]. [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/42400258-Jak-se-meri-rychlost-toku-krve-v-cevach.html>
- [25] MOJŽIŠ, Karel. *Ultrazvukový měřič rychlosti toku krve*: diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav biomedicínského inženýrství, 2016. 66 s. Vedoucí práce byl doc. Ing. Jiří Rozman, CSc.
- [26] NEUMANN, A. *Ultrazvuk*, [online]. [cit. 2017-11-16]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/1411/jaro2007/VLDM7X1c/Ultrazvuk.ppt>
- [27] HEŘMAN, Petr. *Doplerovský průtokoměr*, [online]. [cit. 2017-11-16]. Dostupné z: [http://www.wikiskripta.eu/w/Doplerovsk%C3%BD\\_pr%C5%AFtokom%C4%9Br](http://www.wikiskripta.eu/w/Doplerovsk%C3%BD_pr%C5%AFtokom%C4%9Br)
- [28] WARD, Jeremy P. T. a R. W. A. LINDEN. *Physiology at a glance. 2nd ed.* Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell Pub., 2008. At a glance series (Oxford, England). ISBN 1405177233.
- [29] HAVLÍK, Jan. *Měření krevního tlaku*, [online]. [cit. 2017-11-21]. Dostupné z: <https://slideslive.com/38892447/mereni-krevniho-tlaku-ocima-biomedicinskeho-inzenyra>
- [30] CHMELARĚ, M. *Lékařská přístrojová technika I*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1995. ISBN 80-85867-63-X



- [31] ŠTEFKOVÁ S. *Reakcia krvného tlaku na submaximálnu dynamickú záťaž u žien s arteriálnou hypertenziou*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, 2011. 73s. Vedoucí bakalářské práce MUDr. Michal Procházka
- [32] FABIÁN, V. *Neinvazivní měření krevního tlaku založené na oscilometrickom princípu*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. 2012. 98s. Školitel disertační práce prof. RNDr. Olga Štěpánková, CSc.
- [33] ČERMÁK, M. *Měření krevního tlaku v prostředí LabVIEW*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 51 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Vratislav Harabiš, Ph.D.
- [34] KOMÁREK, Z. *Měřič pro neinvazivní měření krevního tlaku: semestrální projekt*. Brno: FEKT VUT v Brně, 2009. 35 s. Vedoucí semestrální práce doc. Ing. Milan Chmelař, CSc.
- [35] *Esenciální hypertenze, vyšetření krevního tlaku*, [online]. [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: [http://www.med.muni.cz/patfyz/practic/prezentace/tk\\_MM.pdf](http://www.med.muni.cz/patfyz/practic/prezentace/tk_MM.pdf)
- [36] VYMAZAL B. *Měření krevního tlaku a posouzení vlivu zátěže*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav automatizace a měřicí techniky. 2009. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Oto Janoušek.
- [37] STAFFA, E. *Bezkontaktní termografie dolních končetin*. Brno: Masarykova Univerzita. Lékařská fakulta. Biofyzikální ústav. 2015. 94 s. Školitelé dizertačné práce Mgr. Daniel Vlk, CSc. a MUDr. Robert Vlachovský, PhD.
- [38] LANGEROVÁ, J. *Bezkontaktní termografické vyšetření v klinické medicíně: diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav biomedicínského inženýrství, 2017. 80 s. Vedoucí práce byl Mgr. Vladan Bernard, Ph.D.
- [39] KADLEC, K. Teoretické základy bezdotykového měření teploty. *Automa* [online]. Praha, 2014, 2014(4), [cit. 2017-11-26] ISSN 1210-9592 [http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf\\_articles/52626.pdf](http://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/52626.pdf)

- [40] Co se děje s vaším tělem při cvičení, [online]. [cit. 2017-11-28]. Dostupné z: <https://www.nejfit.cz/186-co-se-deje-s-vasim-telem-pri-cviceni>
- [41] DRKOŠOVÁ, Alena a Jiří KOZUMPLÍK. Znárodnenie variability srdcového rytmu. *Elektrorevue* [online]. Brno, 2013, 15(2), [cit. 2017-11-28]. ISSN 1213-1539. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/cz/clanky/biomedicinske-inzenyrstvi/15/znazornenie-variability-srdcoveho-rytmu/>
- [42] *Maximum Heart Rate*, [online]. [cit. 2017-11-29]. Dostupné z: [https://support.polar.com/us-en/support/Maximum\\_Heart\\_Rate\\_HRmax?product\\_id=](https://support.polar.com/us-en/support/Maximum_Heart_Rate_HRmax?product_id=)
- [43] *Tréningové zóny podľa tepovej frekvencie*, [online]. [cit. 2017-11-29]. Dostupné z: <http://www.blogovisko.sk/treningove-zony-podla-tepovej-frekvencie.html>
- [44] *Heart Rate Reserve*, [online]. [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: [https://support.polar.com/us-en/support/Heart\\_Rate\\_Reserve\\_HRR](https://support.polar.com/us-en/support/Heart_Rate_Reserve_HRR)
- [45] HALDER, Kaushik, Anjana PAUTHAK, Abhirup CHATTERJEE, O. S. TOMER a Mantu SAHA. Physical and Physiological Comparison Between Indian Female College Basketball Players and Sedentary Students. *Advances in Applied Physiology* [online]. 2016, 1(2), 18-23 [cit. 2017-11-30]. DOI: 10.11648/j.aap.20160102.1. ISSN 2471-9714. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/295612302\\_Physical\\_and\\_Physiological\\_Comparison\\_Between\\_Indian\\_Female\\_College\\_Basketball\\_Players\\_and\\_Sedentary\\_Students](https://www.researchgate.net/publication/295612302_Physical_and_Physiological_Comparison_Between_Indian_Female_College_Basketball_Players_and_Sedentary_Students)
- [46] CRAIG, Smith. *The Recovery Heart Rate Time After Cardio Exercise*, 2017 [online]. [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <https://www.livestrong.com/article/260805-the-recovery-heart-rate-time-after-cardio-exercise/>
- [47] *Průtok krve cévou*, [online]. [cit. 2017-12-1]. Dostupné z: [rr.chytrak.cz/sub/fyziol/Hemodynamika.doc](http://rr.chytrak.cz/sub/fyziol/Hemodynamika.doc)

