

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Přírodovědecká fakulta

**Analýza změn aerobních a anaerobních
předpokladů u dárců krve na vybraném
vzorku studentů oborového studia TVS na PF
JU**

Bakalářská práce

Pavla Vlčková

Školitel: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

(katedra tělesné výchovy a sportu)

České Budějovice 2018

Vlčková, P., 2018: Analýza změn aerobních a anaerobních předpokladů u dárců krve na vybraném vzorku studentů oborového studia TVS na PF JU [Analysis of changes in aerobic and anaerobic assumptions in blood donors on a selected sample of Physical Education students at Pedagogical faculty at the South Bohemian University. Bc. Thesis, in Czech.] – 63 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace:

This bachelor thesis deals with the measurement of somatic composition and subsequent laboratory findings of aerobic and anaerobic assumptions in blood donors on a selected sample of students Physical Education at South Bohemian University. For all testing was used a functional laboratory of the Department of Physical Education. The test results were compared before and after blood collection. Subsequently, the values were compared with those already mentioned in the literature. In the introductory part, the author will familiarize us with influence of blood and its components on performance and the effect on blood formative performance. The theoretical part of this work deals with characteristics of blood, composition and creation, basic anatomical-physiological aspects, energy source and definitiveness of laboratory testing. All methods and procedures at work are recorded in the practical part and the results obtained are clearly inscribed in the tables.

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené verzi archivované Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 18. 4. 2018

Poděkování:

Tímto děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu PhDr. Petru Bahenskému, Ph.D za odborné vedení, konzultace, rady a pomoc při měření, které mi poskytoval při zpracování dat a také za připomínky při tvorbě této práce. Dále bych ráda poděkovala všem studentům, kteří se zúčastnili tohoto testování.

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Přehled poznatků.....	9
2.1	Funkce krve.....	9
2.1.1	Složení krve.....	9
2.1.2	Reakce a adaptace na zátěž.....	11
2.2	Krevní skupiny a Jan Jánský.....	12
2.3	Nadmořská výška a její účinky.....	13
2.4	Význam železa.....	15
2.4.1	Hladina železa v krvi.....	16
2.4.2	Fyziologické hodnoty a funkce železa v krvi.....	16
2.5	Dárcovství krve.....	16
2.5.1	Vyhovující dárcce.....	17
2.5.2	Organizace Český červený kříž.....	17
2.5.3	Darování krve u aktivních sportovců.....	18
2.6	Transportní systém pro kyslík.....	18
2.7	Cévní systém.....	19
2.8	Dýchací systém.....	21
2.8.1	Ventilační parametry.....	22
2.8.2	Kyslíkový deficit, mrtvý bod a druhý dech.....	22
2.9	Svalová buňka.....	23
2.9.1	Typ I – SO vlákna.....	24
2.9.2	Typ II A – FOG vlákna.....	24
2.9.3	Typ II B – FG vlákna.....	24
2.9.4	Svalová únava.....	25
2.10	Zdroje energie.....	25
2.10.1	Anaerobně alaktátová zóna: ATP-CP.....	25
2.10.2	Anaerobně laktátová zóna: LA.....	26
2.10.3	Aerobně laktátová, smíšená zóna: LA-O2.....	26
2.10.4	Oxidativní zóna: O2.....	27
2.11	Zátěžové testy.....	27
2.11.1	Anaerobní zátěžová diagnostika.....	29
2.11.2	Wingate test.....	29
2.11.3	Aerobní zátěžová diagnostika.....	31
2.11.4	Spiroergometrie.....	31
3	Cíl, úkoly a hypotézy.....	33
3.1	Cíl práce.....	33
3.2	Úkoly práce.....	33
3.3	Hypotézy.....	33
4	Metodika.....	34
4.1	Charakteristika souboru.....	34
4.2	Testovací přístroje.....	35
4.2.1	Tanita BC 418 MA.....	35
4.2.2	Ergometr LODE Excalibur Sport.....	36
4.3	Popis testování.....	37
5	Výsledky.....	40
5.1	Věk, výška, hmotnost, zaměření.....	40
5.2	Výsledné hodnoty VO2 max.....	40
5.2.1	Maximální spotřeba kyslíku (VO2 max).....	40

5.2.2	Zátěž ve Watech.....	42
5.2.3	Srdeční frekvence.....	43
5.2.4	Tepový kyslík VO ₂ HR	45
5.3	Výsledné hodnoty Wingate testu	46
5.3.1	Průměrný výkon Wingate	46
5.3.2	Maximální výkon Wingate.....	48
5.3.3	Tělesná voda	49
5.4	Kontrolní probandi.....	51
6	Diskuze.....	52
7	Závěr.....	57
8	Referenční seznam literatury:.....	59
9	Seznam tabulek	61
10	Seznam obrázků.....	61
11	Přílohy	61

1 Úvod

Toto téma bakalářské práce jsme zvolili proto, že nás zaujalo, jak funguje znovuoobnovení krevního systému po darování krve u aktivních sportovců. Už od dětství jsem se zabývala atletikou, též považovanou za „královnu sportu“, která se stává základní stavební jednotkou pro jakoukoliv pohybovou činnost. Na střední škole jsem pokračovala s atletikou, a když mi bylo 18 let, tak se mě trenér zeptal, zda nechci jít darovat krev a nechat se testovat na laktát v krvi. Tento test spočíval v tom, že se běželo 4x1600 m a po každém kole se odebrala krev z prstu, pro zjištění laktátu (sůl kyseliny mléčné). Následovalo darování krve a den poté se provedl stejný test. To samé testování se opakovalo každý následující týden. Sledovalo se, za jakou dobu se testovaná osoba vrátila do původních hodnot, před darováním krve. Celkový proces testování byl náročný, ovšem velmi zajímavý a poučný.

Toto testování mě později přivedlo k mému tématu bakalářské práce. Bohužel v Laboratoři funkční zátěžové diagnostiky na PF JCU nebylo běhátko a testování venku nebylo možné z důvodu časové náročnosti. Dalším faktorem, který neumožňoval testování venku, byly stále se měnící klimatické podmínky, proto jsme se rozhodli testovat vybrané probandy na cyklickém ergometru. Jízda na kole je stejně jako běh cyklickým pohybem, a proto zvolené testování v laboratoři bylo nejideálnějším řešením.

Jak už víme, krev je životně důležitá tekutina a jejím složením i funkcemi se stává nenahraditelnou. Proto je velice zajímavé sledovat průběh tohoto testování, a co vše souvisí s tím, aby sportovci mohli po darování krve co nejdříve naplno sportovat. Optimální dobou, kdy je lidské tělo schopno obnovit červené krvinky, jsou zhruba tři týdny. Ovšem záleží na mnoha faktorech, jako je zdravotní stav, příjem tekutin, zdravé stravování a také úprava tréninku, tak aby nedošlo k přetížení organismu. Proto je nejlepší po darování krve nastavit lehčí formu tréninku, nebo provozovat zejména doplňkové sporty.

Ke zpracování tématu bakalářské práce jsme si vybrali studenty mužského pohlaví, kteří především provozují dva nejpoblárnější sporty u nás, a to fotbal a hokej. Jelikož naše testování obsahuje jak silové, tak i vytrvalostní testy. Pro srovnání jsme otestovali i jednoho zápasníka. Vybraní probandi byli srovnáváni dle tělesných parametrů a výsledků anaerobního testu (Wingate) a aerobního testu (VO₂max).

V úvodu práce se seznámíme se složkami krve, jejími funkcemi, ale i jaký má vliv nadmořská výška na tvorbu červených krvinek, dále pak proč je železo důležitou složkou krve, popíšeme svalová vlákna a naše zmíněné zátěžové testy. Po zapsání výsledků do grafů

a tabulek se pokusíme ujasnit ideální dobu, za kterou je tělo schopno vrátit se do původních hodnot.

2 Přehled poznatků

2.1 Funkce krve

Krev představuje životně důležitou tekutinu a svým složením a funkcemi se stává nenahraditelnou. Krev je červená, neprůhledná tekutá tkáň, skládající se z krevních buněk (erytrocyty, leukocyty, trombocyty) a plazmy. Celkový objem krve tvoří 6 až 8 % celkové tělesné hmotnosti, což představuje 4,5–6 litrů. Hodnota pH je velmi stabilní na hranici 7,4. Oběh krve je zajištěn srdcem a cévním systémem, který se dělí na malý plicní oběh a velký tělní oběh.

Krev, která cirkuluje celým organismem má mnoho funkcí:

1. Transportní funkce: spočívá v přenosu různých látek do celého těla a mezi orgány. Mezi nejdůležitější transportované látky patří dýchací plyny (O₂ a CO₂), živiny (glukóza, AMK, MK, ketolátky aj.), hormony a vitamíny.
2. Homeostatická funkce: neboli udržování stálého objemu tím, že dokáže zastavit krvácení. Dále reguluje acidobazickou rovnováhu a udržuje stálou koncentraci iontů a osmotického tlaku. Krev se dále účastí termoregulace, kdy dochází k přenosu tepla.
3. Obranná funkce: tuto funkci zajišťují bílé krvinky a plazma prostřednictvím specifické a nespecifické imunity. Z části sem můžeme řadit i krevní srážlivost, která může zamezit šíření škodlivých látek. (Rokyta et al., 2000).

2.1.1 Složení krve

Erytrocyty neboli červené krvinky jsou drobné bezjaderné buňky s hlavní funkcí, kterou je přenos kyslíku z plic do tkání a přenos oxidu uhličitého (Sobolová & Zelenka, 1973).

Velikost červených krvinek se pohybuje v několika mikrometrech, přičemž mají nestejnou velikost, podle které rozeznáváme 3 stavy: mikrocyty (menší), normocyty (normální), makrocyty (větší) (Dylevský, 1995). Je to z toho důvodu, že erytrocyt musí snášet opakované deformace z průměru cca 7,2 mikrometrů ve velkých cévách na průměry kolem 2 mikrometrů v kapilárách. Toto neustálé měnění trvá po celou dobu pohybu erytrocytů v obvodové krvi – 120 dní (Pecka, 1995).

Počet červených krvinek:

- muži 5,1 miliónů/ μ l krve,
- ženy 4,6 miliónů/ μ l krve,
- hypererytrocytóza – zmnožení počtu krvinek,

- erythrocytopenie – snížení počtu krvinek.

Ke zvýšení počtu červených krvinek dochází, pokud tkáně v těle mají nedostatek kyslíku. Např. při pravidelném provozování aerobně náročnější sportovní aktivity nebo při nízkém parciálním tlaku kyslíku ve vdechovaném vzduchu (ve vyšších nadmořských výškách). V průběhu zátěže se počet krvinek nemění, zato počet bílých krvinek se zvyšuje. Tvorba červených krvinek je závislá na hormonu erythropoetinu (EPO), který se produkuje zejména v ledvinách, ale také závisí na několika vitamínech, které přijímáme ve stravě (kyselina listová, vitamín B2, vitamín B6, vitamín C a zejména vitamín B12). Hlavní funkční složkou červených krvinek je hemoglobin (červené krevní barvivo). Přenáší kyslík, jenž se na červené krvinky váže v plicích a pak se snadno uvolňuje ve tkáních. Skládá se ze dvou částí: z bílkovinné – globulinu a nebílkovinné části – hemu (dvojmocný atom železa, na který se váže kyslík). Podle obsahu kyslíku v hemoglobinu rozeznáváme hemoglobin redukovaný bez kyslíku, značený Hb a oxyhemoglobin s kyslíkem, HbO₂ (Selinger, Trefný, & Vinařický, 1983). Na každý hem s dvojmocným atomem železa se může vázat pouze jedna molekula kyslíku. Sycení hemoglobinu kyslíkem je postaveno či závisí na jeho afinitě ke kyslíku. Ta je dána zejména uspořádáním molekuly hemoglobinu, ale také aktuální hodnoty pH krve. Po navázání první molekuly kyslíku jsou další vazby kyslíku na hemoglobin snazší. Pro transport kyslíku hemoglobinem je důležité, že stejně snadno se kyslík z této vazby uvolňuje. Vazba kyslíku na hemoglobin je totiž reverzibilní. Sycení hemoglobinu kyslíku se zvyšuje úměrně stoupajícímu množství rozpuštěného kyslíku v plazmě (parciální tlak kyslíku) a naopak s jeho poklesem sycení hemoglobinu klesá (Rokyta et al., 2000).

Metabolismus erytrocytů má spoustu zvláštností, jelikož nemají buněčné jádro, přišly o schopnost syntetizovat bílkoviny a nukleové kyseliny. Také jim chybí citrátový cyklus a dýchací řetězec. Metabolismus erytrocytů díky jejím vlastnostem metabolismem sacharidů. Omezuje se na anaerobní glykolýzu a přímou oxidaci glukózy (odbourávání glukózy je v erytrocytech hlavním zdrojem energie ATP). Tato energie je využívána k udržování stálé struktury membrány erytrocytu (Pecka, 1995).

Leukocyty neboli bílé krvinky zajišťují obranný systém organismu a to tak, že se podílejí na odstraňování nežádoucích látek původců infekčních chorob a na tvorbě protilátek. Jejich délka životnosti se velmi liší, od několika hodin až po několik let. Dělíme je na granulocyty a agranulocyty. Granulocyty se dále mění na další části (neutrofilní, eosinofilní a basofilní), ale to k této bakalářské práci nepotřebujeme a tak se tím nebudeme zabývat dopodrobna.

Trombocyty neboli krevní destičky jsou úlomky megakaryocytů, bezjaderné a nejmenší krevní částice. Jejich životnost je pouhých 7–12 dní a proto se musí pravidelně obměňovat. Základní funkce trombocytů je hemokoagulace, neboli krevní srážlivost a dále pak hemostáza, zástava krvácení.

Krevní plazma (z řeckého slova *plassein* – tvořit) zastupuje tekutou složku krve. Jedná se o vodní roztok bílkovin a solí a představuje vlastní transportní prostředí pro živiny, odpadní látky, hormony, obranné látky, ale též pro léky a infekce. Je to žlutavá a vazká tekutina, která je složená z organických a anorganických látek (Čihák, 2004). Hlavním anorganickým kationtem krevní plazmy je sodík, draslík, vápník, hořčík a anionty chloru. Z organických látek jsou na prvním místě plazmatické bílkoviny, které dělíme na albuminy, globuliny a fibrinogen. Plazma dále přenáší velký počet dalších organických látek. Především glukóza a její hladiny (glykémie) se pohybuje mezi 3,3 až 6,1 mmol/l. Představuje podstatný a hlavní energetický substrát. V krvi je také obsažen laktát (0,5–2,2 mmol/l). Hodnota pH plazmy (krve) je 7,4 a je poměrně velmi stabilní. Objem plazmy u dospělého člověka je cca 2,8 až 3,5 litrů. (Mourek, 2012).

2.1.2 Reakce a adaptace na zátěž

U fyziologických funkcí či orgánových systémů pozorujeme při zátěži různé změny. Charakterizujeme je jako reaktivní (bezprostřední reakce na zátěž) a adaptační (výsledek dlouhodobého a opakovaného procesu v tréninku). Vlivem adaptační změny je bezprostřední reakce na pohybové zatížení odlišná od původní reakce na počátku tréninku. Znamená to, že adaptační změny mají následně zpětnou vazbu na změny reakční. Adaptace je obecný biologický děj. Představuje soubor morfologických, biochemických, funkčních i psychologických změn v organismu jako celku, ale i v jednotlivých orgánech. Jedná se o biologicky výhodné změny organismu, které vedou k zachování homeostatické rovnováhy. Fyziologická adaptace nám v rámci daných genetických předpokladů umožňuje optimálně reagovat na specifické podněty. Spočívá i v tom, že se organismus přizpůsobuje změnám vnitřního prostředí, které vyvolává práce kosterních svalů (Jančík, Novotná, & Závodná, 2006).

Adaptací na zátěž rozumíme dlouhotrvající vytrvalostní trénink, který vede ke zvětšení množství krve, nejdříve se zvyšuje objem plazmy, po 2 až 3 týdnech fyzické aktivity i počet červených krvinek a samozřejmě i celkové množství hemoglobinu. Výraznější je však zvýšení objemu plazmy, které se projeví snížením hematokritu a viskozity krve s následným příznivým ovlivněním krevního oběhu (cirkulace). Všechny tyto změny nám usnadňují přísun kyslíku k pracujícím svalům. Za adaptační změnu

je považován i zvýšený počet červených krvinek, ke kterému dochází při pobytu ve vysokohorském prostředí. Což nám zlepšuje podmínky pro transport kyslíku z plic do pracujících orgánů (Wilmore & Costil, 2004).

Na začátku zátěže dochází ke zvýšení počtu erytrocytů při jejich vyplavení z kostní dřeně a to v důsledku hormonálních podnětů. U déletrvajících zátěží, kterou provází značná ztráta tekutin, dochází k relativnímu zvýšení počtu červených krvinek, které jsou dané hemokonzentrací (zahuštění krve, které vzniká v důsledku ztráty tekutiny z těla a cév). U vytrvalců (maratonců) se v průběhu závodu zvyšují hodnoty hematokritu a to na 50–55 % (Komadel, 1997). Dochází tak ke zhoršení podmínek proudění krve. Při tělesné zátěži také stoupá počet bílých krvinek (leukocytóza) a s intenzitou se zvyšuje i jejich množství. Změny mohou být podobné jako u infekčních chorob. Pokud přerušíme zátěž, tak se počet krevních elementů vrací k původním hodnotám v krátkém časovém intervalu (Jančík et al., 2006).

2.2 Krevní skupiny a Jan Jánský

Rozlišujeme dva hlavní systémy krevních skupin a to AB0 a Rh systém. Tyto systémy jsou určeny pomocí přítomnosti různých molekul na povrchu erytrocytů. Objev krevních skupin patří mezi významné objevy lékařství počátku 20. století. Jako první objevitel krevní skupiny AB0 systému byl vídeňský lékař Karl Landsteiner již v roce 1901 (identifikoval však pouze 3 skupiny). Za svůj objev obdržel roku 1930 Nobelovu cenu za medicínu a fyziologii. V roce 1937 se spolu s Alexandrem Weinerem podílel i na objevu Rh systému. V roce 1902 Descatello a Sturli prokázali čtvrtou skupinu, ve které byly krvinky aglutinovány séry všech ostatních skupin. Tato skupina byla nazvaná AB (Daniels, 2002).

Objev krevních skupin je spjat i se jménem českého lékaře Jana Jánského (1873–1921). Jánský (1907) a Moss (1910) kompletně stanovili čtyři základní krevní skupiny podle aglutinačních vlastností. Bez ohledu na objevitele měl tento poznatek obrovský význam pro transfuze, které postupem času přestaly být smrtelným rizikem pro pacienta. Tyto skupiny označili římskými číslicemi I, II, III a IV. Moss je označil v opačném pořadí než Jánský. Dr. Jánský označil jako skupinu I tu krev, kde se krvinky neaglutinovaly žádným sérem a její sérum aglutinovalo krvinky všech ostatních skupin. Krvinky skupiny IV se naopak aglutinovaly všemi séry, ale jejich sérum neaglutinovalo jiné krvinky. Sérum, které označil jako skupinu II, aglutinovalo krvinky skupiny III a IV, sérum skupiny III aglutinovalo krvinky skupin II a IV. Moss byl odlišný ve značení tak, že zaměnil skupinu I a IV.

Toto různé označení mělo po spoustu let řadu mnoha nesrovnalostí, a proto v roce 1921 výbor amerických vědeckých společností doporučil na základě priority objevu označení Jánského. Ve 30. letech 20. století se krevní skupiny začaly označovat písmeny A, B, AB a O (Malaska, 1957).

Tabulka 1: Vzájemný vztah mezi označením Jánského, Mosse a mezinárodní klasifikací (Malaska, 1957, str. 207).

