

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU



**Porovnání hodnot laktátu při shodné zátěži v plaveckém
trenažéru a na bicyklovém ergometru**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce:

Mgr. Daniel Jurák

Zpracovala:

Helena Suchomelová

Praha, srpen 2012

ABSTRAKT

Název: Porovnání hodnot laktátu při shodné zátěži v plaveckém trenažéru a na bicyklovém ergometru

Subjekt: Výzkumné práce se zúčastnilo 6 studentů (3 dívky a 3 chlapci) z prvního ročníku bakalářského studia Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy (FTVS UK) ve věku 20,5 let \pm 3 roky.

Cíl práce: Cílem práce bylo porovnat náročnost zatížení v plaveckém trenažéru se shodnou zátěží na bicyklovém ergometru, zejména na úrovni anaerobního prahu.

Metody: Studenty jsme testovali metodou Critical Swimming Speed (CSS), abychom určili jejich anaerobní práh (ANP) v pohybu ve vodním prostředí. Následně jsme provedli zátěžové testy v plaveckém trenažéru - flumu. Test se skládal ze tří 6 minutových úseků, kde první úsek plavali studenti pod úrovní zjištěné CSS, druhý na úrovni CSS a třetí nad úrovní CSS. Během testování jsme prostřednictvím sport-testerů monitorovali jejich srdeční frekvenci (SF). Poté jsme provedli testy na bicyklovém ergometru, při kterých jsme udržovali shodné hodnoty SF jako při zátěži ve flumu. Po každém 6 minutovém úseku plavání i jízdy na ergometru byl studentům odebrán krevní laktát (LA). Výsledné hodnoty odebraných LA po zátěži ve flumu a na ergometru jsme statisticky zpracovali prostřednictvím Wilcoxonova párového testu.

Výsledky: Po statistickém zpracování jsme zjistili, že hodnoty LA naměřené po prvním 6 minutovém úseku ve flumu byly v porovnání se zátěží při shodných hodnotách SF na bicyklovém ergometru statisticky významně nižší. Hodnoty LA druhého úseku zátěže ve flumu, odpovídající úrovni ANP ve flumu, byly také statisticky významně nižší než při jízdě na ergometru. Naopak, porovnání hodnot LA třetích úseků neprokázalo statisticky významnou odlišnost.

Klíčová slova: srdeční frekvence, laktát, plavecký trenažér - flum, bicyklový ergometr, critical swimming speed, anaerobní práh

ABSTRACT

Title: Comparison of lactate level at the same load in a swimming treadmill and on a bicycle ergometer

Subject: 6 students (3 girls and 3 boys) from the first year of Bachelor's study at the Faculty of Physical Education and Sport of the Charles University at the age of 20,5 years \pm 3 years took part in this research.

Goal of the research: To compare demands of the load in the swimming flume with the same load on the bicycle ergometer, mainly at the level of the anaerobic threshold.

Methods: We tested students by the method Critical Swimming Speed (CSS) for finding out their anaerobic threshold. Then students swam physical tests in the swimming treadmill - flume. The test consists of three 6 min parts. The first part of the swimming test was under the level of the CSS, the second part was at the level of the CSS and the third part was above the level of the CSS. We used the device for measuring the beat frequency (sport-testers) for obtaining information about changes of the heart rate (HR) during tests. Afterwards we accomplished tests on the bicycle ergometer, where we maintained HR at the same levels as in the load in the flume. We measured level of blood lactate (LA) after every 6 min part in the flume and on the ergometer. We statistically processed resulted values of LA by the Wilcoxon signed rank test.

Results: We found out, that values of LA measured after the first 6 min part in the flume were statistically significant lower than values of LA measured on the same levels of HR on the bicycle ergometer. Values of LA second parts in the flume, at level that corresponds to the anaerobic threshold in the flume, were also statistically significant lower than on the bicycle ergometer. Contrarily we did not find out statistically significant differences comparing values of LA of the third parts.

Key words: heart rate, lactate, swimming treadmill - flume, bicycle ergometer, critical swimming speed, anaerobic threshold

Poděkování:

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu své diplomové práce Mgr. Danielu Jurákovi za odborné vedení, praktické rady a pomoc při získávání dat.

Dále bych ráda poděkovala Lence Zahálkové z Biomedicínké laboratoře FTVS UK za odběr krevních vzorků a jejich vyhodnocení a Mgr. Lence Kovářové, Ph.D., MBA. za odborné rady a pomoc při testování studentů na bicyklových ergometrech.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat Mgr. Martinu Musálkovi za pomoc se statistickým zpracováním naměřených hodnot.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 6.9. 2012

.....

Helena Suchomelová

Evidenční list

Svoluji k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům.

Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení: Číslo OP: Datum vypůjčení: Poznámka:

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	9
1. ÚVOD.....	10
2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	12
2.1 Srdeční frekvence	12
2.1.1 Faktory ovlivňující srdeční frekvenci	12
2.1.2 Tepová frekvence.....	13
2.1.3 Klidová srdeční frekvence	14
2.1.4 Maximální srdeční frekvence.....	15
2.2 Změny srdeční frekvence ve vodním prostředí.....	16
2.3 Laktát	19
2.3.1 Využití laktátu.....	20
2.4 Aerobní a anaerobní práh.....	21
2.4.1 Aerobní práh	21
2.4.2 Anaerobní práh	21
2.4.2.1 Stanovení anaerobního prahu.....	22
2.4.2.2 Laktátová křivka	23
2.5 Pracovní zóny srdeční frekvence	24
2.6 Vliv vodního prostředí a pohybových aktivit na změny srdeční frekvence	26
2.6.1 Potápěcí reflex	26
2.6.2 Plavání v porovnání s jinými sporty	27
2.6.3 Rozdíly srdeční frekvence, hladiny laktátu a individuálního anaerobního prahu při plavání, jízdě na kole a běhu	28
2.6.4 Běh v mělké a hluboké vodě.....	31
2.6.5 Hloubka ponoření	32
2.6.6 Teplota vody	34
2.7 Působení vodního prostředí	36
2.7.1 Dýchací systém	36
2.7.2 Oběhový systém.....	36
2.7.3 Endokrinní systém a metabolismus	37
2.8 Plavecký trenažér – Flum	38
2.9 Neinvasivní metody kontroly a řízení plaveckého tréninku.....	41
2.9.1 Test T-3000.....	41
2.9.2 Testy T-2000 a T-1000	41
2.9.3 Plavecký step test.....	42
2.9.4 CSS – Critical Swimming Speed.....	43
3. CÍL A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY.....	45
3.1 Cíl a úkoly práce	45
3.2 Výzkumné otázky	46
4. ORGANIZACE A METODIKA VÝZKUMU	47
4.1 Výzkumný soubor.....	47
4.2 Metody získávání dat	47
4.3 Měřicí proměnné a použité techniky	47
4.3.1 Výpočet CSS.....	48
4.3.2 Monitorování srdeční frekvence	49
4.3.3 Další data	50
4.4 Sběr dat	50

4.4.1 Protokol stanovení CSS	51
4.4.2 Měření ve flumu.....	51
4.4.3 Měření na bicyklovém ergometru	52
4.5 Analýza dat	53
5. VÝSLEDKY	54
6. DISKUZE	66
7. ZÁVĚR	70
REFERENČNÍ SEZNAM.....	71
PŘÍLOHY	75

SEZNAM ZKRATEK

ADH - antidiuretický hormon

AEP – aerobní práh

ANP – anaerobní práh

CSS – kritická rychlost plavání (critical swimming speed)

č. - číslo

FTVS UK – Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy

H⁺ -.vodíkový kationt

HR – heart rate (srdeční frekvence)

LA – laktát, lactate

MLSS - maximální dlouhodobě udržitelné hladině laktátu (maximal lactate steady state)

mmol/l - milimol na litr

m/s – metr za sekundu

SF- srdeční frekvence

SF_{ANP} – srdeční frekvence na úrovni anaerobního prahu

SF_{max} - maximální srdeční frekvence

tep/min – tep za minutu

TF- tepová frekvence

VO₂ - spotřeba kyslíku

1. ÚVOD

Plavání je sport jako žádný jiný. Protože se uskutečňuje ve specifickém vodním prostředí, umožňuje vykonávat pohyb, jak novorozencům, zdravotně oslabeným, tak i pohybově nebo smyslově handicapovaným osobám. Díky tomu je plavání jednou z mála pohybových aktivit, kterou může člověk provozovat prakticky celý život.

Je známo, že vodní prostředí specificky působí na lidské tělo. Již klidné ležení ve vodě několikanásobně zvyšuje energetický výdej organismu. Při pouhém pobytu ve vodě ovlivňujeme výrazně metabolismus, krevní oběh, dýchání i žlázy s vnitřní sekrecí. Hydrostatický tlak vytlačí při ponoření do vody krev z periferií do centrálních orgánů jako jsou plíce nebo srdce. Mění se dechové objemy i mechanika dýchání. V důsledku větší nabídky krve dochází ke zvýšení minutového i tepového objemu srdce (Bělková-Preislerová, 1988, Havlíčková aj., 1993).

Popsané vlivy mají spolu s dalšími faktory za následek snížení srdeční frekvence (SF). Ve své bakalářské práci jsem se zabývala právě změnami SF ve vodním prostředí. Jedná se o velice zajímavou oblast a názory odborníků se poměrně liší. Autoři McEvoy (1985), Edwards (1996), Maglischo (2003), Olbrecht (2000), udávají různé důvody a hodnoty poklesu SF při pohybu plavce ve vodě. Podle Čechovské (2003) dochází při kontaktu obličejem s vodou k poklesu SF o 10-25 %. A při plavání dochází ke snížení SF zhruba o 7-13 tepů za minutu.

V Čechách i zahraničí bylo provedeno mnoho výzkumů zabývajících se změnami vnitřního prostředí těla, zejména SF, při pohybových činnostech ve vodním prostředí a na suchu. Výzkumy porovnávaly například hodnoty SF při běhu a plavání nebo běhu ve vodě a na suchu. Některé výzkumy se zabývaly také velikostí SF a hladiny laktátu (LA) na úrovni anaerobního prahu při plavání, jízdě na bicyklovém ergometru nebo běhu. O těchto výzkumech budeme referovat dále v textu.

Téma zabývajících se porovnáním hodnot LA při shodné zátěži v plaveckém trenažéru a na bicyklovém ergometru jsem si vybrala, neboť jsem si chtěla rozšířit přehled o této problematice. Dalšími z důvodů pro výběr byla souvislost s mou bakalářskou prací a kladný vztah k plavání a k vodním aktivitám. Posledním popudem bylo přání vyzkoušet si něco nového a zvědavost, jaké budou výsledky měření.

Práce by měla poukázat na to, jak pohyb ve vodním prostředí ovlivňuje lidské tělo, jeho funkce a hodnoty SF a LA. Dále se zabývá porovnáním zátěže ve vodě a na suchu. Hlavním cílem práce je porovnat hodnoty LA při zátěži shodné intenzity v plaveckém trenažéru a na bicyklovém ergometru.

2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

2.1 Srdeční frekvence

Srdeční frekvence (SF) je jedním z ukazatelů srdeční činnosti a zároveň často sledovaným parametrem během sportovního tréninku. Podle Bartůňkové (2006) je SF u zdravého člověka dána aktivitou sinusového uzlíku a činí 70 cyklů za minutu.

Monitorování dynamiky SF je jednou z nejdéle používaných a při dlouhodobém a pravidelném měření také nejspolehlivějších metod pro určování intenzity zatížení, míry adaptace (trénovanosti), stupně únavy a celkového stavu organismu při a také po sportovní činnosti. Ve vztahu SF se spotřebou kyslíku zjistíme stupeň úsilí prováděné činnosti. Ke skutečnému rozšíření této metody došlo až v posledních letech v souvislosti s dostupností spolehlivých monitorů pro její registraci (Neuls, 2003, Graef, Krueel, 2006).

2.1.1 Faktory ovlivňující srdeční frekvenci

Přestože je SF často měřeným parametrem, podle Bartůňkové (2006) existuje řada ovlivňujících faktorů jako:

- Genetická dispozice
- Trénovanost
- Teplota tělesného jádra
- Poloha těla
- Klimatické podmínky
- Intenzita a typ fyzické zátěže
- Psychická zátěž
- Trávení
- Únava
- Reflexní dráždění
- Látkové vlivy

Formánek, Horčic (2003) uvádějí vnější faktory ovlivňující SF mezi které patří:

- Teplota a vlhkost

Nejvýraznější vliv na SF má zvýšená teplota tělesného jádra. Při teplotě kolem 30°C a vlhkosti 70% pak může být SF o 10-20 tepů/min (tepů za minutu) vyšší než při shodné intenzitě pohybu v běžných podmínkách.

- Nadmořská výška

Vlivem nadmořské výšky dochází ke zvýšení SF při zátěži i v klidu. Trénink ve vyšších nadmořských výškách je oblíbený zejména mezi vytrvalostními sportovci.

- Oblečení

Nevhodné oblečení nedovolující optimální výměnu tepla působí zvýšení SF.

- Psychické vlivy

Mezi hlavní psychické vlivy ovlivňující hodnotu SF patří atmosféra na tréninku, v soutěži či blízkost druhého pohlaví.

- Příjem potravy

Prostřednictvím příjmu potravy ovlivňujeme nejen hodnotu SF, ale také koncentrace laktátu (LA). Po stravě bohaté na cukry dosáhne zvýšení SF v průměru 10-20 tepů/min a hladiny LA 1-2 mmol/l. Naopak při delším hladovění a vyčerpání glycidových zásob se hodnoty SF a LA snižují.

2.1.2 Tepová frekvence

U zdravého člověka odpovídá hodnota tepové frekvence (TF) frekvenci srdeční (SF). Rozdíl mezi pojmy SF a TP spočívá v místě měření. Zatímco hodnotu SF zjišťujeme přímo u srdce, velikost TP měříme na tepnách. U osob nemocných, například u pacientů se síňovou fibrilací, se může objevit periferní deficit

(rozdíl mezi TF a SF). TF odpovídá 72 tepům/min, zvýšená je u dětí a naopak snižená u sportovců a tělesně pracujících.

Tep odpovídá srdečnímu tepovému objemu vypuzenému do arteriálního řečiště. Závisí na tlaku, objemu krve a rychlosti krevního proudu. Pulsovou vlnu nahmatáme na periférii. V klinické praxi se používá měření na *a. femoralis*, *a. tibialis*, *a. poliptea*. Tep zásadně neměříme na karotidě (*a. carotis*), kdy můžeme vyvolat sinokarotický reflex, jehož následkem je snížení SF (Bartůňková, 2006).

2.1.3 Klidová srdeční frekvence

Pro určení důležitých individuálních pásem intenzity zatížení je třeba znát hodnotu klidové SF. Měří se vleže ráno po probuzení nebo po 20-30 min klidu vleže. Doporučuje se měření opakovat po několik dní a ze získaných hodnot vypočítat aritmetickým průměrem výslednou klidovou SF. Při ručním měření se měří tlakem několika prstů na vřetenní tepnu na zápěstí ruky nebo přiložením celé dlaně na levou polovinu hrudníku blízko středu, v oblasti srdečního hrotu (Čechovská, 2003, 2008).

Klidová SF je citlivý indikátor stavu trénovanosti. Maglischo (2003) uvádí, že klidová SF dobře trénovaných sportovců se pohybuje mezi 30-70 tepy/min. Prakticky všichni vrcholoví sportovci mají klidovou SF pod 40 tepy/min. U netrénovaných osob se klidová SF nachází v rozmezí 60-80 tepů/min. Vlivem trénování se srdce sportovce zvětšuje a sílí a díky tomu může každým tepem vypudit více krve do krevního oběhu. Proto stačí méně tepů k zásobování těla krví i během odpočinku a dochází ke snížení klidové SF (<http://www.pazicky.cz/>, 2012).

Stabilizovaná hodnota klidové SF je efektivní ukazatel zdravotního stavu sportovce (Maglischo, 2003). Její běžné výkyvy se pohybují mezi 4-6 tepy/min, ale pokud stoupne o více než 8 tepů/min je nutné hledat příčinu. Mezi nejčastější příčiny patří nemoc nebo přetřénování, kdy je nutné najít příčinu a trénování často přerušit. SF reaguje citlivě také na problémy, které nastanou, pokud se sportovec dostane do nestandardních podmínek. Většinou to bývá při pobytu sportovce v cizím prostředí, vlivem dlouhého cestování nebo posunem v časových pásmech (Horčic, Formánek, 2003, <http://www.pazicky.cz/>, 2012)

2.1.4 Maximální srdeční frekvence

Každý sportovec by měl znát hodnotu své maximální SF (SF_{max}), protože tato informace je důležitá pro optimalizování tréninkového zatížení pomocí přesného určení zón SF. Jedná se o nejvyšší individuální hodnotu SF, kterou dosahujeme na konci souvislého zatížení maximální intenzitou nebo při souvislém stupňovaném zatížení do maxima. Doba zátěže by měla být nejméně 3 min a neměla by být delší než 15 min. Důležité je zdůraznit, že hodnota SF_{max} není směrodatná pro určení výkonnosti, nedá se tréninkem ovlivnit a s věkem klesá. Individuální hodnota SF_{max} je rozdílná při plavání, běhu i dalších sportech (Horčic, Formánek, 2003, Čechovská, 2003).

U většiny sportovců se hodnota SF_{max} pohybuje mezi 175-220 tepy/min. SF_{max} souvisí s věkem, čehož se využívá při výpočtu její teoretické hodnoty. Zjistíme ji odečtením věku od čísla 220. Dalším způsobem zjištění hodnoty SF_{max} je změření palpací po maximálním sportovním výkonu po dobu 10 sekund a následně vynásobení šesti. Měříme na zápěstí nebo na jiné velké tepně kromě karotidy. Nejspolehlivější metodou je však změřit si SF_{max} pomocí zařízení pro měření SF během sportovního výkonu (Čechovská, 2003, Maglischo, 2003, <http://www.pazicky.cz/>, 2012).

Hodnota SF_{max} může mít také diagnostický význam. Pokud dojde k náhlému snížení její hodnoty trvajícím několik dní, může to být známkou přetrénování (Maglischo, 2003).

2.2 Změny srdeční frekvence ve vodním prostředí

Při plavání nebo pouhém pobytu ve vodě dochází ke snížení klidové i maximální SF. Je to způsobeno řadou faktorů, mezi které patří poloha těla, hydrostatický tlak, hloubka ponoření, teplota vody nebo potápěcí reflex. Názory autorů na velikost snížení SF se různí, stejně jako na faktory, které snížení způsobují.

McEvoy (1985) doporučuje ve výpočtu tréninkového pásma pro kondiční plavání od vypočtených hodnot intenzity zatížení odečítat průměrně 10 tepů. Hlavním důvodem odečtu je podle McEvoye vodorovná poloha těla. Autoři zabývající se touto problematikou uvádějí různé důvody, které vedou ke snížení SF ve vodě. Edwards (1996), Maglischo (2003), Olbrecht (2000), American red cross (1992) se neshodují ve velikosti SF, která by se měla standardně odečítat. Přesto je obecně přijato, že nejčastější faktory, které ovlivňují hodnoty SF ve vodním prostředí, jsou tyto:

- Vodorovná poloha těla, která zlepšuje návrat krve provázený zvýšením tepového objemu (efektivnější práce srdce).
- Práce menších svalových skupin horní poloviny těla, oproti práci větších svalových skupin dolní poloviny těla při pohybu na suchu.
- Stažení periferního cévního systému v chladnějším prostředí a vlivem hydrostatického tlaku vody.
- Potápěcí reflex. Jedná se o přirozený reflex asociovaný nervy v nasální oblasti, který při potopení obličeje do chladné vody způsobí snížení SF i krevního tlaku.

