

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Aplikace CSS (Critical Swimming Speed)

v plaveckém trenážeru

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Daniel JURÁK

Vypracoval:

Štěpán CAGAŇ

Praha, duben 2012

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

V Praze, dne

.....

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své bakalářské práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto bakalářskou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucím práce Mgr. Danielu Jurákovi za odborné vedení, cenné rady a pomoc při získávání dat.

Dále bych rád poděkoval Mgr. Markétě Kaplanové za vřelý přístup, konzultace a poskytnutí prostor při testování, Lence Zahálkové z Biomedicíncké laboratoře FTVS UK za odběr krevních vzorků a jejich vyhodnocení a nakonec všem plavcům, kteří se testování zúčastnili.

Abstrakt

- Název:** Aplikace CSS (Critical Swimming Speed) v plaveckém trenažéru
- Cíle:** Cílem naší pilotní studie bylo zjistit, zda zatížení při plavání rychlostí odpovídající ANP ve flumu na stupni ověřeném akreditovaným pracovištěm je úměrné zatížení při plavání rychlostí odpovídající ANP v bazénu.
- Metody:** Pro ověření stanoveného cíle jsme stanovili u každého probanda rychlost odpovídající anaerobnímu prahu pomocí protokolu Critical Swimming Speed. Následně jsme sledovali hodnoty krevního laktátu a srdeční frekvence při plavání stanovenou rychlostí v bazénu a posléze ve flumu. Naměřené hodnoty jsme porovnali.
- Výsledky:** Zjistili jsme, že zatížení ve flumu je výrazně nižší, než zatížení v bazénu. Dále jsme zjistili, že proudění vody ve flumu není konstantní.
- Klíčová slova:** flum, plavání, plavecký trenažér, laktát, kraul, critical swimming speed

Abstract

- Title:** Application of CSS (Critical Swimming Speed) in the swimming flume.
- Objectives:** Purpose of our pilot study was to find out, if load during swimming on speed of anaerobic threshold in the flume on level validated by accredited workplace corresponds with load during swimming in the swimming pool.
- Methods:** For verification of our purpose, for each proband we first determined speed of anaerobic threshold, using Critical Swimming Speed protocol. Subsequently we monitored values of blood lactate and heart rate during swimming on anaerobic threshold speed level in the pool and thereafter in the flume. We have compared measured values.
- Results:** We found out, that load in the flume is much lower, than load in the pool. We also found out, that stream of water in flume is not constant.
- Keywords:** flume, swimming, swimming simulator, lactate, front crawl stroke, critical swimming speed

Obsah

Obsah	7
1 Úvod.....	8
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	10
2.1 Laktát	10
2.2 Praktické zjištění ANP v bazénu	11
2.2.1 Critical Swimming Speed	14
2.3 Trénink na úrovni ANP.....	15
2.4 Úhrada energie při výkonu	16
2.5 Srdeční frekvence	17
2.6 Technika plaveckého způsobu kraul.....	19
2.7 Plavecký trenažér, neboli „flum“	22
3 CÍL A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY	30
4 METODIKA PRÁCE	31
4.1 Pilotní studie	31
4.2 Probandi	31
4.3 Průběh testování.....	32
5 VÝSLEDKY	36
6 DISKUSE.....	41
7 ZÁVĚRY	43
8 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	45
9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	46
10 PŘÍLOHY	50

1 Úvod

Katedra plavání a plaveckých sportů FTVS UK v Praze má od ledna roku 2010 ve správě bazén vytvářející protiproud, který umožňuje plavci simulovat plavání v reálném prostředí a přitom zůstat vzhledem k měřicím přístrojům relativně v klidu. V tomto tkví největší rozdíl a také výhoda plaveckého trenažéru, neboli “flumu” oproti běžnému bazénu, jelikož stacionární měřicí zařízení jsou přesnější, méně náročná na instalaci a nepředstavují tak vysokou investici.

Zařízení podobného charakteru jsou ve vyspělých plaveckých zemích již mnoho let běžným inventářem předních výzkumných laboratoří, tréninkových zařízení a univerzit zabývajících se plaváním. V České republice je však toto zařízení unikátní, a proto považujeme za důležité zjistit, jak je využitelné v běžném sportovním tréninku, či při výzkumu a zda-li jsou jeho vlastnosti srovnatelné s prostředím bazénu.

Hlavním cílem naší práce je porovnat rychlosti proudu ve flumu s rychlostí plavání v bazénu. Nemáme jistotu, zda ve flumu dané rychlosti korelují s rychlostí plavání plavce v bazénu, resp. nevíme, zda úsilí potřebné k dosažení určité rychlosti plavání v bazénu odpovídá úsilí potřebnému k dosažení stejné rychlosti ve flumu. Dle základních technických parametrů by mělo být možné nastavit rychlost vodního proudu ve flumu od 0.5 m/s do 2,5 m/s.^[1] K porovnání podmínek proudění ve flumu použijeme metody Critical Swimming Speed, dále jen CSS (Wakayoshi a kol., 1992) k tomu, abychom porovnali rychlosti v metrech za sekundu při plavání v bazénu a ve flumu. Zda je plavání při rychlosti zadané do nastavení flumu stejně fyzicky náročné jako při shodné rychlosti v bazénu, budeme zjišťovat pomocí stanovení CSS a sledováním tvorby laktátu při plavání v obou prostředích. Kontrolním ukazatelem bude hodnota srdeční frekvence, kterou budeme v průběhu plavání zaznamenávat.

Wakayoshi a kol. (1992) provedl podobné měření ve flumu. Výzkumný tým došel k závěru, že hodnoty naměřené ve flumu a v bazénu spolu vysoce korelují. My se však na základě zkušebního testování domníváme, že měření v našem zařízení ukáží nesrovnalosti. Jedná se ovšem pouze o vlastní názory, postavené na dlouholeté zkušenosti závodního plavce a trenéra, které nám ovšem potvrdili i akademici z Katedry plavání a plaveckých sportů, s nimiž jsme problematiku konzultovali. Naši domněnku

^[1] Tato rychlost je uváděna v technických materiálech zkoumaného zařízení, avšak zda tato rychlost odpovídá rychlosti plavání v bazénu, je předmětem zkoumání této práce.

potvrdilo i několik dalších studentů druhého a třetího ročníku plavecké specializace na FTVS UK, kteří zařízení testovali.

V zařízení, které má fakulta k dispozici, spatřujeme velký potenciál a chápeme je jako významný příspěvek nejen pro výzkumné účely, ale i pro české sportovní a vrcholové plavání. Proto bychom prostřednictvím této práce rádi napomohli k tomu, aby mohlo být zařízení plně využíváno, a to jak v oblasti výzkumu, tak v oblasti aplikovaného plavání.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

2.1 Laktát

Laktát je sůl kyseliny mléčné, jejíž chemické složení je $\text{CH}_3\text{-CHOH-COO-H}$ (Maglischo, 2003). Kyselina mléčná se tvoří ve svalech jako metabolický produkt získávání energie za nepřístupu kyslíku (viz kapitolu Úhrada energie při výkonu). Laktát vzniká uvolněním kladného vodíkového iontu z kyseliny mléčné. Laktát může být dále využit, ovšem pouze za určitých podmínek (viz kapitolu Úhrada energie při výkonu). Přebytkový laktát, který buňka nedokáže dále zpracovat, je jako ostatní metabolity uvolňován do krve, kde jeho koncentraci měříme laktátovým testem. Tento proces trvá určitou dobu, a tedy je nutné čekat, než se laktát dostane do krevního oběhu. Například při zátěži (běh na 400m) dosahují atleti nejvyšších hodnot laktátu 15 až 20 min po doběhnutí (Neumann, Pfützner, Hottenrott, 2005). Tyto hodnoty by bylo možné změřit i mnohem dříve pomocí vyšetření svalového laktátu (Maglischo, 2003). Test svalového laktátu je ovšem finančně velmi náročný a jeho použití v terénních podmínkách je téměř vyloučeno z důvodu náročnosti vybavení. Navíc test spočívá ve vyjmutí malého vzorku svalové tkáně, což je bolestivější než test krevního laktátu, spočívající v odběru kapky krve. Z těchto důvodů je u trenérů hojně využíván test krevního laktátu na rozdíl od testu laktátu svalového.