Mezinárodní klasifikace	Jánský	<u>Moss</u>	Erytrocyt - aglutinogen	Sérum - aglutinin
O	I	IV	-	anti - A, anti - B
A	II	II	A	anti - B
B	III	III	B	anti - A
AB	IV	I	A, B	-

Další systém je Rh, objevený Weinerem na základě pokusu s krví opic druhu *Maccacus Rhesus*. V tomto systému má zásadní klinický význam přítomnost antigenu D. Většina lidí (85 %) má tento antigen a označujeme je jako Rh pozitivní (Rh+). Zbytek populace tento antigen D nemá a jsou tedy Rh negativní (Rh-). Protilátky anti-D nejsou přirozené, ale vytváří se až po setkání s antigenem D. Příkladem je třeba porod Rh negativní matky, kdy se antigen Rh pozitivního dítěte setká s její krví (Rokyta et al., 2000).

2.3 Nadmořská výška a její účinky

Nadmořská výška, jako potenciální faktor mající vliv na výkon je opakovaným tématem mnoha badatelů. Například autoři Bale a Sang (1996) se domnívají, že vynikající vytrvalostní výkon by mohl být výsledkem vysoké nadmořské výšky, myslí si, že se lépe připraví na vyšší aerobní výkon v zátěži (Onywera, Scott, Boitt, & Pitsiladis, 2006).

Stejně jako u moře, tak i ve vyšších nadmořských výškách je transport kyslíku k pracujícím svalům rozhodujícím faktorem pro schopnost práce. Transport kyslíku zabezpečují erytrocyty pomocí hemoglobinu. Pokud se vyskytuje v těle méně kyslíku, dochází ke zvýšenému výdeji energie a tím se tělo začne rychleji unavovat. Při našem výkonu zapojíme dříve anaerobní zdroje, dojde tak k celkovému snížení výkonnosti organismu, vytrvalostních schopností a schopnosti podávat maximální výkon.

Existuje několik forem vysokohorského tréninku. Buď kondiční přípravný trénink sloužící ke zlepšení fyzické kondice, trénink speciální přípravy před vrcholnými závody nebo může mít i funkci zdravotní. Proto je třeba dodržovat následující pravidla:

- čím delší pobyt ve výšce, tím máme dlouhodobější efekt a výraznější změny,
- čím výš jsme, tím je výraznější odezva organismu a proto můžeme zkrátit dobu pobytu,
- pobyt či fyzická příprava ve výšce nám nezaručí zlepšení výkonnosti, avšak zajistí nám fyziologické změny,
- každý má individuální reakci na pobyt ve výšce, někteří sportovci se neaklimatizují nikdy,
- pro potřeby sportovního tréninku neexistuje úplná aklimatizace zvyknout si na nadmořskou výšku. Přísun kyslíku bude vždy nižší se vzrůstající se nadmořskou výškou,
- při plánování intenzity tréninku či požadovaných časech je třeba respektovat fakt, že vytrvalostní výkonnost s nadmořskou výškou klesá,
- částečně se i mění energetické zdroje,
- důležitý je zvýšený příjem tekutin, sacharidů a železa,
- pro řadu sportovců může být návrat do nížiny, neboli reaklimatizace, náročnější, než proces aklimatizace po příjezdu do vysokohorského prostředí (www.mtbs.cz, 2012).

Co se děje v organismu ve vysoké nadmořské výšce? Při krátkodobém pobytu (několik týdnů), organismus reaguje adaptačními změnami na vysokou nadmořskou výšku. Dochází ke zvýšení maximální tepové frekvence, k poklesu objemu krve, což zahušťuje koncentraci červených krvinek a narůstá množství hemoglobinu, který váže kyslík. Zmnožení červených krvinek dosahuje svého vrcholu po 3–4 týdnech pobytu. S fyzickou zátěží se zlepšují schopnosti okysličování svalů, dochází k lepšímu prokrvení a zvýšení aktivity oxidativních enzymů. Naše tělo se v hypoxii učí efektivněji využívat kyslík. Tato kapitola tréninku ve vysokohorském prostředí i úzce souvisí s touto prací. Zátěž nebo pobyt ve vysokohorském prostředí totiž způsobí rychlejší tvorbu červených krvinek. Samozřejmě pokud jsme před pobytem byli darovat krev, může to ovlivnit návrat fungování organismu do normálu a to že ho urychlí. Pokud bude pobyt ve vysokohorském prostředí před odběrem krve, sportovec může mít lepší výsledky a do normálu se bude vracet pomaleji, tudíž dosažení původních hodnot bude trvat delší dobu (Suchý, 2014).

Jak dlouho vydrží adaptační změny? Některé změny, například snížení množství laktátu po výkonu má jepičí život a na původní hodnoty se vrací už po dvou týdnech. Některé změny ale vydrží déle. Zvýšené množství červených krvinek zmizí až po cca 110–120 dnech (průměrná životnost krvinek). V souvislosti s tím klesne i hodnota VO₂ max.

Důležité je správné načasování návratu z vysokohorského prostředí před důležitými závody. U každého sportovce je to individuální, proto je třeba nalézt optimální dobu návratu. Obecně se uvádí, že k nejlepší výkonnosti dochází po cca 3 týdnech od návratu z vysokohorského prostředí. Na každého však působí trénink s nižším přísunem kyslíku trochu odlišně. U někoho dochází k adaptačním změnám již v 1000 metrech, u jiných zase mohou nastat komplikace v podobě tzv. „horské nemoci“, projevující se nevolností, poruchami vidění a bolestmi hlavy. Za optimální je považovaná úroveň od 2000 do 2500 metrů nad mořem (www.sportvital.cz, 2010).

2.4 Význam železa

Železo je naším klíčovým prvkem pro distribuci kyslíku v organismu. Zjednodušeně můžeme říct, že je pro nás důležitý skoro jako samotný vzduch, protože bez jeho transportních schopností bychom se rychle udusili (Végh, 2011).

Tvoří základní složku hemu v molekule hemoglobinu, ale také je součástí různých řad enzymatických systémů. V organismu dospělého člověka se železo pohybuje v rozmezí 4–5 gramů: 2,5–3 gramy hemoglobinu, 1 gram zásobního železa (feritin a hemosiderin), 0,2 gramu myoglobinu, 0,2 gramu enzymů a 0,001 gramu plazmatického železa, které je vázáno na transferin (Pecka, 1995).

Náš denní metabolický obrat železa tvoří zejména obnova erytrocytů. Přibližně představuje 25 mg. Z toho množství se velká část recykluje v játrech, ve slezině nebo imunitními buňkami a běžné denní ztráty jsou přibližně 0,5–1,5 mg železa. Největší ztráty železa způsobuje ztráta krve. Menstruace u žen znamená jednorázovou ztrátu 15–30 mg. Další příčiny: krvácení při úrazech nebo operacích či chronická krvácení (žaludeční vředy). Vážný nedostatek železa může nastat každodenním drobným úbytkem. Velké změny také nastávají během těhotenství, protože stoupá celkový objem krve až o 40 % a objem erytrocytů až o 20 %. V průběhu těhotenství je tedy potřeba dopravit do organismu až 1000 mg „nového“ železa, což obvyklé stravování nemůže pokrýt (Végh, 2011). Za normálních okolností dochází k rovnovážnému stavu mezi příjmem železa a ztrátou železa: denní strava představuje přínos 10–15 miligramů železa, ovšem vstřebává se pouze 3–13 %, což je rozmezí 0,5–1,5 mg. Tato hodnota je téměř stejná jako množství železa, které člověk vylučuje (stolicí, ztrátou vlasů apod.). Znamená to, že příjem železa se přizpůsobuje ztrátám železa. Naopak, když dochází ke zvýšeným ztrátám, vstřebávání se zvýší na 10–20 násobek normálního množství. Mezi příjmem železa a jeho ztrátou je tedy nerovnovážný stav (Pecka, 1995).

2.4.1 Hladina železa v krvi

„Mám to v krvi.“ (Freddie Mercury). Kromě dočasného snížení VO₂max je pro darování krve významným faktorem železo v krvi. Nedostatek železa v těle je charakteristický zejména pro ženy a to vlivem fyziologické každoměsíční ztráty způsobené menstruačním cyklem. Z důvodu nedostatku železa v krvi mohou být dárci odmítnuti a je jedno, zda je to muž či žena (Machová et al., 2009).

Kvůli opakovaným odběrům (a to i u nespportujících) může dojít k anémii (chudokrevnost), především u žen nebo u drobnějších štíhlých somatotypů. Také se to může projevit u jedinců s výživovými deficity, autoimunitními poruchami, vysokým či nízkým krevním tlakem. Naopak např. zdravý muž s robustní postavou může po odběru počítat s kratší regenerací (Topinková, 2005).

2.4.2 Fyziologické hodnoty a funkce železa v krvi

Jak už víme, železo je velmi důležitou složkou v naší krvi, slouží jako základní složka hemoglobinu (krevního barviva) a také je obsažen ve svalovém myoglobinu. Základní laboratorní vyšetření, jak zjistit množství hemoglobinu, je krevní obraz. Železo je důležité pro transport kyslíku v našem organismu, ale také váže a uvolňuje kyslík. Je využíváno v mnoha enzymech (Machová et al, 2009).

Železo má tři formy v organismu:

- 1) železo v metabolickém pohybu – vstřebáním potravy nebo z rozpadlých erytrocytů (železo vázané na transferin)
- 2) zásobní železo (ferritin – hlavní forma skladování železa v těle savců, objeveno v roce 1935 českým vědcem Vilémem Laufbergerem)
- 3) železo vázané na myoglobin – kdy asi 3 % železa z našich celkových zásob v organismu nelze uvést do metabolického pohybu (Pecka, 1995).

Doporučená denní dávka železa je 10–20 mg. Nedostatek se projevuje jako anémie a typické příznaky jsou např. popraskané rty a koutky, zvýšená únava a celkově snížená imunita (Machová et al, 2009).

2.5 Dárcovství krve

Krev, jak víme, je považována za velice důležitou tekutinu, která zachraňuje životy. Odběry krve v České republice se provádějí zdarma, jako čestný, bezpříspěvkový odběr. Dárci je během několika minut odebráno cca 450 ml krve (Horáková, 2011).

Samotný odběr se provádí na transfuzních stanicích, které jsou v rámci nemocnic v každém větším městě. Hlavní věc je zdraví příjemce, takže rizika nemocí, které se přenášejí krví, jsou pečlivě hlídány (FG-Forrest, 2011).

2.5.1 Vyhovující dárce

Za vyhotovujícího dárce se považuje:

- kdokoliv ve věku 18–65 let a vážící alespoň 50 kg v dobrém zdravotním stavu,
- netrpící chronickým onemocněním plic nebo vážnější alergií,
- netrpící onemocnění srdce a cév, chronickým onemocněním ledvin a močového ústrojí,
- zároveň neprodělal malárii nebo jinou tropickou nemoc či pohlavní nemoc a další.

Počet odběrů za rok by nemělo přesáhnout čtyři u mužů a tři u žen (Horáková, 2011).

Jak probíhá darování krve? Dárce musí být v dobrém zdravotním stavu a musí splňovat kritéria pro dárce krve. V transfuzním oddělení vyplní dotazník o svém zdravotním stavu, zda prodělal nějaké nemoci, braní léků apod. Poté následuje změření tlaku a teploty a odběr kapičky krve z prstu. Dále pak návštěva doktora, který se vyptává na povolání, stravu a pitný režim a když splňujete všechny podmínky, tak následuje samotný odběr. Dárce si vybere ruku, ze které bude odběr prováděn, lehne si na lehátko a sestřička mu vpraví kanylu do žíly. Odběr trvá přibližně 8 minut. Poté dárce obdrží neschopenku, balíček, čaj nebo vodu a chvíli čeká, aby se mu neudělalo nevolno (www.cervenkyriz.eu, 2018).

2.5.2 Organizace Český červený kříž

Český červený kříž se sídlem v Praze je humanitární společnost působící na celém území České republiky. Je státem uznanou národní společností Červeného kříže. ČČK je občanské sdružení, které funguje na území České republiky již od roku 1993 a svým záměrem navazuje na Československý červený kříž. Působení této organizace se zaměřuje především na humanitární, sociální a zdravotní záležitosti (Jukl et al., 2011).

Pravidelní bezplatní dárci jsou od Českého červeného kříže hodnoceni především morálně, ale také jsou odměněni formou plaket (medailí) prof. MUDr. Jana Jánského. Obdrží bronzové, stříbrné a zlaté medaile za 10, 20 a 40 odběrů krve nebo jejich složek (Penka et al., 2011). Dárcovství krve je čestný, bezpříspěvkový odběr, který se stal celosvětovým trendem v 60. letech 20. století (Horáková, 2011).

V České republice je možné podle zákona vyplatit dárci finanční částku, která slouží ke kompenzaci ušlého zisku. Zejména se to využívá v centrech, která se zaměřují na odběr krevní plazmy. Tato finanční odměna má ale některé nevýhody. Může totiž způsobit větší riziko přenosu infekčních onemocnění, protože dárce mohou při vyplňování dotazníku zatajit některé důležité údaje. Podle světových výzkumů se za nejnebezpečnější dárce považují lidé, kteří darují alespoň 2x ročně, nevyžadují žádné materiální výhody a lidé, kteří v dotazníku zatajují informace o svém zdravotním stavu (Penka et al., 2011).

2.5.3 Darování krve u aktivních sportovců

Aktivní sportovci jsou vzorkem zdravé populace, přesto váhají s darováním krve. Ptají se, zda darování krve neohrozí jejich výkonnost. Proto je velmi důležité se ohlížet na průběh sezóny a rozmístění závodů. Tolerance je vzhledem k odběrům individuální a tak je vhodné plánovat odběry do klidnějšího období. Za nejideálnější čas, kdy darovat krev, se považuje konec sezóny, asi 3 až 4 týdny po odběhnutí důležitého závodu, nebo naopak na jejím začátku, kdy se ještě netrénuje v maximální intenzitě a spíše se zaměřuje na objem v nižší tepové frekvenci (Topinková, 2005).

Co se děje po odběru? Jak už víme, krev je velice komplikovaná směs s mnoha funkcemi. V momentu odběru darujeme přibližně 10 % celkového objemu krve, jedná se vlastně o 450 ml vody, která obsahuje různé bílkoviny a buňky. Nesmíme zapomenout na hemoglobin, který přivádí kyslík do našich tkání. Při tělesném výkonu je zapotřebí daleko více kyslíku, a pokud máme v krvi nedostatek hemoglobinu, tak náš metabolismus funguje v nižší intenzitě, klesá nám objem plazmy a i hranice anaerobního prahu. Proto řada sportovců váhá, zda se stát dárci či nikoliv. Protože bez dostatečného množství kyslíku v krvi, které je způsobeno dočasnou ztrátou odpovídající počtu erytrocytů, se do jejich svalů během výkonu dostane více kyseliny mléčné (laktátu) a tím pádem se svaly snadněji a rychleji unaví a regenerace po tréninku trvá mnohem delší dobu (Topinková, 2005).

2.6 Transportní systém pro kyslík

Jedná se o komplex orgánů, které zajišťují transport kyslíku O₂ a zdrojů energie k pracujícím svalům i ostatním tkáním. Další funkcí je odsun oxidu uhličitého CO₂ a zplodin metabolismu. Do základní složky tohoto systému se řadí dýchací systém a kardiovaskulární systém včetně krve. Funkci transportního systému a aktivitu oxidativních procesů v kosterních svalech můžeme nejlépe vyjádřit termínem spotřeba kyslíku. Jedná se o komplexní parametr, který odráží schopnost celého organismu reagovat na zátěž. Je přímo úměrná vykonané práci. Spotřebu kyslíku určíme při testování funkční zdatnosti

v laboratoři. Vyjadřuje nám maximální funkční aerobní kapacitu jedince. V klidu a za bazálních podmínek nám hodnota odpovídá přibližně 3,5 ml/kg*min, u dětí až 4 ml/kg*min. Tuto hodnotu označujeme jako metabolický ekvivalent: 1 MET. Vyjadřuje nám skutečnost, kolikrát je jedinec schopný zvýšit svojí klidovou spotřebu kyslíku v průběhu zátěže. Samozřejmě během zátěže příjem kyslíku několikanásobně stoupá (Máček & Máčková, 1997).

Maximální spotřeba kyslíku VO₂max je maximální množství kyslíku, který je jedinec schopen dopravit do organismu během stupňující se zátěže a které se i přes pokračování zátěže dále nezvyšuje. U zdravých netrénovaných mužů se hodnoty pohybují okolo 10 METs. Někteří zdravotně oslabení jedinci nemusí tohoto maximálního příjmu kyslíku dosáhnout, a proto se zavedla další hodnota a to VO₂peak (vrcholová spotřeba kyslíku). Pokud je VO₂peak pod 20 ml/kg znamená to funkční postižení transportního systému. Typické je to pro nemocné, kterým selhává srdce (Chaloupka, 2000).

K tomu, abychom zvýšili vrcholový příjem kyslíku, nám stačí vytrvalostní trénink. Je dokázáno, že pokud nesportující jedinec podstoupí trénink 3x týdně po dobu šesti měsíců, tak se zvýší jeho hodnota VO₂peak o 15–20 % (Wilmore & Costil, 2004). U výborně trénovaných vytrvalců tyto hodnoty dosahují přes 80 ml/kg*min.

Odlišnosti v příjmu kyslíku jsou podmíněny především intenzitou a délkou trvání fyzické aktivity, ale i funkcemi jednotlivých složek transportního systému. V neposlední řadě jde i o typ svalových vláken, protože jejich vzájemný poměr a oxidativní kapacita je podmíněna geneticky. Tato hodnota VO₂max by měla být důležitým kritériem při výběru talentů do sportu vytrvalostního charakteru (Jančík et al., 2006).

2.7 Cévní systém

Jedna ze základních vlastností živých organismů je zachování stálých, neměnných podmínek ve vnitřním prostředí při různých metabolických nárocích (i při měnících se podmínkách okolí). Oběhová soustava je jednou z částí homeostázy, což je stálost vnitřního prostředí. Oběhový systém dělíme na srdce, krevní cévy (velký a malý oběh) a lymfatické cévy. Srdce velice jednoduše přirovnáme k jednosměrnému čerpadlu. V předchozích kapitolách o krvi jsme uvedli některé její funkce. Tyto funkce můžeme uplatnit, pouze pokud krev cirkuluje a dostává se v dostatečném množství a ve fyziologických parametrech do všech tkání. Ovšem musíme brát v potaz, že ne všechny tkáně mají stejnou energetickou potřebu a stejný stupeň metabolismu a to i v časovém průběhu. Kardiovaskulární systém splňuje všechny tyto skutečnosti. Je to systém, ve kterém je srdce jako hnací jednotka.

Funkce srdce je výsledkem pravidelného střídání systoly (kontrakce srdečního svalu) a diastoly (ochabování). Což znamená, že během diastoly se srdce plní krví a během systoly dochází k jejímu vypuzení. Pravidelné střídání systoly a diastoly je výsledkem vzruchové aktivity, kterou si srdce vytváří samo v tzv. převodním systému srdečním. Jedná se o specializovanou svalovou tkáň schopnou vést a tvořit vzruchy (Trávníčková, Mareš, Trojan, & Wunsch, 1993).

Oběhová soustava neboli cirkulace má několik funkcí: umožňuje zásobování tkání kyslíkem, vitamíny, živinami a odstraňuje zplodiny látkové přeměny. Dále pak napomáhá udržovat stálou koncentraci iontů, acidobazickou rovnováhu, teplotu a zajišťuje předávání informací prostřednictvím aktivních látek (hormonů). Všechny tyto funkce/úkony uskutečňuje uzavřený krevní oběh velmi složitým systémem. Slovo uzavřenost platí jen ve smyslu objemu kapaliny, která obíhá v systému (Rokyta, Marešová, & Turková, 2014). Srdce funguje jako tlakové čerpadlo. Aby srdce podávalo výkon, používáme dvě složky:

- statickou, kde dochází k překonání tlakového rozdílu mezi komorou a aortou nebo plicnicí,
- kinetickou, která udílí zrychlení vypuzenému množství krve a jistému množství krve v aortě.