Čechovská (2003) udává, že při kontaktu obličeje s vodou dochází k poklesu SF o 10-25 %. Při potopení celého těla a zadržení dechu se hodnota SF dále snižuje. Závodní plavci vlivem důkladné adaptace na vodní prostředí a dokonalé plavecké techniky nevykazují tak výrazné rozdíly SF na suchu a ve vodě. Při plavání je hodnota SF snížena zhruba o 7-13 tepů/min v důsledku:

- Vyšší tepelné vodivosti prostředí, která vede k určitému zpomalení metabolismu.
- Působení vztlaku vody, zatížení se při pohybu ve vodě ve srovnání s pohybem o stejné intenzitě na suchu snižuje.
- Vodorovné polohy těla při plavání. Na základě usnadnění žilního návratu krve umožňuje tato poloha efektivnější srdeční práci.
- Větší zatížení horních končetin než je obvyklé při lokomoci na suchu.

Graef a Krueel (2006) neuvádějí konkrétní hodnoty snížení SF, ale popisují hlavní faktory ovlivňující změny SF ve vodním prostředí. Mezi tyto faktory patří:

- teplota vody
- hydrostatický vztlak
- poloha těla
- hloubka ponoření
- klidová SF
- intenzita prováděné činnosti

Bunc (1989) si nižší hodnoty SF_{max} vysvětluje především tím, že plavání nepatří mezi základní lokomoční prostředky člověka a organismus vykazuje podstatně nižší stupeň adaptace na tento typ zatížení, než je tomu v případě chůze nebo běhu.

Některé studie naopak upozorňují na fakt, že jedinec adaptovaný na vodní prostředí nemusí vykazovat změny v hodnotách SF_{max} . Dokonce se ukazuje, že

vynikající běžci, kteří podstoupí test na běžeckém ergometru s jasně definovanou intenzitou zatížení, vykazují stejné hodnoty SF ve vodním prostředí s dodržáním stejné kadence běhu jako na suchu. Můžeme se domnívat, že v tomto případě jsou hodnoty SF ve vodním prostředí podobné výsledkům na suchu z důvodů zapojení velkých svalových skupin dolních končetin (svaly horních končetin pracovaly proti většímu odporu prostředí) a protože pohyb byl prováděn ve vertikální poloze. Studie, zkoumající odezvu organismu na běh ve vodě u nesportovců neadaptovaných na vodní prostředí, zjistily, že testovaní vykazovali nižší hodnoty SF během zatížení oproti stejnému zatížení na suchu (Kravitz, Mayo, 1997).

2.3 Laktát

Laktát (LA) je sůl kyseliny mléčné. Vzniká ve svalech jako vedlejší produkt při anaerobním krytí energetických nároků organismu během reakce nazvané anaerobní glykolýza. Jedná se o neúplný rozklad glukózy nebo živočišného škrobu glykogenu na kyselinu mléčnou. Začíná se uplatňovat již od 5 sekund intenzivní práce a maxima dosahuje asi za 40-60 sekund práce. Následně se kyselina mléčná rychle rozkládá na mléčnan (laktát) a vodíkový kationt (H^+). Nahromaděním vodíkových kationtů dochází k poklesu pH, tj. zakyselení (acidóze) vnitřního prostředí. Narůstající acidóza prostředí buňky a následně i mimobuněčného vnitřního prostředí má negativní vliv na řadu fyziologických i metabolických funkcí, například narušení nervosvalového přenosu, které se projevuje zhoršením koordinace nebo útlumem metabolických procesů (Maglischo, 2003, Jansa, Dovalil a kol., 2007).

Obecně rozšířená je představa, že anaerobní glykolýza je práce organismu na kyslíkový dluh a nastupuje proto, že svaly nejsou dostatečně zásobeny kyslíkem. Skutečnou příčinou nástupu anaerobní glykolýzy je především výrazný pokles energetických zásob a tím narušení rovnováhy ve svalové buňce (Jansa, Dovalil a kol., 2007).

LA se vytváří v činných svalech a následně se koncentruje v krvi. Rozborem krve se potom také zjišťuje jeho hodnota pro posouzení intenzity pohybové činnosti. Malé množství LA vzniká i za klidových podmínek a při zvyšujícím se zatížení jeho hodnota stoupá. Maglischo (2003) uvádí, že klidové hodnoty LA jsou 1-2 mmol/l krve. Při maximálních výkonech může hodnota LA vzrůst až na více než 10mmol/ (Dovalil a kol., 2002) nebo 10-20 mmol/l krve (Maglischo, 2003). V těchto extrémních případech musí být pohybová činnost nuceně přerušena (Jansa, Dovalil a kol., 2007).

Množství kyseliny mléčné a následně LA, který se nahromadí ve svalech, záleží na poměru mezi hodnotou jeho produkce a odstraňováním. Tyto hodnoty jsou v rovnováze při cvičení v nižších a středních intenzitách a proto se LA ve svalech nekumuluje, případně jen malé množství. Při náročnějších pohybových činnostech se zvýší produkce LA, lidské tělo nestačí dostatečně rychle LA odbourávat a ten se hromadí ve svalových vláknech. Obecně můžeme shrnout, že množství LA ve svalových vláknech při plavání záleží na rychlosti plavání, hodnotě spotřeby kyslíku a typu svalových vláken (Maglischo, 2003).

Další mechanismus, který ovlivňuje rychlost nárůstu koncentrace LA je schopnost odstraňovat LA během zátěže. Dříve si vědci mysleli, že vytvořený LA nemůže být ze svalů odstraněn během zátěže. Věřili, že vytvořený LA zůstává ve svalech do konce zátěže a následně je vyplaven do krve. Potom se ukázalo, že LA může být ze svalových vláken odstraňován i během cvičení, čímž se sníží množství jeho nahromadění. Brooks a kol. (1996 in Machlischo, 2003) dokonce uvádí, že hodnota LA může být snižována zvýšenou spotřebou kyslíku.

2.3.1 Využití laktátu

Podle Jansy, Dovalila a kol. (2007) se někteří lidé mylně domnívají, že LA je pouze zbytečný produkt metabolických procesů. Ve skutečnosti má ale LA v organismu mnoho uplatnění. Po přesunu LA ze svalových vláken do mezibuněčného prostoru a do krve je LA následně distribuován do celého organismu a má význam pro různé regulační mechanismy uplatňující se při fyzické práci.

Tvorba LA podporuje přesun vody z kapilár do buněk a tím se v cévách zvyšuje relativní koncentrace hemoglobinu. Koncentrace vodíkových kationtů vznikajících při tvorbě LA rozšiřují krevní řečiště a tím umožňují lepší zásobení a prokrvení tkání kyslíkem. Bez obou těchto mechanismů by organismus nebyl schopen dosahovat při práci vysoké intenzity ani vysoké úrovně aerobního mechanismu. LA také slouží jako zdroj energie srdečního svalu. V srdci a játrech může být přeměněn na glykogen a sloužit jako zásobní zdroj energie. Na eliminaci LA se podílejí i ledviny a je zpracováván v aerobních metabolických pochodech v oxidativních svalových vláknech (Maglischo, 2003, <http://www.pazicky.cz/>, 2012).

2.4 Aerobní a anaerobní práh

Důležitými hodnotami, které jsou nezbytné pro řízení tréninkového procesu nejen v plavání, jsou hodnoty aerobního (AEP) a anaerobního prahu (ANP). Slouží stejně jako SF_{max} jako základní parametr pro odvozování pracovní intenzity pohybových činností.

2.4.1 Aerobní práh

AEP je Čechovskou (2003) charakterizován jako nejnižší hodnota zatížení, kdy ještě zvažujeme tréninkový efekt. Jinými slovy řečeno, hodnota AEP nás informuje o dolní hranici možného tréninkového zatížení k udržení stávající úrovně aerobní zdatnosti. Jeho hodnota byla stanovena na 2 mmol/l LA.

AEP vypočteme jako procentuální část hodnoty SF na hranici ANP:

$$SF_{AEP} = 75 - 80 \% SF_{ANP}$$

2.4.2 Anaerobní práh

Pojem ANP byl definován Wassermannem už v roce 1964 jako maximální intenzita zatížení, která může být ještě udržitelná bez vzrůstajícího překyselení. Bartůňková (2006) definuje ANP jako maximální intenzitu konstantního zatížení, kdy je v rovnováze tvorba a utilizace LA. Podle Čechovské (2008) představuje ANP nejvyšší hodnotu intenzity zatížení, kdy je ještě možné zajišťovat pohybovou činnost ekonomickým aerobním způsobem.

Pro stanovení hodnoty SF na úrovni ANP (SF_{ANP}) se používá hodnota 90 % SF_{max} . S přihlédnutím ke specifikům vodního prostředí můžeme hlavně u méně trénovaných jedinců, počítat i s hodnotami o něco málo nižšími (Čechovská, 2003).

$$SF_{ANP} = 88 - 93 \% SF_{max}$$

Nad úrovní ANP se energetické zabezpečení pohybové činnosti mění ve prospěch anaerobního krytí. Změnou intenzity činnosti je významně ovlivňováno

vnitřní prostředí organismu. Nejvýznamnější změnou, která v organismu nastává je vyplavení do krve metabolitu – kyseliny mléčné a jejího následného rozkladu na LA a H^+ . Obvykle udávané hodnota LA na úrovni ANP je 4 mmol/l s individuální variabilitou mezi 3-5 mmol/l (Bartůňková, 2006, Čechovská 2003).

2.4.2.1 Stanovení anaerobního prahu

Existuje několik metod stanovení ANP. První metoda je invazivní a spočívá ve stanovení hodnoty LA z krevního vzorku. Je založena na změnách koncentrace LA v krvi během zvyšování intenzity zátěže. Laktátový ANP stanovujeme v terénních podmínkách pomocí vyhodnocení laktátové křivky. Používáme metodu opakovaných stupňovaných zátěží, kdy osobu zatěžujeme nejméně čtyřmi, raději však více stupni zatížení. Každý stupeň zatížení může být charakterizován buď dobou trvání (3 min a déle) nebo vzdáleností. V běhu se používá například test 5 x 2 km, v plavání je oblíbený test 4 x 300 m. Hladiny LA jsou spolu se SF a rychlostí prováděné aktivity počítačově zpracovány a vyhodnoceny. Analýzou laktátové křivky, tj. exponenciálního nárůstu koncentrace LA v závislosti na zatížení se stanovuje „bod zlomu“ či začátek strmého nárůstu LA, který odpovídá individuálnímu laktátovému prahu.

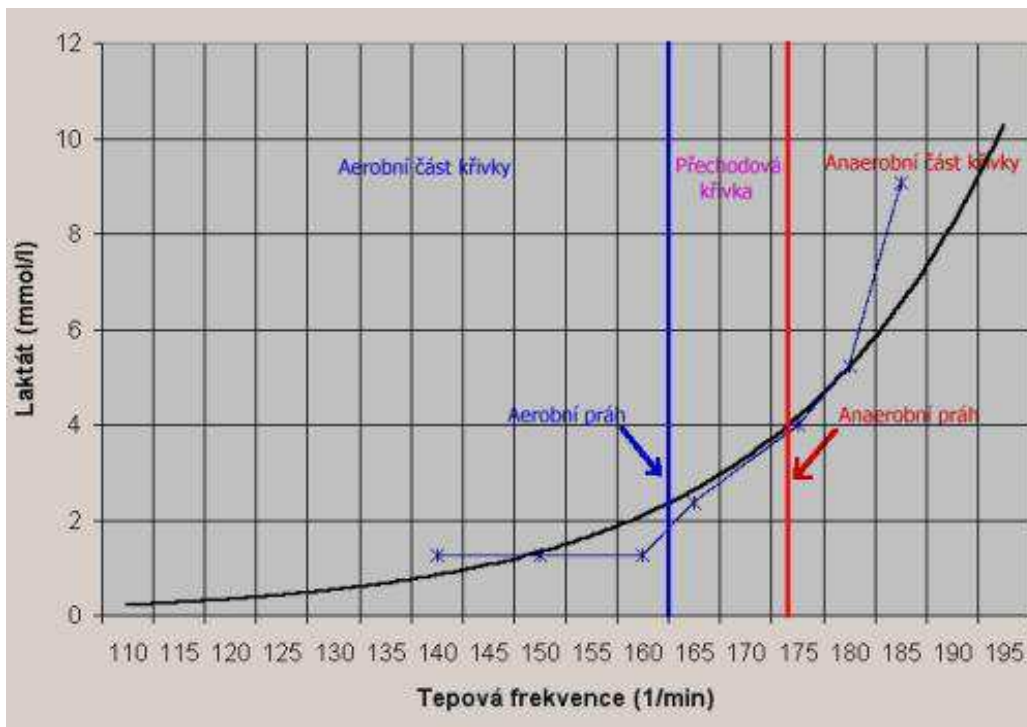
Druhá metoda je neinvazivní, k stanovení ANP využíváme ventilačně-respiračních ukazatelů. V oblasti ANP dochází ke zlomu a změně do té doby lineárního průběhu minutové ventilace a spotřeby kyslíku. Při hladině LA 4 mmol/l se začíná stupňovat metabolická acidóza kompenzovaná nárazníkovými systémy. Labilní kyselina uhličitá z bikarbonátového pufru uvolňuje více oxidu uhličitého, který dráždí dýchací centrum a zvyšuje ventilaci.

V praxi jsou často užívány také různé motorické testy, kdy stanovujeme ANP podle zlomu stupňované SF, bez nutnosti odběru LA. Oblíbený je například Conconiho běžecký test, v plavání potom step test nebo test kritické rychlosti plavání (CSS). Uvedené metody jsou založeny na vztahu kinetiky SF a rychlosti pohybu. U většiny osob lze při stupňovaném zatěžování nalézt odklon linearity závislosti SF na intenzitě. Kritická rychlost odpovídá rychlosti na úrovni ANP a kritická SF odpovídá SF_{ANP} (Čechovská 2003, 2008, Horčic, Formánek, 2003, Bartůňková, 2006, <http://www.pazicky.cz/>, 2012).

2.4.2.2 Laktátová křivka

Základní charakteristiku odpovědi organismu na zátěž vytrvalostního typu představuje laktátová křivka (viz Graf č. 1). Jedná se o graf koncentrace LA v krvi na SF a mění se v závislosti na tréninku. Posun křivky doprava znamená zvýšení úrovně aerobního a anaerobního prahu a pozdější zapojení anaerobního metabolismu, což vede ke zlepšení vytrvalosti. U vytrvalostně trénovaných sportovců leží individuální prahy pod hodnotami 2 a 4 mmol/l LA. Řízená tréninková zátěž je pak určena tímto laktátovým prahovým konceptem (<http://www.cyklotrenink.com/>, 2009, <http://www.pazicky.cz/>, 2012).

Graf č. 1: Laktátová křivka



(<http://www.kpo.cz/>)

2.5 Pracovní zóny srdeční frekvence

Rozhodnutí o intenzitě zatížení pohybové činnosti (určení tzv. zón zatížení) a kontrola odezvy představují nejdůležitější problém řízení sportovního tréninku. Orientujeme se podle hodnot SF vzhledem k maximální hodnotě SF.

Různí autoři nejčastěji uvádějí tři, někdy čtyři tréninkové zóny SF. Každá ze zón odpovídá různým metabolickým a respiračním mechanismům v těle sportovce. Ač se tréninkové zóny mohou lišit, tréninkový cíl je stále stejný - trénovat v různých energetických systémech s různými hodnotami SF (Burke, 1998, Čechovská, 2003).

Zóna nízké aktivity

Jedná se o nejnižší intenzitu pohybových aktivit, kdy ještě dochází ke zlepšení tělesné kondice. Zátěž odpovídá intenzitě 50–60 % SF_{max} a tělo využívá jako energetický zdroj tuky. Intenzita cvičení je nenáročná a sportovci se často necítí komfortně při zátěži takto nízké intenzity. Nejvhodnější je využití této intenzity zatížení na začátku rozcvičení a při návratu k trénování po nemoci nebo úrazu (Burke, 1998).

Udržovací zóna

Představuje aerobní trénink při kterém se intenzita zatížení pohybuje kolem 60-70 % SF_{max} . Úroveň zatížení v udržovací zóně je ideální pro rozvíjení činnosti srdce. Z celkového tréninkového objemu představuje přibližně 25 %, odpovídá pomalým cvičením na místě, delšímu rozplavání nebo vyplavání. Při tréninku v této zóně dochází k rozvoji vytrvalosti a ve svalech se zvyšuje počet enzymů odpovědných za kyslíkový metabolismus (Burke, 1998, Čechovská, 2003).

Rozvíjející zóna

Odpovídá aerobní zóně, která byla po roky nazývána jako cílená zóna SF a je nejoblíbenější intenzitou zátěže. Představuje nejvyšší intenzitu zatížení, která je stále pohodlná a sportovec může při cvičení bez problému mluvit. Podle Burkeho (1998) odpovídá 70-85 % SF_{max} .

Čechovská (2003) uvádí, že trénink v této zóně může mít dvě úrovně:

Při mírnějším rozvoji se intenzita pohybuje okolo 70-80 % SF_{max} , což představuje nejméně 50 % tréninkového objemu. Zatížení odpovídá intervalové plavání s krátkým odpočinkem nebo dynamické činnosti prováděné na místě.

Rozvíjejícímu tréninku vyšší intenzity odpovídají hodnoty 80-90 % SF_{max} a představuje především trénink intervalový nebo střídavý a činnosti na místě prováděné bez přerušení nebo intervalově. Tvorba a utilizace LA jsou ve vzájemné rovnováze.

Netrénovaní jedinci čerpají při zátěži v této zóně jako hlavní zdroj energie sacharidy, skladované ve svalech ve formě glykogenu a při zlepšování jejich kondice začnou více energii čerpat z tuků. Následně vydrží na této úrovni pohybovou aktivitu déle a ušetří si omezené zásobní množství glykogenu.

Mezi hlavní benefity tréninku v této zóně patří především rozvoj vytrvalosti a udržení rychlosti při sportovní činnosti bez vytvoření nadbytku LA (Burke, 1998).

Přetěžující zóna

V této zóně se intenzita tréninku pohybuje nad 90 % SF_{max} , což odpovídá zatížení kolem ANP a obvykle představuje okolo 25 % celkového tréninkového objemu (Čechovská, 2003).

Podle Burkeho (1998) se úroveň SF v této zóně pohybuje mezi 85-100 % SF_{max} . Trénink na hranici ANP (80-90 % SF_{max}) zvyšuje schopnost organismu metabolizovat LA a umožňuje tak trénovat ve vyšších intenzitách, než dojde k bolestivému nahromadění LA a kyslíkovému dluhu.

Pohybová činnost na této úrovni už je velice náročná a často spojená s nepříjemnými pocity. Mezi hlavní pocity patří unavené, bolestivé svaly, zadýchání a únava. Pokud tyto pocity sportovec překoná, projevené úsilí se mu vyplatí a on bude schopný vydržet větší zatížení po delší čas při nižší úrovni SF.

Trénink v této pracovní zóně se projevuje zvýšením tolerance svalstva k LA a zvýšením počtu enzymů ve svalech, které jsou odpovědné za anaerobní metabolismus.

SF na úrovni 90-100 % SF_{max} je již za úrovní ANP a způsobuje velký kyslíkový dluh, což znamená, že svaly nejsou schopny přenášet množství kyslíku potřebné k dokončení cvičení. Velice rychle vzniká ve svalech LA. Organismus sportovce dokáže aktivitu na této úrovni provádět jen po krátkou dobu. Díky trénování na této úrovni se zvyšuje odolnost svalů k velkému množství LA a zlepšují se schopnosti k podání maximálního výkonu (Burke, 1998).