- [48] LOTT, M.E.J., C.S. HOGEMAN, L. VICKERY, A.R. KUNSELMAN, L.I. SINOWAY a D.A. MACLEAN, 2001. Effects of dynamic exercise on mean blood velocity and muscle interstitial metabolite responses in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, [online]. **281**(4), H1734–H1741. [cit. 2017-12-2]. ISSN 0363-6135. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/full/10.1152/ajpheart.2001.281.4.H1734?view=online&pmid=11557565>
- [49] BASSETT, David R. JR.; HOWLEY, Edward T. Maximal oxygen uptake: classical versus contemporary viewpoints. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 1997 **29**(5), 591-603. [cit. 2017-12-2]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <http://slideplayer.com/slide/3403046/>
- [50] KOLÁŘOVÁ, K. *Fyzikální parametry oběhové soustavy před a po zátěži u trénovaných jedinců*. Brno: Masarykova Univerzita, Přírodovědecká fakulta, 2007. 51s. Vedoucí bakalářské práce Mudr. Lenka Forýtková
- [51] SVAČINOVÁ J. *Krevní tlak u člověka* [online]. [cit.2017-11-11]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/www/345402/IS-Praktika-VIII-IX-2015\\_\\_1\\_.pdf](https://is.muni.cz/www/345402/IS-Praktika-VIII-IX-2015__1_.pdf)
- [52] CAHA, Jan. *Kardiovaskulární soustava a reakce na zátěž – fyziologie*, [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://aktin.cz/631-kardiovaskularni-soustava-a-reakce-na-zatez-fyziologie>
- [53] Siriški, D. *Reakce a adaptace oběhového systému na zátěž*, [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/1451/jaro2014/bp2080/um/4. Funkcni charakteristika dychaci obehovy system .pdf>
- [54] RŮŽIČKA, A. *Fyziologie zátěže*, [online]. [cit. 2017-12-13]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/5900667/18/images/11/auxotonick%C3%A1+kontrakce.jpg>
- [55] *Zdravý pohyb pri vysokom krvnom tlaku*, [online]. [cit. 2017-12-13]. Dostupné z: [http://www.edusan.sk/pacient/prakticke\\_rady/zdravy\\_pohyb\\_vys\\_tlak.htm#1](http://www.edusan.sk/pacient/prakticke_rady/zdravy_pohyb_vys_tlak.htm#1)

- [56] MAZIC, Sanja et al. The impact of elevated blood pressure on exercise capacity in elite athletes. *International Journal of Cardiology* [online]. 2015, (180), 171-177. [cit. 2017-12-14]. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.11.125. ISSN 1874-1754.  
Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167527314022979>
- [57] JOSIEK, Jaromír. *Hypertenze v posilovně a hypertenze a sport obecně*, [online]. [cit. 2017-12-16]. Dostupné z: <http://www.e-kulturistika.cz/hypertenze-v-posilovne-a-hypertenze-a-sport-obecne.html>
- [58] SELIGER, Václav, VINAŘICKÝ, Richard, TREFNÝ, Zdeněk. *Fyziologie člověka pro fakulty tělesné výchovy a sportu. 1. vyd.* Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1983.
- [59] PELIKÁN, Ondřej *Měření krevního tlaku v prostředí LabVIEW*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2015. 39 s. Vedoucí práce byl Ing. Vratislav Harabiš, Ph.D
- [60] NAGASHIMA, Kei, TOKIZAWA, Ken, UCHIDA, Yuki, NAKAMURA-MATSUDA, Mayumi, CHEN-HSIEN, Lin. Exercise and thermoregulation. *The Journal of sports medicine and physical fitness* [online]. 2012, **1(1)**, 73-82 [cit. 2018-05-20]. DOI: 10.1152/jappl.2000.88.2.738. ISSN 0022-4707. Dostupné z: <https://www.physiology.org/doi/full/10.1152/jappl.2000.88.2.738>
- [61] MILLER, Joe. *Why Does Body Temperature Increase During Exercise*, [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.livestrong.com/article/361702-why-does-body-temperature-increase-during-exercise/>
- [62] MARRA, Susan. *Low Core Body Temperature*, [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://drsusanmarra.com/low-core-body-temperature/>
- [63] ARFAOUI, Ahlem, LEGRAND, Fabien, BERTUCCI, William. Relationship between facial temperature changes, end-exercise affect and during-exercise changes in affect: A preliminary study. *European journal of sports science* [online]. 2015, **15(2)**, 161-166. [cit. 2017-05-20]. DOI:

10.1080/17461391.2014.948077. Dostupné z: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/6512/5877>

- [64] *Kladivový zdvih s jednoručkami*, [online]. [cit. 2017-12-30]. Dostupné z: <http://slovakfitness.sk/cvik-kladivovy-zdvih-s-jednoruckami-3.html>
- [65] *Angličáky – procvičení celého těla jedním cvikem*, [online]. [cit. 2017-12-30]. Dostupné z: <https://www.tabataworkout.cz/anglicaky-procviceni-celeho-tela-jednim-cvikem/>
- [66] HARRIS-FRY, N. *Take the 30-day burpee challenge*, [online]. [cit. 2017-12-30]. Dostupné z: <http://www.coachmag.co.uk/full-body-workouts/6188/take-the-30-day-burpee-challenge>
- [67] ARKOVSKÝ, J. a L. DUŠEK. *Analýza dat* [online]. In: . Masarykova Univerzita Brno: Inštitút biostatistiky a analýz, s. 1-282 [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/auth/el/1411/podzim2015/ASTAp/um/Analyza\\_dat.pdf](https://is.muni.cz/auth/el/1411/podzim2015/ASTAp/um/Analyza_dat.pdf)
- [68] AVRAHAMÍ, Idit, KERSH, Dikla, LIBERZON, Alexander. Pulsatility index as a diagnostic parameter of reciprocating wall shear stress parameters in physiological pulsating waveforms. *PLoS ONE* 11[online]. 2016, **11(11)**, 1-16, [cit. 2018-05-21]. DOI: 10.1371/journal.pone.0166426. Dostupné z: <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0166426&type=printable>
- [69] VLK, Daniel, JÚZA, Tomáš. *Immediate Effect of Physical Exercise on Blood Flow Velocity in Radial Artery in Young Adult*. Pripravené k publikaci
- [70] HOLÝ, Miroslav. *Vliv odporového tréninku na krevní tlak: bakalárska práca*, [online]. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií, Katedra podpory zdraví, 2016. 52s. Vedoucí práce Mgr. Ivan Struhár, Ph.D. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/vh4m2/Bakalarska\\_praca\\_komplet.pdf](https://is.muni.cz/th/vh4m2/Bakalarska_praca_komplet.pdf)

## Seznam symbolů, veličin a zkratk

FEKT	-	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
VUT	-	Vysoké učení technické v Brně
TK	-	krvný tlak
STK	-	systolický krvný tlak
DTK	-	diastolický krvný tlak
VTK	-	vysoký krvný tlak
SAT	-	středný arteriální tlak
MV	-	minútový výdaj srdca
CO	-	cardiac output = minútový výdaj srdca
TO	-	tepový objem
SF	-	srdcová frekvencia
HR	-	heart rate = srdcový pulz
HRV	-	heart rate variability = variabilita srdcového pulzu
EKG	-	elektrokardiograf
$W_{\max}$	-	pracovné maximum
MBV	-	mean blood velocity = stredná rýchlosť toku krvi
$VO_{2\max}$	-	maximálna rýchlosť spotreby kyslíka

BD	-	dievčatá basketbalistky
SD	-	dievčatá so sedavým spôsobom života
IČ	-	infračervené
HRR	-	heart rate reserve = rezerva pulzovej frekvencie
LED	-	Light Emitting Diode = svetlo-vyžarujúca dióda
SpO <sub>2</sub>	-	saturácia krvi kyslíkom
vs.	-	versus
PI	-	pulzačný index
mmHg	-	milimeter ortuťové stĺpca, jednotka tlaku
cm/s	-	centimetre za sekundu, jednotka rýchlosti toku
ang	-	angličák (anglicky burpee)

# PRÍLOHY NA CD

- Tabuľka A – všetky namerané hemodynamické parametre (okrem povrchovej teploty tváre) + mediány a priemery (vo formáte.xlsx)
- Tabuľka B – p hodnoty zo štatistickej analýzy (vo formáte.xlsx)
- Tabuľka C – všetky namerané hodnoty povrchovej teploty tváre + mediány a priemery (vo formáte.xlsx)
- zazipovaný súbor so všetkými meraniami z ultrazvuku (Doppler.zip), jednotlivé merania v ňom sú vo formáte .pdf
- zazipovaný súbor len s vybranými termometrickými snímkami z infračervenej termokamery (formát .jpg)
- Veronika\_Remenárová\_BP.pdf (Srovnání vybraných hemodynamických parametrov a povrchovej teploty tela medzi vrcholovými športovcami a normálnou populáciou po záťaži)