Dva oddělené okruhy, zařazené za sebou definují krevní oběh. Každý okruh aktivuje jedna srdeční komora. Máme malý (plicní) oběh, který je poháněn pravou komorou srdeční a velký (systémový) oběh poháněn levou komorou. Ovšem objem krve, který je přečerpán malým a velkým oběhem za časovou jednotku, je stejný. Také zavádíme ukazatel minutový objem srdeční. Je to množství krve, které proteče aortou nebo plicnicí za jednu minutu. Srdeční výdej, který značíme Q , je určován velikostí systolického tepového objemu = objem krve vypuzený během jedné srdeční kontrakce. Malý a velký oběh se rozlišuje tlakem a zároveň odporem. V malém (plicním) oběhu je tlak 4–5krát nižší než ve velkém (systémovém) oběhu (Rokyta et al., 2000).

Malý oběh – začíná v pravé plicnici, kam nám i ústí horní a dolní dutá žíla. Poté z pravé plicnice postupuje krev přes trojcípou chlopuň do pravé komory. Po naplnění pravé komory dochází k vypuzení krve, pomocí stažení srdeční svaloviny (systoly) přes poloměsíčitou pulmonální chlopuň a to do plicní tepny. Tato plicní tepna se v plicích větví na menší tepny, tepénky, arterioly a vlásečnice (kapiláry) plicních sklípků. Krev se při průchodu plicními kapilárami nasytí kyslíkem a současně odevzdá oxid uhličitý. Stačí vyrovnat parciální tlaky kyslíku a oxidu uhličitého, taková je rychlost výměny. I při několikanásobně zrychleném průtoku krve kapilárou (při tělesné námaze). Plicní kapiláry

ústí do venul a také do postupně se zvětšujících plicních žil. Ty obsahují krev nasycenou kyslíkem (okysličenou) a se sníženým obsahem oxidu uhličitého. Konec malého oběhu je v levé předsíni, kam ústí plicní žíly (Rokyta et al., 2014).

Velký oběh – začíná v levé předsíni, odkud krev putuje do levé komory přes bikuspidální chlopeň. Aktivita svaloviny levé komory nám vypuzuje krev do aorty přes aortální chlopeň. Z aorty vystupují menší tepny (arterie), které rozvádí okysličenou krev dále do jednotlivých orgánů a částí těla. Arterie se větví na další menší tepénky (arterioly). Spolu dohromady mají velký význam pro distribuci krve do jednotlivých orgánů, ale i pro udržování tlaku v systémovém oběhu. Vnitřní průsvit cévy ovládá silná vrstva svaloviny ve stěnách arterií. Také ovládá velikost průtoku krve. Síť vlásečnic, které navazují na arterioly, je prostředím, kde probíhá mezi krví a tkáněmi výměna látek. Při této výměně plynů se rozhodující část kyslíku odevzdá a krev přijímá příslušné množství CO₂. K další výměně živin a zplodin dochází ve vlásečnicích. Poté, co krev proteče kapilárami, tak je vedena do venul a postupně do větších žil. Dále se pak vrací horní nebo dolní dutou žílou do pravého srdce. Průtok krve celým systémem trvá jednu minutu, ovšem za klidových podmínek. Látková výměna probíhá mezi tkáněmi a krví, a složení krve, které odchází z tkáně, je význačně jiné než složení krve přicházející do krve (Rokyta et al., 2014).

Změny srdeční činnosti probíhají ve třech fázích:

1. před výkonem – dochází ke změně činnosti vlivem předstartovního stavu,
2. během výkonu – pokračování změn,
3. po výkonu – celkové zklidnění.

Srdeční rytmus je vyjádřen srdeční frekvencí SF. U běžné populace se klidová hodnota srdeční frekvence pohybuje v rozmezí 60–70 tepů za minutu, u vytrvalců je podstatně nižší, a to 40–50 tepů za minutu. U trénovaných jedinců jsou klidové hodnoty i hodnoty při zatížení nižší než u běžné populace. Je to dáno hypertrofií srdce. Pokud jedinec provádí fyzickou aktivitu maximální intenzitou, hodnota se nazývá SF_{max}. SF můžeme změřit hmatem (na palcové straně zápěstí, krkavice a v oblasti velkých tepen), ale nejčastěji jsou používány sport-testery (Pavliš, 2003).

2.8 Dýchací systém

V nejširším slova smyslu definujeme dýchání jako výměnu plynů mezi organismem a vnějším prostředím. Hlavním svalem je bránice. Když se bránice aktivně stahuje, neboli kontrahuje, zmenšuje se její vklenutí do hrudního koše, a tím se zvětšuje objem hrudní dutiny. Vedle bránice se na vdechu podílejí především mezižeberní svaly. Při usilovnějším

dýchání se zapojují i krční svaly. Když se synchronizuje kontrakce s bránicí, zvedají se žebra a objem plic se zvyšuje. Při výdechu se zase vracejí do původní polohy. Za klidových podmínek je výdech pasivní děj (Pavliš, 2003).

Rozlišujeme vnitřní a vnější dýchání:

- vnější: výměna O₂ a CO₂ mezi sklípkovým plynem a krví plicních kapilár, která probíhá dle zákonů difúze (O₂ v plicích difunduje ze sklípků do krve a CO₂ naopak),
- vnitřní: výměna plynů mezi buňkou a okolím (Bartůňková, 2006).

2.8.1 Ventilační parametry

Výměnu vzduchu, která probíhá v plicích, označujeme jako ventilaci. Na ni má hlavní vliv dechová frekvence, která se pohybuje v rozmezí 14–16 dechů za minutu. Nižší počet dechů za minutu je u trénovaných jedinců, vyšší je zase častější u dětí a starších (Bartůňková, 2006).

Mezi ventilační parametry řadíme:

- Dechový objem VT: objem vdechnutého a vydechnutého vzduchu v klidu. Klidová hodnota je kolem 0,5 l.
- Inspirační rezervní objem IRV: objem vzduchu získaný usilovným nádechem. Norma je kolem 3 l.
- Expirační rezervní objem ERV: objem vzduchu, který po klidném výdechu ještě vydechneme, přibližně 1,5 l.
- Reziduální objem RV: množství vzduchu, které i po výdechu zůstává v plicích, přibližně 0,5 l.
- Vitální kapacita plic VC: množství vzduchu, které vydechneme maximálním výdechem po předchozím maximálním nádechu. $VC=VT+IRV+ERV$

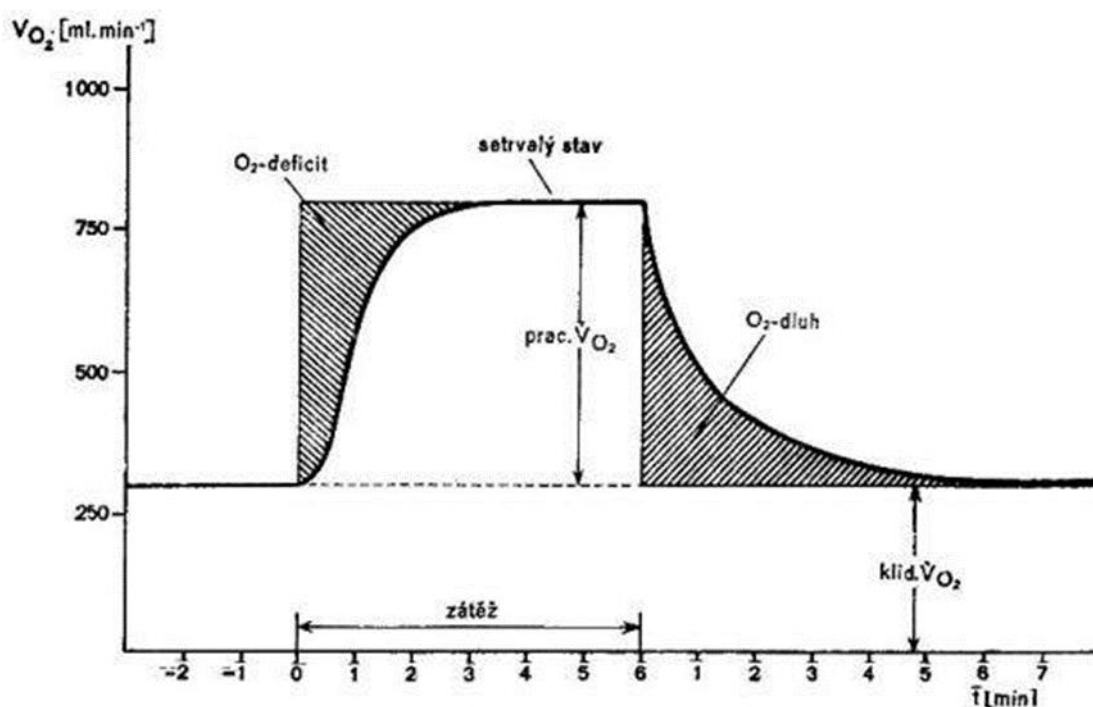
2.8.2 Kyslíkový deficit, mrtvý bod a druhý dech

Po zahájení práce není schopen transportní systém dopravit dostatečné množství kyslíku k pracujícím tkáním. Což znamená, že existuje nepoměr mezi nabídkou a poptávkou, tím se vytváří kyslíkový deficit. Ten se splácí po ukončení zátěže a to v podobě kyslíkového dluhu. Kyslíkový dluh nám představuje veškerou nadspotřebu kyslíku na klidovou hodnotu (Heller & Pavliš, 1998).

Mrtvý bod vzniká vždy na počátku každé svalové práce při přechodu anaerobního metabolismu na aerobní. Různé funkce organismu přestávají fungovat. Když překonáme obtíže a budeme dále pokračovat v pohybovém úkonu, dojdeme k tzv. druhému dechu. Je

charakterizován lepší ekonomizací metabolických, dechových i oběhových funkcí. Také dochází ke zlepšení svalové koordinace. Po přechodu z mrtvého bodu na druhý dech dochází k setrvalému stavu (steady state). Tento stav se projevuje až po určité době zapracování, přibližně po 2–4 min cyklické činnosti. Ovšem závisí na míře intenzity tréninku a také dle trénovanosti daného sportovce (Bartuňková, 2006).

Obrázek 2: Kyslíkový deficit a kyslíkový dluh



(Máček & Máčková, 1997, str. 30)

2.9 Svalová buňka

Svalová buňka je základní stavební jednotkou v každé svalové tkáni. Pokud je z nervové soustavy vydán podnět, tak se zkracuje.

Velkou část hmotnosti těchto buněk tvoří strukturované proteiny. Dále pak plazmatická membrána, která tvoří strukturu mnohojaderné buňky, v níž se nachází sarkoplazma s mitochondrií, zrnky glykogenu a paralelně urovnané myofibrily. Právě tyto myofibrily obsahují pravidelně uspořádaná vlákna aktinu a myozinu a tvoří celkový vzhled příčně pruhovaných svalů. Svalová vlákna jsou schopna pracovat v každém metabolickém režimu (Bukač, 2005).

Jak už víme, svaly jsou důležitým “motorem“ pro pohybovou činnost. Proto také odlišujeme tři základní typy svalových vláken: pomalá červená SO (slow oxidative) a rychlá bílá vlákna FG (fast glycolytic) a FOG (fast oxidative glycolytic). Tato svalová vlákna se odlišují především obsahem mitochondrií a myoglobinu a dále pak svou enzymatickou

výbavou, která slouží k rozpoznání, zda vlákno uvolňuje energii převážně aerobním nebo anaerobním způsobem. Proto mají někteří předpoklady spíše pro silově zaměřené sporty anebo pro vytrvalostní sporty. Většina populace se však pohybuje v rozmezí, kdy je podíl rychlých a pomalých vláken poměrně vyvážený. Podíl vláken je dán geneticky (Jančík et al., 2006).

2.9.1 Typ I – SO vlákna

Neboli pomalá oxidační červená vlákna, která mají vysoký obsah myoglobinu, velkou oxidační kapacitu a také pomalou unavitelnost. Převážně se zaměřují na aerobní zátěž (cyklistika, plavání, běh).

V těchto červených vláknech probíhá energeticky výhodnější aerobní metabolismus, který je podmíněn vysokým výskytem mitochondrií a bohatým cévním zásobením. V jejich cytoplasmě nalezneme myoglobin – protein skladující kyslík. Hlavním energetickým zdrojem je β -oxidace mastných kyselin. Pokud ale stoupá intenzita zátěže, pak i stoupá energetická závislost na sacharidech (Jančík et al., 2006).

2.9.2 Typ II A – FOG vlákna

Neboli rychlá oxidační glykolytická bílá vlákna se střední oxidační kapacitou a vysokou glykolytickou kapacitou. Mají rychlou kontrakci a středně rychlou unavitelnost. Především se uplatňují při zátěžích střední až submaximální intenzity, které provádí jak aerobní, tak i anaerobní způsob úhrady energie (Placheta, Siegelová, & Štejfa, 1999).

2.9.3 Typ II B – FG vlákna

Neboli rychlá glykolytická bílá vlákna s nízkou oxidační kapacitou a zároveň nejvyšší glykolytickou kapacitou. Rychle se kontrahují, ale také jsou rychle unavitelná. Převážně jsou zapojena při silových a rychlostních sportech s maximální intenzitou (Placheta, 1999).

V bílých svalových vláknech se většina ATP vytváří v anaerobních procesech (anaerobní glykolýza). V porovnání s červenými vlákny mají nižší obsah myoglobinu i mitochondrií a také vykazují horší cévní zásobením. Naopak jsou bohatá na molekuly glykogenu a enzymy glykolýzy. Proto jsou vhodné pro velkou, rychlou, ale současně krátkou kontrakci za anaerobních podmínek. Během svalové kontrakce narůstá rychlost anaerobní glykolýzy a ve svalech se nám shromažďuje množství laktátu, které podmiňuje bolest a svalovou únavu. Proto jsou vhodná pro zátěž „na jeden nádech“, do kterých řadíme sprint, skok nebo vzpírání. Laktát je uvolňován ze svalů do krve a poté zanesen do jater, kde se

z něho resyntetizuje glukóza, jež se krví dostane opět do svalu. Říkáme tomu Coriho cyklus (Fontana et al., 2014).

2.9.4 Svalová únava

Bývá vyvolána vysokou a hlavně intenzivní svalovou prací a je podmíněna zvýšením koncentrace laktátu a také snížením pH. Vlastně se jedná o ochranný mechanismus, který nás má informovat o riziku poškození svalových buněk. Fyzicky aktivní jedinci mají oproti běžné populaci posunutý práh svalové únavy, protože jejich svaly si zvykly na vyšší zátěž. Také mohou mít například bohatší energetické rezervy. Odbourání laktátu docílíme celkem jednoduše, a to aerobní cestou (vyběháme, vyjedeme na kole nebo vyplaveme) (Jančík et al., 2006).

2.10 Zdroje energie

Jak už víme, na počátku každého výkonu se jako první spotřebovává energie z ATP (adenositrifosfát). K jeho obnovení využíváme 3 základní látky. A to kreatinfosfát, glukózu, která se získává ze štěpení glykogenu, a jako poslední to jsou tuky, které pro znovuzískání ATP pracují v procesu nazývaném lipolýza (Bartůňková, 2006).

Obnova ATP probíhá dvěma způsoby:

1. Anaerobně – bez přítomnosti kyslíku, kdy svalům není dodáván kyslík v takovém množství, v jakém by ho svaly ke své činnosti potřebovaly a tak organismus pracuje na kyslíkový dluh.
2. Aerobně – za přítomnosti kyslíku, kdy jsou svaly zásobeny přímo molekulami kyslíku, a plíce i oběhový systém je schopen přijmout a následně dopravit tolik kyslíku, kolik ho pracující svaly a tkáně potřebují (Heller & Pavliš, 1998).

Existují 4 základní zóny energetického krytí:

- a) anaerobně alaktátová – ATP-CP
- b) anaerobně laktátová – LA
- c) aerobně laktátová, smíšená – LA-O₂
- d) oxidativní – O₂

V některých zdrojích se udávají pouze tři zóny energetického krytí, kdy se vynechává aerobně laktátová smíšená zóna (Máček & Máčková, 1997).

2.10.1 Anaerobně alaktátová zóna: ATP-CP

Tuto zónu charakterizujeme tím, že se pro krytí energie na obnovu ATP získává štěpením kreatinfosfátu, kdy má tato sloučenina schopnost rychle transportovat energii.

Nevýhodou je, že její zásoby jsou nižší a po krátké době se vyčerpají. Maximální intenzita v tomto pásmu se nachází mezi 10–15 vteřinami. Aby svaly vykonávaly svou práci dobře, je zapotřebí mít dobrý poměr zastoupení svalových vláken. Rozhodně je dobré mít větší procento u vláken FG a FOG, o kterých jsme se už zmiňovali (kapitola 2.9.2 a 2.9.3). Aby funkce této zóny byla co nejdokonalejší, je zapotřebí mít správně nastavenou délku odpočinku. Protože při krátkém odpočinku se zásoby CP nedostatečně doplňují a poté pro následující svalovou práci nejsou k dispozici v potřebné míře (Máček et al., 2011).

2.10.2 Anaerobně laktátová zóna: LA

Tato LA zóna navazuje na předchozí ATP-CP zónu a nastupuje po 20 vteřinách a doba trvání je maximálně mezi 2–3 minutami. U této zóny získáváme energii anaerobní glykolýzou neboli štěpením glukózy bez přítomnosti kyslíku. Díky tomu získáváme větší množství energie. Ovšem zde nastává problém, kterým je produkt anaerobní glykolýzy (nazýván laktát). Je to sůl kyseliny mléčné a ta nám narušuje vnitřní prostředí, okyselí ho. Díky laktátu se cítíme unaveně, máme nekoordinované pohyby, ztrácíme přesnost a v nejkrajnějším případě dochází k zastavení pohybové činnosti. Proto je třeba ho odbourat nejlépe aerobní cestou. Laktát se udává v jednotkách mmol/l a jeho klidová koncentrace je 1,5–2 mmol/l. Při přechodu u aerobní na anaerobní glykolýzu se hodnoty koncentrace laktátu pohybují kolem 4 mmol/l (Máček et al., 2011).

2.10.3 Aerobně laktátová, smíšená zóna: LA-O₂

V této zóně dochází k přechodu z anaerobní glykolýzy na aerobní. Doba trvání je delší než 3–10 minut. Tomuto přechodu se odborně říká anaerobní práh ANP. Na hranici tohoto prahu již nedochází k obnovování ATP pomocí aerobních procesů, ale začínají zde převažovat procesy anaerobní (Heller & Pavliš, 1998).

ANP se značí jako projev maximální intenzity, při které je ještě rovnováha mezi laktátovou produkcí a eliminací. V roce 1964 byl tento pojem definován Wassermannem takto: „maximální intenzita zatížení, která může být ještě udržitelná bez vzrůstajícího překyselení“. Obvykle se udává 4 mmol/l s individuální variabilitou 3–5 mmol/l. Když budeme podávat výkon nad anaerobním prahem, tak se naše zásoby svalového glykogenu vyčerpají cca za 60 minut. Poté nastává pokles pH, svalová slabost a snížení výkonnosti. ANP leží mezi 60–80 % VO₂max a s tréninkem se mu přibližujeme. Dále pak máme aerobní práh AP, který je určen jako začátek aerobně – anaerobního přechodu, neboli bod, kde dochází k vzestupu laktátu. Hodnota se udává 2 mmol/l. Také nám označuje horní hranici

regenerační a dlouhotrvající vytrvalosti. AP se pohybuje v rozmezí 40–65 % VO₂max (Heller & Pavliš, 1998).