2.6 Vliv vodního prostředí a pohybových aktivit na změny srdeční frekvence

Mnohé, především zahraniční výzkumy se zabývaly sledováním reakcí SF na vodní prostředí. V Čechách prováděli výzkum například Motyčka a Hron (1998), kteří pomocí sport-testerů zkoumali údajné nebezpečí spojené s potápěčím reflexem a Kovářová, Kovář (2011) kteří se zabývali porovnáváním SF, množstvím LA a ANP při plavání, běhu a jízdě na bicyklovém ergometru.

Zahraniční výzkumy se zabývaly především porovnáváním změn SF při zatížení ve vodním prostředí a na suchu nebo posuzovaly, jak hodnotu SF ovlivňuje míra ponoření lidského těla a teplota vody.

2.6.1 Potápěcí reflex

Při ponoření obličeje do vody se potápěcí reflex projevuje typickými fyziologickými změnami. Mezi tyto změny patří pokles SF (bradykardie) a periferní zúžení cév (vazokonstrikce), které má za následek odklonění krve do trupu. To způsobí vzestup objemu krve navracející se k srdci a vzestup systolického objemu. Ve výsledku dojde k významnému zvýšení tepenného krevního tlaku. Jako vyvážení tohoto vzestupu se objeví pokles SF. Spouštění potápěcího reflexu také ovlivňuje zadržetí dechu při ponoření (apnoe) (www.zsf.jcu.cz/, 2009, <http://www.freediving.cz/>, 2003).

Motyčka a Hron (1998) z Ústavu tělesné kultury v Brně provedli výzkum, ve kterém měřili a vyhodnocovali potápěcí reflex. Důvodem k provedení tohoto výzkumu byly informace v literatuře podle nichž jsou osoby s vysokou dráždivostí bloudivého nervu (*n.vagus*) ohroženy utonutím při ponoření do vody. Výzkum byl proveden na 13 osobách, vrcholových i rekreačních plavcích. Pomocí sport-testerů se měřeným osobám snímala SF nejprve v klidu na suchu, potom v klidu vleže na dně bazénu se zadržetím dechu a znovu v sedu na suchu. To se opakovalo třikrát po sobě. Nakonec se SF měřila ještě při plavání pod vodou na vzdálenost 25 m. Výsledky prokázaly, že u všech sledovaných osob došlo při ponoření a setrvání pod vodou a při plavání pod vodou k výraznému snížení SF. Potápěcí reflex byl u 4 osob s citlivým bloudivým nervem určitým nebezpečím. Při souhře nepříznivých činitelů (ponoření bez rozplavání, delší ponoření bez rozcvičení na suchu) může podle autorů nastat ohrožení života příliš

velkým poklesem SF vedoucí ke ztrátě orientace nebo bezvědomí (Motyčka, Hron, 1998).

Osvědčenou prevencí před negativními účinky potápěcího reflexu je aktivní rozehrání organismu. Z doporučení vyplývá, že rozcvičení by mělo být natolik intenzivní, aby SF stoupla minimálně k 120 tepů/min. Při ponoření do vody se pak SF sníží na hodnoty kolem 80-90 tepů/min a díky tomuto jednoduchému cvičení pak člověku uvedené nebezpečí nehrozí (Motyčka, 1991).

2.6.2 Plavání v porovnání s jinými sporty

V posledních několika desetiletích bylo provedeno mnoho srovnávacích studií zabývajících se porovnáním chůze, běhu, jízdy na bicyklovém ergometru a plavání. Výsledky studií ukazují na pokles SF vlivem ponoření do vody.

McArdle a kol. (1971, in Graef, Krueel, 2006) porovnávali změny SF při plavání a chůzi a dospěli k závěru, že průměrná SF ve vodě byla statisticky významně rozdílná ($p < 0,05$) od průměrné SF naměřené na suchu. Hodnoty SF ve vodě byly nižší o 9 až 13 tepů/min. Ve stejném výzkumu dosáhla SF_{max} při plavání statisticky odlišných hodnot ($p < 0,01$) při porovnání s chůzí. Průměrně byla SF_{max} během plavání o 22 tepů/min nižší než při chůzi.

Vilas-Boas (1989, in Graef, Krueel, 2006) porovnával SF_{max} při plavání a při běhu. Výsledky ukázaly, že hodnoty při plavání byly nižší než při běhu, přičemž rozdíl u žen byl menší než u mužů. Průměrná hodnota SF_{max} při plavání byla o 7 tepů/min nižší ($p < 0,05$) než při běhu. U mužů byl rozdíl do 12 tepů/min a u žen do 2 tepů/min.

Holmér a kol. (1974, in Graef, Krueel, 2006) se zabývali porovnáváním SF_{max} při běhu na běžeckém trenažéru a plavání ve flumu. Podle výsledků byla SF_{max} naměřená při plavání průměrně o 15 tepů/min nižší než při běhu ($p < 0,01$). Další Holmérova studie (1974, in Graef, Krueel, 2006) se zabývala testy s submaximálním a maximálním zatížením při běhu na trenažéru a plavání ve flumu. Výsledky ukázaly, že SF při plavání byla o 12 tepů/min nižší ($p < 0,5$).

Výzkum zabývajícím se porovnáním SF_{max} při běhu, plavání a jízdě na bicyklovém ergometru provedl Scolfaro a kol. (1998, in Graef, Krueel, 2006). Zjistili, že SF při plavání v porovnání s během klesla u mužů o 15 a u žen o 14 tepů/min. SF při plavání byla také v porovnání se SF při jízdě na bicyklovém ergometru o 3 tepy/min nižší u

mužů, u žen nebylo měření provedeno. Podle autorů byly menší rozdíly SF_{max} na bicyklovém ergometru než při běhání z důvodu, že jízda na ergometru není lokomoční pohyb a nedochází k přemístování těžiště těla. Ačkoliv jsou plavání i běh sporty spojené s lokomocí, důsledky vyplývající z rozdílné polohy těla při plavání mají velký vliv a tím odlišují plavání od jiných sportů.

Obecně lze říci, že SF je při plavání významně snižována jako kompenzace vyššího systolického objemu způsobeného horizontální polohou těla. V souladu s uvedenými výsledky je pokles SF podle většiny výzkumů mezi 12 a 15 tepy/min. Větší rozdíly byly zjištěny u nesportovců a souvisejí s vyššími hodnotami klidové SF. Poměrně velké rozdíly mezi muži a ženami udávané ve výzkumu Vilase-Boase mohou být vysvětleny odlišnými hodnotami klidové SF vyplývající z různých úrovní trénovanosti účastníků. Podle výsledků měly ženy vyšší úroveň trénovanosti (Graef, Krueel, 2006).

2.6.3 Rozdíly srdeční frekvence, hladiny laktátu a individuálního anaerobního prahu při plavání, jízdě na kole a běhu

Kovářová, Kovář (2011) se zabývali porovnáváním SF, množstvím LA a ANP při plavání, běhu a jízdě na bicyklovém ergometru 13 juniorských reprezentantů v triatlonu.

Hodnoty pro zjištění ANP při plavání byly zjištěny během plavání čtyřech 300 m úseků s intervalem jedné minuty (4 x 300 m, int. 1 min) v 25m bazénu. Během každého intervalu byla zaznamenávána SF a odebírán vzorek LA. Intenzita zatížení jednotlivých úseků byla určena individuálně podle aktuální úrovně fyzické zdatnosti. První úsek byl plaván čistě v aerobní zóně SF, druhý mezi aerobní a anaerobní zónou, třetí mírně nad anaerobním prahem a čtvrtý v anaerobní zóně.

Cyklistická část výzkumu byla měřena na bicyklovém ergometru Cyclus 2, který umožňoval účastníkům výzkumu použít vlastní kolo. Intenzita zatížení během prvního intervalu byla vypočítána podle vzorce:

$$\text{Síla (W)} = \text{váha testovaného (kg)} * 2$$

Po celou dobu výzkumu byla SF monitorována sport-testerem. Po intervalech 4 min se zvyšovala intenzita zátěže o 30 W a na konci každého intervalu byla z ušního lalůčku odebírána krev pro určení hodnoty LA.

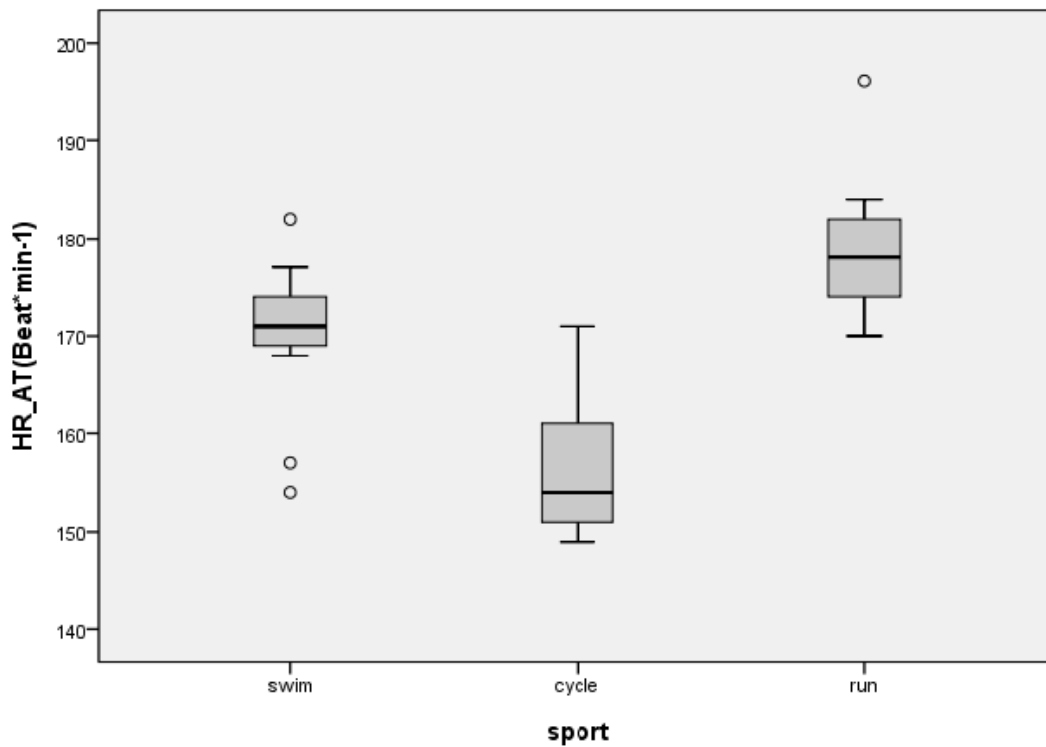
Běh byl testován na atletické dráze s umělým povrchem a test se skládal z pěti 2km úseků s intervalem odpočinku jedné minuty (5 x 2000 m, int. 1 min). Intenzita zatížení jednotlivých úseků byla určena individuálně podle aktuální úrovně fyzické zdatnosti. Podobně jako při měření plavání, běželi probandi první dva úseky čistě v aerobní zóně SF, třetí na přechodu mezi aerobní a anaerobní zónou, čtvrtý lehce nad ANP a zatížení pátého úseku bylo v anaerobní zóně SF. V intervalu 5 sekund byla po celou dobu testu snímána SF. Během intervalu odpočinku byl odebrán vzorek krve pro určení hladiny LA.

Z individuálních výsledků naměřených při plavání, jízdě na bicyklovém ergometru a běhu byla analyzována laktátová křivka – exponenciální nárůst koncentrace laktátu vzhledem k intenzitě zátěže, bod, kdy hladina LA začíná prudce stoupat a který koresponduje s individuálním ANP.

Pro zkoumání hodnot byla použita deskriptivní statistika a výsledky byly pro lepší přehlednost graficky zpracovány (Box plot). K porovnání jednotlivých výsledků výzkumu byl použit neparametrický Friedmanův test, jenž je vhodný pro použití při nízkém počtu účastníků. Hladina významnosti byla stanovena 0,05.

Výsledky ukázaly, že nejnižší hodnoty SF na úrovni ANP byly zaznamenány při jízdě na bicyklovém ergometru (156 ± 7 tepů/min), druhé nejvyšší při plavání (170 ± 8 tepů/min) a nejvyšší hodnoty SF byly naměřeny při běhání (179 ± 7 tepů/min). Hodnoty SF na úrovni ANP znázorňuje Graf č. 2. Směrodatná odchylka byla nejvyšší při plavání, což ukazuje, že se jedná o významnou individuální variabilitu tohoto parametru. Při porovnávání individuálních výsledků v jednotlivých oblastech byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi testy plavání a na bicyklovém ergometru (sig. 0,004 nebo adj. sig. 0,013) a testy na bicyklovém ergometru a běhu (sig. 0,000 nebo adj. 0,000). Naopak výsledky testování plavání a běhu neukázaly žádné statisticky významné rozdíly.

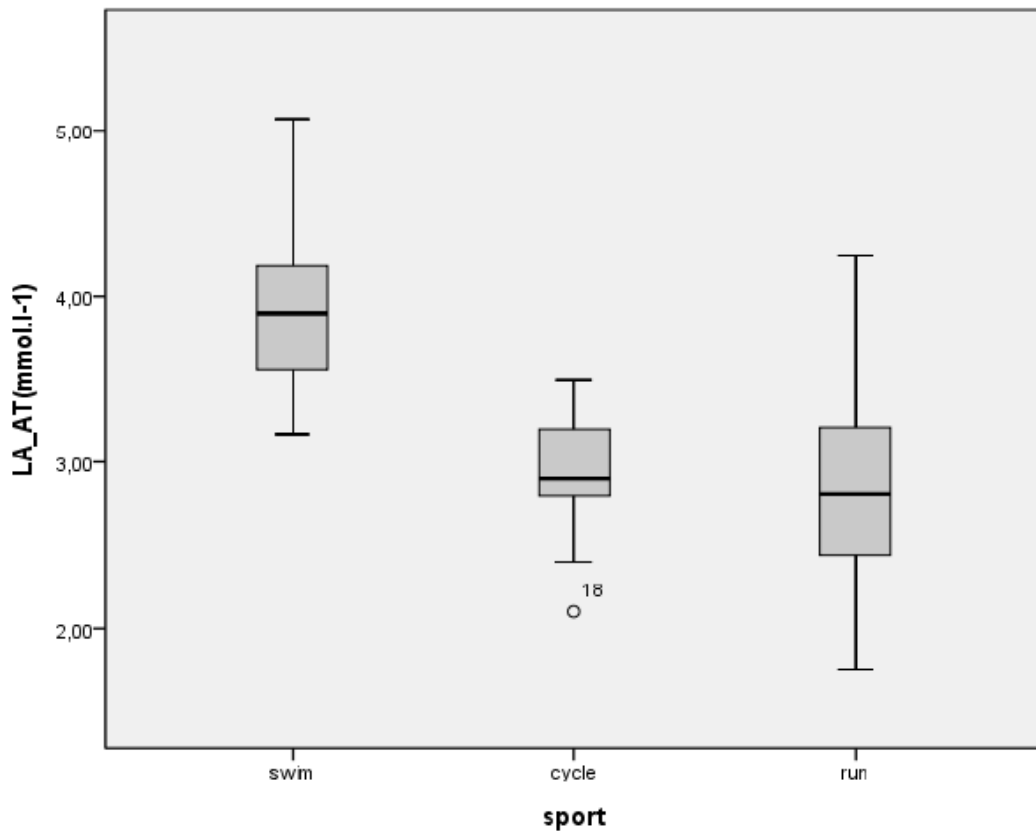
Graf č. 2: Výsledky základní deskriptivní statistiky hodnot SF na úrovni ANP při plavání, jízdě na bicyklovém ergometru a běhání



(Kovářová, Kovář, 2011, s. 61)

Nejnižší hodnoty LA na úrovni ANP byly naměřeny při běhání ($2,77 \pm 0,71$ mmol/l), druhé nejvyšší hodnoty byly naměřeny na bicyklovém ergometru ($2,92 \pm 0,40$ mmol/l) a nejvyšší hodnoty LA na úrovni ANP byly zjištěny při plavání ($3,9 \pm 0,55$ mmol/l). Zjištěné hodnoty LA ukazuje Graf č. 3. Při porovnávání individuálních výsledků v jednotlivých oblastech byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi testy plavání a jízdě na bicyklovém ergometru (sig. 0,002 nebo adj. sig. 0,005) a testy plavání a běhu (sig. 0,000 nebo adj. sig. 0,000). Výsledky porovnávání testů běhu a jízdě na bicyklovém ergometru nebyly statisticky významně rozdílné.

Graf č. 3: Výsledky základní deskriptivní statistiky hodnot LA v krvi na úrovni ANP při plavání, jízdě na bicyklovém ergometru a běhání



(Kovářová, Kovář, 2011, s. 62)

2.6.4 Běh v mělké a hluboké vodě

Jiné studie porovnávaly běh nebo chůzi na suchu a běh ve vodě. Richie a Hopins (1991, in Graef, Krueel, 2006) srovnávali běh v hluboké vodě a běh na suchu, obojí v intenzivním rytmu. Podle výsledků byla při běhu v hluboké vodě průměrná SF nižší o 17 tepů/min ($p < 0,05$).

Svedenhag a Seger (1992, in Graef, Krueel, 2006) provedli výzkum, ve kterém srovnávali běh na suchu a běh v hluboké vodě. Podle výsledků byla SF_{max} významně nižší při běhu ve vodě ($p < 0,01$). Průměrný pokles byl 16 tepů/min. Důležité je zdůraznit, že při nižší VO_2 byly rozdíly mezi hodnotami SF na suchu a ve vodě menší a statisticky nevýznamné. U submaximální intenzity zátěže se SF ve vodě snižovala od 8 do 11 tepů/min.

Uvedené informace podporují teorii, že při nižších intenzitách zátěže jsou menší rozdíly SF mezi vodním a suchozemským prostředím. K tomuto jevu dochází pravděpodobně vlivem rozdílů souvisejících s přenosem sympatických nervových impulzů nebo s nižší plazmatickou koncentrací noradrenalinu při vyšších intenzitách zátěže (Graef, Krueel, 2006).

Podle uvedených výzkumů porovnávajících změny SF při běhu v hluboké vodě a na suchu byl pokles SF_{max} při běhu v hluboké vodě mezi 15 a 20 tepů/min (Graef, Krueel, 2006).

2.6.5 Hloubka ponoření

Co se týče vlivu hloubky ponoření na změny SF, byl zaznamenán její postupný pokles související s hloubkou ponoření ve stoje. Risch a kol. (1978, in Graef, Krueel, 2006) prováděli výzkum, ve kterém porovnávali průměrnou bradykardii po rychlém ponoření po krk a velikost SF mimo vodní prostředí. Rozdíl byl 17 tepů/min (statisticky významný rozdíl), který byl větší při vyšší SF na počátku měření.

Další výzkum provedl Krueel (1994, in Graef, Krueel, 2006), který také analyzoval změny SF při vertikálním ponoření v různých úrovních hladiny vody. Průměrná bradykardie byla 2 tepy za minutu při ponoření po kolena, 9 tepů/min po boky, 13 tepů/min po pás, 16 tepů/min při ponoření po hrudní kost a krk, 17 tepů/min po ramena a 12 tepů/min po ramena, když nejsou paže ve vodě. Kromě úrovně ponoření po kolena byla bradykardie ve všech ostatních úrovních statisticky významná ($p < 0,05$). K podobným výsledkům dospěli Krueel a kol. (2000, in Graef, Krueel, 2006). Výsledky všech uvedených výzkumů jsou pro přehlednost uvedeny v Tabulce č. 1.