Tvorba laktátu však probíhá, i pokud je organismus v klidové fázi. Jeho hladinu v klidu označujeme jako klidovou (bazální) hodnotu laktátu. Pohybuje se okolo 0,5 až 1,8 mmol/l krve (Pažický, 2012). Jiná literatura uvádí bazální hodnoty laktátu 1,0 až 1,5 mmol/l krve (Kuhn, Nüsser, Platen, Vafa, 2005). My se však domníváme, že takto vysoké klidové hodnoty laktátu jsou spíše ojedinělé a průměrné bazální hodnoty spatřujeme pod 1 mmol/l. Zvýšenou tvorbu laktátu podmiňuje zvýšená tělesná zátěž organismu. Intenzita zatížení, ve které dochází k prvnímu zvýšení hladiny laktátu nad klidovou hodnotu, označujeme jako aerobní práh, někdy také označovaný jako první bod zlomu (Maglischo, 2003). Hladina laktátu může narůstat i při aerobním výkonu až do určité hranice. Ta je v literatuře označována různě. Setkáváme se s pojmy jako IAT (Individual Anaerobic Threshold, resp. Lactate Threshold^[2]) (Maglischo, 2003), CS (Critical Speed), OBLA (Onset of Blood Lactate Accumulation) (Sjodin, Jacobs, 1981

^[2] Stanovujeme-li individuální anaerobní práh (IAT) pomocí odběru laktátu, jedná se o laktátový práh, pokud bychom použili neinvazivní metodu měření spotřeby kyslíku, jedná se o respirační práh (Maglischo, 2003).

in Maglischo, 2003), MLSS (Maximal Lactate Steady State) (Griess a kol., 1988 in Maglischo, 2003), CV (Critical Velocity), CP (Critical Power), Lactate Breakpoint. Ačkoli každý z výše zmíněných hraničních prahů obsahuje jiný protokol měření pro získání jeho hodnoty, všechny tyto názvy označují hranici výše laktátu v krvi, respektive rychlost pohybu v m/s, při které je výkon dlouhodobě udržitelný a při zachování intenzity již nedochází k navyšování hladiny laktátu. Lze tedy říci, že se jedná o přechod mezi oxidativním a aerobně anaerobním krytím energetických potřeb metabolismu, neboli anaerobní práh (Havlíčková a kol. 2004), resp. laktátový práh (Maglischo 2003). Daná hladina je značně individuální a u jedince není neměnná, naopak odráží stav aerobní kapacity organismu a lze ji dobře ovlivnit tréninkem. Literatura uvádí, že se hranice pohybuje okolo 4 mmol/l krve, u vytrvalostních závodníků se však může pohybovat i okolo 2 mmol/l (Havlíčková a kol. 2004; Maglischo 2003). Někteří autoři nevnímají anaerobní práh jako ostrou hranici, ale pásmo, které se nachází mezi aerobním prahem a „druhým bodem zlomu“ (second breakpoint) (Maglischo 2003), který vysvětlují jako přechod závislosti koncentrace laktátu na rychlosti z obloukové na lineární (Maglischo 2003). O shodnosti a relevantnosti výše vypsanych metod se stále vedou spory. Espada a Alves uveřejnili studii, ve které popisují CS jako významně rychlejší než MLSS (Espada; Alves in Kjendlie; Stallman; Cabri, 2010).

Poté, co dosáhne organismus hladiny maximální acidózy (ta je individuální podle genetických předpokladů a především trénovanosti, literatura však uvádí hodnoty 15-20mmol/l (Dívald, 2010), extrémně i 25mmol/l (Neumann, Pfützner, Hottenrott, 2005)), je sportovec nucen postupně zpomalit až na hladinu ANP.

2.2 Praktické zjištění ANP v bazénu

Metodám zjišťování ANP bylo již věnováno velmi mnoho času a jejich problematice se věnovalo nepřehledné množství literatury. To dokazuje, že ANP je při sledování výkonnosti sportovce a následně při stavbě tréninku velmi důležitou veličinou s vysokou vypovídající hodnotou a je při sportovní přípravě velmi široce využíván (Maglischo, 2003). Problém však nastává při samotném zjišťování ANP. Existuje velké množství standardizovaných testů pro zjišťování ANP. Například test W_{170} , či test VO_2 max prováděných na byciklovém ergometru, či na běhacím ergometru (může být použito kolečkových bruslí, či lyží). Ovšem pro činnost ve specifickém prostředí jako je voda, nemusí být naměřené hodnoty prostřednictvím výše zmíněných metod relevantní.

Působení vody snižuje maximální SF (Havličková, 2004; Čechovská, Novotná, Milerová, 2003). Dalším problémem může být také specifická trénovanost některých svalových skupin, které se při nespecifických testech zapojují jen částečně, či vůbec a jejich činnost je nahrazena svaly, které nejsou na zátěž připraveny. Zátěžový test by proto měl být proveden ve sportovně specifickém prostředí (Kuhn, Nüsser, Platen, Vafa, 2005). Biomechanici a trenéři, zabývající se plaváním, proto využívají vlastní testy pro zjišťování ANP upravené pro prostředí bazénu. ANP je obvykle stanovován prostřednictvím tepů/min. Jelikož je však při plavání velmi obtížné sledovat srdeční frekvenci, plavci se daleko častěji orientují podle rychlosti plavání, resp. času na 100m. Tedy je běžné, že testy ANP pro plavce uvádějí mnohdy výsledek v m/s či v s/100m (Maglischo, 2003), narozdíl od atletů či cyklistů, kteří se mohou orientovat pomocí sporttestru a svůj ANP proto zjišťují v tepech/min.

V počátcích sledování ANP pomocí tvorby laktátu trenéři věřili, že hranice ANP je pevně dána hodnotou 4 mmol/l (Maglischo 2003). Posléze se od tohoto tvrzení upustilo, protože neodpovídalo naměřeným hodnotám u vytrvalostně trénovaných sportovců. Trenéři začali sledovat křivku závislosti rychlosti na tvorbě laktátu při laktátových testech. Na výsledných křivkách pozorovali 3 významné body: klidovou hodnotu, první bod zlomu a druhý bod zlomu. ANP poté umísťovali o 1,0 mmol/l výše než klidová hodnota, o 1,0 mmol/l výše než první bod zlomu (aerobní práh) (Maglischo 2003) či o 1,5 mmol/l výše než první bod zlomu. Nejvyšší korelaci (0,96 až 0,97) mezi ostatními metodami zjišťování ANP vykazala metoda umístění ANP o 1,5 mmol/l nad první bod zlomu v laktátové křivce (Pfitzinger; Freedson, 1998).

Laktátovou křivku, ať už se ji rozhodneme interpretovat jakkoli, lze vytvořit pomocí testů, kterých existuje nepřeberné množství. Např. 5x300m s intervalem odpočinku 1min., kdy mají plavci za úkol každý úsek zrychlit přibližně o 5s (Maglischo, 2003). Dalšími testy s podobným protokolem provedení jsou Step Test 5x200m, Step Test 8x100, Step Test 6x400m (Maglischo, 2003). Každý z výše jmenovaných testů má jiné přednosti a úskalí a je konstruován pro plavce zaměřující se na různé délky tratí.

Další invazivní metodou zjišťování ANP je Lactate Minimum Test (Tegtbur a kol., 1993). Tento test byl původně určen pro běžce. Pro potřeby plavců jej upravil Maglischo (2003). Plavec nejprve odplave 2x 50m maximálním úsilím s intervalem odpočinku 10s. Vzhledem k odpočinku neúměrnému zátěži dojde u plavce k

nahromadění laktátu v krvi. Tento předpoklad se ověří odebráním vzorku krve. Testovaný ihned pokračuje v plavání série pěti 300m úseků, kdy první úsek začíná na hladině LM (lactate minimum) (Tegtbur et. al., 1993 in Maglischo, 2003) a každý další úsek plave o 6 s rychleji. Po odplavání každého 300 m úseku se plavci odebere vzorek krve pro zjištění koncentrace laktátu. Předpokladem je, že pokud testovaný plave rychlostí nižší, než je jeho ANP, hladina nahromaděného laktátu bude klesat, a pokud ji opět překročí, hladina laktátu bude mít opět stoupající tendenci. Vyneseme-li naměřené hodnoty do grafu závislosti množství laktátu v krvi [mmol/l] na rychlosti plavání [m/s], získáme křivku s nejprve klesající a poté rostoucí orientací, okolo jejíhož nejnižšího bodu se nachází individuální ANP [m/s] testovaného. Domníváme se, že podle této metody nelze přesně určit ANP, nicméně nám podává informaci o tom, kde přibližně se nachází, což je podle Maglischa (2003) pro trénink dostačující. Úskalí výše popsané metody spatřujeme v jejím invazním provedení. Jedná se o odběr šesti vzorků krve od každého testovaného plavce a je tedy potřeba školený personál pro odběr vzorku a specializované vybavení pro jeho analýzu.