2.10.4 Oxidativní zóna: O₂

Tato zóna přebírá funkci zásobitele energie při práci trvající déle jak 10 minut. Hlavním zdrojem energie je glukóza a tuky. Glukóza se štěpí již od počátku výkonu a tuky přibližně od dvanácté minuty. Dochází k tomu za přístupu kyslíku a tyto procesy se nazývají aerobní glykolýza a lipolýza. Tato energie se uvolňuje velice pomalu a se zásobou glukózy je člověk schopný vydržet pracovat okolo jedné hodiny. Ovšem se zásobami tuku dokáže lidský organismus pracovat několik hodin. Samozřejmě je to individuální. Tepová frekvence se pohybuje okolo 120–130 tepů za minutu, záleží na trénovanosti daného jedince. Díky zlepšené oxidativní schopnosti se převážně zapojují SO vlákna (Choutka & Dovalil, 1991).

2.11 Zátěžové testy

Zátěžové testy jsou určeny ke zjištění funkčního stavu testovaného jedince, ke zjištění jeho způsobilosti k pohybové aktivitě a ke sledování odezvy organismu na různé typy zatížení. Také mohou zjišťovat stránky kondiční přípravy, a to jak silné stránky, tak i slabé, dále pak zjišťují aktuální stav trénovanosti jednotlivých hráčů a pomáhají při plánování tréninku (Psotta, Bunc, Netscher, Mahrová, & Nováková, 2006).

Pomocí funkční zátěžové diagnostiky můžeme stanovit energetický obrat, výkonnost oběhového a dýchacího systému a práci svalových skupin zatěžovaných v testu. Většina zátěžových testů je založena na přímém či nepřímém měření spotřeby kyslíku (příjem kyslíku nezbytného pro oxidaci) a dále pak parametrů z ní odvozených (Bukač & Dovalil, 1990). Tyto zátěžové testy jsou většinou prováděny v laboratoři za standardních podmínek, aby se daly kdykoliv opakovat a porovnat. Můžeme sledovat střednědobé a dlouhodobé výkonnostní rozvoje, ale i zdravotní stav jedince a aktuální stupeň rozvoje sledovaného výkonnostního parametru. Z hlediska výkonnostní laboratorní diagnostiky sledujeme různé parametry. Nejdůležitějšími sledovanými parametry jsou spotřeba kyslíku a koncentrace laktátu. Tyto parametry se vztahují k srdeční frekvenci v daný okamžik podávanému výkonu.

Při testování sportovců sledujeme dva cíle:

- zjistit zdravotní způsobilost k prováděnému sportu
- posoudit úroveň trénovanosti, kdy ověříme kvalitu tréninku a můžeme tak předpovědět úspěšnost v závodě (Cinglová, 2002).

Také existují terénní testy, které se provádí přímo v prostředí, kde se pohybová aktivita odehrává. Zejména měříme rychlost, srdeční frekvenci a laktát. Tyto testy slouží spíše ke krátkodobé kontrole účinnosti tréninku, protože při dlouhodobém měření nemůžeme zaručit standardní podmínky – mění se počasí, teplota, vlhkost, tlak...

Nejznámější terénní testy: Cooperův test, 2 km chůze, člunkový běh a další...

My se ovšem budeme zabývat testy v laboratoři, a proto bychom měli vědět, jaké všechny přístroje takováto laboratoř obsahuje:

- bicyklový ergometr,
- analyzátor dýchacích plynů (pro měření respiračních funkcí či metabolických pochodů),
- přístroje pro měření oběhových funkcí (sport-testy, EKG, tonometry)
- spirometry (na měření ventilačních funkcí),
- antropometr, výškoměr, váha, TANITA = přístroj pro měření procent podkožního tuku, váhy a další.

V laboratoři se mohou nacházet i další měřicí přístroje, samozřejmě záleží na finančních možnostech laboratoře.

Při testování tedy hodnotíme:

- aerobní (vytrvalostní) předpoklady (zátěž 6–10 min),
- anaerobní (rychlostně vytrvalostní) předpoklady (zátěž 30–60 s),
- rychlostní předpoklady,
- realizace pohybového výkonu,
- tělesné složení,
- svalová síla,
- držení těla a svalové dysbalance, flexibilita (Psotta et al., 2006).

Tyto testy by měly být prováděny za stálých neměnných podmínek a testované osoby by měli mít stejnou přípravu. Aby byl jejich psychický i fyzický stav optimální, tak by měli mít přizpůsoben i předchozí trénink, a to i několik dní předem (méně síly i objemu). Testování pak dává testovaným osobám zpětnou vazbu o jejich aktuální fyzické připravenosti. Je zde měřena odezva organismu na tělesnou zátěž (Psotta et.al., 2006). Výsledky, které získáme provedením daných testů, také závisí na vyšetřovaném jedinci (pohlaví, věk, zdravotní stav, psychický stav.), ale i prostředí v laboratoři (teplota, tlak vlhkost, denní doba...).

Hodnotící kritéria: Náš výběr testů ovlivňují samozřejmě jeho vlastnosti, ale především jeho spolehlivost. O testu řekneme, že není spolehlivý, pokud naměříme

chybnou hodnotu. Tyto chyby mohou vzniknout vlivem biologické a psychické proměnlivosti lidského organismu, což je vliv denní doby, únava, motivace aj. A dále pak nestabilita vnějšího prostředí, jako klimatické podmínky, povrch aj. V neposlední řadě způsob použití testu. Test je dostatečně platný tehdy, když se jeho výstupní data odrážejí v kvalitě či schopnosti hráče, pro kterou je test konstruován. K dalším důležitým vlastnostem testu zařazujeme jeho citlivost, specifickou a objektivitu. Čím vyšší máme úroveň těchto vlastností, tím má test vyšší schopnost rozlišit i poměrně malé výkonnostní rozdíly mezi hráči anebo odhalit nepatrné změny výkonnosti v návaznosti na předchozí trénink (Psotta et al., 2006).

2.11.1 Anaerobní zátěžová diagnostika

Anaerobní testy stanovují předpoklady jedince pro krátkodobou práci velmi vysoké intenzity (Heller & Pavliš, 1998). Anaerobní předpoklady jsou dány z biologického hlediska 4 faktory:

- morfologické: množství svalové hmoty a zastoupení rychlých a smíšených svalových vláken,
- metabolické: energetické rezervy ATP a CP + jejich rychlost uvolňování a kapacita anaerobní glykolýzy,
- funkční: úroveň nervového řízení, zejména rychlost nervosvalového přenosu,
- biomechanické: využití elastické energie (Heller & Vodička, 2011).

Wingate test (lehce proveditelný test) je jako jediný z anaerobních testů, který nám umožní stanovit jak anaerobní sílu, tak i anaerobní kapacitu (Vandewalle, Peres, & Monod, 1987).

Bez ohledu na některé kritiky k all-out cyklickému testu je význačná jeho specifická a citlivost (Jacobs, Esbjörnsson, Sylvén, Holm, & Jansson, 1987).

2.11.2 Wingate test

Jedná se o komplexní all-out test (do maximálního zatížení), který trvá 30 sekund. Během těchto 30 sekund se sportovec snaží překonávat daný odpor maximálním úsilím. Tento test nám pomáhá při diagnostice anaerobního výkonu. Anaerobní testy stanovují především krátkodobé rychlostně-silové předpoklady, resp. výkon. Tedy slouží ke zjištění anaerobní kapacity, výkonnosti jedince a silových schopností organismu. Provádí se na bicyklovém ergometru pro práci dolních končetin (Heller & Vodička, 2011). Existuje i pro horní končetiny a provádí se na klikovém ergometru. Při testování se testovaný jedinec

nikam nepohybuje a pracuje na místě. Proto jsou také tyto přístroje vhodné pro výzkum v laboratorních podmínkách (Aulik, 1979).

Wingate test je jedním z nejpřesnějších a nejlepších anaerobních testů, kde se dají sledovat tyto ukazatele:

- práce vykonaná za 30 s,
- nejvyšší dosažený výkon,
- průměrný výkon,
- celková práce,
- index únavy (Máček & Máčková, 1997).

Historie: tento test svůj název dostal dle místa svého původu, který se nachází v Tělovýchovném institutu Wingate v Izraeli. Dle Ayalona, Inbarema a Bar-ora, kteří v roce 1974 předložili původní návrh, byl tento test využíván k testování anaerobních předpokladů u netréované mládeže. V průběhu osmdesátých let se postupně rozšiřoval po celém světě. Pomocí specializovaného softwaru byl stanoven výkon v jednotlivých otáčkách a byly vypočítány základní parametry testu – vrcholový anaerobní výkon, aerobní kapacita jako součin průměrného výkonu a času, index únavy jako pokles výkonu v testu vyjádřený v procentech vrcholového výkonu, poměr průměrného a vrcholového výkonu a v páté minutě zotavení byla stanovena pozátěžová koncentrace laktátu v krvi (Heller & Pavliš, 1998).

Tento test je jeden s nejrozšířenějších a nepoužívanějších testů anaerobní síly a kapacity (Manning, Dooly-Manning, & Perrin, 1988). Celková doba testu je kolem 8 minut. Začínáme pětiminutovým rozjezdem a udržujeme frekvenci otáček na 60 ot./min. Toto pětiminutové rozjetí pomáhá k zahřátí organismu a také k přípravě na 30 s výkon. Také jsou do něj zařazeny dva co nejrychlejší nástupy na frekvenci 120 ot./min, aby testující jedinec získal přibližnou představu o testu. Poté následuje 30 sekund trvající zátěž, kdy překonáváme daný odpor maximálním úsilím. Pro trénované muže je optimální brzdící odpor kolem 6 Watt/kg. Maximální frekvence otáček přichází mezi 2–7. sekundou po zahájení testu. Především je zde využívána energie ATP a CP. S nastupující únavou klesá počet otáček a v energetickém hrazení převažuje anaerobní glykóza a tvoří se laktát. Ve 30 sekundovém testu rychlost únavy nepřímo vypovídá o větším výskytu rychlých nebo pomalých vláken. Na konci testu se doporučuje 2–3minutové „vyjetí“ při frekvenci 60 ot./min. na odbourání laktátu ze svalů (Heller & Vodička, 2011).

Maximální anaerobní výkon značíme P_{max} a určuje se v pětisekundovém intervalu celého výkonu. P_{max} stejně jako P (výkon) se udává ve Watech. Poté dojde k přepočítání

na kilogramy hmotnosti daného člověka. Z toho získáváme výslednou vzorec P_{max}/kg (Šťastný et al., 2010).

Sportovci, kteří se zabývají rychlostně-silovými sporty, obecně dosahují hodnot až 16 W/kg. Normální mužská populace se pohybuje v rozmezí 10–14 W/kg. Samozřejmě lépe jsou na tom sportovci zaměřeni na krátké tratě, výbušnou sílu a rychlost (Bartůňková et al., 2013).

Anaerobní kapacita je stejně jako průměrný výkon vyjádřena ve Wtech, ale je možné jí vyjadřovat jako celkovou práci. Tuto celkovou práci získáme součinem průměrného času a výkonu a udáváme ji v kilojoulech [kJ]. Opět ji přepočítáváme na kilogram hmotnosti. Výsledný vzorec je tedy J/kg. U mužů se pohybujeme v rozmezí 260–350 J/kg a u žen mezi 190–280 J/kg (Bartůňková et al., 2013).

Další zkoumanou veličinou je index únavy, který se značí IU. Znamená pokles výkonu v průběhu testování. U mužů i žen se pohybuje v rozmezí 30–50% (Heller & Vodička, 2011).

A jako poslední je zaznamenána srdeční frekvence SF, která nám ukazuje reakci na zátěž a úsilí vynaložené na zatížení, a zároveň hodnota laktátu v krvi, která nám ukazuje odezvu metabolismu na vykonanou práci při testování (Šťastný et al., 2010).

Zda u sportovce převažují rychlostně-silové či vytrvalostní dispozice, poznáme podle křivky. U rychlostně-silových dispozic je start křivky velmi vysoký a výraznější pokles v závěru. Zato u vytrvalostních dispozic je málo výbušný start, ale menší pokles výkonu v průběhu testu (Heller & Vodička, 2011).

2.11.3 Aerobní zátěžová diagnostika

Aerobní testy jsou hlavně zaměřené na hodnocení schopnosti využít aerobních energetických metabolických cest pro syntézu ATP v pracujících svalech (Kapitoly sportovní medicíny, 2003). Tyto testy se zejména zabývají vytrvalostními schopnostmi a pomocí nich zjišťujeme stupeň vytrvalostních schopností jedince. Co je vlastně vytrvalost? Jedná se o schopnost opakovaně provádět pohybovou činnost, aniž by poklesla její intenzita. Což je vlastně pravý opak v porovnání s anaerobními testy, kde dochází k maximálním výkonům (Bartůňková et al., 2013).

2.11.4 Spiroergometrie

Spiroergometrie je zátěžové vyšetření spojující zátěžovou ergometrii s analýzou plicní ventilace (výměna kyslíku a oxidu uhličitého). Jeden ze zajímavých ukazatelů zdatnosti u sportovce je tedy maximální spotřeba kyslíku, neboli VO_{2max} . Bývá také

nazývána aerobní kapacitou organismu a sportovní fyziologové používají hodnoty VO₂max jako základní ukazatel vytrvalostní zdatnosti. Pokud má někdo vysokou úroveň VO₂max, neznamená to, že musí být výborný vytrvalec. VO₂max musíme chápat jako ukazatel, jak naše tělo dokáže účinně zužitkovat kyslík při zatížení. Vyšší aerobní kapacita může znamenat lepší regenerační schopnosti, tělo by proto mělo lépe reagovat na zátěž.

Aerobní kapacita je nepřímo úměrná jako maximální aerobní výkon neboli maximální spotřeba kyslíku. Ta odpovídá maximálnímu množství kyslíku, který je organismus schopný extrahovat z ventilovaného vzduchu při zátěži, a dále ho pak transportovat a využít ve tkáních (Dovalil et al., 2002). K rozvoji aerobní kapacity je nejvhodnější intervalový nebo souvislý trénink, který zvyšuje výkonnost transportních systémů. Tyto systémy nám slouží k dodávce kyslíku a energie (Bartůňková et al., 2013).

Pro získání energie v organismu je nutné spalování živin – především cukrů a tuků. Pro účinné spalování živin v organismu je nutný přísun kyslíku a při jejich spalování vzniká oxid uhličitý, který je zase nutné z organismu vyloučit. Toto zajišťuje jak dýchací systém (dýchací cesty, plíce), tak i oběhová soustava (srdce a cévy). Při narůstající fyzické zátěži roste spotřeba kyslíku a výdej oxidu uhličitého. Od určité úrovně zátěže už nestačí přísun kyslíku a dochází tak k nedokonalému spalování živin, při kterém vzniká kyselina mléčná. Ta se v těle hromadí a náš organismus ji musí později po ukončení zátěže odbourat (práce na kyslíkový dluh). Okamžik, kdy k tomu dojde, nazýváme anaerobní práh (Lipková, 2006).

Jak a kde probíhá tento test? Tento test probíhá v laboratoři, též na bicyklovém ergometru, jako Wingate test. Poté, co testovaná osoba sedí v klidu na ergometru, dostane na obličej speciální anatomickou masku, která je napojená na průtokový analyzátor plynů, který umožňuje měření objemu vydechaného vzduchu a množství kyslíku a oxidu uhličitého v něm. Testovaný provede spirometrii (maximální nádech a maximální rychlý výdech). Také je důležité domluvit si komunikaci při testování, protože s maskou se nedá mluvit. Další krok je už samotné testování, kdy jedeme rychlostí 100 ot/min. Tento test trvá 6–12 minut, záleží na testované osobě. Každou minutu se přidává zátěž ve Watech. Poté, kdy už dále nemůžeme jet, zvedneme ruku (záleží, jak jsme domluveni s tím, kdo nás testuje) a testování se vypne. Je důležité jet ještě tak 3 minuty rychlostí 60 ot/min, abychom odbourali kyselinu mléčnou z organismu.

Tímto zátěžovým testem můžeme zjistit: výkonnost a trénovanost jedince, u nemocných můžeme například odhalit a rozlišit příčiny dušnosti (plicní, srdeční). U tohoto testu by nemělo dojít k žádnému riziku, pokud jsme obeznámeni s prací v laboratoři, děláme přesně to, co máme, a navíc je tam oprávněná osoba, která na vše dohlíží.

3 Cíl, úkoly a hypotézy

3.1 Cíl práce

Cílem mé bakalářské práce je zkoumání dynamiky základních somatických parametrů a aerobních a anaerobních předpokladů u dárců krve na vybraném vzorku studentů oborového studia TVS na PF JU.

3.2 Úkoly práce

V této práci jsme použili úkoly:

- studium a zpracování odborné literatury vztahující se k danému tématu,
- výběr testovaných studentů,
- naměření základních somatických rozměrů a fyziologických hodnot,
- provedení potřebných testů,
- zanesení získaných výsledků do tabulek,
- porovnání výsledků,
- zpracování výsledků do grafické podoby,
- vytvoření závěru.

3.3 Hypotézy

V této práci byly stanoveny následující hypotézy:

H1: Předpokládáme, že se hodnoty VO₂ max po odběru krve významně sníží.

H2: Předpokládáme, že se hodnoty zátěže (WR) u spiroergometrického testu ve Wattech po odběru krve významně sníží.

H3: Předpokládáme, že se hodnoty srdeční frekvence při VO₂ max po odběru krve významně zvýší.

H4: Předpokládáme, že se hodnoty tepového kyslíku po odběru krve významně sníží.

H5: Předpokládáme, že se hodnoty průměrného výkonu u Wingate testu významně sníží po odběru krve.

H6: Předpokládáme, že se hodnoty maximálního výkonu u Wingate testu významně sníží po odběru krve.

H7: Předpokládáme, že se množství vody v těle významně zvýší po odběru krve.

H8: Předpokládáme, že všechny měřené hodnoty se vrátí do normálu nejpozději za tři týdny.

4 Metodika

„Metoda je cílevědomý, záměrný postup, přesně vymezené myšlení a jednání, jímž se dosahuje určitého cíle, poznání či řešení. Specifickým znakem metody je, že představuje převážně souhrn racionálních, logických postupů a do jisté míry i technických úkonů a operací. Zjednodušeně lze říci, že vědecká metoda je přesně vymezený způsob poznávání jevu reálné skutečnosti“ (Štumbauer, 1990, s. 19).

Výzkumné otázky práce byly stanoveny na základě shromážděných poznatků z odborné literatury vztahující se k tématu. Výsledky laboratorních testů byly postupně zpracovány a porovnány a jejich zjištění se stala východiskem pro závěrečnou diskuzi.

Pro měření bylo využito technické zázemí Laboratoře funkční zátěžové diagnostiky na katedře Tělesné výchovy a sportu Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích a zkušenosti vedoucího bakalářské práce pana PhDr. Petra Bahenského, Ph.D.

4.1 Charakteristika souboru

Testování se zúčastnili vybraní studenti oborového studia TVS PF JU ve věku 20–26 let. Otestování byli pouze chlapci. Nechala se otestovat i jedna dívka, kterou jsme zahrnuli do poznámek o průběhu testování. Dále jsme pak otestovali probandy, kteří sloužili jako kontrolní „vzorek“. Tito probandi na rozdíl od testovaných chlapců nebyli na odběru krve.