Graef, Krueel (2006) zdůrazňují, že bradykardie zvyšující se s hloubkou ponoření souvisí s rostoucím hydrostatickým tlakem působícím na jedince. Tlak působí kolmo na povrch tělesa, ale zdatný plavec si jeho důsledky téměř neuvědomuje. Jednak se pohybuje ve vodorovné poloze u hladiny a na obtížnější plavecké dýchání si přivykl. Hydrostatický tlak se nejvíce projevuje na stlačitelných částech těla. Dochází k zmenšení objemu břicha a hrudníku. Změny se projevují také na činnosti srdce a na dýchání (Hofer, 2006).

Rovněž Coertjens a kol. (2000, in Graef, Krueel, 2006) ve svém výzkumu analyzovali SF jedinců při ponoření do různě hluboké vody. V tomto výzkumu se

bradykardie pohybovala od 1 do 44 tepů/min. Coertjens a kol. došli k závěru, že hloubka ponoření a klidová SF ovlivňují bradykardii ve vodním prostředí. Ohledně vlivu klidové SF autoři udávají větší bradykardii při vyšších hodnotách klidové SF a menší bradykardii při nižších hodnotách klidové SF.

Kruel a kol. (2001, in Graef, Kruel, 2006) také analyzovali reakci SF během aqua gymnastiky, při cvičení mimo vodní prostředí a při hloubce ponoření po pás a ramena. Dokázali, že průměrný pokles SF během cvičení při zanoření po pas a ramena ve srovnání se shodným cvičením realizovaným na suchu je 9 tepů/min a 12 tepů/min. V tomto výzkumu byl statisticky významný rozdíl pouze při ponoření po ramena ($p < 0,05$).

Tabulka č.1 : Pokles srdeční frekvence při ponoření lidského těla v různých hloubkách

	Pokles srdeční frekvence (tepy/min)				
Hloubka ponoření	Risch a kol. (1978, in Graef, Kruel, 2006)	Kruel (1994, in Graef, Kruel, 2006)	Kruel a kol. (2000, in Graef, Kruel, 2006)	Coertjens a kol. (2000, in Graef, Kruel, 2006)	Kruel a kol. (2001, in Graef, Kruel, 2006)
Krk	17**	16*	14*	13*	-
Ramena s rukama venku z vody	-	12*	13*	13*	-
Ramena	-	17*	13*	13	25*
Hrudní kost	-	16*	14*	13*	-
Pas	-	13*	11*	11*	9
Boky	-	9*	8*	8*	-
Kolena	-	2	1	0	-

(Graef, Kruel, 2006, s. 200e)

* statisticky významný rozdíl ve srovnání s podmínkami mimo vodní prostředí ($p < 0,05$)

** statisticky významný rozdíl ve srovnání s podmínkami mimo vodní prostředí (p neuvedeno)

2.6.6 Teplota vody

Některé výzkumy zdůrazňují vliv teploty vody na změny SF. Craig a Dvorak (1966, in Graef, Krueel, 2006) zjistili, že dochází ke zvýšení SF jedinců vertikálně ponořených ve vodě o teplotě 36 a 37 °C a naopak jejímu poklesu při teplotě 35 °C a méně. Dalším důležitým závěrem tohoto výzkumu je zjištění, že teplota považovaná za neutrální ve vztahu k SF v klidu je 35 a 35,5°C.

Rennie a kol. (1971, in Graef, Krueel, 2006) prostřednictvím analyzování účinků různých teplot při ponoření v klidu a při cvičení na bicyklovém ergometru zjistili, že při ponoření v klidu v teplotách pod 34 °C klesla průměrná SF o 25 %. Při teplotě vody 36 °C nedošlo k významné změně SF. Během mírného cvičení ve vodě s teplotou pod 34 °C došlo ke snížení SF o 20 až 25 %. Při intenzivním cvičení neodhalila SF významnou změnu.

Holmér a Bergh (1974, in Graef, Krueel, 2006) zkoumali vztah mezi velikostí SF a spotřebou kyslíku (VO_2) během plavání v různých teplotách vody (18, 26 a 34 °C). Udávají, že velikost SF pro danou hodnotu VO_2 byla nižší v nižších teplotách vody a vyšší ve vyšších teplotách vody. Průměrná SF ve vodě o teplotě 18 °C byla o 8 tepů/min nižší než ve vodě 26 °C a 15 tepů/min nižší než ve vodě 34 °C. K podobným výsledkům dospěli ve svém výzkumu McArdle a kol. (1976, in Graef, Krueel, 2006). Měřili hodnotu SF během cvičení na bicyklovém ergometru při teplotě vody 18, 25 a 33 °C. Výsledky cvičení ve vodě o teplotě 33 °C neukázaly souvislost mezi VO_2 a SF ani statisticky významný rozdíl od cvičení prováděných na suchu. SF ve vodě o teplotě 18 °C byla průměrně o 5 tepů/min nižší ($p > 0,05$) než v 25 °C a 15 tepů/min nižší ($p < 0,05$) než v 33 °C při submaximální hodnotě VO_2 . Statisticky významný byl rozdíl 10 tepů/min mezi teplotou vody 25 a 33 °C.

Výzkumy uvedené výše potvrzují výzkum provedený McMurrayem a Horvathem (1979, in Graef, Krueel, 2006). Udává rozdíly v hodnotách SF získané při cvičení na bicyklovém ergometru ve vodě o teplotě 20, 25, 30 a 35 °C. Výsledky ukazují stoupání a klesání SF podle příslušného zvýšení nebo snížení teploty vody. Rozdíl byl patrnější v 30 a 35 °C s hodnotami statisticky významnými ($p < 0,05$), než těmi zjištěnými v 20 °C.

Müller a kol. (2001, in Graef, Krueel, 2006) analyzovali reakci SF během vertikálního ponoření v klidu. Výsledky bradykardie ve srovnání se shodnou polohou na suchu odpovídají 17 tepům/min ve vodě o teplotě 33 °C, 24 tepům/min ve vodě o teplotě

30 °C a 33 tepů/min vodě o teplotě 27 °C. Autoři prokázali statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) pouze při teplotách 27 a 33 °C. V Tabulce č. 2 jsou uvedeny výsledky všech zmíněných výzkumů.

Tabulka č. 2 : Pokles SF při ponoření v různých teplotách vody

Výzkum	Klid/ cvičení	Pokles SF
Holmér a Bergh (1974, in Graef, Krueel, 2006)	Plavání	Z 34 na 26 °C = 7 tepů/min. Z 26 na 18 °C = 8 tepů/min. Z 34 na 18 °C = 15 tepů/ min.
McArdle a kol. (1976, in Graef, Krueel, 2006)	Bicyklový ergometr	Z 33 na 25 °C = 10 tepů/min.* Z 25 na 18 °C = 5 tepů/min. Z 33 na 18 °C = 15 tepů/min.
McMurray a Horvath (1979, in Graef, Krueel, 2006)	Bicyklový ergometr	Z 35 na 30 °C = 6 tepů/min. Z 30 na 24 °C = 11 tepů/min. Z 25 na 20 °C = 2 tepey/min. Z 35 na 20 °C = 19 tepů/min.*
Müller a kol. (2001, in Graef, Krueel, 2006)	Klid	Z 33 na 30 °C = 7 tepů/min. Z 30 na 27 °C = 9 tepů/min. Z 33 na 27 °C = 16 tepů/min.

(Graef, Krueel, 2006, s. 201e)

* statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$)

2.7 Působení vodního prostředí

Plavání je jednou z mála pohybových aktivit, kterou může člověk provozovat prakticky celý život. Hlavním důvodem proč je to možné je, že plavání se realizuje ve specifickém prostředí, které svými vlastnostmi umožňuje vykonávat pohyb, jak kojencům, zdravotně oslabeným, tak i pohybově nebo smyslově handicapovaným osobám. Vodní prostředí spolu s technikou plavání ovlivňuje ventilační, cirkulační i funkční parametry (Bělková-Preislerová, 1988).

2.7.1 Dýchací systém

Působením hydrostatického tlaku dochází ke změnám mechaniky dýchání, dechových objemů i frekvence dýchání. Plíce jsou lépe prokrveny a dýchají i horní částí, která je za normálních okolností aktivována jen částečně. Vitální kapacita plic se snižuje o 10 %. Příčinou je zadržení krve v hrudníku a zvýšený odpor dýchacích svalů. Ztěžuje se vdech a výdech naopak ulehčuje. Dechová frekvence je závislá na technice dýchání a na frekvenci pohybů. Na rozdíl od jiných cyklických sportů, kdy se ventilace může zvětšovat zrychlováním dechové frekvence, při plavání musí dojít k prohloubení dýchání, zvýšení dechového objemu a tím i k rozvoji dýchacích funkcí (Havlíčková aj., 1993).

Při dýchání působí na povrch těla hydrostatický tlak vodního sloupce daný hloubkou ponoření, v plicích je v klidné poloze stejný tlak jako nad hladinou. Při vdechu musí proto dýchací svaly plavce tento tlak překonávat. Podobně při výdechu do vody musí svalstvo překonávat hydrostatický tlak vody (Bělková-Preislerová, 1988).

2.7.2 Oběhový systém

Již samotný pobyt ve vodě má příznivý vliv na činnost srdce i celého krevního oběhu. Vlivem hydrostatického tlaku dochází ke stlačení a vyprázdnění povrchových žil. Z žilního systému kůže a podkoží se krev přesouvá do nitrohruďního prostoru a naplňuje tam velké žíly, srdce a plicní oběh. Centrální oběh krve se tak ve srovnání s celkovým objemem krve zvětšuje o 200 až 400 ml. Při ponoření po krk stoupne minutový objem srdce v důsledku zvýšené nabídky krve pravému srdci o 60 %. Tepový

srdeční objem při ponoření po krk stoupne ze 70 ml na 110 ml při současném poklesu SF.

Dochází ke zmnožení krve v plicním řečišti, které slouží jako krevní zásobárna. Horizontální poloha těla výrazně ovlivňuje a usnadňuje práci krevního oběhu, protože srdce při sání krve z velkého oběhu nemusí překonávat hydrostatický tlak krevního sloupce. Pohyb ve vodě tedy zlepšuje cirkulaci a umožňuje ekonomizovat hemodynamiku (Bělková-Preislerová, 1988).

2.7.3 Endokrinní systém a metabolismus

Cvičení ve vodě má ve srovnání s cvičením na suchu odlišný vliv nejen na cévní řečiště, ledvinnou funkci, ale i na hormonální produkci. Při plavání nedochází k výraznému zvýšení hladin antidiuretického hormonu (ADH) a aldosteronu jako je tomu při fyzické zátěži na suchu. Naopak dochází k určitému zvýšení produkce moče, což se přičítá zvýšené produkci natriumuretického faktoru při zvýšené náplni pravého srdce s následným snížením sekrece ADH.

Při plavání v chladné vodě, která působí jako silný stresor, dochází k dráždění sympatického nervového systému a k vyplavení katecholaminů. V důsledku chladové diurézy se následkem snížené sekrece ADH objevuje hemokontrace. Snížení sekrece ADH za chladových podmínek se vysvětluje centralizací objemu, přesunem krve z periferie do centra s reflexním podrážděním volumoreceptorů. Na hemokontraci se při plavání podílí také přesun tekutiny k pracujícím svalům. Proto hematokrit i množství plazmatických proteinů stoupá přibližně o 10 %.

Schopnost vody vést teplo je v porovnání se vzduchem 25x větší. Proto jsou ztráty tepla při pobytu ve vodním prostředí závislé na teplotě vody. Tvorba tepla je dána intenzitou pohybové činnosti. Při pobytu ve vodě dochází k značnému odvodu tepla a energetický výdej se zvyšuje o 35 %. Proto i pouhé koupání bez vydatnějšího pohybu vyvolává zvýšenou přeměnu látek (Bělková-Preislerová, 1988, Havlíčková aj., 1993).

2.8 Plavecký trenažér – Flum

Flum je zařízení, které vytváří podmínky pro nepřerušovaný pohyb plavce proti proudu vody. Jeho vybudování je poměrně finančně náročné.

Od roku 2010 se flum nachází také v Pedagogicko-výzkumné laboratoři katedry plaveckých sportů na Fakultě tělesné výchovy sportu Univerzity Karlovy (FTVS UK). Jedná se o jediné zařízení v České republice. Konkrétně jde o model LD-POOL SUPERPRO A7. Rozměry jsou 5,8 x 2,7 x 1,5 m, má sedm motorů, přičemž jeden motor má výkon 3,0 kW. Maximální rychlost motoru je 1 400 otáček/min. Součástí vybavení je i 3 m dlouhé a 1 m široké okno, které umožňuje sledovat pohyb pod hladinou. Proud vody je vytvářen hřídelemi umístěných v tubusech pod dvojitým dnem, čímž je zajištěn plynulý tok vodního proudu bez většího množství rušivých bublin. Rychlost proudící vody lze nastavit v rozmezí 0,5 až 2,5 m/s. Teplota vody se standardně pohybuje okolo 27 °C (Kozel, 2012, <http://flum.webnode.cz/>, 2012).

Proud v nádrži je regulovatelný pomocí ovládacího panelu umístěného v dosahu plavce. Panel rozděluje výkon motorů do šestnácti stupňů, přičemž zvýšení rychlosti o jeden stupeň představuje zrychlení proudu o 0,04 až 0,22 m/s (Cagaň, 2012). Bylo provedeno několik měření proudu vody vzhledem k nastaveným stupňům. První měření proběhlo v roce 2010 Výzkumným ústavem vodohospodářským T.G.M. a bylo provedeno pouze na hladině. Další měření provedl Kozel (2012) ve spolupráci s katedrou plaveckých sportů. Poslední měření, ze kterého vychází i náš výzkum, provedl v roce 2012 Cagaň. Výsledné hodnoty všech uvedených výzkumů prezentuje Tabulka č. 3 níže.

Flum můžeme rozdělit na tzv. profesionální a komerční. Rozdíl mezi nimi je v jejich konstrukci, velikosti a zejména ceně. Flum, který vlastní FTVS UK, spadá do kategorie komerčního flumu. Profesionální flum můžeme najít například na Univerzitě v Lipsku nebo na španělském ostrově Tenerife. Důležitým rozdílem mezi nimi jsou zpětné odsávací kanály, které nabírají proudící vodu a zabraňují tak její zpětné cirkulaci. Zatímco u profesionálního flumu odsávací kanál tvoří celou zadní stěnu, kanál ve flumu FTVS UK začíná až asi 30 cm pod hladinou a sahá asi 65 cm pod hladinu, což způsobuje nedokonalé odsátí přitékající vody, která naráží do stěny, vrací se zpět a podílí se tak na snižování rychlosti proudění v hlubších vrstvách. Zatímco laboratorní zařízení udává rychlost proudění ve standardizovaných jednotkách (m/s), komerční

provedení flumu umožňuje nastavení rychlosti pouze prostřednictvím stupňů (Cagaň, 2012, Kozel, 2012).

Flum má široké využití. Používá se nejen pro plaveckou výuku, ale je využíván také k analýze a korekci techniky plaveckých způsobů i tréninkovým účelům. Dále se flum používá pro vědecké účely, například funkční vyšetření, zátěžové testy, stanovení ANP. Na obrázcích č. 1 a 2 je zobrazen flum FTVS UK.

Tabulka č. 3 : Porovnání výsledků rychlostí naměřených ve flumu FTVS UK

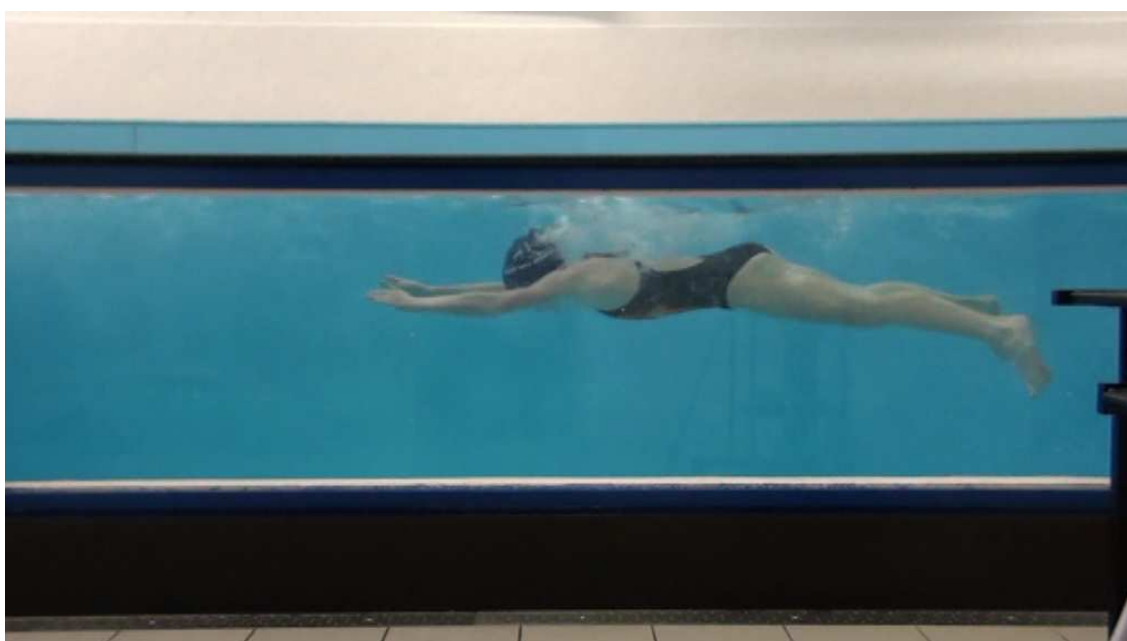
Stupeň rychlosti	Cagaň (2012), [m/s]	Kozel (2012), [m/s]	Balvín, Motl (2010), [m/s]
1	-	0,52	0,52
2	-	0,62	-
3	-	-	0,71
4	-	-	0,93
5	0,76	-	1,11
6	0,99	1,02	1,25
7	1,06	1,06	1,36
8	1,13	-	1,42
9	1,22	-	1,50
10	1,35	-	1,61
11	1,47	-	1,68
12	1,54	-	1,83
13	1,60	-	1,89
14	1,71	-	1,96
15	1,80	1,79	2,08
16	-	-	2,12

(Cagaň, 2012)

Obr. č. 1: Flum FTVS UK, foto: archiv Daniel Jurák



Obr. č. 2: Využití flumu FTVS UK při tréninku juniorů, foto: archiv Daniel Jurák



2.9 Neinvazivní metody kontroly a řízení plaveckého tréninku

Neinvazivní tréninkové metody jsou trenéry velice oblíbeny zejména pro svou jednoduchost a nenáročnost na zpracování. Využívají se metody a testy vztahující se hlavně k hodnocení aerobní a anaerobní zdatnosti. Hlavními důvody pro jejich používání je kontrola fyziologických změn v organismu vyvolaných tréninkovým zatížením a stanovení odpovídající intenzity tréninkového zatížení. Podstatou neinvazivních metod je vztah mezi délkou tratě a rychlostí plavání.

2.9.1 Test T-3000

Olbrecht a kol. se v 90.letech zabývali stanovením testu, který by zjišťoval aerobní kapacitu plavců. Vymysleli test T-3000, známý pod zkratkou T-30, jež spočívá v co nejrychlejším uplávání vzdálenosti 3000 m. Autoři zjistili, že průměrná rychlost testu T-30 odpovídá rychlosti, při které dochází ke koncentraci LA 4 mmol/l krve. Výzkum Matsunamiho a kol (1999, in Maglischo, 2003) později prokázal, že test T-30 úzce koresponduje s individuálním ANP plavce.