Další možnost, jak zjistit ANP, spočívá v plavání stanoveného úseku souvislou metodou. Test je pojmenován T-30 a spočívá v uplavaní co největší vzdálenosti v době 30 min (Olbrecht a kol., 1985). V některé literatuře se můžeme shledat s názvem T-3000, jenž spočívá v uplavaní vzdálenosti 3000 m nebo yardů (Maglischo, 2003). Výsledky těchto testů považují autoři za shodné. My spatřujeme výhodu v možnosti volby pro zkušenější plavce, jelikož někteří dávají přednost uplavané konkrétní vzdálenosti před časovým limitem. Podstatné však je uplavat stanovenou vzdálenost či časový limit maximálním úsilím. ANP [m/s] se posléze vypočte podle vzorce pro průměrnou rychlost $v=s/t$. Pokud chceme ANP vyjádřit jako čas na 100 m, využijeme vzorec $t=s/v$, kdy t odpovídá požadované vzdálenosti, tedy 100 m. Tuto hodnotu využijeme především při tréninku, jelikož máme okamžitou zpětnou kontrolu, v jakém pásmu energetického krytí se plavec pohybuje. Test T-30 však nemusí být vhodným prostředkem pro zjištění ANP u všech plavců. Především mladší a nezkušení plavci mohou mít při podstoupení testu obtíže. Nedokáží se odhodlat k maximálnímu výkonu na tak dlouhou trať a tím je jejich výsledek zkreslený. Jako alternativa k testu T-3000 byl vyvinut test T-2000, jenž je založen na stejném principu, ovšem uplavaná vzdálenost je zkrácena na 2000 m či yardů (Maglischo, 2003).

Jako další možnost zjištění ANP představil svůj test Wakayoshi a kol. (1992). Test jsme využili i při našem výzkumu, a proto jsme jeho vysvětlení věnovali samostatnou část.

2.2.1 Critical Swimming Speed

Jedna z metod, kterou jsme při ověřování výzkumných otázek použili, se nazývá Critical Swimming Speed (dále jen CSS). Představil ji Wakayoshi a kol.(1992) a definoval jako nejvyšší možnou rychlost, jakou může plavec udržet nepřetržitě bez vyčerpání. Testování probíhalo ve flumu a v jeho průběhu dokázal významnou korelaci mezi V_{Crit} a výkonem na 400 m. V_{Crit} (CSS) určil pomocí zaplavaných časů na 50, 100, 200, resp. 400 m. Test pro určení V_{Crit} resp. CSS se tedy původně skládal z plavání výše zmíněných čtyř distancí na krátkém bazénu (25 m). Protokol pro zjištění CSS byl několikrát přepracován a zjednodušen. V našem případě jsme využili protokol měření, který představil Ginn (1993), a ve svém výzkumu ukázal na velmi vysokou korelaci výsledků mezi tímto a Wakaioshiho typem testu. Metoda spočívá v plavání dvou vzdáleností (50 resp. 400m) . Úseky jsou startovány z vody, odrazem od startovní stěny. V literatuře se můžeme setkat s pojmy critical velocity (V_{crit}), critical speed (CS), critical swimming speed (Maglischo, 2003). Tyto ukazatele se pokoušejí určit rychlost pohybu, resp. plavání na úrovni ANP bez invazivních vyšetření, a ačkoli jsou v literatuře uváděny pod těmito různými názvy, znamenají to samé (Jurák, 2011). Proces stanovení CSS (V_{crit} , CS) původně vzniknul z konceptu Critical Power (W_{crit}), který poprvé představili Monod a Scherrer (1965). Ve svém výzkumu představili Critical Power jako maximální dynamickou či statickou práci, kterou mohou vyvinout jednotlivé svaly (skupiny svalů), aniž by se unavily.

Wakayoshiho test podrobili kritice mnozí autoři, kteří považují takto naměřenou rychlost (CSS) za významně vyšší, než např. MLSS (Espada; Alves in Kjendlie; Stallman; Cabri, 2010). Altimari a kol.(2007) ve svém výzkumu došli k závěru, že CSS neovlivňuje aerobní výkon. Je však nutné podotknout, že výzkumu se účastnili pouze junioři a juniorky a výzkum byl prováděn v bazénu, nikoli ve flumu, jak tomu bylo v případě studie Wakayoshiho a kol.(1992).

Pokud by se ukázal test CSS jako nevhodný k určení rychlosti ANP, stále je kvalitním ukazatelem trénovanosti, a tím i efektivnosti tréninku, a slouží jako dobrá zpětná vazba pro trenéry. Jeho výhodu spatřujeme jak v časové a materiální nenáročnosti, tak v jednoduchosti.

Výše uvedený výčet možností zjištění ANP zdaleka není vyčerpávající, avšak obsahuje metody, které považujeme za praktické a ke kterým se hlásí trenéři plavců světové úrovně.

2.3 Trénink na úrovni ANP

Další problém spatřujeme v tom, jak zjištěnou hodnotu ANP aplikovat v tréninku. Zde existují dva diametrálně odlišné přístupy, které se pokusíme stručně přiblížit.

I. Konvenční přístup, tedy trénink obsahující velké množství úseků plavaných v oblasti ANP či nad hranicí ANP. Tento typ tréninku je charakteristický pro trenéry plavců, kteří se orientují na dlouhé tratě či dálkové plavání. Výkony těchto plavců jsou typické rychlým vzestupem v dorosteneckém věku, kdy velké tréninkové objemy ve vysoké intenzitě přinášejí okamžité výsledky. Takovýto trénink je však velmi náročný na organismus, jelikož dochází k tvorbě velkého množství laktátu, jenž není z těla dostatečně odbouráván a působí tak dlouhodobou kumulaci únavy. Tréninkový plán často nerespektuje teorii superkompensace, a tím snižuje svůj vlastní tréninkový efekt. Typickým projevem takovéto přípravy bývá brzké dosažení bodu, kde plavcova výkonnost začne stagnovat. V horším případě může být spojen s únavovými zlomeninami či jinými projevy poškození namáhaného aparátu. Stagnace časů je později často spojena se ztrátou motivace a předčasným ukončením kariéry. Projevy vývoje výsledků se zhoršující se tendencí při stejných tréninkových objemech jsou obecně chápány jako známky přetrénování.

Plavce, především v dorosteneckém věku, je často obtížné „umravnit“ k plavání nižší intenzitou, jelikož mají pocit, že trénink odbývají a mnohem raději se pohybují na hranici svých možností. Obdobné projevy pozorujeme i při tréninku dospělých kondičních plavců.

II. Jiný přístup proklamuje alternativní metodu kombinace vysokého zatížení na hranici submaximálního či maximálního výkonu v kombinaci s dostatečným prostorem pro regeneraci. Metoda se opírá o teorii superkompensace (Kuhn, Nüsser, Platen, Vafa, 2005; Dívald, 2010). V průběhu

zatížení dochází v organismu k negativním změnám a poruše homeostázy (zamýšlený účinek tréninku). V době odpočinku dochází k obnově energetických zdrojů a odplavení katabolitů ze svalových buněk. Poté, co se hodnoty vrátí na původní úroveň, nastává fáze superkompenzace. Při této fázi se buňka zásobuje vyšším množstvím glykogenu, který použije jako „palivo“ při dalším zatížení. Pokud dochází pravidelně ke střídání fází zatížení a odpočinku až do fáze superkompenzace, energetická zásoba buňky se neustále zvyšuje, a tím roste i výkonnost plavce. Někteří autoři jsou toho názoru, že buňka plavce je natolik zásobená glykogenem, aby energeticky zajistila svalovou práci po celou dobu, po kterou trvají i nejdelší závodní plavecké tratě (1500 m), a tudíž zvýšení zásoby glykogenu v buňce nespojuje se zvýšením výkonu u plavců (Maglischo, 2003). Princip superkompenzace však neodmítají, jelikož na stejném principu se vedle glykogenu doplňují do buňky i ostatní látky.