Zkoumaná byla délka doby, za kterou se výsledky testů vrátí do normálu, tzn. do hodnot před odběrem krve. Protože pokles výkonnosti po odběru krve neovlivňuje pouze fyzický stav a výsledky naměřených testů, tak jsme k základním somatickým měřením, VO₂max a Wingate testu přiřadili vyplňování zdravotního stavu, fyzické aktivity a jídelníčku během celé doby měření, která u všech testovaných osob trvala zhruba šest týdnů. Zejména zdravotní stav a fyzická aktivita patří mezi hlavní faktory ovlivňující rychlost obnovy krve. Časové rozdělení testování bylo: týden před krví, 2–3 dny před krví, jeden den (max. 2 dny) po krví, týden po krví, dva, tři a čtyři týdny po krví. Někteří studenti byli prvodárci, a tak se mohli dostavit na stanici dárců krve kdykoliv, kdy měli otevřeno. Ovšem ostatní, kteří chodili darovat krev pravidelně, to měli z časového hlediska náročnější. Na stanici dárců krve vypisují dny, kdy se dárci může dostavit, ale také kterou krevní skupinu potřebují. Znamená to, že dárci museli čekat nebo se dopředu objednat, aby jim krev odebrali. Proto se naše měření pohybovalo ve velkém časovém rozpětí.

Z výsledků byly následně vybrány tyto hodnoty: ze základních somatických rozměrů jedna, a to tělesná voda [%], z oblasti Wingate testu – průměrný výkon [Watt/kg], maximální

výkon [Watt/kg] a z VO₂max testu čtyři hodnoty – tepový kyslík [ml], maximální spotřeba kyslíku [ml/min*kg], hodnota zátěže WR [Watt] a srdeční frekvence [počet/min].

Výsledky těchto testů byly zpracovány do tabulek v programu Excel a následně z nich udělány krabicové grafy v programu Statistica. Do výsledkové části jsme zařadili obě tyto formy (jak tabulky, tak i grafy). Krabicové grafy používáme pro zhodnocení všech probandů v daných obdobích. Vidíme, jak se pohybuje celá „krabice“ (sledujeme pokles, či nárůst). Dále pak vidíme pohyb mediánu neboli střední hodnoty. Tyto krabicové grafy mají i svůj rozsah, znamená to, že vidíme nejnižší a nejvyšší hodnotu konkrétního testu v daném období. Naopak tabulky jsme použili pro sledování výsledků u jednotlivých probandů. Vyčteme z nich průběh testu každého probanda zvlášť (vidíme, v jakou dobu dosáhl proband daných výsledků). Tyto data z tabulek pak používáme i v Diskuzi, kdy můžeme dopodrobna popsat vývoj testu u každého probanda.

4.2 Testovací přístroje

4.2.1 Tanita BC 418 MA

Tanita jako profesionální analyzátor tělesného kompozice poskytuje hmotnost a kompletní analýzu tělesného složení za méně než 30 sekund. Namísto spoléhání se na váhu, věk a pohlaví bere tento přístroj v úvahu tělesný tuk, který poskytuje vyšší míru přesnosti. Přidáním ručních úchyťů k standardní elektrodové platformě společnosti Tanita umožňuje analyzátoru složení těla BC 418 vypočítat regionální složení těla, což umožňuje odborníkům ve zdravotnictví lépe určit zdravotní rizika spojená s tělesným tukem. Použitím 8 polárních elektrod může tento přístroj zobrazit samostatné hodnoty tělesné hmotnosti levé i pravé ruky a i levé a pravé nohy. Také vytiskne celý profil složení těla během několika sekund. Do celkového profilu zahrnujeme hmotnost, tělesný tuk, index tělesné hmotnosti (BMI), netučnou hmotu, odhadovou svalovou hmotu, celkové množství tělesné vody a bazální metabolismus (výpočet energetického výdeje organismu v klidovém stavu).

Všechny profesionální modely používají jednobodový vážící systém, který zaručuje absolutní přesnost a neuvěřitelnou životnost (až 300 000 použití před kalibrací) (Tanita-eshop, 2016).

Tento tělesný analyzátor Tanita stanovuje složení těla pomocí BIA – bioelektrické impedanční analýzy. Přes chodidlové senzory toho přístroje projdou skrz tělo bezpečné a nízkoúrovňové elektrické signály. Tyto signály prochází tekutinou ve svalech a dalších tkáních. Odpor zvaný impedance vzniká tehdy, když signál projde tělesným tukem obsahující nedostatek tekutin (Compek, 2010).

Obrázek 5: Tanita BC 418 MA.



4.2.2 Ergometr LODE Excalibur Sport

Společnost Lode vyrábí ergometry více než 60 let. Už od počátku se vyvíjí k dokonalosti a slouží přes 50 000 spokojeným uživatelům. Základními vlastnostmi těchto ergometrů je přesnost, spolehlivost, bezporuchovost a dlouhá životnost. Díky velké variabilitě produktů naleznou uplatnění jak v kardiologických a funkčních laboratořích, tak i na sportovních pracovištích (Compek, 2010).

S prokázanou přesností a spolehlivostí je Ergometr LODE Excalibur Sport celosvětově uznávaný jako ergometrický zlatý standard. Nově navržený a vylepšený ergometr splňuje nejnovější požadavky moderní sportovní medicíny a výzkumu. Vzhledem k tomu, že sportovci jsou stále výkonnější a testování má více příležitostí než dříve, byl tento ergometr vyvinut pro extrémní zatížení až do 2500 Wattů. Nový design zajišťuje maximální stabilitu této vysoké zátěži. Díky rozšířeným možnostem nastavení nebylo polohování testovaného pacienta ještě nikdy lepší.

Kontrola pracovního zatížení tohoto nejnovějšího LODE ergometru je nastavitelná v rozmezí 8–2500 Wattů. Maximální zatížení 1500–2500 Wattů může být udržováno po dobu maximálně šesti minut (Compek, 2010).

Také zde nalezneme nastavitelnost řídítek a sedla. Řídítka lze nastavit vodorovně i vertikálně. Sedlo má navíc horizontální, vertikální a úhlové nastavení. Výška sedla i řídítek lze upravit pomocí jedinečné úchytky Lode a to jedním dotykem. Tímto nastavením se vyhoví každé testované osobě. Na řídítkách nalezneme displej, který udává počet otáček. Ergometr lze ovládat společně s počítačem – spiroergometrický systém zajišťující spolehlivost při provádění kardiopulmonálních zátěžových testů. Během testu se na dvou

monitorech počítače zobrazují parametry prováděného testu – otáčky, čas, vzdálenosti aj. Kromě toho má schopnost pamatovat si předchozí data, tzn., že pokud se testovaná osoba dostaví k dalšímu testování, přístroj je schopný zobrazit údaje ohledně nastavení řídítek i sedla (Compek, 2010).

Obrázek 6: Bicyklový ergometr ve funkční zátěžové laboratoři.



4.3 Popis testování

K mému testování byli využiti studenti jednooborového studia TVS na PF JU zejména chlapci. Otestována byla i jedna dívka. Tyto studenty autor práce seznámil s průběhem testování a samozřejmě s darováním krve i s tím, že den po krvi musí podstoupit dané testy. Proto také dostali podepsat informovaný souhlas, kde souhlasili s veškerým testováním. Veškerá testování se konala v Laboratoři funkční zátěžové diagnostiky na Katedře tělesné výchovy a sportu Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity za asistence vedoucího bakalářské práce PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

Darování krve samozřejmě probíhalo v přítomnosti kvalifikovaných zaměstnanců na stanici dárců krve transfuzního oddělení nemocnice České Budějovice.

Celý systém testování se musel dopředu naplánovat vzhledem k časové náročnosti. Proto každý student podstoupil testování v různé době. Testování probíhalo od března 2016 až do června 2017. Proto jsme prováděli měření v laboratoři, kde jsou stálé, neměnné

podmínky. Studenti podstoupili toto testování přibližně 6x, a také museli jít ve správný čas na stanici dárců krve, kde nebývají každý den.

Vzhledem k délce testování (zhruba šest týdnů) vyplňovali studenti po celou dobu měření svůj zdravotní stav, fyzickou aktivitu a také výživu, protože zejména tyto tři ukazatele nejvíce ovlivňují tvorbu krve a nárůst fyzické kondice po odběru. Zdravotní stav se vyplňoval pouze číslicemi od 1 do 10, při čemž 10 je nejlepší a tabulka pro fyzickou aktivitu byla rozdělena na běh, cyklistiku, plavání, fotbal, hokej, sport ve škole a další. Všechny tyto hodnoty byly zaznamenávány v minutách. Z hlediska výživy, kterou probandi vyplňovali, jsme sledovali příjem suplementů, zejména železa.

Časový harmonogram testování byl následující: studenti přicházeli do laboratoře dle domluvených termínů s vedoucím této práce a i s autorem. Po příchodu byla změřena výška posuvným antropometrickým měřidlem a to od podložky až k temeni hlavy. Testovaný si stoupnul zády k měřidlu na rovnou podložku do stoje spatného. Hlava byla v prodloužení páteře a ruce volně podél těla. Dále se zapsali základní informace testovaných, jako je věk, datum narození a další. Tyto informace byly uloženy do počítače, aby kdykoliv během testování mohly být použity.

Následovalo zjišťování složení těla pomocí přístroje Tanita. Vybraní studenti se ve spodním prádle postavili na vyznačená místa přístroje, aby tak rovnoměrně rozložili váhu obou končetin a po zaznění zvuku (pípnutí) z přístroje uchopili do svých dlaní madla s elektrodami. Získané hodnoty se již po několika vteřinách měření objevily na obrazovce počítače a tím byl tento test u konce. Z tohoto měření jsme zjistili hmotnost, BMI, tělesný tuk, netučnou hmotu, odhadovou svalovou hmotu, celkové množství vody v těle a další.

Poté přišel na řadu Wingate test na bicyklovém ergometru. Hráč si vzal sportovní oblečení i sportovní obuv a byl mu nasazen hrudní pás na měření srdeční frekvence. Poté usedl na ergometr a dle jeho potřeb mu byla nastavena výška sedla i řídítek a sklon sedla. Test začal pětiminutovým rozjezdem, při kterém se testovaná osoba snažila udržovat otáčky na frekvenci 60 ot/min. Tato frekvence je zobrazována na displeji přístroje a proto není nutné říkat, zda je třeba zvýšit nebo snížit otáčky. Během tohoto pětiminutového rozjezdu studenti měli dvakrát zrychlit na frekvenci 120 ot/min bez vstání ze sedla. V tomto rozjezdu měli možnost požádat o úpravu sedla. Přístroj dle průběhu rozjezdu nastavil počáteční odpor pro 30 sekundový test. Zároveň tento rozjezd sloužil k zahřátí organismu a k přípravě na následující 30 sekundový výkon.

Tento 30 sekundový test museli studenti absolvovat v plném rozsahu s maximálním nasazením. Někteří studenti dokončovali test ve stoje, což je doporučováno na posledních 10

sekund testu. Hráči totiž na začátku zvednutí ze sedla mají trochu více síly, ale v závěru konají stejnou křivku v grafu, jako kdyby seděli (stejný průběh testu). Po ukončení testu pokračují studenti zhruba 2–3 minuty v jízdě na ergometru ve frekvenci 60 ot/min. Toto „vyšlapání“ slouží k vydýchání a k uvolnění kyseliny mléčné ze svalů. Poté student odpočíval 20–30 minut při pomalé chůzi. Interval byl prokázán za dostačující při prováděném výzkumu (Bahenský, Vobr, Požárek, & Malátová, 2015).

Po odpočinku přešel student na poslední test a to test spiroergometrie. Opět byl studentovi nasazen hrudní pás, upravena výška řídítek i sedla a i sklon sedla. Následovalo nasazení anatomické masky dle velikosti a tvaru obličeje a připevnění oxymetru na ukazováček levé ruky, který sloužil k měření saturace krve kyslíkem. Pak přišlo na řadu zjišťování vitální kapacity plic a to tak, že student s maskou na obličeji provedl maximální nádech a maximální výdech. Toto měření maximálního nádechu a výdechu se provádělo 2 krát až 3 krát pro co nejpřesnější výsledky. Dále už následoval samostatný zátěžový test, při kterém student vykonával zátěž v rozmezí 6–12 minut ve frekvenci 100 ot/min. Byla nastavena počáteční zátěž, a to 120 Wattů, a každou minutu se o 20 Wattů zvyšovala. Pokud jsme ze sledovaných parametrů zjistili, že má hráč velkou aerobní kapacitu a test by trval příliš dlouho, byla přidávána zátěž tak, aby se doba testu optimalizovala. Totéž platilo i o snížení zátěže, např. když šlo o nesplnění doby testu (min. 6 minut), mohla se zátěž nechat na stejné úrovni nebo snížit, aby byl test kompletní. Jelikož se v této práci prováděla testování několikrát, šlo jen o zjištění průběhu prvního testování a následující se už upravily podle toho předchozího. Pokud student cítil pokles sil a že již nemůže vykonávat zátěž v předepsaných otáčkách, tak zvedl pravou paži, což byl pokyn pro ukončení testu. Po skončení testu následovalo 3–5minutové vyjetí pro zklidnění organismu a dostání se do klidových hodnot tepové frekvence. Naměřené hodnoty byly uloženy a následně zpracovány do tabulek.

Získané výsledky jsme posuzovali z hlediska věcné a statistické významnosti. Statistickou významnost jsme zjišťovali na hladině $\alpha = 0,05$ pomocí párového T-testu. Hladinu věcné významnosti („size of effect“) jsme zjišťovali pomocí Cohenova koeficientu d (Cohen, 1994). Tento koeficient nám uvádí relativní změnu průměrů proměnné vzhledem ke směrodatné odchylce měření ve skupině. Běžné používání hodnocení velikosti koeficientu d je následující (Cohen, 1988; Sheskin, 2007):

$d \geq 0,80$ – velký efekt,

$d = 0,50$ až $0,80$ – střední efekt,

$d = 0,20$ až $0,50$ – malý efekt.

5 Výsledky

5.1 Věk, výška, hmotnost, zaměření

Tabulka 2: Věk, výška, hmotnost a zaměření testovaných probandů

	Věk [léta]	Výška [cm]	Hmotnost [kg]	Zaměření
Proband A	24	186	87,6	hokej
Proband B	23	182	84,4	fotbal
Proband C	23	174	75,5	hokej
Proband D	23	180	74,8	hokej
Proband E	24	174	65,7	fotbal
Proband F	24	174	77,25	fotbal
Proband G	26	180	72,5	frisbee, sebeobrana
Proband H	20	191	99,4	karate

5.2 Výsledné hodnoty VO₂ max

5.2.1 Maximální spotřeba kyslíku (VO₂ max)

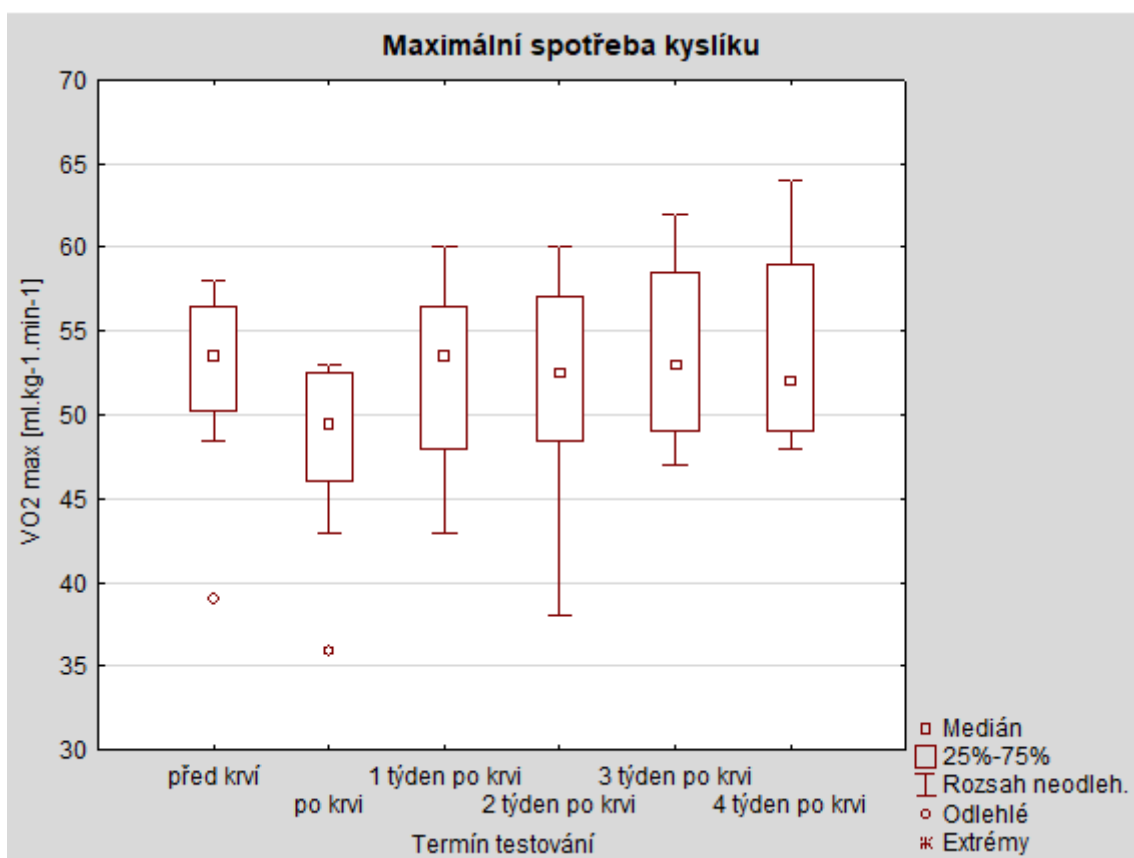
Dle naměřených hodnot v grafu vidíme značný pokles maximální spotřeby kyslíku po odebrání krve, čehož jsme chtěli docílit. Už po prvním a druhém týdnu vidíme, že se výsledky zase zvyšují a vrací se do normálu. Čtvrtý týden je značné zlepšení výsledků, dokonce jsou hodnoty vyšší než u prvního testování. Nejvyššího výkonu dosáhl proband C v posledním měření a to hodnoty 64 ml/kg*min. Nejnižší výkon VO₂ max byl naměřen u probanda H s hodnotou 36 ml/kg*min v období po odběru krve. U sportovců zabývajících se fotbalem a hokejem je nejnižší hodnota 43 ml/kg*min.

Dále pak u jedné testované dívky je nejnižší hodnota 40 ml*kg/min a to v prvním týdnu po krvi, v důsledku horšího zdravotního stavu, který je zapsaný v tabulce. Nejvyšší hodnoty 46 ml/kg*min dosáhla v posledním měření a bylo o 3 ml/kg*min lepší než na začátku testování.

Celkový průměr maximální spotřeby kyslíku je 51,95 ml/kg*min. Průměr hodnot před krví je 52,2 ml/kg*min a po krvi ml/kg*min, což znamená snížení maximální spotřeby kyslíku o 12,8 %.

Měření před krví a po krvi jsme ověřili z hlediska věcné a statistické významnosti. Testování maximální spotřeby kyslíku je statisticky významné (dle párového T-testu s hladinou $\alpha = 0,00011$). Naopak z hlediska věcné významnosti, kdy jsme použili Cohenovo d , má maximální spotřeba kyslíku malý efekt ($d = 0,18$).

Naopak z tabulek vidíme, jak se pohybovali hodnoty maximální spotřeby kyslíku u jednotlivých probandů. Zde je nejdůležitější, že hodnoty po krvi značně klesly oproti hodnotám před krví. Největší skok nastal u probanda D, u kterého hodnota klesla o 6 ml/kg*min. Naopak nejmenší rozdíl je u probanda A, a to 2 ml/kg*min. U třech probandů byl rozdíl před odběrem a po odběru 3 ml/kg*min (proband F, G, H). V následujících týdnech po odběru dochází ke zlepšování výsledků. Nejrychlejší nárůst nastal u probanda C, a to hned v prvním týdnu po odběru s hodnotou ml/kg*min. Nejpomalejší proces nárůstu hodnot VO₂ max byl u probanda F.



Graf 1. Maximální spotřeba kyslíku.