Podle teorie plavec pohybující se nad úrovní ANP musí z důvodu zvyšující se acidózy během určitého času zpomalit na úroveň ANP. Z toho vyplývá, že se plavec pohybuje průměrnou nejvyšší rychlostí odpovídající ANP. U dospělých plavců se tento test osvědčil jako platným predikátorem ANP a ukazatelem aerobní kapacity. Pro mladé plavce se ale tento test ukázal jako nepřilíš vhodný, zejména kvůli nedostatku zkušeností pro odhad optimální rychlosti plavání (Maglischo, 2003, Jurák, 2011).

2.9.2 Testy T-2000 a T-1000

Někteří plavci preferovali být testováni při kratších vzdálenostech plavání a tak byl navržen test T-2000 jako alternativa testu T-30. Bylo zjištěno, že rychlost plavání na 100 m byla navzdory kratší vzdálenosti podobná jako u testu T-30.

Shodně jako u testu T-30 byl test T-2000 užitečný pro vyhodnocování změn aerobní kapacity a průměrný čas na 100 m byl vhodný pro stanovování rychlosti plavání (Maglischo, 2003).

Další variantu testu T-30 vytvořili Matsunami a kol. (1999, in Maglischo, 2003) jako test T-1000. Zjistili, že plavaná vzdálenost 1000 m odpovídala nejlépe rychlosti plavání na úrovni ANP. Následně navrhli, že by trať 1000 m mohla být využita místo tratí 2000 m a 3000 m pro vyhodnocení aerobní kapacity a stanovení tréninkových rychlostí plavání (Maglischo, 2003).

Mnozí trenéři zjistili, že plavci mohou na úrovni ANP plavat rychleji než podle rychlosti zjištěné testem T-1000 a proto byli vytvořeny další metody.

2.9.3 Plavecký step test

Dalším testem vytvořeným pro vyhodnocování změn aerobní kapacity a stanovování individuálního ANP je plavecký step test. Test spočívá v plavání několika krátkých úseků se zvyšující se rychlostí a končí, když plavec nemůže pokračovat dále na stanovené rychlosti. Plavecký step test je excelentní metodou pro vyhodnocování změn fyzické kondice sportovců. Celkem sportovec plave 5 x 200 m s intervalem odpočinku 10-15 sekund. Pro testování se používají delší i kratší vzdálenosti (Maglischo, 2003).

Počáteční rychlost plavce by měla být stanovena na takovou úroveň, aby před ukončením testu uplaval nejméně tři úseky. První plavaný úsek by měl být nižší než plavcova rychlost odpovídající úrovni jeho ANP. Každý plavaný úsek by měl být vždy o 4 sekundy rychlejší než úsek předchozí.

Barber a kol. (1999, in Maglischo, 2003) i jiní autoři (Maglischo, 2003) zjistili, že pokud se step test realizuje při kratších vzdálenostech (100 m), dochází k nadhodnocování rychlosti odpovídající ANP. Z tohoto důvodu se doporučuje provádět testování spíše na úsecích 300 m a delších.

Hlavní výhodou plaveckého step testu je, že sníží pravděpodobnost nedostatečného úsilí sportovce. Trenéři si mohou být jistí, že sportovci provádějí test naplno až do vyčerpání. Nevýhodou naopak je nemožnost stanovení přesné rychlosti plavání odpovídající ANP (Maglischo, 2003).

2.9.4 CSS – Critical Swimming Speed

Kritická rychlost plavání (CSS) je plavecký test, který zjišťuje rychlost plavání na úrovni ANP. Byl představen v roce 1992 Wakayoshim a kol. (in Maglischo, 2003). Autoři definují CSS jako nejvyšší rychlost plavání, kterou může plavec bez vyčerpání udržet po delší dobu. Test bývá některými zdroji nazýván též kritická rychlost (V_{crit}). Autoři věří, že CSS představuje rychlost plavání, která odpovídá maximální dlouhodobě udržitelné hladině laktátu - maximal lactate steady state (MLSS), což je nejvyšší dlouhodobě udržitelná koncentrace LA, která nezpůsobila nahromadění LA.

Dekerle a kol. (2005) se zabýval testováním, zda CSS odpovídá MLSS. S osmi dobře trénovanými plavci provedl čtyři testy do úplného vyčerpání. Výsledky ukázaly, že CSS byla statisticky významně vyšší než MLSS, ačkoliv obě hodnoty navzájem silně korelovaly. Podle výsledků tedy CSS při plavání nereprezentuje maximální rychlost, která může být udržitelná bez neustálé koncentrace krevního LA.

Postup pro zjišťování CSS byl převzat z konceptu kritické síly (W_{crit}) představené Monodem a Scherrerem (1965, in Maglischo, 2003). Kritická síla byla definována jako maximální statická nebo dynamická práce, kterou může sval udržet bez vyčerpání po dlouhou dobu. Výzkumníci testovali kritickou sílu při jízdě na kole (Jenkins, Quigley, 1990 in Maglischo, 2003), jízdě v kajaku (Ginn, Mackinnon, 1989 in Maglischo, 2003) a běhu na běžícím pásu (Hughson, Orok, Staudt, 1984 in Maglischo, 2003). Všichni zaznamenali podobnou intenzitu zátěže, která odpovídala individuálním anaerobním prahům.

Wakayoshi a kol. (1992, in Maglischo, 2003) pomocí vytvoření několika protokolů přizpůsobili koncept kritické síly pro plavání. Vytvořili tak test CSS, který odpovídá individuálnímu ANP sportovce. Specificky může být CSS pro plavání definována jako poměr vzdálenosti k času.

Samotný test se skládá alespoň ze dvou plavaných úseků z následujících možností: 50 m, 100 m, 200 m a 400 m. Při použití pouze dvou úseků k testování by měly být tyto úseky dostatečně odlišné – např. trať 50 m a 400 m. Úseky by měly být plavané z bazénu po odrazu od stěny a měl by mezi nimi být dostatečný čas pro odpočinek.

Pro naše testování prostřednictvím CSS jsme zvolili protokol měření vytvořený Ginnem (1993). Test spočívá v plavání dvou úseků, nejprve 400 m a potom 50 m. Před zahájením testu je 10 min rozplavání a po uplávání 400 m je 10 min odpočinek před

trati 50 m. Kritická plavecká rychlost se v tomto případě počítá tak, že se plavané vzdálenosti od sebe odečtou. Dosažené časy se převedou na sekundy a rovněž se odečtou. Hodnoty doplníme do vzorce, kde celkovou vzdálenost dosadíme do čitatele a celkový čas v sekundách do jmenovatele. Vzorec vypadá následovně:

$CSS = (d_2 - d_1) / (t_2 - t_1)$. Vypočtená CSS je udávána v m/s. Pelayo a kol. (2000, in Maglischo, 2003) uvádí, že při výpočtu kratších úseků 50 m nebo 100 m a 400 m podle vzorce CSS dochází k nadhodnocení kritické rychlosti (Ginn, 1993, Jurák, 2011).

Podle Maglischa (2003) CSS je vyšší než individuální rychlost plavání odpovídající ANP. Navrhuje, aby rychlost aplikovaná v tréninku byla o 2 až 3 sekundy na 100 m pomalejší než vypočítaná CSS.

Fernandes a kol., (2008, in Jurák, 2011) zjistil, že čím je trať pro výpočet CSS delší, tím užší je vztah s aerobní kapacitou plavce, a čím je plavaná trať kratší, tím užší je vztah se silovým výkonem a anaerobní kapacitou. Dále, z teoretického pohledu, čím delší tratě pro výpočet kritické rychlosti jsou do výpočtu zahrnuty, tím dochází k minimalizování možných chyb ve výpočtu CSS.

3. CÍL A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY

3.1 Cíl a úkoly práce

Cílem práce je porovnat náročnost zatížení v plaveckém trenažéru - flumu se shodnou zátěží na bicyklovém ergometru, zejména na úrovni anaerobního prahu.

Pro splnění cíle jsme stanovili následující úkoly:

- prostudovat odbornou literaturu vztahující se k tématu
- požádat o souhlas etické komise FTVS UK
- zajistit odborníky pro realizaci testů (odběr LA, testy na bicyklovém ergometru)
- vytvořit nestandardizované dotazníky
- najít dobrovolníky pro výzkum
- opatřit potřebné pomůcky
- požádat studenty o vyplnění dotazníků
- provést test CSS
- domluvit a provést test ve flumu
- domluvit a provést test na bicyklovém ergometru
- statisticky zpracovat naměřené hodnoty
- vyhodnotit výsledky měření

3. 2 Výzkumné otázky

1. Zvládnou studenti bez plavecké specializace stanovenou délku a rychlost testu v plaveckém flumu?
2. Bude pro studenty náročnější testování ve flumu nebo na bicyklovém ergometru?
3. Budou hodnoty LA ve flumu statisticky významně rozdílné v porovnání s hodnotami LA dosažených na shodných úrovních SF na bicyklovém ergometru?

4. ORGANIZACE A METODIKA VÝZKUMU

4.1 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor tvořilo 6 studentů prvního ročníku bakalářského studia FTVS UK. Studenti byli 3 dívky a 3 chlapci. Hlavní požadavek pro účast ve výzkumu bylo, aby studenti neprošli specializovanou plaveckou ani cyklistickou přípravou.

Věk testovaných studentů byl průměrně 20,5 let \pm 3 roky. Zjištěná výška studentů byla 171 cm \pm 20 cm a váha byla 72 kg \pm 21 kg. Studenti uvedli, že sportují průměrně 10,5 hodiny týdně \pm 4 hodiny. Mezi sporty, kterým se věnují, byly například fotbal, basketbal, bojová umění, gymnastika nebo krasobruslení.

4.2 Metody získávání dat

Výzkum se zakládá na informacích získaných prostřednictvím metody CSS, informacemi z nestandardizovaných dotazníků, hodnotách SF naměřených sport-testery a hodnotami LA naměřených během testování ve flumu a na bicyklovém ergometru. Výzkumné metody by se daly nazvat metodami explorativními, protože se snaží prozkoumat a podrobněji popsat relativně neznámou oblast.

4.3 Měřicí proměnné a použité techniky

K získání hodnot LA jsme provedli tyto nezbytné kroky:

- vypočítání CSS z naměřených časů
- zaškolení studentů v práci se sport-testery
- příprava a rozdání nestandardizovaných dotazníků a to před a následně po provedení testování

4.3.1 Výpočet CSS

Pro výpočet CSS podle Ginna (1993) jsme potřebovali výsledné časy jednotlivých studentů na uplavané vzdálenosti 50 m a 400 m, správný vzorec a kalkulačku.

Vzorec pro výpočet CSS byl následující:

$$\text{CSS} = (d_2 - d_1) / (t_2 - t_1)$$

$$d_1 = 50 \text{ [m]}$$

$$t_1 = \text{čas na 50m [s]}$$

$$d_2 = 400 \text{ [m]}$$

$$t_2 = \text{čas na 400m [s]}$$

Dosažený čas (t) byl měřený v sekundách, vzdálenost (d) byla měřena v metrech. Výsledná CSS je vypočítána v jednotkách m/s a pro přizpůsobení možnostem flumu byla její hodnota zaokrouhlena na desetiny sekundy (<http://www.brianmac.co.uk/>, 2012).

Výsledky:

Student KS:

$$t_1 = 39,5 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 484 \text{ [s]}$$

$$\text{CSS} = (400 - 50) / (484 - 39,5)$$

$$\underline{\text{CSS} = 0,78} \doteq \underline{0,8 \text{ m/s}}$$

Student MK:

$$t_1 = 40,1 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 450 \text{ [s]}$$

$$\text{CSS} = (400 - 50) / (450 - 40,1)$$

$$\underline{\text{CSS} = 0,85} \doteq \underline{0,9 \text{ m/s}}$$

Student DC:

$$t_1 = 50,9 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 511 \text{ [s]}$$

$$\text{CSS} = (400 - 50) / (511 - 50,9)$$

$$\underline{\text{CSS} = 0,76} \doteq \underline{0,8 \text{ m/s}}$$

Student DR:

$$t_1 = 38,5 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 477 \text{ [s]}$$

$$\text{CSS} = (400 - 50) / (477 - 38,5)$$

$$\underline{\text{CSS} = 0,79} \doteq \underline{0,8 \text{ m/s}}$$

Student MP:

$$t_1 = 29,6 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 371 \text{ [s]}$$

$$\text{CSS} = (400 - 50) / (371 - 29,6)$$

$$\underline{\text{CSS} = 1,02} \doteq \underline{1 \text{ m/s}}$$

Student JR:

$$t_1 = 35 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 392 \text{ [s]}$$

$$\text{CSS} = (400 - 50) / (392 - 35)$$

$$\underline{\text{CSS} = 0,98} \doteq \underline{1 \text{ m/s}}$$

4.3.2 Monitorování srdeční frekvence

Výzkum byl zaměřen na monitorování hodnot SF v průběhu plavání v plaveckém trenažéru - flumu a jízdy na bicyklovém ergometru. K tomuto účelu jsme použili zařízení pro měření SF, sport-testery vyrobené firmou Polar. K dispozici jsme měli celkem čtyři přístroje typu S610i, z nichž jeden byl náhradní. Každý přístroj byl opatřen číslem, což eliminovalo chyby při následném přenosu dat do počítače. Při práci se sport-testery bylo nutné dodržovat pokyny stanovené výrobcem (Svoboda, 2005):

- instalování vysílače

Vysílač se zabudovanými elektrodami se musí správně připevnit k popruhu s přezkou. Popruh kolem hrudníku by měl být dostatečně utážen, aby nedošlo k jeho posunu, ale také by neměl být příliš těsný. Vysílač by měl být připevněn nad hrudní kost, jeho správné nasměrování signalizuje poloha loga. Důležité je navlhčit plošné elektrody umístěné na vnitřní straně vysílače, které jsou v kontaktu s pokožkou.

- příprava přijímače

Náramkový přijímač se nasazuje jako běžné hodinky.

- zahájení měření SF

Přijímač může zachytit signál vysílače jiné osoby, proto při zahájení měření musí být od sebe studenti dostatečně vzdáleni. Přijímač nastavený v režimu Denního času by měl být ve vzdálenosti do 1 m od vysílače. Měření SF se zahájí stisknutím tlačítka OK. Na displeji se objeví blikající symbol srdce a do 15 sekund i hodnota ukazující počet tepů/min. Po druhém stisknutí

tlačítka OK se spustí stopky. Ukládání údajů do paměti přístroje probíhá pouze, pokud jsou stopky v chodu. Pro náš výzkum jsme zvolili možnost ukládání údajů SF po 5 sekundách.

- Ukončení měření SF

Na konci měření se po stisknutí tlačítka C (STOP) zastaví stopky a veškeré výpočty. Hodnota SF je stále znázorněna, ale již se neukládá. Při následném stisknutí tlačítka STOP se zastaví také Měření SF a přijímač zobrazí Denní čas.

4.3.3 Další data

Další údaje pro výzkum jsme získali prostřednictvím nestandardizovaných dotazníků s otevřenými odpověďmi (viz Příloha č. 3). Každý student měl svůj profil vedený v programu Polar Precision Performance, kde byly uloženy jeho věk, váha a výška.

Nejdůležitějším podkladem pro prováděný výzkum byly naměřené vzorky LA a jejich následné statistické zpracování. Odběr i vyhodnocení těchto vzorků měla na starosti Biomedicínská laboratoř FTVS UK.

Po skončení testování ve flumu a na bicyklovém ergometru jsme pro studenty připravili druhé nestandardizované dotazníky (viz Příloha č. 5). Chtěli jsme zjistit, který z testů byl pro studenty subjektivně náročnější.

4.4 Sběr dat

Výzkum probíhal v letním semestru 2011/2012. Na počátku výzkumu jsme o jeho cíli a průběhu informovali 40 studentů prvního ročníku bakalářského studia FTVS UK a ti souhlasili s účastí. Studenti podepsali informovaný souhlas a vyplnili nestandardizované dotazníky, jejichž hlavním účelem bylo zjistit o studentovi základní informace (věk, váhu, výšku) a elektronickou adresu. Vybraných 40 studentů jsme následně testovali pomocí metody CSS.

4.4.1 Protokol stanovení CSS

Test pro zjištění kritické rychlosti plavání probíhal v 25 m dlouhém plaveckém bazénu v Tyršově domě. Studenti plavali plaveckou technikou kraul 400 m a následně po deseti minutách odpočinku plavali s maximálním nasazením trať 50 m. Jednotlivé dráhy byly odděleny závodními lajnami. Na rozdíl od popsané metody, studenti startovali z bloku startovním skokem a to jak trať 400 m, tak i na vzdálenost 50 m kraul. Tuto změnu jsme provedli z praktických důvodů. Disciplína 400 m kraul se plavala se startovním skokem jako zápočtový požadavek a z těchto důvodů jsme provedli shodný start i u trati 50 m.

Pro hladký průběh testování byla nezbytná dobrá organizace studentů, jejich informování o postupných krocích měření a vytvoření záznamových archů pro zápis dosažených časů. Velmi důležitý byl asistent, který pomáhal s organizací a se zaznamenáváním časů.

Výsledné časy jsme dále zpracovali podle rovnice výpočtu CSS. Ze souboru testovaných studentů jsme následně vybrali a pomocí elektronické pošty oslovili studenty, kteří splnili zápočtové požadavky a v dotaznících neuvedli specializaci v plavání nebo v cyklistice. Celkově jsme oslovili 30 studentů. Odpovědělo 15 studentů, kteří účast ve výzkumu potvrdili.

Dalším krokem bylo dohodnout termín testování, které probíhalo ve flumu. Pro tuto část výzkumu bylo potřeba odebírat testovaným vzorky LA. Vzhledem k tomu, že toto vyšetření může provádět jen zdravotnický vzdělaný pracovník, byli jsme domluveni na spolupráci s odborným pracovníkem z Biomedicínské laboratoře FTVS UK. Z důvodu velké časové vytíženosti jsme nakonec domluvili jen jedno měření ve flumu. Účast na stanoveném termínu potvrdilo pouze 10 studentů.

4.4.2 Měření ve flumu

Měření ve flumu se konalo v Pedagogicko-výzkumné laboratoři katedry plaveckých sportů na FTVS UK. Obsluhu zařízení zajišťoval Mgr. Daniel Jurák. Studenti byli rozděleni do skupin podle výsledků CSS a přicházeli podle naplánovaného harmonogramu. Měření probíhalo v dopoledních hodinách. Místo domluvených 10

studentů přišlo nakonec pouze 9. Vzhledem k takto rozsáhlému snížení účastníků byl vypracován a studenty podepsán nový informovaný souhlas.

Všichni studenti před začátkem měření obdrželi sport-testery a byli krátce zaškoleni, jak s nimi pracovat. Studenti byli informováni, aby před každým plavaným úsekem a po něm stiskli tlačítko mezičasu, což následně velmi usnadnilo zpracování naměřených hodnot SF. Sport-testery byly nastaveny na ukládání údajů po 5 sekundách. Bylo důležité si u každého studenta poznamenat, jaké číslo sport-testeru obdržel pro pozdější přenos dat do počítače a správné zpracování.

Každý testovaný student plaval 3 x 6 min s 6 minutovými intervaly odpočinku. Pro správný průběh měření proto byly nepostradatelnou pomůckou stopky. Rychlost protiproudu ve flumu při prvním plavaném úseku byla o jednu úroveň níže (0,1 m/s) než zjištěná CSS. Před a po doplávání úseků bylo studentům připomenuto stisknutí tlačítka mezičas. Po doplávání každého ze tří úseků měli studenti 6 minutovou pauzu a odborný pracovník jim co nejdříve po výkonu odebral vzorek krve pro následné stanovení hladiny LA. Rychlost druhého plavaného úseku odpovídala CSS, tedy úrovni ANP. Po uplynutí 6 min plavání byl opět odebrán LA a následovala 6 minutová pauza. Poslední plavaný úsek byl o 0,1 m/s rychlejší než CSS.