2.4 Úhrada energie při výkonu

Energii potřebnou pro svalový stah získávají svalové buňky rozkladem ATP na $ADP + P +$ energie pro svalový stah (Havlíčková, 2004). Ovšem zásoba tzv. makroergních fosfátů (ATP-adenozintrifosfát, CP-kreatinfosfát) ve svalech je velmi omezená a stačí pouze na několik sekund svalové aktivity (Havlíčková 2004; Merkunová, Orel, 2008). Další ATP získává organismus „spalováním“ glykogenu (glukózy, fruktózy a galaktózy (Dívald, 2010)). Rozkladem jedné molekuly glukózy získá organismus dvě molekuly ATP a zároveň se vytvoří pyruvát (Dívald, 2010). V tomto bodě rozhoduje stupeň okysličení buňky, jakým způsobem bude proces pokračovat. Má-li buňka k dispozici dostatek kyslíku, pyruvát je přepraven do mitochondrií, kde dochází k takzvanému oxidativnímu (aerobnímu) získávání energie (Dívald, 2010). Jeden mol pyruvátu je přeměněn na vodu a oxid uhličitý za zisku 34 molekul ATP. V této části cyklu se spalují i tuky a bílkoviny (Kozel, Horčic, 2012). Pokud ovšem není buňka dostatečně zásobována kyslíkem, pyruvát se mění na kyselinu mléčnou, která okamžitě disociuje odštěpením vodíkového iontu na laktát (Bunc, 1989). Takový způsob zisku energie označujeme jako neoxidativní (anaerobní) (Merkunová, Orel, 2008). Způsob získávání energie závisí na intenzitě a době trvání zátěže. Pokud se sportovec pohybuje rychlostí, která je nižší než jeho CSS, cévní soustava stáhá odplavovat škodlivé metabolity ze svalových buněk a zásobovat buňky dostatečným množstvím kyslíku. Hovoříme tedy o aerobním výkonu sportovce. Nelze ovšem říci, že

100% energie je získáváno aerobním způsobem, jelikož tělo nikdy nevyužívá pouze jeden z výše zmíněných způsobů (aerobní či anaerobní) pro získávání potřebné energie, což dokazuje přítomnost bazální hladiny laktátu v krvi. Čím více se rychlost plavce blíží jeho ANP, tím více energie je získáváno anaerobně. Anaerobní krytí ovšem dosahuje pouze té míry, aby hladina vyplaveného laktátu v krvi nepřesáhla hodnoty MLSS, tedy ANP. Překročí-li hladina laktátu ANP, hovoříme o aerobně-anaerobním systému získávání energie. V tomto systému jsou již neoxidativní procesy získávání ATP zastoupeny vyšší měrou, a proto není tento stav trvale udržitelný. Literatura uvádí, že lze činnost v tomto pásmu vykonávat maximálně 8 min (Perič, Dovalil, 2010), Havlíčková a kol. (2004) uvádí až 11 min. Zahraniční autoři stanovují dobu také výše 10 min s odůvodněním, že plavci dokáží uplavat test T-1000, jenž spočívá v uplávání 1000 m v rychlosti převyšující jejich ANP (Maglischo, 2003). S narůstající intenzitou zatížení stoupá procento anaerobního zisku energie a dále již hovoříme o neoxidativním spalování. Tento stav je pro člověka dlouhodobě neudržitelný. Literatura uvádí maximální dobu trvání zátěže v anaerobní zóně maximálně 120 s (Havlíčková, 2004), jiná literatura připouští 2-3 min (Perič, Dovalil, 2010).

2.5 Srdeční frekvence

V předchozích kapitolách jsme uvedli, že řídit plavecký trénink podle hodnot SF není dost dobře realizovatelné a nejsme zastánci této metody. Zjištění SF nám ovšem může velmi dobře posloužit jako bezprostřední rychlá kontrola zamýšleného tréninkového účinku. V průběhu našeho měření jsme také sledovali průběh SF a z těchto důvodů věnujeme následující kapitolu právě této veličině.

Křivka srdeční frekvence v závislosti na intenzitě zatížení má podobný průběh jako laktátová křivka (viz kapitolu Laktát). Na jejím zakřivení můžeme taktéž pozorovat několik důležitých bodů. Prvním z nich je klidová SF. Tuto hodnotu je možné změřit pouze v klidu, kdy měřený leží, ale nespí a není po intenzivní zátěži. Ideální je měřit klidovou SF ráno, krátce po probuzení (Jurák, Suchomelová, 2009). Hodnota klidové SF odráží mimo jiné stav trénovanosti (tabulka č. 1). Hodnoty v tabulce připadají běžné populaci a pro sportovce nejsou zcela použitelné, jelikož klidová SF se u vrcholových sportovců mnohdy pohybuje pod 50 tepů/min a tedy mimo rámeček tabulky. Další významnou hodnotou SF je aerobní práh. Tento bod představuje minimální úsilí, při kterém dochází ke zlepšování aerobní vytrvalosti (Maglischo, 2003). Literatura přiznává, že určení tohoto bodu je velmi obtížné, a jako nejpřesnější metodu volí první

zvýšení hladiny laktátu nad klidové hodnoty (Maglischo, 2003) (viz kapitolu Laktát). Dalším důležitým bodem na křivce SF je anaerobní práh. O anaerobním prahu jsme se již zmínili v kapitole Laktát či v kapitole Zjišťování ANP v bazénu v praxi. Důležitým bodem je také maximální srdeční frekvence (SF_{max}), jelikož intenzita cvičení bývá mnohdy udávána v % SF_{max} . Hodnota SF_{max} je také důležitá při stanovení vhodných zón zatížení. Tuto hodnotu lze přesně stanovit pouze individuálním testem zátěžové diagnostiky, např. stupňovaným testem VO_{2max} (Kuhn, Nüsser, Platen, Vafa, 2005). Její přibližnou hodnotu ovšem lze získat i pomocí vzorce. Nejčastěji se v literatuře setkáváme s rovnicí pro výpočet SF_{max} v podobě $SF_{max}=220-\text{věk}$ (roky), tedy Karvonenova vztahu (Astrand a Rodahl, 1986 in Hendl, Dobrý a kol., 2011). Vzorec je ovšem velmi obecný, a proto je rovnice dále modifikována pro různé pohybové aktivity. Podoba rovnice pro plavání je: $SF_{max}=200-0.93*\text{věk}$ (roky) (Hendl, Dobrý, 2011). Vzorců pro výpočet SF_{max} nalezneme v literatuře mnoho. Z jejich podoby je patrné, že vždy souvisejí s věkem testované osoby, avšak jejich výsledky se odlišují (Mackenzie, 1999). V případě plaveckých sportů je problematika určení SF_{max} ještě složitější, jelikož ve vodním prostředí působí další faktory, které SF_{max} snižují, a to až o 7 – 13 tepů (Čechovská, Novotná, Milerová, 2003). Jurák a Suchomelová (2009) ve své práci jako faktory uvádějí: hydrostatický tlak, hloubku ponoření, teplotu vody, polohu těla a potápěcí reflex. Čechovská, Novotná a Milerová (2003) jako další faktory uvádějí vyšší tepelnou vodivost vodního prostředí a vyšší míru zatížení horních končetin, než je obvyklé na suchu.

V literatuře se v této problematice setkáváme se dvěma pojmy: srdeční frekvence (SF) a tepová frekvence (TF). Oba ukazatele nám udávají počet tepů za minutu. Rozdíl spočívá v místě měření. SF měříme na srdci, zatímco TF měříme na některé z tepen.

Muži						
Věk	18 -25	26 -35	36 -45	46 - 55	56 -65	65+
Sportovec	49-55	49-54	50-56	50-57	51-56	50-55
Výborný	56-61	55-61	57-62	58-63	57-61	56-61
Dobry	62-65	62-65	63-66	64-67	62-67	62-65
Nadprůměrný	66-69	66-70	67-70	68-71	68-71	66-69
Průměrný	70-73	71-74	71-75	72-76	72-75	70-73
Podprůměrný	74-81	75-81	76-82	77-83	76-81	74-79
Chabý	82+	82+	83+	84+	82+	80+

Ženy						
Věk	18 -25	26 -35	36 -45	46 - 55	56 -65	65+
Sportovec	54-60	54-59	54-59	54-60	54-59	54-59
Výborný	61-65	60-64	60-64	61-65	60-64	60-64
Dobry	66-69	65-68	65-69	66-69	65-68	65-68
Nadprůměrný	70-73	69-72	70-73	70-73	69-73	69-72
Průměrný	74-78	73-76	74-78	74-77	74-77	73-76
Podprůměrný	79-84	77-82	79-84	78-83	78-83	77-84
Chabý	85+	83+	85+	84+	84+	84+

Tabulka č. 1: Určení tělesné kondice podle klidové SF. Věk je udáván v letech, SF v tepech/min (www.netfit.co.uk)

2.6 Technika plaveckého způsobu kraul

Jsme přesvědčeni o tom, že z důvodu vertikální diferenciacce proudění ve flumu bude nutné přiřadit jednotlivým rychlostním stupňům na ovládacím panelu flumu pro každý plavecký způsob jinou rychlost. V této práci jsme pro testování použili plavecký způsob kraul, a proto považujeme za vhodné, věnovat následující kapitole rozboru techniky tohoto plaveckého způsobu.