Tabulka 3: Hodnoty maximální spotřeby kyslíku

	VO2 max [ml/kg*min]					
	před odběrem	po odběru	1.týden po krvi	2.týden po krvi	3.týden po krvi	4.týden po krvi
Proband A	54	52	55	55	56	
Proband B	48,5	43	47	48	47	49
Proband C	58	53	60	59	62	64
Proband D	55	49	54	54	53	55
Proband E	58	53	58	60	61	59
Proband F	52	49	49	49	50	49
Proband G	53	50	53	51	53	
Proband H	39	36	43	38	48	48

5.2.2 Zátěž ve Wattech

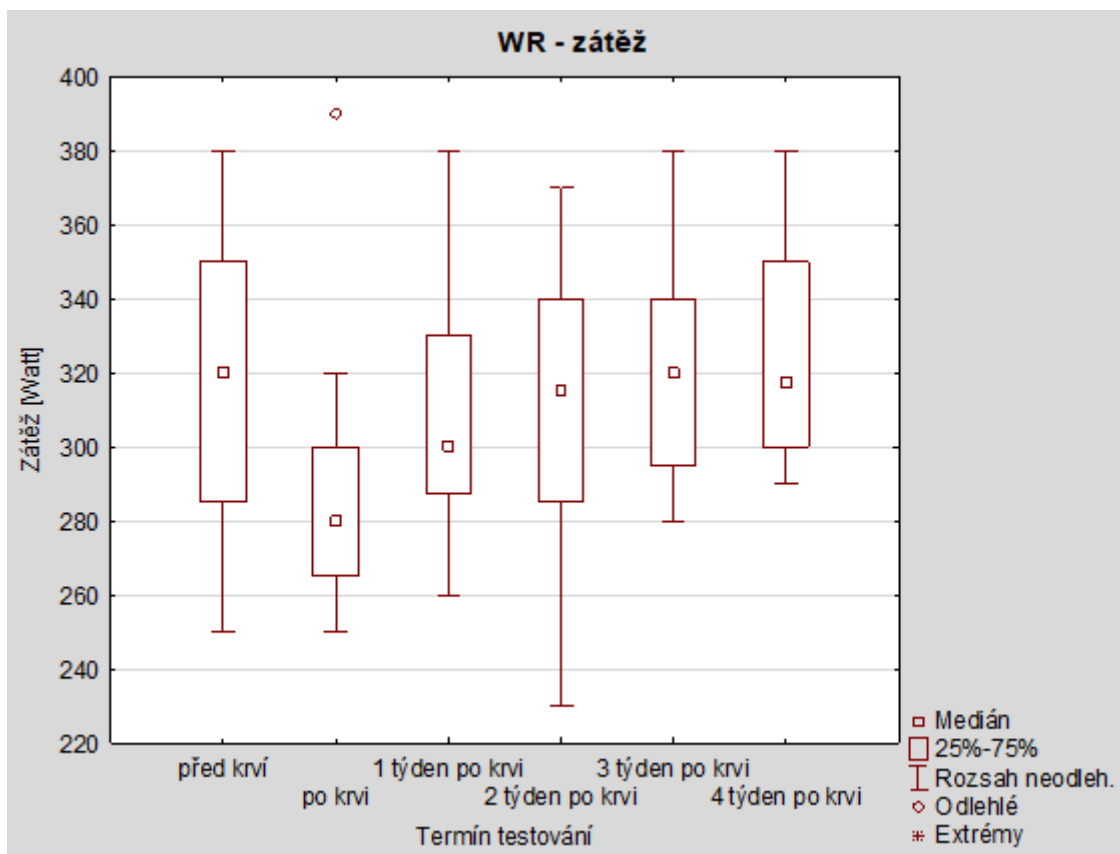
Z grafu vidíme značný pokles zátěže po odběru, což je pochopitelné. Všimněme si, že je zde velké rozpětí mezi nejnižším a nejvyšším zatížením ve wattech. Nejnižší hodnoty 230 Wattů náleží probandovi G. K největšímu dosaženému výsledku zátěže 390 Wattů došlo u probanda A v období po odběru krve. Překročilo to o 10 Wattů první naměřenou hodnotu – v období před odběrem.

Celkový průměr zátěže je 312 Wattů. Rozdíl mezi průměrnou hodnotou před odběrem (318 Wattů) a hodnotou po odběru (291 Wattů) je 11,8 %.

U testované dívky byly hodnoty zátěže nižší než u chlapců. Nejnižší hodnota byla 190 Wattů a nejvyšší 230 Wattů ve 3 týdnu po darování krve.

Měření statistické významnosti před a po darování krve vyšlo kladně ($\alpha = 0,018$). Věcná významnost dle vypočítání Cohenova koeficientu vyšla s malým efektem ($d = 0,16$).

Z tabulky pozorujeme hodnoty zátěže ve Wattech. Pouze u probanda A se hodnota zátěže zvedla 10 Wattů. U ostatních probandů došlo k nižším nebo stejným hodnotám (proband G) zátěže. Největší rozdíl v období před darováním a po darování nastalo u probanda C, a to 60 Wattů. U všech probandů se hodnoty v ostatních týdnech po darování krve dostaly na původní hodnoty a u některých se ještě zvýšily.



Graf 2. WR – zátěž

Tabulka 4: Hodnoty zátěže

	Zátěž [Watt]					
	před odběrem	po odběru	1.týden po krvi	2.týden po krvi	3.týden po krvi	4.týden po krvi
Proband A	380	390	380	370	380	
Proband B	330	280	290	330	320	315
Proband C	340	280	330	280	320	350
Proband D	310	280	310	320	330	320
Proband E	275	250	290	290	280	300
Proband F	295	280	285	310	300	290
Proband G	250	250	260	230	290	
Proband H	360	320	330	350	350	380

5.2.3 Srdeční frekvence

Tento graf, kde jsme měřili srdeční frekvenci, se od předešlých liší hlavně tím, že po krvi dochází k nárůstu srdeční frekvence. Ztrátou krve a následnou zátěží dochází k únavě a tudíž organismus musí vykonávat větší práci. Už po prvním a druhém týdnu došlo k značnému snížení srdeční frekvence. Při posledním měření naopak k nárůstu. Nejnižší hodnota byla u probanda H a to 161 tepů za minutu, naopak nejvyšší u probanda G

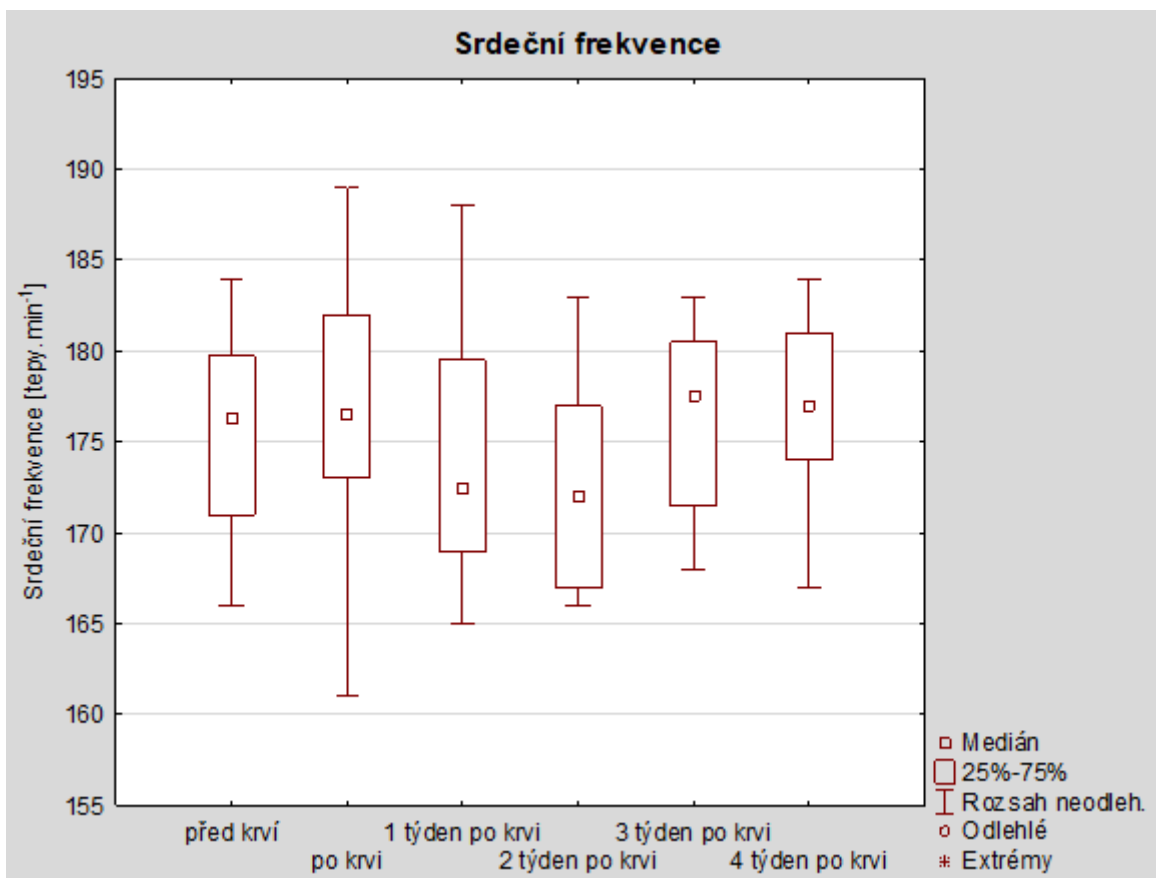
s hodnotou 189 tepů za minutu v období po krvi. Samozřejmě nejnižší hodnoty ukazují, v jaké je člověk kondici, čím nižší, tím větší kondice.

Celkový průměr srdeční frekvence u všech probandů je 175 tepů za minutu.

U testování dívky srdeční frekvence dosahovala vyšších hodnot než u chlapců. Nejvyšší hodnota dosáhla 193 tepů za minutu v období prvního týdnu po odběru krve.

Toto měření není statisticky významné, protože naše spočítaná hladina je $\alpha = 0,55$. Náš Cohenův koeficient d je 0,04 a má velmi malý efekt.

Z této tabulky srdeční frekvence vidíme, že u pěti probandů (A, B, E, F, G) se hodnoty zvýšily. U zbylých třech probandů (C, D, H) se naopak srdeční frekvence snížila. Nejvyšší naměřená hodnota nastala u probanda G v období po odběru krve (189 tepů za minutu).



Graf 3. Srdeční frekvence

Tabulka 5: Hodnoty srdeční frekvence

	Srdeční frekvence [tepy/min]					
	před odběrem	po odběru	1. týden po krvi	2. týden po krvi	3. týden po krvi	4. týden po krvi
Proband A	166	174	174	173	179	
Proband B	181,5	185	180	183	181	184
Proband C	175	172	169	167	170	181
Proband D	178	175	171	171	173	179
Proband E	177,5	179	179	176	180	174
Proband F	174	178	169	167	176	175
Proband G	184	189	188	178	183	
Proband H	168	161	165	166	168	167

5.2.4 Tepový kyslík VO₂HR

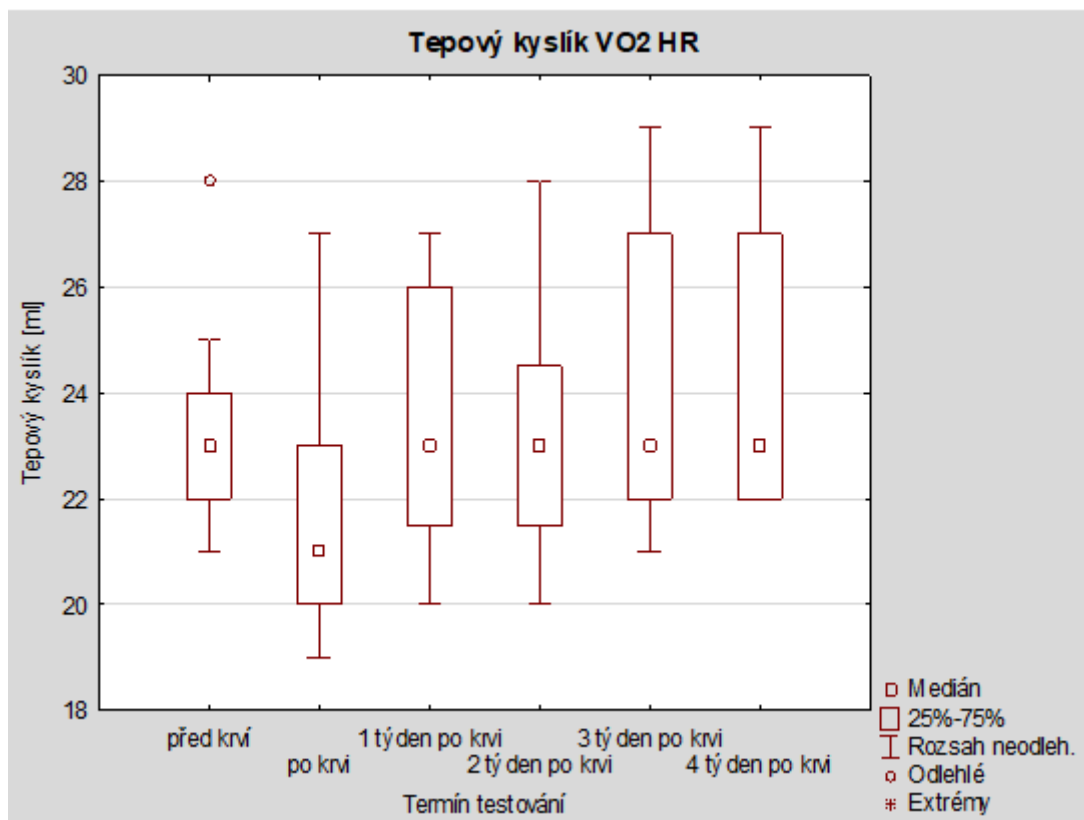
Tepový kyslík s jednotkou ml nám vyjadřuje množství kyslíku, které je srdce schopno jedním tepem přenést do tkání. Dle grafu vidíme, že nám po krvi tepový kyslík klesl, ovšem hned týden po krvi došlo k velkému nárůstu. Druhý týden po darování nám tepový kyslík zase klesl, což je důsledek zdravotního stavu, který je zapsaný v tabulce. Vidíme tam, že druhý týden po krvi někteří probandi se necítili dobře a zdravotní stav hodnotili nižšími čísly. Můžeme si zde všimnout i některých extrémů. Nejvyšší hodnota 28 ml je zaznamenána u probanda A v období před krví a druhý týden po krvi. Naopak nejnižší hodnota s číslem 19 ml je naměřena u probanda G. K této nejnižší hodnotě došlo právě po odběru krve. V grafu vidíme i hodnoty mediánu (střední hodnoty). Po odběru je medián na nejnižších hodnotách, ovšem v ostatních měřeních se medián pohybuje na velmi podobných hodnotách.

Průměrná hodnota tepového kyslíku je 23,4 ml. U netrénovaných mužů hodnoty dosahují mezi 15–16 ml, u žen 10–11 ml. U vytrvalostních sportovců s velkým srdečním objemem (veslaři, lyžaři, běžci) dosahuje tepový kyslík hodnot 30–35 ml O₂. Naše průměrné číslo znamená, že testovaná skupina patří mezi trénované sportovce, ale ne profesionální vytrvalce.

Hodnoty tepového kyslíku u dvou měření (před odběrem a po odběru) je statisticky významná ($\alpha = 0,0007$, což je menší než $\alpha = 0,05$). Z hlediska věcné významnosti nám tato veličina vyjadřuje malý efekt ($d = 0,17$).

Z tabulky tepového kyslíku vyčteme, že u všech probandů kromě jednoho (proband H) došlo ke snížení v porovnání hodnot v období před krví a po krvi. Největší rozdíl v těchto dvou obdobích byl 2,5 ml, a to u probanda B. Nejvyšších hodnot tepového kyslíku dosáhl

proband H (29 ml). Tato hodnota byla naměřena v období třetího a čtvrtého týdnu po odběru krve.



Graf 4. Tepový kyslík VO2 HR

Tabulka 6: Hodnoty tepového kyslíku v mililitrech

	Tepový kyslík [ml]					
	před odběrem	po odběru	1. týden po krví	2. týden po krví	3. týden po krví	4. týden po krví
Proband A	28	27	27	28	27	
Proband B	22,5	20	22	22	22	23
Proband C	25	23	26	26	27	27
Proband D	23	21	24	23	23	23
Proband E	21,5	20	21	21	23	22
Proband F	23	21	22	23	22	22
Proband G	21	19	20	20	21	
Proband H	23	23	26	23	29	29

5.3 Výsledné hodnoty Wingate testu

5.3.1 Průměrný výkon Wingate

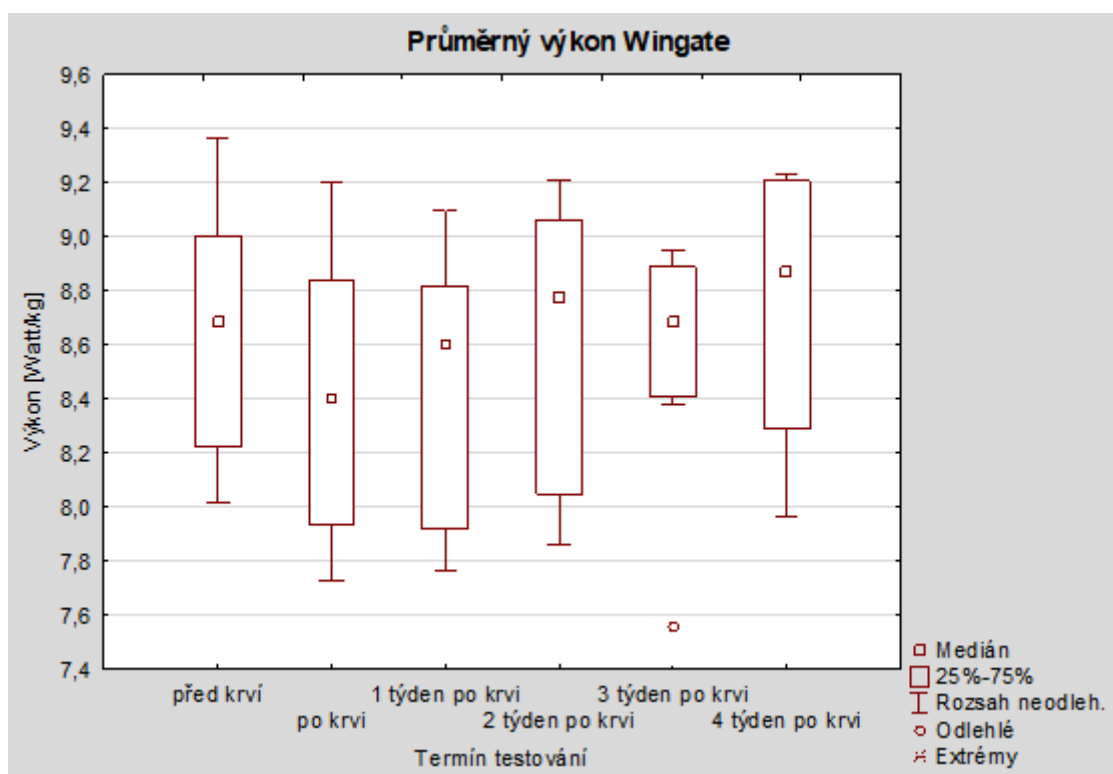
Průměrný výkon Wingate anaerobního testu má jednotky Watt/kg a zde na grafu vidíme, že se hodnoty po krví značně snížily než v testování před krví. Hned po prvním týdnu od odběru krve se nám hodnoty zvýšily skoro do normálu. Anaerobní testy trvají jen několik sekund, proto je možné že už po týdnu od darování krve se hodnoty značně zvyšují.