Po měření ve flumu jsme naměřená data pomocí Polar IR Interface přenesli do počítače. V programu Polar Precision Performance byla uložena jména a údaje všech zúčastněných studentů, k nimž jsem ukládali naměřené hodnoty.

Z výsledných grafů SF jsme u každého plavaného úseku jednotlivých studentů stanovili velikost SF po 2, 4 a 6 min a hodnoty zaznamenali do tabulky. Velikosti SF tvořili podklad pro stanovení intenzity zátěže při jízdě na bicyklovém ergometru.

Naměřené hodnoty LA jsme obdrželi z Biomedicínkové laboratoře FTVS UK v již uceleném stavu a nebylo nutné data dále upravovat.

4.4.3 Měření na bicyklovém ergometru

Druhá část měření probíhala na bicyklových ergometrech v Laboratoři sportovní motoriky FTVS UK. K dispozici jsme měli dva přístroje: Ergoline Variobike 550 a Wattbike. Studenti opět přicházeli podle stanoveného harmonogramu. Měření se uskutečnilo o týden později než měření ve flumu a konalo se ve stejném čase. Studenti

byli předem upozorněni, aby před druhým měřením měli podobný režim, pohybové aktivity, stravu a zejména příjem kofeinu jako před prvním měřením.

Zátěž probíhala stejně jako ve flumu 3 x 6 min jízdy na ergometru s 6 minutovými intervaly odpočinku. Studentům byla během testování snímána SF. Důležitým podkladem pro měření byla přehledná tabulka s hodnotami SF naměřenými při zátěži ve flumu. LA byl studentům odebrán shodnou osobou i způsobem jako při měření ve flumu. Cílem měření bylo dosáhnout shodných hodnot SF jako při zátěži ve flumu a následně porovnat hodnoty LA u obou výkonů.

4.5 Analýza dat

Při analýze dat jsme mezi sebou porovnávali hodnoty LA naměřené při plavání ve flumu s hodnotami LA naměřenými na shodných velikostech SF při jízdě na bicyklovém ergometru a rozhodovali jsme, zda jsou statisticky významně odlišné.

Vzhledem k nízkému počtu testovaných jsme pro statistické zpracování vybrali neparametrický Wilcoxonův párový test.

Při této statistice jsme mezi sebou porovnávali výsledné hodnoty LA obou částí a snažili jsme se rozhodnout, jestli jsou statisticky významně rozdílné. Je zvykem k tomu přistupovat jako k testování hypotézy.

U Wilcoxonova párového testu se hypotézy týkají mediánu rozdílů:

H_0 : Medián rozdílů je nulový.

H_1 : Medián rozdílů je různý od nuly.

K rozhodnutí o pravdivosti hypotézy H_0 vzhledem k H_1 slouží zmíněný test. Důležitý pojem je "hladina významnosti" testu, která vyjadřuje pravděpodobnost toho, že uděláme chybu prvního druhu. To znamená zamítnout ve skutečnosti pravdivou hypotézu H_0 . Obvykle se hladina významnosti volí 5%. Pokud dojdeme k závěru, že zamítáme H_0 ve prospěch H_1 , máme v (100 - hladina významnosti) % případů pravdu (Anděl, 1985).

Pro náš výzkum jsme si stanovili hladinu významnosti ($p < 0,05$). Pokud tedy bude hodnota p menší než 0,05, hovoříme o statisticky významném jevu (<http://www.csip.cornell.edu/>, 2006).

5. VÝSLEDKY

Výsledky práce jsou prezentovány pomocí výsledků jednotlivých částí měření, které jsou zpracované v tabulkách. Před každou tabulkou je její vysvětlení a zhodnocení dosažených hodnot. Z důvodů snížení pravděpodobnosti provedení chyby jsme pro odlišení studentů použili zkratky jejich jmen a zachovali jsme vždy shodné seřazení při prezentaci výsledků.

V Tabulce č. 4 vidíme časy na tratích 50 a 400 m kraulem dosažené jednotlivými studenty a vypočítanou hodnotu CSS po zaokrouhlení. Výsledné hodnoty CSS jsme následně použili pro nastavení rychlosti vodního proudu ve flumu.

Tabulka č. 4 : Výsledky testu CSS u jednotlivých studentů

Osoba	čas 50 m [s]	čas 400 m [s]	CSS [m/s]
K. S.	39,5	484	0,8
M. K.	40,2	450	0,9
D. C.	50,9	511	0,8
D. R.	38,5	477	0,8
M. P.	29,6	371	1
J. R.	35	392	1

Tabulka č. 5 prezentuje postupné rychlosti, jež jsme jednotlivým studentům aplikovali ve flumu. Druhý úsek odpovídá vypočítané hodnotě CSS, první je o stupeň pomalejší, třetí naopak o stupeň rychlejší.

Tabulka č. 5 : Rychlosti aplikované ve flumu

Osoba	1. úsek [m/s]	2. úsek (CSS) [m/s]	3. úsek [m/s]
K. S.	0,7	0,8	0,9
M. K.	0,8	0,9	1,0
D. C.	0,7	0,8	0,9
D. R.	0,7	0,8	0,9
M. P.	0,9	1	1,1
J. R.	0,9	1	1,1

Nepostradatelnou pomůckou při výzkumu byly sport-testery. V Tabulce č. 6 můžeme vidět hodnoty SF jednotlivých studentů v průběhu testování jak ve flumu, tak na bicyklovém ergometru. V každém ze tří úseků, který trval 6 min, jsme zjišťovali hodnoty SF po 2, 4 a 6 min. SF1.2 tedy znamená první úsek měření, druhá minuta. Důvodem pro zjišťování hodnoty SF po 2min intervalech byla snadnější kontrola jejich hodnot a především dosažení shodných hodnot SF při zátěži ve flumu i na bicyklovém ergometru.

Tabulka ukazuje, jak se hodnoty SF jednotlivých studentů s rostoucí zátěží postupně zvyšovaly. Úsek SF2.6 odpovídá úseku na úrovni individuální CSS a měl by tedy zároveň odpovídat hodnotě ANP.

Se studenty D. C. a J. R. jsme z důvodu selhání snímacího zařízení museli testy ve flumu opakovat. Druhé měření jsme vzhledem k časovým možnostem odborného pracovníka museli bohužel provést bez odběru LA. U studenta J. R. došlo i při druhém pokusu k přerušení signálu během měření, tak máme pouze hodnoty SF na konci úseků.

Tabulka č. 6 : Hodnoty SF studentů při testování ve flumu a na bicyklovém ergometru

Osoba	SF1.2	SF1.4	SF1.6	SF2.2	SF2.4	SF2.6	SF3.2	SF3.4	SF3.6
K. S.	153	158	163	167	177	181	178	175	175
M. K.	170	175	178	182	187	191	194	196	195
D. C.	152	162	163	173	178	180	177	178	173
D. R.	115	149	156	157	157	167	169	174	176
M. P.	140	142	148	158	165	167	162	168	171
J. R.	*	*	131	*	*	155	*	*	166

* - chyba zařízení

Vysvětlivky: SF1.2 – první 6 min úsek zátěže, druhá minuta
 SF1.4 – první 6 min úsek zátěže, čtvrtá minuta
 SF1.6 – první 6 min úsek zátěže, šestá minuta
 SF2.2 – druhý 6 min úsek zátěže, druhá minuta
 SF2.4 – druhý 6 min úsek zátěže, čtvrtá minuta
 SF2.6 – druhý 6 min úsek zátěže, šestá minuta
 SF3.2 – třetí 6 min úsek zátěže, druhá minuta
 SF3.4 – třetí 6 min úsek zátěže, čtvrtá minuta
 SF3.6 – třetí 6 min úsek zátěže, šestá minuta

Tabulka č. 7 obsahuje aritmetické průměry a směrodatné odchylky vypočítané z naměřených hodnot SF. Vzhledem k tomu, že hodnoty SF byly u obou částí měření shodné, reprezentuje tabulka jak hodnoty ve flumu, tak na bicyklovém ergometru.

Aritmetický průměr udává průměrnou hodnotu SF, vypočtenou součtem všech hodnot SF naměřených v jednotlivých úsecích a vydělením jejich počtem. Z vypočítaných hodnot vidíme, jak se hodnoty SF postupně zvyšují v reakci na rostoucí zátěž. Pouze hodnoty SF na konci každého úseku (SF1.6, SF2.6, SF3.6) jsou o málo nižší, protože jsme do výpočtu přidali studenta J. R., jehož hodnoty SF byly nejnižší z testovaných studentů.

Velikost směrodatné odchylky udává, nakolik jsou hodnoty SF od sebe odlišné. Čím je číslo vyšší, tím jsou hodnoty SF navzájem odlišnější. Nejvyšší směrodatnou odchylku jsme zaznamenali v prvním úseku měření. Její hodnota byla 18,20 tepů/min. Naopak nejnižší hodnota byla vypočítána v posledním úseku měření SF, kdy SF měla odpovídat hodnotám nad ANP. Ostatní hodnoty směrodatné odchylky se pohybují okolo 10 tepů/min.

Tabulka č. 7 : Aritmetický průměr a směrodatná odchylka hodnot SF obou částí měření

	SF1.2	SF1.4	SF1.6	SF2.2	SF2.4	SF2.6	SF3.2	SF3.4	SF3.6
Aritmetický průměr	146	157,2	156,5	167,4	172,8	173,5	176	178,2	176
Směrodatná odchylka	18,20	11,30	14,54	9,39	10,55	11,77	10,71	9,47	9,09

Hodnoty LA na konci každého ze třech 6 minutových úseků ve flumu a na bicyklovém ergometru ukazuje Tabulka č. 8. Můžeme vidět, jak jsou hodnoty LA téměř vždy vyšší po zátěži na bicyklovém ergometru než po plavání. Dalším významným faktem je, že hodnoty LA se správně s rostoucí zátěží postupně zvyšují a u jednotlivých studentů celkem kolísají.

Nejnižších hodnot LA celkově dosáhl student J. R., z nichž nejmenší je hodnota 1,1 mmol/l LA dosažená při prvním úseku jízdy na ergometru. Celkově nejvyšší hodnotu LA má studentka M. K. a to 7,3 mmol/l. Tato hodnota byla dosažena při třetím úseku jízdy na ergometru.

Tabulka č. 8 : Hodnoty LA při plavání ve flumu a jízdě na bicyklovém ergometru

Osoba	LA 1 FLUM	LA 1 BICYK. ERGOM.	LA 2 FLUM	LA 2 BICYK. ERGOM.	LA 3 FLUM	LA 3 BICYK. ERGOM.
K. S.	2,35	2,6	3,31	4,1	3,07	5
M. K.	2,83	3,7	4,37	6,4	5,6	7,3
D. C.	1,25	4,4	1,31	6,3	2,86	4,8
D. R.	4,74	4,9	5,29	5,1	7,05	6,6
M. P.	2,16	2,5	3,39	4,1	4,88	4,4
J. R.	1,13	1,1	2,08	2,4	2,98	3,9

BICYK. ERGOM. – bicyklový ergometr

V Tabulce č. 9 jsou uvedeny výsledky aritmetických průměrů a směrodatných odchylek vypočítaných z hodnot LA odebraných po jednotlivých úsecích zátěže ve flumu a na bicyklovém ergometru.

Vypočítané hodnoty aritmetických průměrů nám ukazují, jak se hodnoty LA u obou aktivit po každém úseku zvyšovaly. Celkově byl aritmetický průměr LA naměřený po plavání vždy nižší než LA naměřený při shodných hodnotách SF při zátěži na bicyklovém ergometru.

Velikost směrodatné odchylky se pohybovala od 1,20 mmol/l LA do 1,57 mmol/l LA. Nejvyšší směrodatnou odchylku jsme zaznamenali v posledním úseku měření na ergometru. Její hodnota byla 1,57 mmol/l. Naopak nejnižší hodnota odchylky byla vypočítána v prvním úseku měření ve flumu, kdy její hodnota byla 1,20 mmol/l.

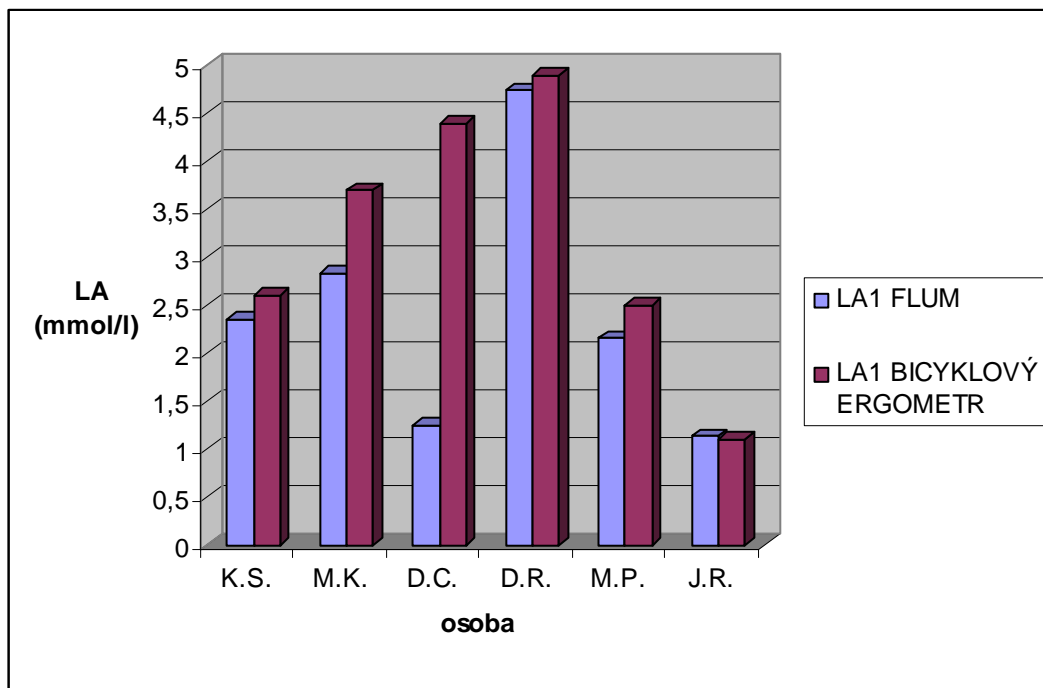
Tabulka č. 9 : Aritmetický průměr a směrodatná odchylka hodnot LA

	LA 1 FLUM	LA 1 BICYK. ERGOM.	LA 2 FLUM	LA 2 BICYK. ERGOM.	LA 3 PLAVÁNÍ	LA 3 BICYK. ERGOM.
Aritmetický průměr	2,41	3,2	3,29	4,73	4,40	5,33
Směrodatná odchylka	1,20	1,28	1,32	1,39	1,57	1,21

BICYK. ERGOM. – bicyklový ergometr

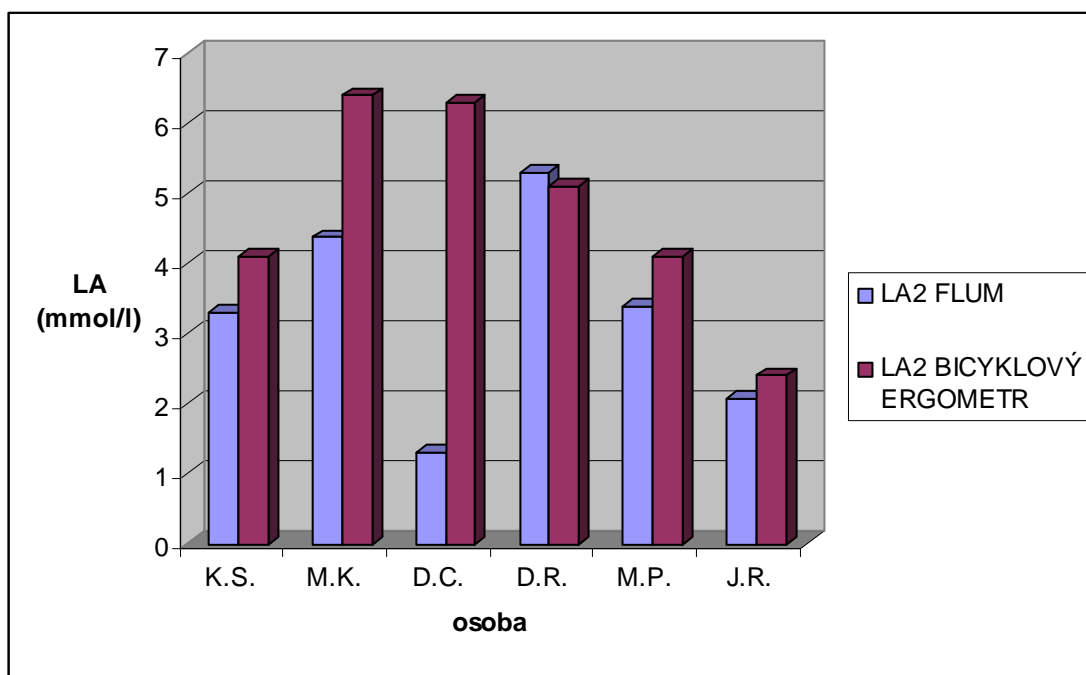
Graf č. 4 znázorňuje hodnoty LA jednotlivých studentů po první 6 minutové zátěži ve flumu a na bicyklovém ergometru. Uvedené hodnoty LA byly následně statisticky zpracovány. Výsledné hodnoty LA ukazují, že u většiny studentů byla hodnota LA vyšší po zátěži na bicyklovém ergometru. Největší rozdíl mezi oběma hodnotami měla studentka D. C.

Graf č. 4 : Porovnání hodnot LA po prvních úsecích zátěže ve flumu a na bicyklovém ergometru



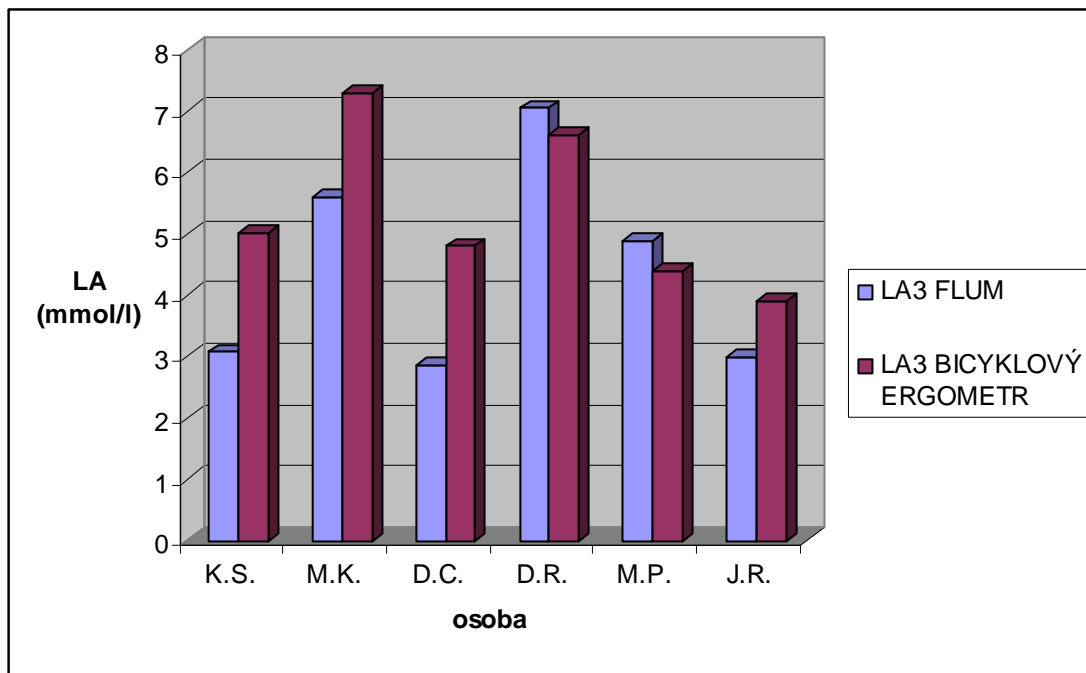
V Grafu č. 5 jsou uvedeny hodnoty LA odebrané studentům po druhých úsecích zátěže ve flumu a na bicyklovém ergometru. Opět si můžeme všimnout, že hodnoty LA po zátěži na ergometru jsou u všech studentů kromě D. R. vyšší. Největších rozdílů LA mezi jednotlivými měřeními dosáhla opět D. C.