Kraul je jedním ze čtyř závodních plaveckých způsobů. Při zvládnutí jeho techniky je nejrychlejším a energeticky nejvýhodnějším plaveckým způsobem. Toto potvrzují nejen časy světových, evropských či národních rekordů, ale i sami plavci tím, že při plavání disciplíny volný způsob volí vždy techniku kraul. Plavci při dálkovém plavání (5, 10, 25 i více km) také volí techniku kraul i přes to, že nejsou v tomto směru

pravidly omezování. Kraul je energeticky tak výhodný především proto, že při plavání tímto způsobem dochází k nejnižším výkyvům rychlosti plavání (Maglischo, 2003). To je dáno tím, že paže i nohy zabírají cyklicky, a tím je zajištěno neustálé vytváření propulzních sil.

2.6.1 Pohyby dolních končetin

Jeden záběrový cyklus se skládá z jednoho záběru pravé a levé ruky a různého počtu kopů dolních končetin. Podle počtu kopů určujeme u kraulu dvoudobý, čtyřdobý, resp. šestidobý rytmus. Dělení závisí na tom, kolik plavec provede v součtu v průběhu jednoho záběrového cyklu kopů oběma nohama. Šestidobý rytmus je v současné plavání nejrozšířenější (Maglischo, 2003; Čechovská, Miler, 2008). Nižší počet kopů pozorujeme nejčastěji u plavců delších distancí (1500 m, dálkové plavání). To je dáno tím, že plavci plavou nižší rychlostí, a tudíž nemají potřebu tolik vyrovnávat svou polohu těla kopáním. Dalším důvodem může být fakt, že používání dolních končetin k vytváření propulzních sil je energeticky náročnější než používání končetin horních. K dosažení stejné rychlosti používáním pouze nohou je spotřeba kyslíku 3,5 krát vyšší než při používání pouze paží (Adrian, Singh a Karpovich, 1966 in Maglischo, 2003). Dolní končetiny vytvářejí výrazně méně propulzních sil než horní končetiny (Macejková, Hlavatý, 1996). Jejich používání má především funkci koordinační a stabilizační (Macejková, Hlavatý, 1996). Při sledování průběhu kopu nohou můžeme identifikovat dva převažující pohyby: kop dolů (tzv. „skopnutí“) a kop nahoru (Maglischo, 2003). Dále však můžeme pozorovat i další diagonální pohyby, jejichž účelem je pomáhat tělu k rotaci a posléze jej stabilizovat.

2.6.2 Pohyby horních končetin

Záběr jedné paže lze rozdělit na pět samostatných fází podle Macejkové a Hlavatého (1996), které můžeme relativně jednoduše identifikovat. Jednotlivé fáze na sebe bezprostředně navazují. Fáze (1) přípravná, (2) přechodná, (3) záběrová – ta se dále dělí na přitahování a odtlačování, (4) Vytažení, (5) Přenos. Jiní autoři ovšem uvádějí i jiné možnosti dělení: (1*) zanoření a protažení, (2*) „Downsweep“, (3*) chycení (vody), (4*) „Insweep“, (5*) „Upsweep“, (6*) vytažení a přenos (Maglischo, 2003). Rozdělení obou autorů se nyní pokusíme podrobněji vysvětlit.

V průběhu přípravné fáze (1) dochází dle Macejkové a Novotného (1996) k zanoření paže do vody pod úhlem 45° v pořadí palec, prsty, předloktí, loket a k natažení paže dochází až ve fázi přechodné (2). S tímto ovšem nesouhlasíme, jelikož jiná literatura také uvádí, že k zanoření a natažení paže dochází plynule a současně (Colwin, 2002). Proto se přikláníme k Maglischovo (2003) sloučení fáze přípravné (1) a první části fáze přechodné (2) do fáze zanoření a protažení (1*). Ve druhé fázi (2*) podle Maglischa (2003) dochází k ohnutí zápěstí, pohybu paže směrem dolů po trajektorii křivky a jejímu pokrčení v lokti, aby byla paže nastavena do ideální polohy pro maximální efektivitu záběru. V průběhu této fáze nedochází k vytváření výrazných propulzních sil. V tomto se oba autoři shodují a k další diferenci dochází až posléze, kdy Maglischo (2003) zařazuje chycení vody až do další fáze (3*), kdežto Macejková a Novotný (1996) toto chápou jako součást fáze přechodné (2). Ve fázi chycení (3*), resp. v závěrečné části přechodné fáze (2), dochází k pohybu paže do vnější strany a jejímu rychlému pokrčení v lokti. Vzhledem k vysoké rychlosti pohybu a krátké trajektorii je tato fáze velmi rychlá a při pozorování plavce bez záznamové techniky ji jen velmi obtížně odhalíme. Její správné provedení můžeme však přesto zjistit, jelikož chybný pohyb se projeví ve fázi následující. Poté, co dojde k chycení vody, nastává fáze záběrová (3), kdy dochází k vytvoření největších propulzních sil v celém záběrovém cyklu. Oba autoři záběrovou fázi (3) rozdělují na dvě části (Macejková a Novotný, 1996), resp. na dvě samostatné fáze (4*, 5*) (Maglischo, 2003). V jejich vymezení se ovšem shodují. V průběhu fáze 3-přitažení, resp. (4*) se paže pohybuje dozadu a dovnitř. Podle směru dlaně je také v anglické literatuře fáze pojmenována („In sweep“). Úhel mezi předloktím a nadloktím dosahuje téměř 90° . Tato fáze (část) záběru končí, když je paže pod úrovní hrudníku a navazuje na ni fáze (část) odtlačení 3-odtlačení, resp. (5*). Zde se paže pohybuje vzad a nahoru k hladině. V anglické literatuře nalezneme název „Upsweep“ - opět podle směru dlaně. Následuje fáze vytažení (4) a přenosu (5), kterou Maglischo (2003) spojuje do jedné: vytažení a přenos (6*). Ke sloučení těchto fází se také přikláníme, jelikož přenos paže je zahájen dříve, než dlaň opustí vodu (Maglischo 2003) a tudíž se fáze prolínají. V této závěrečné fázi záběrového cyklu přestává plavec vyvíjet tlak na vodu, naopak se snaží co nejvíce svaly relaxovat. Přenosová fáze je ovlivněna setrvačností pohybu, a proto je její rychlost velmi úzce spjata s rychlostí paže v záběrové fázi. Paže se po úplném natažení začíná pokrčovat v lokti a loket se přenáší nad hladinou směrem vpřed. Dlaň zůstává natažená ve vodě a její vytažení z vody iniciují svaly nadloktí. Úhel paže v lokti není v literatuře

obvykle specifikovaný, jelikož je úzce spjat s rychlostí plavání a plavcovou individuální flexibilitou a kloubní pohyblivostí. U krátkých závodů, plavaných maximální volní intenzitou, pozorujeme velmi často paže při přenosu téměř natažené. Důvodem je velmi vysoká rychlost pohybu paží, která nedovolí v průběhu přenosu předloktí klesnout směrem k hladině. K bočnímu výkyvu těla při téměř natažené paži při přenosu (Macejková, Hlavatý, 1996) nedochází především proto, že tento styl plavání doprovází u vrcholových plavců velmi intenzivní práce dolních končetin, která dokáže tělo stabilizovat. Loket by ovšem měl vždy při přenosu zůstat nejvýše nad hladinou (Mglischo, 2003).