V následujících týdnech hodnoty nabývají vyšších hodnot než před darováním krve. Nevyšší naměřenou hodnotu průměrného výkonu Wingate testu jsme naměřili u probanda G a to 9,37 Watt/kg v období před krví. Naopak nejnižší průměrný výkon byl naměřen u probanda G s hodnotou 7,56 Watt/kg. V dalších týdnech dochází k nárůstu hodnot, což můžeme sledovat i na mediánu.

Celkový průměr u všech probandů má hodnotu 8,56 Watt/kg. Rozdíl mezi v hodnotách před odběrem a po odběru je 29 %.

Ze dvou měření (před odběrem a po odběru) vyšel průměrný výkon ve Wingate testu jako statisticky významný ($\alpha = 0,013$, která je menší než hodnota 0,05. Věcná významnost vyšla s malým efektem ($d = 0,12$).

Z tabulky je značné, že se hodnoty po odběru krve liší od hodnot před odběrem. A to tak, že u všech probandů, kromě u probanda F se hodnoty snížili. Největší skok nastal u probanda G (rozdíl 0,69 Watt/kg). U probanda G následující týdny po odběru dochází k pomalému nárůstu, ovšem hodnoty nepřevyšují počáteční sumu (před odběrem).



Graf 5. Průměrný výkon Wingate

Tabulka 7: Hodnoty průměrného výkonu u Wingate testu

	Wingate-průměrný výkon [Watt/kg]					
	před odběrem	po odběru	1.týden po krvi	2.týden po krvi	3.týden po krvi	4.týden po krvi
Proband A	8,89	8,7	8,82	9,02	8,95	
Proband B	8,51	8,31	8,5	8,53	8,54	8,88
Proband C	9,12	8,98	8,82	9,03	8,83	8,86
Proband D	9,37	9,2	9,1	9,1	8,91	9,23
Proband E	8,86	8,49	8,71	9,21	8,87	9,21
Proband F	8,02	8,03	7,96	7,98	8,38	8,29
Proband G	8,42	7,73	7,77	7,86	7,56	
Proband H	8,03	7,85	7,88	8,12	8,44	7,97

5.3.2 Maximální výkon Wingate

Maximální výkon Wingate testu se po darování krve zhoršil, ovšem když jsme se podrobně podívali do tabulek naměřených hodnot, zjišťujeme, že u tří probandů se tento maximální výkon zlepšil – u dvou fotbalistů a jednoho karatisty. Dle grafu vidíme, že i týden po krvi jsou hodnoty ještě nižší než po darování krve, z důvodu horších výsledků v tabulce se zdravotním stavem. Následující týdny už se naměřené hodnoty zvyšují, ale až poslední týden jsou výsledky značně vyšší.

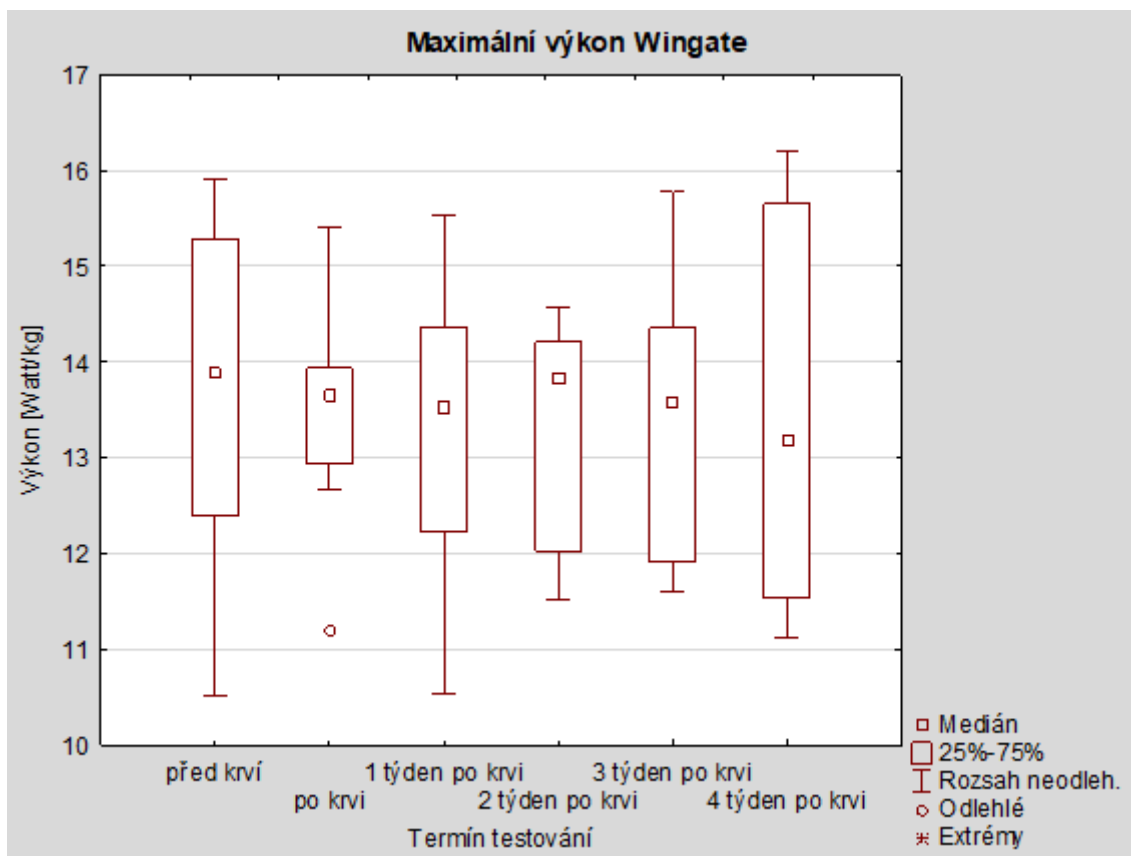
Nejvyšší hodnota maximálního výkonu ve Wingate testu 15,9 Watt/kg je naměřená u probanda G a nejnižší u probanda H s hodnotou 10,52. Obě tyto hodnoty byly naměřeny v období před darováním krve.

Medián maximálního výkonu se po krvi snížil, v prvním týdnu po darování se opět snížil, ale docházelo zde už ke zlepšování výsledků, to můžeme vidět na rozsahu naměřených hodnot. Od druhého týdne se medián snižuje, ovšem individuální hodnoty se pohybují ve vyšších číslech.

Průměrná hodnota maximálního výkonu anaerobního testu u všech probandů je 13,4 Watt/kg.

Při výpočtu statistické významnosti jsme zjistili, že maximální výkon před odběrem a po odběru není statisticky významný ($\alpha = 0,53$). Věcná významnost vyšla s malým efektem ($d = 0,04$).

Z tabulky můžeme porovnat hodnoty maximálního výkonu Wingate testu před a po odběru krve. Z osmi probandů se u třech (F, G, H) tento maximální výkon s jednotkami Watt/kg zlepšil. U ostatních došlo k poklesu. Největší rozdíl nastal u probanda A (rozdíl 1,81 Watt/kg).



Graf 6. Maximální výkon Wingate

Tabulka 8: Hodnoty maximálního výkonu u Wingate testu

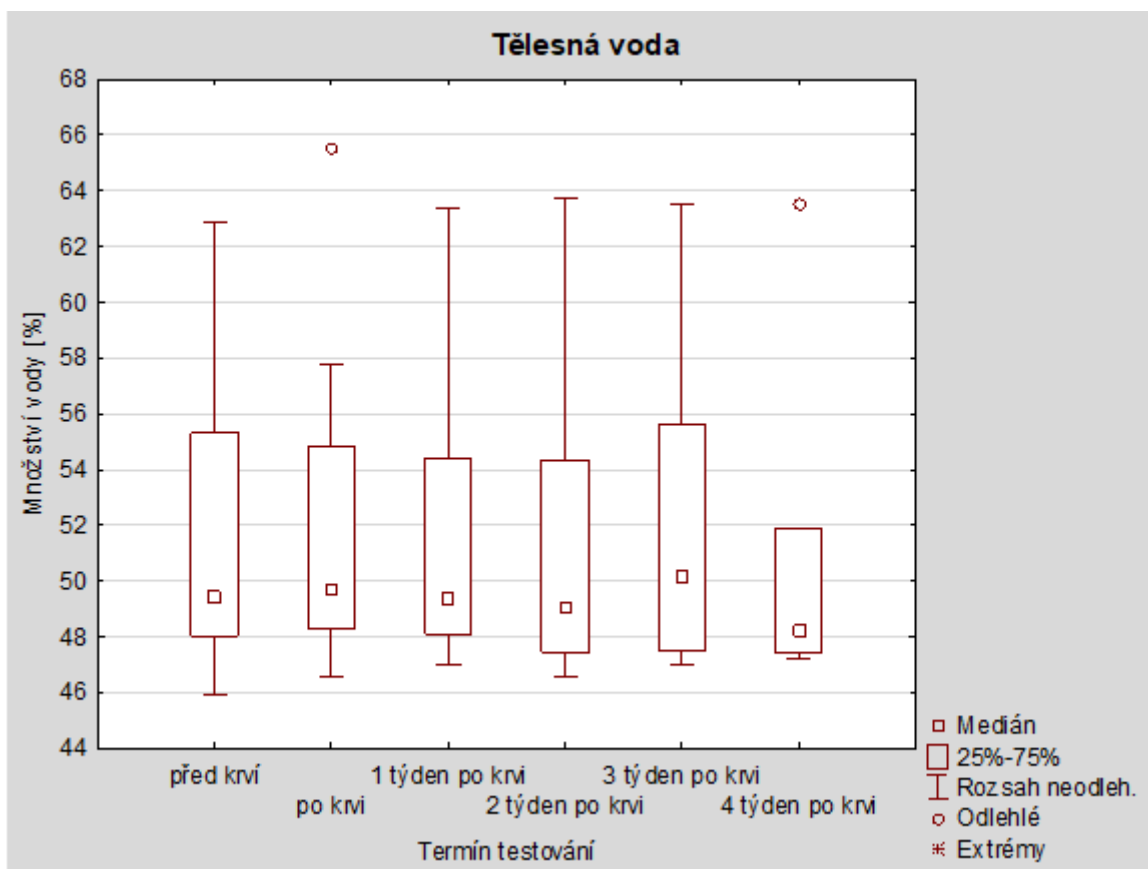
	Maximální výkon u Wingate testu [Watt/kg]					
	před odběrem	po odběru	1 týden po krvi	2 týden po krvi	3 týden po krvi	4 týden po krvi
Proband A	15,79	13,98	15,06	13,8	14,52	
Proband B	13,73	13,49	13,59	14,05	14,2	14,06
Proband C	14,04	13,23	13,45	13,87	13,06	12,31
Proband D	15,9	15,4	13,67	14,38	14,12	15,65
Proband E	14,77	13,83	15,54	14,58	15,79	16,21
Proband F	11,59	12,67	10,55	11,52	11,75	11,12
Proband G	13,19	13,89	12,61	11,6	11,61	
Proband H	10,52	11,2	11,86	12,46	12,07	11,54

5.3.3 Tělesná voda

Tento graf nám ukazuje v procentech množství vody v těle. Vyčteme, že po krvi sem tělesná voda tolik nezmenšila. Průměrná hodnota tělesné vody v procentech u všech probandů je 51,78 %. Rozdíl mezi průměrnou hodnotou před krvi a po krvi je 59,5 %.

Testování tělesné vody před odběrem a po odběru není statisticky významné ($\alpha = 0,43$). Věcná významnost vyšla s malým efektem ($d = 0,017$).

Z tabulek jsme vyčetli, že pouze u třech probandů se hodnota snížila a u ostatních zase zvýšila. Nejvyšších hodnot dosáhl proband H s 65,5 %.



Graf 7: Tělesná voda

Tabulka 9: Hodnoty tělesné vody v procentech

	Tělesná voda [%]					
	před odběrem	po odběru	1.týden po krví	2.týden po krví	3.týden po krví	4.týden po krví
Proband A	58,6	57,8	58,2	57,6	58,3	
Proband B	52,05	51,8	50,6	51,1	52,9	51,9
Proband C	48	48,5	48,2	46,6	47,1	48,4
Proband D	49,9	48,1	48	48,2	47,9	47,4
Proband E	45,95	46,6	47	46,7	47	47,2
Proband F	48,05	48,7	48,7	49,3	49,3	48
Proband G	49	50,7	50,1	48,8	51	
Proband H	62,9	65,5	63,4	63,7	63,5	63,5

5.4 Kontrolní probandi

Do našeho výzkumu byli zařazeni probandi, kteří nebyli darovat krev. V tabulce jsou zapsány průměrné hodnoty daných testů se směrodatnou odchylkou. Z tabulky vyčteme, že všechny hodnoty se pohybují v podobných číslech, u testů VO2 max, zátěže WR a u průměrných a maximálních hodnot ve Wingate testu dochází k nárůstu ve čtvrtém týdnu měření. Naopak srdeční frekvence se postupně snižuje.

Tabulka 10: Průměrné hodnoty se směrodatnou odchylkou u kontrolních probandů

	Kontrolní probandi			
	1. týden	2. týden	3. týden	4. týden
VO2 max [ml*kg/min]	50,2 + 5,05	50,2 + 4,63	50 + 6,62	55 + 6,64
WR [Watt]	300 + 70,82	305 + 68,98	306 + 77,6	350 + 98,43
TF [tepy/min]	181 + 8,41	177 + 9,15	176 + 9,17	176 + 8,01
Wingate - průměr [Watt/kg]	8,6 + 0,77	8,5 + 0,78	8,3 + 0,85	9,8 + 1,12
Wingate - max [Watt/kg]	12,4 + 1,99	12,9 + 2,06	12,5 + 1,75	15,9 + 2,36

6 Diskuze

Všechny hypotézy, které jsme stanovili, se potvrdily. Z odborné literatury značně vyplývá, že po odběru krve se hodnoty VO₂ max, Wingate testu, tepového kyslíku sníží. Naopak srdeční frekvence a tělesná voda v procentech se zvýší. Po odběru krve naše tělo strádá cca 10 % celkového objemu krve. Jedná se o 450 ml vody, obsahující různé bílkoviny, buňky a zejména hemoglobin, který přivádí kyslík do tkání. Při vykonávání tělesné zátěže je potřeba více kyslíku, a když je nedostatek hemoglobinu, náš organismus pracuje v nižší intenzitě (Topinková, 2015).

První hypotéza, která tvrdila, že hodnoty po odběru krve se značně sníží, se potvrdila. Je to patrné jak z grafu, tak i z tabulky. V průměru před krví a po krvi se hodnota VO₂ max snížila o 4 ml*kg/min, což je 12,8 %. Největší rozdíl před krví a po krvi nastal u probanda D a to s hodnotou 6 ml*kg/min. U probanda C si můžeme všimnout rychlého nárůstu VO₂ max a to hned v prvním týdnu po krvi. Z komunikace s probandem víme, že v době před darováním krve byl dva týdny nemocen a zcela bez tréninku. Proto také tak rychlý nárůst. S testováním se proband C dostával i do svého běžného režimu (za dobrého zdravotního stavu). To znamená do zátěže, na kterou byl zvyklý (tréninky a různé aktivity). V posledním týdnu po darování dosáhl proband C vysokých hodnot – 64 ml*kg/min. Tato hodnota je o 6 ml*kg/min vyšší než před darováním krve. Jak už jsme zmínili, je to z důvodu nemoci před tímto testováním. Díky tomuto jsme zvažovali, zda tento vzorek vyloučit z výzkumu, bohužel pro malý počet probandů by to nebylo praktické. Ovšem hypotéza se potvrdila i u tohoto probanda. U probanda H pozorujeme oproti ostatním nízké hodnoty VO₂ max, hlavně v období před a po krvi. Tento proband se zabývá anaerobním sportem karatem. Proto tak nízké hodnoty u anaerobního testu spiroergometrie. Ovšem v následujících týdnech, hlavně ve třetím a čtvrtém týdnu po krvi se hodnoty významně zvýšily. Proband dosáhl hodnot 48 ml*kg/min. Z komunikace s probandy víme, že před testováním měl proband H velice důležité závody. Tyto fakta mohou způsobovat nižší hodnoty před krví. Z hodnot před darováním a po darování jsme vypočítali věcnou a statistickou významnost. Tyto nižší čísla u probanda H před a po darování nám zkreslují věcnou významnost. Kdyby měl proband podobné hodnoty jako ostatní se stejným rozdílem před a po krvi, efekt věcné významnosti by byl z daleka vyšší. Další zajímavý proband je proband E. U toho se hodnoty po krvi také výrazně snížily, ovšem hned první týden po krvi dosáhl shodných výsledků jako před krví. Následující týdny se hodnoty nepatrně zvyšovaly. Dle vyplňování zdravotního stavu víme, že tento proband se ani po krvi necítil příliš špatně.

V průměru testování měl zdravotní stav v průměru 9,6, kdy číslo 10 je nejlepší hodnocení. Hodnoty testu VO₂ max u jedné testované dívky se nám také snížily po odběru krve. Ze 43 ml*kg/min na 41 ml*kg/min. Ve třetím týdnu po odběru dosáhla stejných hodnot jako před odběrem (43 ml*kg/min). Ovšem ve čtvrtém týdnu po darování krve dosáhla hodnot 46 ml*kg/min, které jsou o 3 ml*kg/min vyšší než před odběrem krve. U průměrných netrénovaných mužů se hodnoty VO₂ max pohybují mezi 45–50 ml*kg/min a u žen v rozpětí 35–40 ml*kg/min. Vysoce nadprůměrné hodnoty u mužů můžeme považovat hodnoty VO₂ max vyšší než 70 ml*kg/min a u žen 60 ml*kg/min (Dovalil et al., 2002). Všechny probandy (kromě probanda B a H) můžeme zařadit do skupiny trénovaných sportovců. Dva zmínění probandi (B a H) patří do skupiny průměrně netrénovaných.

Druhá hypotéza, kterou jsme stanovili (po odběru se hodnoty zátěže ve Watech u spiroergometrického testu sníží) se potvrdila. Vyplývá to z faktu, že organismus po odběru krve není schopen při zátěži fungovat na sto procent. Proto v tabulkách vidíme po krvi značný pokles zátěže ve Watech. Pouze u probanda A se zátěž zvýšila o 10 Wattů (390 Wattů). Tato hodnota je také jeho nejvyšší za celou dobu testování. Proband A se po odběru dostal pouze na stejné hodnoty jako před odběrem, nikoliv vyšší. Důvodem může být i zhoršený zdravotní stav od doby po odběru. Až poslední týden testování bylo hodnocení zdravotního stavu srovnatelné s hodnotou před odběrem. Ostatní týdny byly hodnoceny horšími číslicemi. Největší rozdíl 60 Wattů mezi hodnotami v období před odběrem a po odběru nastal u probanda C. Průběh tohoto probanda je následující: první týden po odběru se hodnoty zvýšily o 10 Wattů, ovšem už ve druhém týdnu se dostal na stejné hodnoty jako před odběrem krve. Třetí a čtvrtý týden došlo k mírnému snížení. Důsledkem může být v těchto obdobích hůře hodnocený zdravotní stav. U ostatních probandů (kromě probanda A) docházelo k postupnému nárůstu zátěže. Všichni se dostali k hodnotám vyšším než před odběrem krve. Důsledkem může být nárůst síly a kondice a také zvyknutí si na jízdu na cyklickém ergometru.