Graf č. 5 : Porovnání hodnot LA po druhých úsecích zátěže ve flumu a na bicyklovém ergometru



Hodnoty LA třetích a posledních úseků ve flumu a na bicyklovém ergometru jsou zobrazeny v Grafu č. 6. Všichni studenti, kromě D. R. a M. P., dosáhli vyšších hodnot LA na bicyklovém ergometru.

Graf č. 6: Porovnání hodnot LA po třetích úsecích zátěže ve flumu a na bicyklovém ergometru



Posledním krokem výzkumu bylo statistické zpracování naměřených hodnot LA prostřednictvím Wilcoxonova párového testu pro rozdíly v mediánech. Hodnoty LA z Tabulky č. 8 jsme zadali do statistického programu NCSS. V Tabulce č. 10 jsou uvedeny mediány vypočítané z hodnot LA, dosažené studenty v jednotlivých částech výzkumu.

Výsledky ukázaly, že hodnoty LA naměřené po první části zátěže ve flumu byly statisticky významně nižší ($p = 0,03$) než hodnoty zjištěné na bicyklovém ergometru. Hodnota mediánu LA 1 při plavání ve flumu 2,25 mmol/l byla statisticky významně nižší v porovnání s hodnotou mediánu LA 1 3,15 mmol/l při jízdě na ergometru. Stejně tak byl medián hodnot LA naměřený v druhém úseku ve flumu, odpovídající úrovni ANP ve flumu, statisticky významně nižší ($p = 0,03$) v porovnání s hodnotou LA shodného úseku na ergometru. Můžeme říci, že hodnota mediánu LA 2 při plavání 3,35 mmol/l byla statisticky významně nižší v porovnání s hodnotou mediánu LA 2 při jízdě na ergometru, jehož hodnota byla 4,6 mmol/l. Naopak porovnání hodnot LA třetích úseků ve flumu a na ergometru nebylo statisticky významně odlišné.

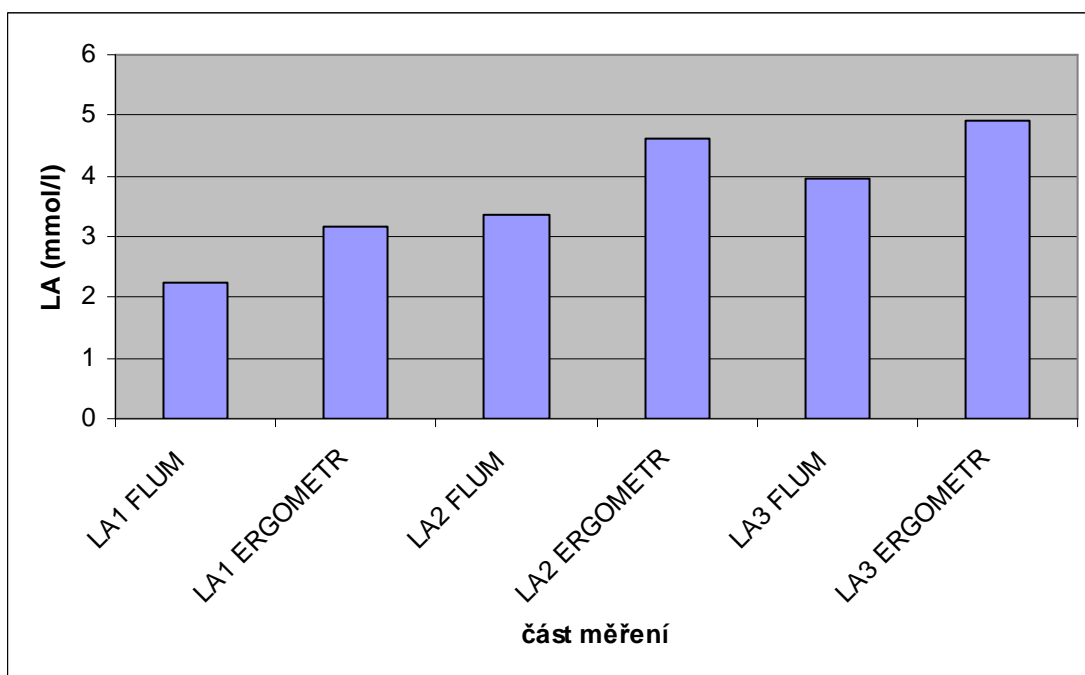
Tabulka č. 10 : Mediány hodnot LA

LA 1 FLUM	LA 1 BICYK. ERGOM.	LA 2 FLUM	LA 2 BICYK. ERGOM.	LA 3 PLAVÁNÍ	LA 3 BICYK. ERGOM.
2,25	3,15	3,35	4,6	3,97	4,9

BICYK. ERGOM. – bicyklový ergometr

V Grafu č. 7 jsou znázorněny mediány hodnot LA, které byly použity ke statistickému zpracování. V grafu si můžeme všimnout, jak se hodnoty LA po každém úseku ve flumu i na bicyklovém ergometru postupně zvyšují. Také je patrné, že hodnoty LA naměřené po zátěži na ergometru jsou vždy výrazně vyšší v porovnání s hodnotami naměřenými na shodných hodnotách SF ve flumu.

Graf č. 7 : Mediány hodnot LA



Po skončení měření jsme studentům elektronickou poštou zaslali druhé dotazníky (Příloha č. 5). Zajímalo nás zejména, která část výzkumu pro ně byla náročnější a zda během výkonu nebo po něm pociťovali bolestivé pocity nebo namožení svalů.

Odpovědi studentů na otázku: „Která část testování pro vás byla fyzicky náročnější?“ ukazuje Tabulka č. 11. Studenti M. K. a D. R. uvedli, že pro ně byl náročnější spíše flum a studentka D. C. uvedla, že pro ni byl flum rozhodně náročnější než ergometr. Naopak studenti K. S. a M. P. napsali, že náročnější byl bicyklový ergometr. Jediný student J. R. uvedl, že pro něj byly obě části stejně náročné.

Tabulka č. 11 : Odpovědi na otázku: Která část testování pro vás byla fyzicky náročnější?

Student	Rozhodně flum	Spíše flum	Rozhodně bicyklový ergometr	Spíše bicyklový ergometr	Obojí stejně	Nedokážu posoudit
K. S.				X		
M. K.		X				
D. C.	X					
D. R.		X				
M. P.				X		
J. R.					X	

Další otázky v dotazníku se týkaly nepříjemných pocitů při výkonu, celkové únavy a namožených svalů po výkonu v obou částech. Všichni studenti kromě D. R. a M. K. v odpovědích uvedli, že během výkonu ani po něm neměli nepříjemné pocity, namožené svaly ani necítili únavu. Student D. R. uvedl, že po výkonu ve flumu cítil namožené svaly. Studentka M. K. odpověděla kladně na všechny otázky.

Ostatní odpovědi studentů na zmíněný dotazník jsou uvedeny v Příloze č. 6 v Tabulkách č. 12-17.

6. DISKUZE

V souvislosti s provedeným výzkumem bychom se rádi zamysleli nad zvolenými metodami a postupy. Také bychom zmínili výsledky a skutečnosti, které z výzkumu vyplynuly.

Pro stanovení intenzity zátěže na úrovni ANP jsme zvolili testování pomocí metody CSS. Metoda byla představena Wakayoshim v roce 1992 a názory na ni jsou často protichůdné. Dekerle a kol. (2005) uvádějí, že CSS je vhodná metoda pro zvolení intenzity tréninkového zatížení i průběžnou kontrolu trénovanosti. Toubekis a kol. (2006) porovnávali CSS u plavců ve věku okolo 13 let s hodnotou jejich ANP, zajímali se také o rychlost plavání, která odpovídala 4 mmol/l LA. Výsledky potvrdili CSS jako platnou a praktickou neinvazivní metodu vhodnou pro zjišťování vytrvalosti a aplikaci v tréninkovém režimu. Naopak Dekerle a kol. (2005) zjistili, že CSS neodpovídá maximální dlouhodobě udržitelné hladině laktátu (MLSS), jak se původně domnívali její autoři. Výsledky ukázaly, že CSS byla statisticky významně vyšší než MLSS, ačkoliv obě hodnoty navzájem silně korelovaly.

I přes často rozporuplné názory odborníků na metodu CSS jsme se rozhodli tuto metodu pro náš výzkum použít. Největší klady spatřujeme v její poměrně snadné realizaci bez nutnosti invazivních vyšetření. Maglischo (2003) metodu CSS obhájí jako nejlepší metodu pro sledování AEP a ANP v prostředí plaveckého bazénu.

Výsledky CSS všech 6 studentů se pohybovaly mezi 0,8-1 m/s. Zjištěnou individuální CSS jsme aplikovali do plaveckého trenažéru – flumu. Studenti plavali 3 x 6 min se stupňovanou intenzitou s 6 minutovými intervaly odpočinku. Použili jsme flum na FTVS UK vybudovaný v roce 2010.

Výzkumem ve flumu FTVS UK se zabýval také Kozel (2012), který porovnával zátěž triatlonistů na úrovni ANP při plavání v bazénu a ve flumu. Test ve flumu se skládal ze čtyř stupňovaných úseků s intervalem odpočinku 1 min. V bazénu probandí plavali 3 x 400 m s intervalem odpočinku 1 min. Výsledky byly vyhodnoceny kvůli technické chybě pouze u dvou probandů. Zjistilo se, že plavci zvládali daleko lépe zatížení ve flumu způsobené rozdílnou rychlostí proudící vody a díky tomu mohli provádět záběry s menší svalovou námahou. Autor zjistil, že rychlost proudící vody neodpovídá hodnotám udávaným stupňům pro nastavení. Zjistil také, že rychlost

proudící vody není ve všech místech flumu stejná, zejména její hodnotu ovlivňuje hloubka vody a vzdálenost od zařízení vytvářející protiproud.

Cagaň (2012) se ve své bakalářské práci zabýval aplikací CSS v bazénu a ve flumu. Před realizací výzkumu provedl nové měření protiproudu ve flumu (Tabulka č. 3) a podle zjištěných hodnot nastavoval sílu protiproudu. Podle výsledků byly hodnoty LA naměřené při plavání ve flumu v průměru 4,2 krát nižší než hodnoty naměřené při plavání v bazénu. Hodnoty SF naměřené při plavání ve flumu byly v průměru 1,5 krát nižší než hodnoty naměřené při plavání v bazénu. Výsledky poukazují na to, že proudění vody ve flumu je nekonstantní a se stoupající hloubkou nižší.

Na základě zjištění Kozla a Caganě jsme testované studenty informovali o negativěch, které plavání ve flumu přináší. Především zjištění Caganě pomohlo k tomu, že jsme kontrolovali rychlost proudění vody, aby odpovídalo skutečnosti.

Pro testování ve flumu byli vybraní studenti, kteří v minulosti neabsolvovali specializovanou plaveckou přípravu. Z tohoto důvodu se domníváme, že nedostatky v proudění vody měly minimální vliv na aktuální provedení kraulové techniky testovaných studentů. Cílem našeho měření bylo zjistit hodnotu LA dosaženého na konkrétní hodnotě SF, proto si myslíme, že nekonstantnost proudění vody neměla v našem výzkumu příliš velký vliv.

V průběhu testování jsme měli u několika studentů problémy se zjišťováním SF ve flumu. Bylo to zřejmě vlivem technické chyby, kdy došlo ke ztrátě přenosového signálu mezi měřicím pásem a záznamovým přístrojem sport-testru nebo posunutím měřicího pásu proudem vody níže, kde se přerušil příjem signálu. Proto jsme museli u studentů D. C. a J. R. testování ve flumu zopakovat. Testy jsme bohužel museli provést bez odběru LA, takže mohlo dojít k malému zkreslení jejich výsledků.

Před zahájením měření jsme si položili výzkumnou otázku, zda studenti bez specializované plavecké přípravy budou schopni uplavat stanovenou délku a udržet konstantní rychlost v plaveckém flumu. Na jedné straně byl argument, že rychlost protiproudu ve flumu bude nastavená podle vypočítané CSS, tudíž by studenti měli test zvládnout. Na druhé straně jsme si byli vědomi toho, že studenti nejsou zvyklí na plavání podle stanovené rychlosti a nemusí být kondičně a technicky natolik vyspělí, aby test dokončili. Během testování se ukázalo, že většině studentů nedělá specifické prostředí flumu ani určená rychlost žádné problémy. Pouze u studentek M. K. a D. C. jsme museli v průběhu plavání posledních úseků snížit rychlost o jeden stupeň, tedy na úroveň jejich CSS. Důvodem pro snížení rychlosti protiproudu mohla být nedostatečná

aerobní kapacita studentek, kdy došlo ve větší míře k zapojování anaerobních mechanismů, které neumožnily nadále pokračovat na stanovené rychlosti plavání.

Druhou výzkumnou otázkou jsme se zamýšleli nad tím, která část testování bude pro studenty náročnější. Domnívali jsme se, že pro studenty bude náročnější spíše bicyklový ergometr vzhledem k zatížení pouze dolních končetin. Uvědomovali jsme si ale také, že hodnocení bude individuálně odlišné vzhledem k plavecké technice, cyklistickým zkušenostem i aerobní zdatnosti. Závěrečné dotazníky naše předpoklady potvrdily. Odpovědi studentů na hodnocení náročnosti tělesného zatížení během plavání a jízdy na bicyklovém ergometru se u jednotlivých studentů lišilo. Studenti M. K., D. R. a D. C. uvedli, že pro ně byl náročnější flum. Naopak, studenti K. S. a M. P. napsali, že jim připadal náročnější bicyklový ergometr. Jediný student J. R. uvedl, že pro něj byly obě části stejně náročné.

Další výzkumná otázka se zabývala tím, zda budou hodnoty LA dosažené ve flumu statisticky významně rozdílné v porovnání s hodnotami LA měřenými na shodných hodnotách SF na bicyklovém ergometru. Před realizací měření jsme se vzhledem ke specifickému prostředí vody a zapojení menších svalových skupin domnívali, že hladiny LA budou nižší při plavecké zátěži ve flumu. Následné statistické zpracování naměřených vzorků LA pomocí Wilcoxonova párového testu naše domněnky potvrdilo. Zjistili jsme, že hodnoty LA naměřené po první části zátěže ve flumu byly statisticky významně nižší než hodnoty zjištěné na bicyklovém ergometru. Hodnota mediánu LA 1 při plavání ve flumu 2,25 mmol/l byla statisticky významně nižší v porovnání s hodnotou mediánu LA 1 3,15 mmol/l při jízdě na ergometru. Stejně tak byl medián hodnot LA naměřený v druhém úseku ve flumu, odpovídající úrovni ANP ve flumu, statisticky významně nižší ($p = 0,03$) v porovnání s hodnotou LA shodného úseku na ergometru. Můžeme říci, že hodnota mediánu LA 2 při plavání 3,35 mmol/l byla statisticky významně nižší v porovnání s hodnotou mediánu LA 2 při jízdě na ergometru, jehož hodnota byla 4,6 mmol/l. Naopak porovnání hodnot LA třetích úseků ve flumu a na ergometru nebylo statisticky významně odlišné.

Kovářová, Kovář (2011) se zabývali porovnáváním SF, množstvím LA a ANP při plavání, běhu a jízdě na bicyklovém ergometru. Výzkumu se účastnilo 13 juniorských reprezentantů v triatlonu. Výsledky ukázaly, že hodnoty LA na úrovni ANP na bicyklovém ergometru byly ($2,92 \pm 0,40$ mmol/l) a hodnoty LA na úrovni ANP při plavání byly ($3,9 \pm 0,55$ mmol/l). Při zpracování výsledků LA při plavání a jízdě na bicyklovém ergometru byly zjištěny statisticky významné rozdíly.

Výsledky Kovářové, Kováře (2011) byly opačné než výsledky, ke kterým jsme dospěli my. Jedním z důvodů může být naprosto odlišné zaměření probandů zúčastňujících se obou testování. Zatímco Kovářová, Kovář (2011) při výzkumu testovali vytrvalostně zaměřené sportovce, kteří byli specializovaní na dané sporty, naši probandi nebyli příliš vytrvalostně trénovaní ani specializovaní na plavání a na jízdu na kole.

Dalším důvodem pro odlišnost výsledků by mohla být rozdílnost v použité metodice. Kovář, Kovářová (2011) hledala nejdříve ANP izolovaně jak pro plavání, tak pro bicyklový ergometr a pak tyto hodnoty porovnála. My jsme použili hodnoty SF na úrovni ANP v plavání a podle nich jsme řídili zatížení na bicyklovém ergometru. Metodika Kováře, Kovářové je bezesporu přesnější, ale také finančně i organizačně náročnější. Cílem námi zvolené metodiky bylo porovnat hodnoty LA při dvou různých sportech, plavání a jízdě na kole, na shodných hodnotách SF a u nesespecializované populace.

Z našich výsledků vyplývá, že hodnoty LA naměřené na shodných hodnotách SF byly vyšší při zátěži na bicyklovém ergometru než při plavání ve flumu. Na úrovni zátěže odpovídající ANP při plavání byly hodnoty LA na bicyklovém ergometru také vyšší. Můžeme tedy říci, že při plavání dochází k nižší tvorbě LA než při zátěži na shodných hodnotách SF při jízdě na kole.

Pro náš výzkum jsme plánovali účast alespoň 20 studentů. Na počátku jsme začali s testováním 40 studentů, ale zřejmě kvůli časovým možnostem a jiným důvodům dokončilo všechna měření pouze 6 studentů.

7. ZÁVĚR

Cílem práce bylo zjistit, zda se statisticky významně liší hodnoty LA při zátěži na shodné úrovni SF v plaveckém trenažéru (flumu) a při jízdě na bicyklovém ergometru, zejména na úrovni ANP.

Výzkumu se účastnilo 6 studentů (3 chlapci a 3 dívky) z prvního ročníku bakalářského studia FTVS UK. Věk testovaných studentů byl průměrně 20,5 let \pm 3 roky. Zjištěná výška studentů byla 171 cm \pm 20 cm a váha byla 72 kg \pm 21 kg. Důležité bylo, aby testovaní studenti neprošli v minulosti specializovanou plaveckou ani cyklistickou přípravou, aby na tyto sporty nebyli adaptováni.

Testování probíhalo nejprve ve flumu na FTVS UK, kde zátěž byla odpovídající ANP stanovená individuálně podle protokolu CSS. Během zátěže ve flumu i na ergometru jsme studentům průběžně monitorovali SF prostřednictvím sport-testerů. Následně jsme studenty testovali na bicyklových ergometrech. Zátěž obou částí testování trvala vždy 6 min s 6 minutovým intervalem odpočinku. Celkem byly tři úseky zátěže. Na konci každého úseku byl studentům odebrán vzorek krve pro stanovení hodnoty LA. Pomocí neparametrického Wilcoxonova párového testu jsme mezi sebou porovnali hodnoty LA úseků na shodných hodnotách SF ve flumu a na bicyklovém ergometru.