2.7 Plavecký trenažér, neboli „flum“

V zahraničí se setkáváme především s flumy zakázkové konstrukce, které se od komerčních zařízení, primárně určených pro domácí užití, které nabízejí výrobci Endless Pools, LD-Pools či jiní, podstatně odlišují. Pro ukázkou uvádíme náskres flumu v Otago University, USA (obr. č. 1) a fotografii flumu v Tenerife Top Training Centre (obr. č. 2). V této souvislosti bychom rádi poukázali na jeden ze zásadních rozdílů mezi profesionálním a komerčním zařízením. Vyznačená místa na obrázku č. 2 (profesionální flum, Tenerife Top Training Centre) a na obrázku č. 3 (komerční flum, FTVS UK), kde jsou zvýrazněny zpětné odsávací kanály, které nabírají proudící vodu a zabraňují tak její zpětné cirkulaci. Z obr. č. 2 je patrné, že odsávací kanál tvoří celou zadní stěnu, zatímco kanál na obr. č. 3 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 (Kozel, Horčic 2012). Rozdíl mezi zařízeními profesionálního a komerčního charakteru je také patrný již při pohledu na ovládací panel (obr. č. 4). Zatímco laboratorní zařízení udává rychlost proudění ve standardizovaných jednotkách (m/s), komerční provedení flumu umožňuje nastavení rychlosti pouze prostřednictvím stupňů, což chápeme jako jistou nevýhodu. V zahraničí se však můžeme setkat i se zařízeními podobného typu, jako je flum na FTVS, tedy konstrukce firmy, která se primárně zabývá komerčním využitím zařízení (wellness, fitness). Tato zařízení jsou trenéry používána především k tréninku a rozboru techniky, kde i my spatřujeme jejich vysoký přínos.

Veškeré testování v plaveckém trenažéru, neboli ve flumu, bylo prováděno v zařízení, které je ve správě Pedagogicko-výzkumné laboratoře katedry plavání a plaveckých sportů FTVS UK v Praze. Zařízení je vyrobeno firmou LD-Pool a nese označení Super Pro A7. Nádrž tvoří 2,3m široký, 5m dlouhý a 1,15m hluboký bazén, ve kterém vytvářejí instalované hřídele konstantní proudění vody. Hřídele jsou poháněny sedmi motory napájenými 400V / 32A (obr. č. 5). Tyto mají celkový výkon 21kW a jsou schopny v nádrži vytvořit proud vody o rychlosti od 0,5 m/s do 2,5 m/s ^[1]. Technická specifika dále uvádí, že motory jsou schopny přečerpávat 98 000 l/min (LD-POOL 2011). 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 (Balvín a Motl 2010). Rychlost proudění lze pomocí ovládacího panelu regulovat v době, kdy jsou již motory v chodu. Další možnost jak ovlivnit proudění v nádrži představuje řídicí jednotka (obr. č. 6), umístěná v místnosti s technickým zázemím popisovaného zařízení. Řídicí jednotka umožňuje zvolit jeden z přednastavených módů CP 1 až CP 11, přičemž každý mód skýtá možnosti dalšího individuálního subnastavení. Rozdíl mezi jednotlivými módy řídicí jednotky jsme však pomocí přístrojů na měření rychlosti proudu (hydrometrická vrtule), ani vlastními pocity nezaznamenali.

Měření rychlosti proudění ve flumu provedli v roce 2010 Balvín a Motl pomocí metody přímého měření hydrometrickou vrtulí, kdy měřili počet otáček vrtule za 30s a poté vlastní rychlost dopočítávali. Provedli vždy 2 měření pro každý stupeň rychlosti od 1 do 16. V jaké hloubce, či vzdálenosti od kraje, měření prováděli, však nevíme.

Další měření provedl Jurák a Kozel (2011). Měření prováděl pouze na rychlostních stupních 1, 2, 6, 7 a 15. Jeho výsledky se velmi blížily hodnotám, které jsme naměřili my. Rozdíly ve výsledcích činily maximálně 0,03 m/s (viz tab. č. 2).

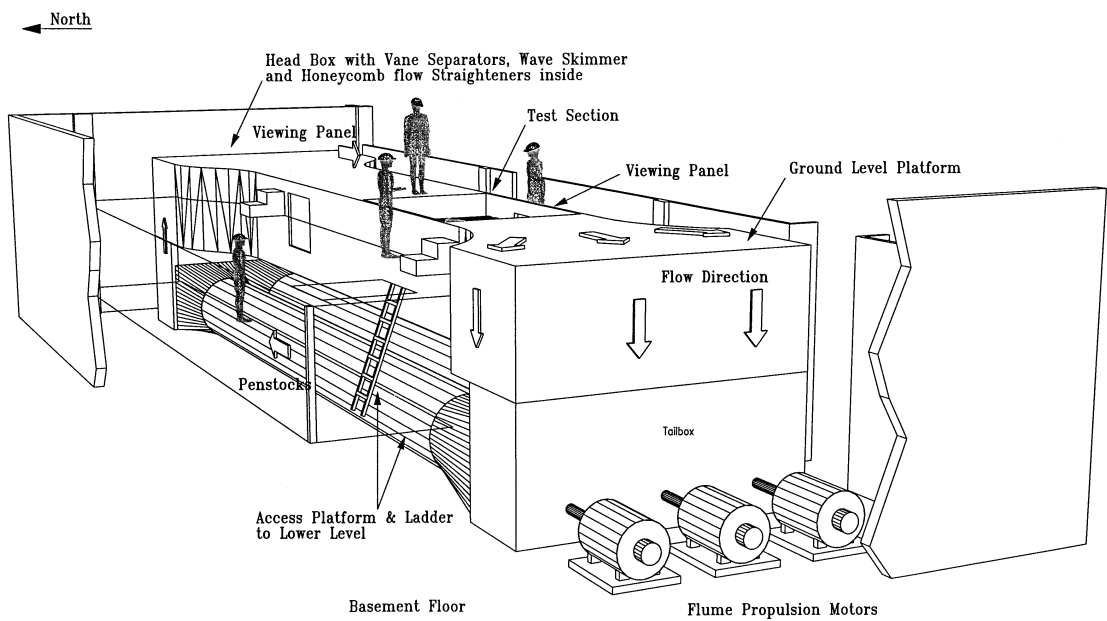
Další výzkumy zabývající se měřením rychlosti ve flumu provedli výzkumníci po celém světě, avšak o jejich výsledky se nemůžeme opřít z důvodu specifčnosti flumu a zcela rozdílného technického zázemí zkoumaných zařízení.

Doposud jsme zmiňovali využití flumu výhradně pro vědeckou práci, ovšem zařízení má velmi široké využití. Trenéři využívají flum FTVS UK při rozboru techniky plaveckých způsobů (obr. č. 7). Předností je zde okno v boční stěně nádrže, které umožňuje pozorovat a zaznamenávat pohyb plavce bez vodovzdorného zařízení, čímž je

docílena vyšší kvalita pořízeného materiálu. V univerzitních klubech vyspělých plaveckých zemí jsou podobná zařízení velmi hojně využívána jak při tréninku, tak při testování plavců. Trenéři University of Kentucky užívají flum od devadesátých let minulého století a jeho přínos označují jako velmi kladný. Flum na FTVS UK je dále úspěšně využíván pro trénink juniorů (obr. č. 8). Plavecký trenažér FTVS UK nevyužívají pouze plavci, ale uplatnění nalézá i v kanoistice (obr. č. 9) či při aqua-spinningu (obr. č. 10).

stupeň rychlosti	Cagaň, Jurák	Jurák, Kozel 2012	Balvín, Motl 2010
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