Třetí hypotéza, která říkala, že hodnoty srdeční frekvence se zvýší po odběru krve, se potvrdila. Toto tvrzení je značné dle krabicového grafu, který je ve výsledkové části. Ovšem když se podrobně podíváme do tabulek, vidíme tam nějaké výchylky. Například u probanda C se srdeční frekvence po odběru krve snížila. Důsledkem může být i největší rozdíl před odběrem a po odběru u hodnot zátěže. Znamená to, že v období po krvi měl o dost nižší zatížení ve Watech, a proto také nižší srdeční frekvence. Následné hodnoty tohoto probanda se snižují, až na poslední týden testování, kdy dosáhl nejvyšších hodnot srdeční frekvence (181 tepů za minutu). U probanda A vidíme postupný nárůst srdeční

frekvence. Před odběrem krve měl nejnižší hodnoty a postupně se zvyšovaly. Je možné, že před odběrem daný proband neznal testování a tak nemohl ze sebe vydat maximum. Ovšem když se koukneme na probandovi hodnoty VO₂ max, tak se od doby po odběru zvyšují. To může znamenat i značný nárůst srdeční frekvence. Nejvyšších hodnot srdeční frekvence se dosáhl proband G, které se pohybovaly v rozpětí 178 do 189 tepů za minutu. Naopak nejnižší hodnoty byly naměřeny u probanda H (rozpětí 161 až 168 tepů za minutu. U srdeční frekvence je těžké určit, zda se jedná o hodnoty v normálu, nebo vyšší či nižší frekvence. Hlavně při zátěži organismus vykonává větší práci a tak je logické, že hodnoty sou vyšší, dále pak záleží na zaměření daného sportovce. Zda vykonává aerobní nebo anaerobní činnost. Další důležitý faktor je síla vůle. Testování VO₂ max je o tom, zda člověk dokáže ze sebe vydat maximum. Proto také můžeme diskutovat, proč má proband H, který se zabývá karatem, nejnižší hodnoty srdeční frekvence. Důvodem můžou být nízké hodnoty maximální spotřeby kyslíku, ale i právě zmíněná síla vůle. Proband ze sebe nemusel vydat všechno.

Čtvrtá hypotéza o zvýšení tepového kyslíku po odběru krve se potvrdila. Dle tabulek vidíme, že u všech probandů došlo ke snížení hodnot. Tepový kyslík nám vyjadřuje množství kyslíku, jež je srdce schopno jedním tepem přenést do tkání. Z literatury víme, že klidové hodnoty se pohybují kolem 5 ml. U netrénovaných mužů přibližně 15–16 ml a u žen 10–11 ml. U vytrvalců s velkým srdečním objemem, mezi které se řadí veslaři, lyžaři, běžci aj. dosahuje tepový kyslík hodnot až 30–35 ml kyslíku. Naši probandi se pohybují v průměrných hodnotách 23,37 ml. A tak se řadí mezi trénovanou populaci, ale ne k vytrvalcům. Ovšem proband A dosáhl nejvyšších hodnot 28 ml a těmito hodnotami se nejvíce přibližuje ke skupině vytrvalců.

Pátá a šestá hypotéza, týkající se Wingate testu (hodnoty maximálního a průměrného výkonu se po odběru krve snížily) se dle grafů potvrdily. Dle Bartůňkové (1999) sportovci s rychlostně silovým tréninkem dosahují hodnot až 16 Watt/kg. Naopak u běžné populace se hodnoty pohybují v rozmezí 10 až 14 Watt/kg. Čím vyšší naměřené hodnoty, tím je větší předpoklad, že probandi podávají vyšší výkon, který je spojený s maximální silou, rychlostí a také s výbušnou silou. Z tabulky ovšem vidíme, že u probandů F, G a H se hodnoty maximálního výkonu zvýšily. Důsledkem může být to, že probandi se spíše zaměřovali na rychlostně silové (anaerobní) sporty a tak i po odběru krve byli schopni vykonat vyšší výkon u Wingate testu. Probandi A a D se na rozdíl od ostatních řadí k rychlostně silovým sportovcům. Dosáhli hodnot 15,79 a 15,9 Watt/kg. Zajímavé je, že proband H, který se zabývá karatem měl nejnižší hodnoty maximálního výkonu ve Wingate testu.

Z komunikace s probandem víme, že měl v období testování důležité závody, proto jsou možné nižší hodnoty oproti ostatním.

Sedmá hypotéza o stavu tělesné vody v procentech se potvrdila. Předpokládali jsme, že se hodnota tělesné vody po odběru krve zvýší než před odběrem. Voda se podílí na tělesné hmotnosti v závislosti na věku i pohlaví. Obsah vody klesá s věkem, čím je člověk starší, tím menší podíl vody je v jeho těle. U kojenců voda dosahuje až 85 %, u dospělých kolem 50 % a u seniorů 45 %. Jak už bylo zmíněno, závisí na hmotnosti a pohlaví. Tuková tkáň obsahuje pouze okolo 20 % vody, zatímco ve svalové tkáni je zastoupeno až 76 % (Hrubý, 1987). Když nahlédneme do tabulek, vidíme u probandů C, E, F, G a H nárůst této hodnoty. Po značné ztrátě krve dochází k oslabení organismu, proto je důležité, aby probandi co nejrychleji doplnili tekutiny. Celkové průměry před odběrem (51,8 %) a po odběru (52,2 %) jsou skoro podobné, ovšem malý nárůst po odběru tam je. Nejvyšších hodnot dosáhl proband H, hodnota po krvi měla největší „skok“ mezi probandy (2,6 %). Hladina vody přirozeně kolísá během dne a noci. Po dlouhém nočním spánku má naše tělo tendenci k dehydrataci. Úroveň naší hydratace ovlivňuje mnoho faktorů, například přejídání se, nadměrná konzumace alkoholu, nemoci, cvičení u žen zase menstruace. Přibližné hodnoty průměrné celkové tělesné vody se pohybuje u mužů mezi 50 a 65 % u žen mezi 45 a 60 %. Ovšem každý jedinec se liší, závisí na tom výška, hmotnost, typ postavy a další.

Do výzkumu jsme zahrnuli i kontrolní probandy, kteří nebyli na odběru krve. Z tabulky vyplývá, že u těchto probandů není vidět značný pokles, který je naopak vidět u výzkumného vzorku, kde jsme sledovali hodnoty před odběrem a po odběru. Jelikož i kontrolní probandi byli sportovci, všimněme si nárůstu některých hodnot na konci testování. Nastalo to u hodnot VO₂ max, zátěže WR, i u průměrných a maximálních hodnot Wingate testu. Naopak srdeční frekvence se v průměru snížila. Dále jsme pak sledovali, zda probandi mají nějaký příjem doplňkových suplementů zejména železa. Ovšem nikdo železo ani vitamíny na podporu obnovy krve neužíval.

Naše poslední hypotéza, která tvrdila, že všechny naměřené hodnoty se vrátí do původního stavu do třech týdnů, se z části potvrdila. U testů maximální spotřeby kyslíku a tepového kyslíku se hodnoty ve třetím týdnu testování zvýšily než u prvotního měření. Od doby po odběru probandi stále provázeli své aktivity, proto také docházelo k nárůstu a mohlo to tak převýšit i původní hodnoty. U hodnot Wingate testu v průměrných hodnotách před odběrem a ve třetím týdnu po odběru krve došlo k malému snížení. U procentuálního množství vody došlo naopak k malému zvýšení. Protože bez dostatečného množství kyslíku v krvi (které je způsobeno dočasnou ztrátou krve) se do svalů během výkonu dostane více

kyseliny mléčné (laktátu) a tím pádem se svaly rychleji unavují. Znamená to, že tělo se po výkonu bude déle regenerovat (Topinková, 2015). Předpokládaná doba obnovení měřených hodnot do normálu, založená na studii, trvá zhruba tři týdny. Za tuto dobu je tělo schopno obnovit své funkce, které byly vyvolány ztrátou krve (Judd, Cornish, Barss, Oroz, & Chilibeck, 2011). Ovšem organizace Červený kříž říká, že úplná regenerace červených krvinek nastává ve čtvrtém a šestém týdnu po odběru (www.redcrossblood.org, 2016).

7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo srovnání základních somatických parametrů a aerobních a anaerobních předpokladů u dárců krve na vybraném vzorku studentů oborového studia TVS na PF JU a to formou dvou testů: VO₂max a Wingate test. Měření se zúčastnilo osm studentů – chlapců (a jedna dívka) a dalších šest studentů, kteří sloužili jako kontrolní vzorek. Většina z testovaných studentů měla zaměření fotbal či hokej, ale otestovat se nechal i jeden karatista. Všechna měření byla provedena ve funkční zátěžové laboratoři na PF JCU.

Výsledky měření a testování hráčů byly zaznamenány do tabulek a grafů, následně vyhodnoceny a porovnány, především výsledky před a po odběru krve. Tyto výsledky nám buď potvrdily, nebo vyvrátily dané hypotézy. První čtyři hypotézy se týkaly spiroergometrického (aerobního) testování, pátá a šestá hypotéza se týkala Wingate testu (anaerobní). Sedmá hypotéza se týkala procentuálního množství vody v těle a osmá, poslední hypotéza nám sloužila ke zhodnocení všech hodnot.

Ze získaných dat můžeme konstatovat potvrzení hypotézy H1, která tvrdila značný pokles hodnot maximální spotřeby kyslíku (VO₂ max) po odběru krve. Došlo také k potvrzení hypotézy H2, kde jsme předpokládali značný pokles hodnoty zátěže ve Watech u spiroergometrického testu. Třetí hypotéza H3, která nám tvrdila značný nárůst srdeční frekvence po odběru krve, se také potvrdila. K potvrzení došlo i u hypotézy číslo čtyři. Tato hypotéza tvrdila snížení tepového kyslíku po odběru krve. Hypotézy H5 a H6, týkající se anaerobního testu, se také potvrdily. Jedna se týkala průměrného výkonu a druhá zase maximálního výkonu. Hypotéza H7, která tvrdila značné zvýšení procentuálního množství vody v těle. Hypotéza H8 nám tvrdila, že všechny naměřené hodnoty se vrátí do normálu do tří týdnů. Tuto hypotézu můžeme z větší části potvrdit. Pouze u hodnot Wingate testu (anaerobního) došlo k malému snížení v době třetího týdne po odběru. Všechny tyto hypotézy jsou podrobněji objasněné ve výsledkové části a následně v závěrečné diskuzi.

Samozejmě z těchto tří testování (tělesné složení, aerobní a anaerobní testy) jsme získali mnoho dat, ovšem vybrali jsme pouze ty nejdůležitější a také ty, na kterých se nejvíce projevuje ztráta krve.

Z důvodu velké časové náročnosti a malého počtu probandů nemůžeme výsledky práce jednoznačně zobecnit. Proto jsou limity práce – výsledky vlastního výzkumu pouze orientační. I tak, z této bakalářské práce jasně vyplývá, že odběr, či nedostatek krve eliminuje výkonnost. U sportovců, kteří jsou zároveň dárci krve, si musí pořádně naplánovat termín odběru, aby jim pokles výkonnosti nezasahoval do hlavní sezóny, či důležitých

závodů. I přes malý počet probandů jsme ukázali orientační průběh výkonnosti po odběru krve. To ovšem záleží na daném jedinci, jak regeneruje, zda dodržuje pitný režim a zdravé stravování a také či má dostatečnou pohybovou aktivitu.

8 Referenční seznam literatury:

- Aulik, I., V. (1979). *Ako zisťovať tréňovanosť športovcov*. Bratislava: Športovné, slovenské telovýchovné vydavateľstvo.
- Bahenský, P., Vobr, R., Požárek, P., & Malátová, R. (2015). *Změny vybraných kondičních a somatických předpokladů u studentů tělesné výchovy v průběhu jednoho semestru*. *Studia Kineanthropologica*, 16 (1), 17–23.
- Bartůňková, S. (2006). *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*. Praha: Karolinum.
- Bartůňková, S., Heller, J., Kohlíková, E., Petr, M., Smitka, K., Štefl, M., ... Vránová, J. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže*. Praha: Univerzita Karlova.
- Bukač, L. (2005). *Intelekt, učení, dovednosti a koučování v ledním hokeji*. Praha: Olympia.
- Bukač, L., & Dovalil, J. (1990). *Lední hokej. Trénink herní dokonalosti*. Praha: Olympia.
- Cinglova, L. (2002). *Vybrané kapitoly z tělovýchovného lékařství pro studenty FTVS*. Praha: Karolinum.
- Čihák, R. (2016). *Anatomie 3*. Praha: Grada.
- Daniels, G. (2002). *Human blood groups*. UK: Bristol Institute for Transfusion Sciences.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., ... Bunc, V. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dylevský, I. (1995). *Základy anatomie a fyziologie člověka*. Olomouc: Epava.
- Fontana, J., Maďa, P., Ivák, P., Lavriková, P., Nováková, L., Šajdíková, P., ... Trnka, J. (2014). *Funkce buněk a lidského těla*. Praha: Univerzita Karlova.
- Heller, J., & Pavliš, Z. (1998). *Využití anaerobní diagnostiky v ledním hokeji*. *Trenérské listy*, Příloha magazínu Lední hokej, 16.
- Heller, J., & Vodička, P. (2011). *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. Praha: Karolinum.
- Chaloupka, V. (2000). *Zátěžové testy v kardiologii. Zátěžová elektrokardiografie*. Praha: Brána.
- Choutka, M., & Dovalil, J. (1991). *Sportovní trénink*. Praha: Olympia.
- Jacobs, I., Esbjörnsson, M., Sylvén, C., Holm, I., & Jansson, E. (1987). *Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types and blood lactate*. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19, p. 368-374.
- Jančík, J., Závodná, E., & Novotná, M. (2006). *Fyziologie tělesné zátěže*. Brno: MU.
- Judd, T. B., Cornish, S. M., Barss, T. S., Oroz, I., & Chilibeck, P. D. (2011). *Time course for recovery of peak aerobic power after blood donation*. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25 (11).
- Kubátová, D., Machová, J., Hamanová, H., Kabíček, P., Mrázová, E., Svoboda, Z., ... Wedlichová, I. (2009). *Výchova ke zdraví*. Praha: Grada.
- Lipková, J. (2006). *Fyziológia telesných cvičení. Praktické cvičenia*. Bratislava: Univerzita Komenského Bratislava.
- Komadel, L. (1997). *Telovýchovnolekárske vademekum*. Bratislava: Slovenská spoločnosť telovýchovného lekárstva.
- Manning, J. M., Dooly-Manning G., & Perrin, D. H. (1988). *Factor analysis of various anaerobic power tests*. *Sports Med. phys. Fitness*, 28, p. 138-144.
- Máček, M., & Máčková, J. (1997). *Fyziologie tělesných cvičení*. Brno: Masarykova univerzita.
- Máček, M., Radvanský, J., Brůnová, B., Daďová K., Fajstavr, J., Kolář, P., ... Zeman, V. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Malaska, Z. (1957). *Základy imunohematologie a krevní transfuse*. Příručka pro zdravotnické pracovníky. Státní zdravotnické nakladatelství, Praha. 1. vydání, str. 207.
- Mourek, J. (2012). *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada.

- Onywera, V. O., Scott, R. A., Boitt, M. K., & Pitsiladis, Y. P. (2006). *Demographic characteristics of elite Kenyan endurance runners*. *Journal of Sports Science*, 24.
- Pecka, M. (1995). *Přehled laboratorní hematologie I*. Praha: Galén.
- Penka, M., Tesařová, E., Blatný, J., Bourková, L., Buliková, A., Čech, Z., ... Zavřelová, J. (2011). *Hematologie a transfuzní lékařství I: patologie*. Praha: Grada.
- Placheta, Z., Siegelová, J., & Štejf, M. (1999). *Zátěžová diagnostika v ambulanci a klinické praxi*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Psotta, R., Bunc, V., Netscher, J., Mahrová, A., & Nováková, H. (2006). *Fotbal kondiční trénink*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Rokyta, R., Bernášková, K., Franěk, M., Kučera, P., Matějovská, I., Nohejlová, K., ... Yamamotová, A. (2000). *Fyziologie* (pro bakalářská studia v medicíně přírodovědeckých a tělovýchovných oborech). Praha: ISV.
- Rokyta, R., Marešová, D., & Turková, Z. (2014). *Somatologie*. Praha: Wolters Kluwer.
- Suchý, J. (2014). *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. Praha: Mladá fronta.
- Štumbauer, J. (1990). *Základy vědecké práce v tělesné kultuře*. České Budějovice: Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích.
- Selinger, V., Trefný, Z., & Vinařický, R. (1983). *Fyziologie člověka pro studující fakultu tělesné výchovy a sportu*. Praha: SPN.
- Sobolová, V., & Zelenka, V. (1973). *Fyziologie tělesných cvičení a sportu*. 1. vydání Praha: Olympia.
- Topinková, E. (2005). *Geriatric pro praxi*. Praha: Galén.
- Trávníčková, E., Mareš, J., Trojan, S., & Wunsch, Z. (1993). *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada.
- Vandewalle, H., Peres, G., & Monod, H. (1987). *Standard anaerobic exercise tests*. *Sports Med.*, 4, p. 268-289.
- Végh, R. (2011). *Farmaceutická technologie*. Computer Press.
- W;ilmore, J. H., & Costil, D. L. (2004). *Physiology of sport and exercise*. 3. vydání. Human Kinetics, Champaign.

Internetové zdroje:

- Proč trénovat ve vysoké nadmořské výšce (2012). Získáno 20. únor 2018, z <http://www.mtbs.cz/>
- Compek medical services (2010). Získáno 19. říjen 2017, z <https://www.compek.cz/>
- Informace pro nové dárce krve. (2011). Získáno 5. únor 2018, z <http://www.darujkrev.cz/>
- Bezpríspevkové dárcovství krve. (2011). Získáno 9. únor 2018, z <https://www.cervenkykriz.zlin.cz/jak-darovat-krev.html/>
- Oficiální stránky Českého červeného kříže. (2011). Získáno 9. únor 2018, z <http://www.cervenkykriz.eu/cz/>
- Tanita (2016). Získáno 19. říjen 2017, z <http://www.tanita-eshop.cz/>
- Vliv nadmořské výšky na vytrvalost.(2010). Získáno 22. únor 2018, z <http://www.sportvital.cz/>

9 Seznam tabulek

Tabulka 1: Vzájemný vztah mezi označením Jánského, Mosse a mezinárodní klasifikací.

Tabulka 2: Věk, výška, hmotnost a zaměření testovaných probandů.

Tabulka 3: Hodnoty maximální spotřeby kyslíku v ml/kg*min.

Tabulka 4: Hodnoty zátěže ve Watech.

Tabulka 5: Hodnoty srdeční frekvence.

Tabulka 6: Hodnoty tepového kyslíku v mililitrech.

Tabulka 7: Hodnoty průměrného výkonu u Wingate testu.

Tabulka 8: Hodnoty maximálního výkonu u Wingate testu.

Tabulka 9: Hodnoty tělesné vody v procentech.

Tabulka 10: Průměrné hodnoty se směrodatnou odchylkou u kontrolních probandů.

10 Seznam obrázků

Obrázek 1: Kyslíkový deficit a kyslíkový dluh.

Obrázek 2: Tanita BC 418 MA.

Obrázek 3: Bicyklový ergometr ve funkční zátěžové laboratoři.

Graf 1: Maximální spotřeba kyslíku.

Graf 2: WR – zátěž

Graf 3: Srdeční frekvence

Graf 4: Tepový kyslík VO₂ HR

Graf 5: Průměrný výkon Wingate

Graf 6: Maximální výkon Wingate

Graf 7: Tělesná voda.

11 Přílohy

Příloha 1: Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Vážení sportovci,

obracím se na Vás s prosbou o spolupráci a vyjádření souhlasu s Vaší participací na výzkumu zaměřeném na analýze změn aerobních a anaerobních předpokladů u dárců krve.

V rámci měření budou provedeny tyto testy den/max dva dny po odběru krve: tělesné složení přístrojem Tanita, Wingate test a test spiroergometrie.

Výsledky budou samozřejmě sloužit jako podklad pro další prohloubení poznatků v této oblasti, ale i pro Vaši potřebu. Zaznamenávány budou zcela anonymně a osobní data nebudou zveřejňována.

Předem děkujeme za Vaši ochotu.

Souhlasím s provedením testování po odběru krve