Výsledky statistiky ukázaly, že hodnoty LA po prvním úseku plavání ve flumu byly statisticky významně nižší v porovnání s hodnotami LA zjištěných po prvním úseku jízdy na ergometru. Porovnání vzorků LA odebraných po druhých úsecích zátěže, odpovídající úrovni ANP ve flumu, vyšlo také statisticky významně nižší při plavání. Naopak hodnoty LA třetích úseků zátěže nebyly statisticky významně rozdílné.

Z uvedených výsledků vyplývá, že hodnoty LA nejen na úrovni ANP ve flumu byly nižší při plavání ve flumu než při jízdě na bicyklovém ergometru.

Pro náš výzkum jsme zvolili poměrně složitý postup, který vyžadoval nejen časovou flexibilitu zúčastněných studentů, ale také ostatních účastníků. Přestože výzkum dokončilo pouze 6 studentů, myslíme si, že jsou zjištěné informace přínosné a podobný výzkum s větší účastí probandů by se měl zopakovat.

REFERENČNÍ SEZNAM

1. ANDĚL, J. *Matematická statistika*. Praha : SNTL, 1985.
2. AMERICAN RED CROSS. *Swimming and diving*. Boston : Staywell, 1992.
ISBN 0-8151-0595-9
3. BALVÍN, MOTL, *Vyhodnocení rychlostí proudění v bazénu s protiproudem*.
Výzkumný ústav vodohospodářský, 2010.
4. BARTŮŇKOVÁ, S. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*. 1. vyd. Praha:
Karolinum, 2006. ISBN 80-276-1171-6
5. BĚLKOVÁ-PREISLEROVÁ, T. *Plavání v pohybovém režimu zdravotně
oslabených a tělesně postižených*. přepr. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1988.
6. BUNC, V. *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné
zatížení*. Praha : Výzkumný ústav tělovýchovný UK Praha, 1989. ISBN 80-
7066-214-X
7. BURKE, E. R. *Precision heartrate training*. USA: Human Kinetics, 1998. ISBN
0-88011-770-2
8. CAGANĚ, Š. *Aplikace CSS (Critical Swimming Speed) v plaveckém trenážéru*.
Praha, 2012. 55s. Bakalářská práce na UK FTVS, Vedoucí práce Daniel Jurák.
9. ČECHOVSKÁ, I., MILER, T. *Plavání*. 2. přepr. vyd. Praha: Grada, 2008. ISBN
978-80-247-2154-5
10. ČECHOVSKÁ, I., NOVOTNÁ, V., MILEROVÁ, H. *Aqua-fitness*. 1. vyd.
Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0462-5

11. DEKERLE, J. a kol. *Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state*. International journal of sports medicine, 2005, roč. 26, č.7, s. 524-530.
12. EDWARDS, S. *Heart zone training: exercise smart, stay fit and live longer*. Holbrook : Adam Media Corporation, 1996. ISBN 1-55850-552-0
13. FORMÁNEK, J., HORČIC, J. *Triatlon*. 1. vyd. Praha: Olympia, 2003. ISBN 80-033-567- X
14. GINN, E. *The application of the critical power test to swimming and swim training programmes*. Australian National Sports Research Centre, Canberra: A.C.T., 1993.
15. HAVLÍČKOVÁ, L. aj. *Fyziologie tělesné zátěže II*. Speciální část- 1. díl. Praha: 1993. ISBN 80-7066-815-6
16. HOFER, Z. a kol. *Technika plaveckých způsobů*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1205-4
17. JANSÁ, P., DOVALIL, J. a kol. *Sportovní příprava*. 1. vyd. Praha: Q-art, 2007. ISBN 80-903280-8-3
18. JURÁK, D. Krátký přehled neinvazivních metod kontroly a řízení plaveckého tréninku. In POKORNÁ, J. PESLOVÁ. E (eds.). *Plavecká lokomoce a zatěžování ve vodě*, Praha: Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze, 2011, [Compact Disc]. [cit. 2012-05-10]. ISBN 978-80-86317-89-2
19. KOVÁŘOVÁ, L., KOVÁŘ, K. *Differences in heart rate and lactate level at the individual anaerobic threshold in swimming, cycling and running in national junior triathlon athletes and their importance for management of sport training*. Antropomotoryka, 2011, č.56, s. 57-65.

20. KOZEL, T. *Porovnání srdeční frekvence, hladiny laktátu a rychlosti plavání v proudnicovém kanále a plaveckém bazénu*. Praha, 2012. 82 s. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí práce Josef Horčic.
21. KUMŽÁKOVÁ, J. *Intenzita zatížení studentů 1. ročníku UK FTVS v hodinách plavání*. Praha, 2007, 127 s. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí práce Daniel Jurák.
22. MAGLISCHO, E., W., *Swimming fastest*. 1. vyd. Champaign: Human Kinetics, 2003. ISBN 0-7360-3180-4
23. MCEVOY, J. E. *Fitness swimming*. 1.vyd. Princeton: Princeton Book Copany, 1985. ISBN 916622-34-7
24. MOTYČKA, J., HRON, P. *Ponořovací reflex při ponoření a plavání člověka pod vodou*. ČECHOVSKÁ, I. Problematika plavání a plaveckých sportů I. Praha: Karolinum, 1998. s. 96-98. ISBN 80-7174-784-4
25. NEULS, F. *Využití monitorů srdeční frekvence v plavání*. ČECHOVSKÁ, I. Problematika plavání a plaveckých sportů III. Praha: Karolinum, 2003. 136-139s. ISBN 80-246-0637-2
26. OLBRECHT, J. *The science of winning*. 1.vyd. Luton: Swimshop, 2000.
27. SUCHOMELOVÁ, H. *Vliv vodního prostředí na změny srdeční frekvence*. Praha, 2009. 58s. Bakalářská práce na UK FTVS, Vedoucí práce Daniel Jurák.
28. SVOBODA, P. *Uživatelská příručka Polar*. Praha: Sportovní služby. 2005
29. TOUBERKIS, A., G. a kol. *Critical velocity and lactate threshold in young swimmers*. International journal of sports medicine, 2006, roč. 27, č. 2, s. 117-123.

Internetové zdroje

1. Cyklotrénink [online]. c2009 [cit. 2012-06-08]. Dostupné z: <http://www.cyklotrenink.com/slovník/laktatova-krivka>
2. Flum [online]. c2012 [cit. 2012-06-08]. Dostupné z: <http://flum.webnode.cz/onas/>
3. GRAEF, F., I., KRUEL, L., F. Heart rate and perceived exertion at aquatic environment: differences in relation to land environment and applications for exercise prescription. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* [online]. 2006, vol.12, no. 4, Jul/Ago [cit. 2012-06-08]. Dostupné z: <http://www.scielo.br/>. ISSN 1517-8692
4. *Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích* [online]. c2009 [cit. 2012-06-08]. Dostupné z: <http://www.zsf.jcu.cz/>
5. KRAVITZ, L., MAYO, J. J., The physiological effects of aquatic exercise: A brief review. [online]. Nokomis. 1997. [cit. 2012-06-08]. Dostupné z: <http://www.unm.edu/>
6. KPO – cyklistický klub [online]. [cit. 2012-06-08]. Dostupné z: <http://www.kpo.cz/fyziologie/fyziologie04-2.htm>
7. PAŽICKÝ, M. *Zátěžová diagnostika ve vytrvalostním sportu*. [online]. [cit. 2012-06-08]. Dostupné z: <http://www.pazicky.cz/anaerobni.html>
8. *Free diving* [online]. c2003 [cit. 2012-06-08]. Dostupné z: <http://www.freediving.cz/>
9. *The Cornell Cognitive Studies in Context Program* [online]. c2006 [cit. 2012-06-08]. Dostupné z: <http://www.csip.cornell.edu/>

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOHOVÉ ČÁSTI

- Příloha č. 1 Vyjádření etické komise
- Příloha č. 2 Informovaný souhlas
- Příloha č. 3 Dotazník pro studenty č. 1
- Příloha č. 4 Graf č. 8: Ukázka hodnot SF studenta D. R. při testování ve flumu
- Příloha č. 5 Dotazník pro studenty č. 2
- Příloha č. 6 Odpovědi na dotazník pro studenty č. 2

Příloha č. 1

Vyjádření etické komise



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín
tel.: 220 171 111
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, doktorské, diplomové (bakalářské) práce, zahrnující lidské účastníky

Název: Porovnání změn vnitřního prostředí organismu při zátěži v plaveckém тренаžéru a při jízdě na bicyklovém ergometru

Forma projektu: diplomová práce

Autor: Bc. Helena Suchomelová

Školitel: Mgr. Daniel Jurák

Popis projektu :

Cílem našeho projektu je porovnat náročnost zatížení a zjištění anaerobního prahu při plavání v plaveckém тренаžéru (flumu) a jízdě na bicyklovém ergometru. Projektu se budou účastnit studenti prvního ročníku bakalářského studia, kteří neprošli specializovaným plaveckým tréninkem. Během výzkumu budeme monitorovat srdeční frekvenci a odebírat vzorky laktátu. Výzkum bude probíhat během dvou domluvených setkání. První bude v Pedagogicko-výzkumné laboratoři katedry plaveckých sportů FTVS UK a druhé v Laboratoři sportovní medicíny FTVS UK.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:

Odběr vzorku krve pro zjištění hladiny krevního laktátu bude proveden vždy ihned po dokončení stanoveného úseku plavání ve flumu a po ukončení jízdy na bicyklovém ergometru. Odběr provede školený zástupce Biomedicínské laboratoře FTVS UK. Jedná se o invazivní metodu vyšetřování. Při odběru vzorku krve se bude postupovat podle hygienických zásad a norem tak, aby bylo maximálně ochráněno zdraví testovaných. Během výzkumu bude pomocí zařízení pro měření srdeční frekvence (sport-testerů) neinvazivní metodou monitorována srdeční frekvence.

Etické aspekty výzkumu:

Účast všech probandů na výzkumu je dobrovolná a mohou kdykoliv projekt opustit. Informace a data získaná v průběhu výzkumu nebudou žádným způsobem zneužita ani poskytnuta třetí osobě.

Informovaný souhlas (přiložen)

V Praze dne

Podpis autora:

Vyjádření etické komise UK FTVS

Složení komise: Doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc.
Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.
Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.
Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 0128 / 2012

dne: 12. 6. 2012

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro provádění biomedicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

UNIVERZITA KARLOVA v Praze
razítko školy
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

1

Dan Jurák
podpis předsedy EK

Příloha č. 2. Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Vážený sportovče, vážená sportovkyně,
z důvodu splnění stanovených kritérií jste byl/a osloven/a k účasti na výzkumu, který provádím jako součást své diplomové práce v rámci studia na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze (dále jen FTVS UK).

Cílem výzkumu je porovnat náročnost zatížení a zjištění anaerobního prahu při plavání v plaveckém trenažéru (flumu) a jízdě na bicyklovém ergometru. Během výzkumu budeme monitorovat srdeční frekvenci a odebírat vzorky laktátu.. Odběr laktátu provede školený zástupce Biomedicínské laboratoře FTVS UK. Jedná se o invazivní metodu vyšetřování. Při odběru vzorku krve se bude postupovat podle hygienických zásad a norem tak, aby bylo maximálně ochráněno zdraví testovaných. Srdeční frekvence se bude měřit zařízeními pro měření srdeční frekvence (sport-testery). Výzkum bude probíhat během dvou domluvených setkání. První bude v Pedagogicko-výzkumné laboratoři katedry plaveckých sportů FTVS UK a druhé v Laboratoři sportovní motoriky FTVS UK.

Výhodami pro testované osoby je zjištění jejich anaerobního prahu při plavání a seznámení s metodami zátěžové fyziologie. Data a informace získané v průběhu výzkumu nebudou žádným způsobem zneužity ani poskytnuty třetí osobě.

Souhlasím se svou účastí na výzkumu k diplomové práci Heleny Suchomelové. K účasti na výzkumu jsem dospěl po vlastním uvážení, obdržel jsem nezbytné informace a adekvátně je pochopil.

Datum:

Podpis:

1.

2.

3.

4.

5.

6.

Příloha č. 3

Dotazník pro studenty č. 1

Dotazník

Jméno.....

Příjmení.....

Emailová adresa
.....

Věk.....

Výška.....

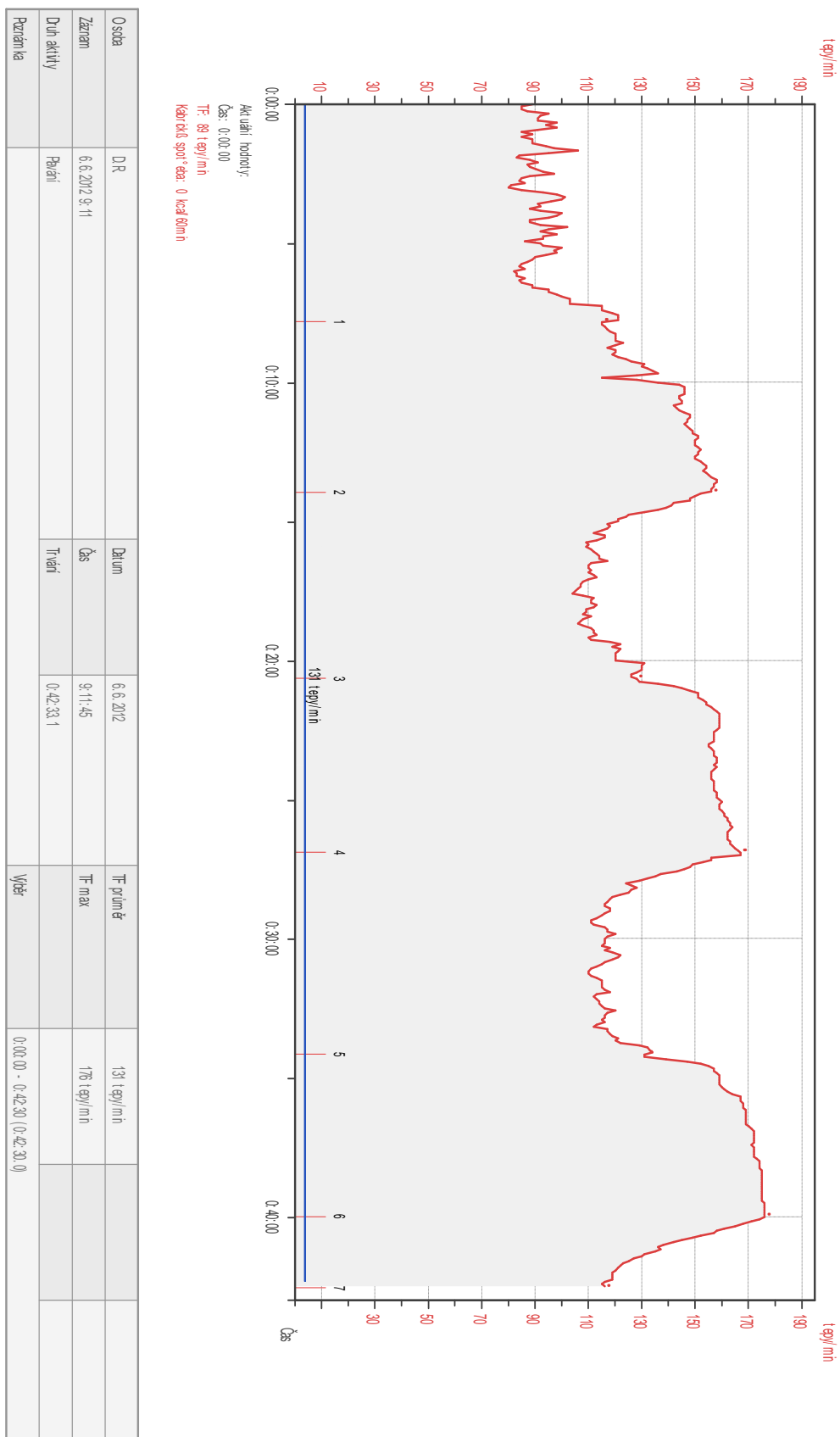
Váha.....

Kolik hodin týdně
sportuji.....

Jaký
sport.....

Příloha č. 4

Graf č. 8: Ukázka hodnot SF studenta D. R. při testování ve flumu



Příloha č. 5

Dotazník pro studenty č. 2

Jméno:

- Která část testování pro vás byla fyzicky náročnější?
 - A) Rozhodně flum
 - B) Spíše flum
 - C) Rozhodně bicyklový ergometr
 - D) Spíše bicyklový ergometr
 - E) Obojí stejně
 - F) Nedokážu posoudit

- Projevily se při testování ve flumu nepříjemné pocity (bolest, křeče)?
 - A) Rozhodně ano
 - B) Spíše ano
 - C) Rozhodně ne
 - D) Spíše ne
 - E) Nevím

- Projevily se při testování na bicyklovém ergometru nepříjemné pocity (bolest, křeče)?
 - A) Rozhodně ano
 - B) Spíše ano
 - C) Rozhodně ne
 - D) Spíše ne
 - E) Nevím

- Cítili jste po testování ve flumu namožené svaly?
 - A) Rozhodně ano
 - B) Spíše ano
 - C) Rozhodně ne
 - D) Spíše ne
 - E) Nevím

- Cítili jste po testování na bicyklovém ergometru namožené svaly?
 - A) Rozhodně ano
 - B) Spíše ano
 - C) Rozhodně ne
 - D) Spíše ne
 - E) Nevím

- Dostavila se po testování ve flumu celková únava?

- A) Rozhodně ano
- B) Spíše ano
- C) Rozhodně ne
- D) Spíše ne
- E) Nevím

- Dostavila se po testování na bicyklovém ergometru celková únava?

- A) Rozhodně ano
- B) Spíše ano
- C) Rozhodně ne
- D) Spíše ne
- E) Nevím

Příloha č. 6

Odpovědi na dotazník pro studenty č. 2

Tabulka č. 12 : Odpovědi na otázku: Projevily se při testování ve flumu nepříjemné pocity (bolest, křeče)?

Student	Rozhodně ano	Spíše ano	Rozhodně ne	Spíše ne	Nevím
K. S.			X		
M. K.		X			
D. C.			X		
D. R.				X	
M. P.			X		
J. R.				X	

Tabulka č. 13 : Odpovědi na otázku: Projevily se při testování na bicyklovém ergometru nepříjemné pocity (bolest, křeče)?

Student	Rozhodně ano	Spíše ano	Rozhodně ne	Spíše ne	Nevím
K. S.			X		
M. K.		X			
D. C.			X		
D. R.				X	
M. P.			X		
J. R.				X	

Tabulka č. 14 : Odpovědi na otázku: Cítili jste po testování ve flumu namožené svaly?

Student	Rozhodně ano	Spíše ano	Rozhodně ne	Spíše ne	Nevím
K. S.			X		
M. K.	X				
D. C.				X	
D. R.		X			
M. P.				X	
J. R.				X	

Tabulka č. 15 : Odpovědi na otázku: Cítili jste po testování na bicyklovém ergometru namožené svaly?

Student	Rozhodně ano	Spíše ano	Rozhodně ne	Spíše ne	Nevím
K. S.			X		
M. K.	X				
D. C.				X	
D. R.				X	
M. P.				X	
J. R.				X	

Tabulka č. 16 : Odpovědi na otázku: Dostavila se po testování ve flumu celková únava?

Student	Rozhodně ano	Spíše ano	Rozhodně ne	Spíše ne	Nevím
K. S.				X	
M. K.	X				
D. C.			X		
D. R.				X	
M. P.				X	
J. R.				X	

Tabulka č. 17 : Odpovědi na otázku: Dostavila se po testování na bicyklovém ergometru celková únava?

Student	Rozhodně ano	Spíše ano	Rozhodně ne	Spíše ne	Nevím
K. S.			X		
M. K.		X			
D. C.			X		
D. R.			X		
M. P.				X	
J. R.				X	