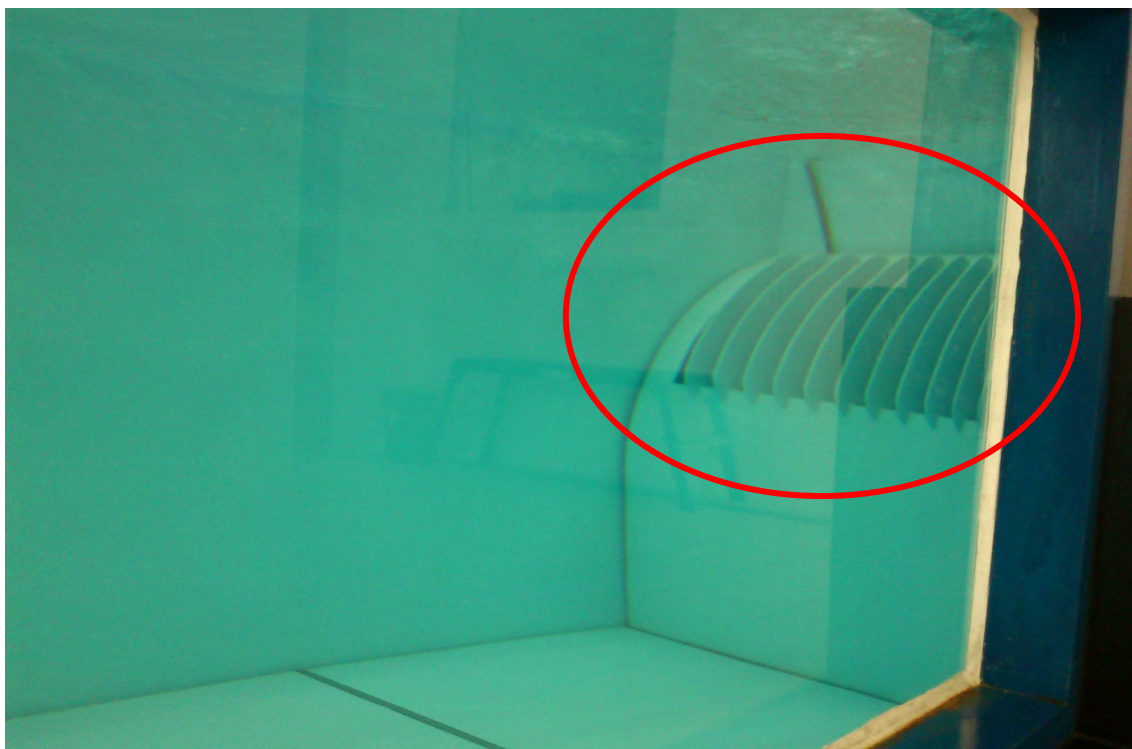
Tabulka č. 2: Porovnání výsledků měření Balvín a Motl (2010), Jurák, Kozel (2012) s námi naměřenými hodnotami



Obr. č. 1: Nákres flumu v Otago University, USA (Britton, Roggers, Reiman 1998)



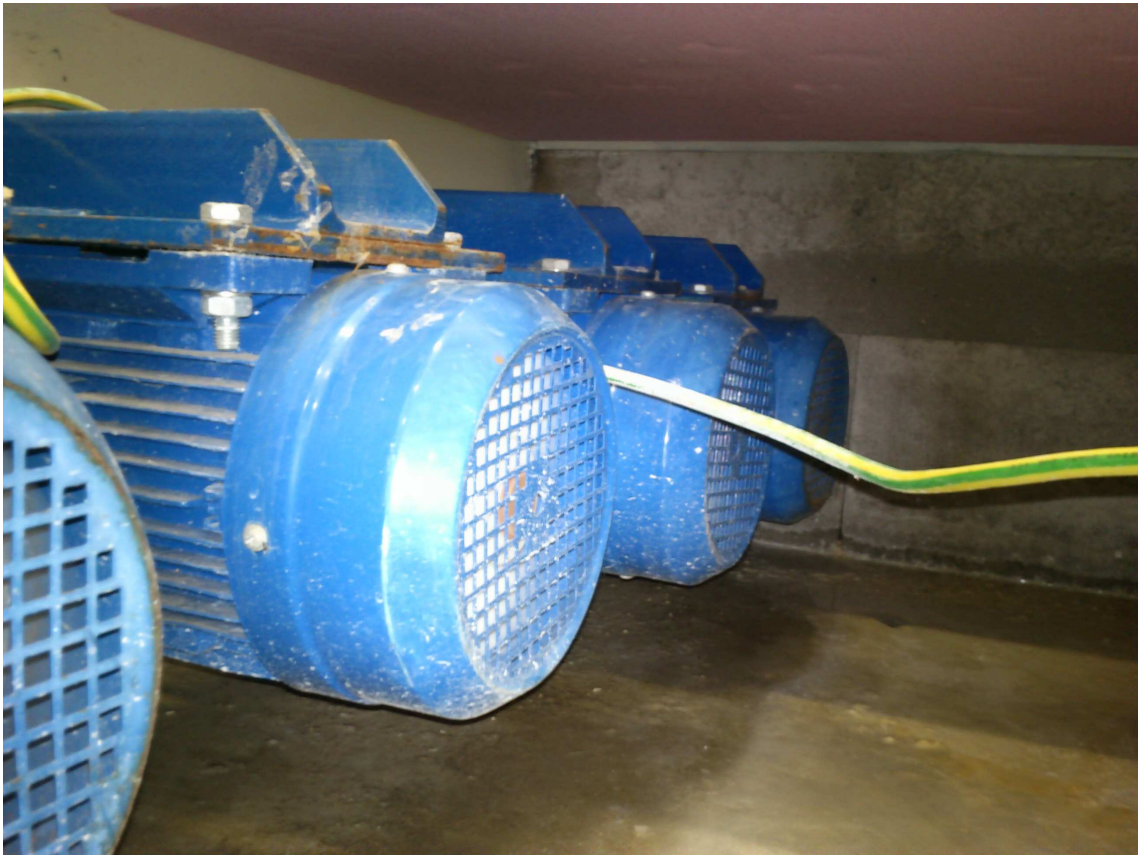
Obr. č. 2: Fotografie flumu v Tenerife Top Trainang Centre (<http://www.verticalblue.net/>) s vyznačeným odsávacím kanálem



Obr. č. 3: Flum FTVS UK s vyznačeným odsávacím kanálem, foto: archiv



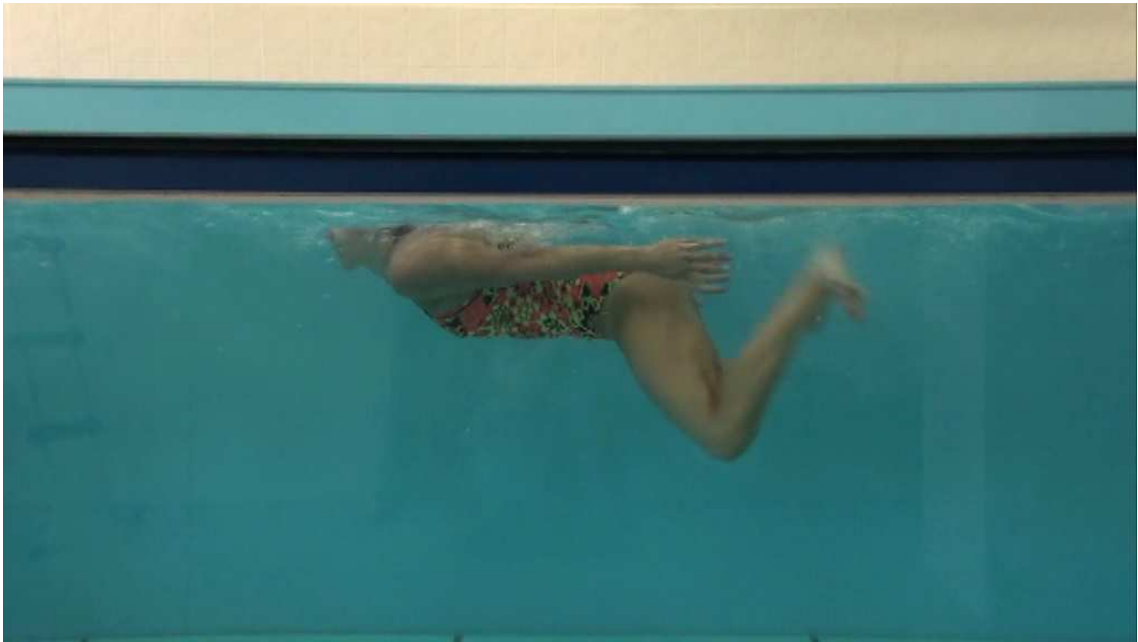
Obr. č. 4: Ovládací panel flumu FTVS UK, foto: archiv



Obr. č. 5: Motory (400V, 32A) pohánějící hřídele flumu FTVS UK, foto: archiv



Obr. č. 6: Řídicí jednotka flumu FTVS UK, foto: archiv



Obr. č. 7: Využití flumu FTVS UK při rozboru techniky, foto: archiv Daniel Jurák



Obr. č. 8: Využití flumu FTVS UK při tréninku juniorů, foto: archiv Daniel Jurák



Obr. č. 9: Testování spotřeby kyslíku při jízdě na kajaku, flum FTVS UK, foto: archiv Daniel Jurák



Obr. č. 10: Testování aqua spinningového kola ve flumu FTVS UK, foto: archiv Daniel Jurák

3 CÍL A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY

3.1 Cíl a úkoly práce

Cílem práce bylo zjistit, zda zatížení při plavání rychlostí odpovídající ANP v bazénu je úměrné zatížení při plavání rychlostí odpovídající ANP ve flumu na stupni ověřeném akreditovaným pracovištěm.

Pro splnění vytyčeného cíle jsme si stanovili následující úkoly:

- z odborné literatury získat informace týkající se tématu
- získat souhlas etické komise FTVS UK
- oslovit vhodné probandy pro testování
- zjistit rychlost plavání odpovídající úrovni ANP podle protokolu CSS
- dle výsledné CSS provést 20 min test v plaveckém bazénu
- dle výsledné CSS provést 20 min test ve flumu
- vyhodnotit a porovnat výsledky měření

3.2 Výzkumné otázky

1. Bude zatížení na úrovni rychlosti anaerobního prahu (hladina laktátu) zjištěného metodou CSS v bazénu stejné jako zatížení na úrovni rychlosti anaerobního prahu (hladina laktátu) ve flumu?
2. Bude hodnota SF v bazénu na úrovni anaerobního prahu nižší než ve flumu?

4 METODIKA PRÁCE

4.1 Pilotní studie

Tato práce byla koncipována jako pilotní studie (Kutnohorská, 2009), jejímž cílem bylo pouze potvrzení otázky, zda je rychlost ve flumu odpovídající skutečnosti, a tedy zda je nutné vypracovat projekt při kterém bychom sérií testů došli ke stanovení relevantní škály nastavení rychlosti proudu ve flumu, které by odpovídalo zatížení v reálných podmínkách bazénu. Jsme si vědomi toho, že výsledky našeho měření nebude možné ověřit statistickou metodou z důvodu nízkého počtu probandů. Takový počet probandů byl zvolen dle metodiky pilotní studie, kdy jsme upřednostňovali ekonomickou nenáročnost výzkumu. Očekávali jsme, že v průběhu testování nastanou určité komplikace, či že se dostaneme k výsledkům, jejichž hodnoty nebudeme schopni správně interpretovat. Všechna úskalí, která se v průběhu testování vyskytla, jsme se pokusili rozepsat a zhodnotit tak, aby bylo možné jim při vypracování kompletního projektu předejít (viz kapitolu Diskuse).

4.2 Probandi

Testování se dobrovolně zúčastnilo 8 trénovaných dospělých plavců, 6 mužů a 2 ženy z pražských plaveckých klubů a Vysokoškolského sportovního centra. Plavci byli seznámeni s cíli práce a metodami testování a podepsali informovaný souhlas (viz příloha č. 2). Kritériem pro oslovení plavce byla účast ve finále A letního či zimního Mistrovství ČR v plavání. Celkem jsme oslovili 5 trenérů, kteří mají ve své skupině plavce splňující stanovená kritéria. Trenéři vybrali 16 plavců, kteří se mohou testování zúčastnit. Tento počet jsme pokládali za dostatečný, jelikož uznávané zahraniční studie zahrnují obvykle 10-20 testovaných subjektů (Espada, Alves In Kjendlie, Stallman, Cabri, 2010; Barden, Kell, 2009). Na oslovení reagovalo 8 zájemců, což jsme pro účely pilotní studie považovali za dostatečné.

Věk testovaných plavců byl 21 let \pm 2 roky. Zjištěná výška plavců byla 178,5 cm \pm 11,5 cm. Všichni plavci uvedli, že se plavání (minimálně na sportovní úrovni) věnují 8 let a více. Z důvodu nízkého počtu přihlášených plavců, jsme byli nuceni do vzorku testovaných zahrnout i plavce specializující se na nekraulové disciplíny (vždy dva plavci uvedli zaměření na jiný plavecký způsob). Tento fakt by mohl vést ke zkreslení výsledků, ovšem s přihlédnutím k dostatečné délce plavecké kariéry a vysoké výkonnosti plavců jsme přesvědčeni o tom, že výsledky nebudou tímto faktorem

ovlivněny. Plavci uvedli jako svou distanční specializaci krátké (50-100m) a střední (200-400m) tratě. Všichni plavci byli v době testování v plné tréninkové zátěži a absolvovali více než 7 tréninkových jednotek týdně.

4.3 Průběh testování

4.3.1 Protokol stanovení CSS

Potřeby: 2 časoměřiči, startér, kontrolní časoměřič, zapisovatel, stopky

Nejprve jsme u každého plavce stanovili CSS (Wakayoshi, 1992). Protokol, podle kterého jsme při zjišťování CSS, resp. V_{crit} postupovali představil Ginn (1993). Každý plavec absolvoval 400 m a 50m kraulem. Před provedením testu podstoupili plavci 30 min řízené rozplavání. Test byl vykonán na 25 m dlouhém, krytém bazénu Stadion Strahov. Jednotlivé dráhy byly odděleny závodními lajnami, abychom zabránili vlnám ovlivnit rychlost, a tím i výsledný čas plavců. Plavci plavali po jednom na dráze a start prováděli vždy odrazem od obrátkové stěny bazénu. Obrátkové stěny byly hladké. Plavci startovali po dvou v rozplavbě. Mezi jednotlivými úseky měli plavci minimálně 30 min odpočinek v podobě vyplavání a vydýchání, abychom měli jistotu, že se zcela zotavili a byli připraveni k maximálnímu výkonu. Čas pro každého plavce zaznamenával jeden asistent a kontrolní časoměřič. Výsledný čas byl změřen na desetiny sekundy a určen podle pravidel mezinárodní plavecké federace FINA (www.fina.org). Čas byl zaznamenán ručně na zařízení pro měření času Olympia 100lap a dosazen do vzorce pro výpočet CSS (Maglischo, 2003) viz níže. CSS musela být dále upravena zaokrouhlením na desetiny m/s (CSS'), jelikož flum umožňuje nastavení rychlosti s přesností maximálně na desetiny metru.

4.3.2 Výpočet CSS

Potřeby: výsledky testu 50 m a 400 m, kalkulačka

$$CSS = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$$

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

$$t_1 = \text{čas na 50m [s]}$$

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

$$t_2 = \text{čas na 400m [s]}$$

Čas (t) byl dosazen v sekundách a vzdálenost (d) v metrech, tedy výsledná V_{crit} byla vypočítána v $m \cdot s^{-1}$ (viz tabulku č. 1). Výsledná rychlost byla zaokrouhlena na desetiny m/s z důvodu přizpůsobení se možnostem flumu.

proband č.1

$$t_1 = 26,8 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 274 \text{ [s]}$$

$$CSS = \frac{400 - 50}{274 - 26,8} = \frac{350}{247,2} = 1,415$$

$$CSS' = \underline{1,4 \text{ m/s}}$$

proband č.2

$$t_1 = 30,2 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 306,7 \text{ [s]}$$

$$CSS = \frac{400 - 50}{306,7 - 30,2} = \frac{350}{276,5} = 1,265$$

$$CSS' = \underline{1,2 \text{ m/s}}$$

proband č.3

$$t_1 = 30,7 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 296,9 \text{ [s]}$$

$$CSS = \frac{400 - 50}{296,9 - 30,7} = \frac{350}{266,2} = 1,314$$

$$CSS' = \underline{1,3 \text{ m/s}}$$

proband č.4

$$t_1 = 26,4 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 274,7 \text{ [s]}$$

$$CSS = \frac{400 - 50}{274,7 - 26,4} = \frac{350}{248,3} = 1,409$$

$$CSS' = \underline{1,4 \text{ m/s}}$$

proband č.5

$$t_1 = 29,2 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 291,1 \text{ [s]}$$

$$CSS = \frac{400 - 50}{291,1 - 29,2} = \frac{350}{261,9} = 1,336$$

$$CSS' = \underline{1,3 \text{ m/s}}$$

proband č.6

$$t_1 = 26,7 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 282,3 \text{ [s]}$$

$$CSS = \frac{400 - 50}{282,3 - 26,7} = \frac{350}{255,6} = 1,369$$

$$CSS' = \underline{1,3 \text{ m/s}}$$

proband č.7

$$t_1 = 26,6 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 268 \text{ [s]}$$

$$CSS = \frac{400 - 50}{268 - 26,6} = \frac{350}{241,4} = 1,449$$

$$CSS' = \underline{1,4 \text{ m/s}}$$

proband č.8

$$t_1 = 26,6 \text{ [s]}$$

$$t_2 = 282,3 \text{ [s]}$$

$$CSS = \frac{400 - 50}{282,3} = \frac{350}{255,7} = 1,368$$

$$CSS' = \underline{1,3 \text{ m/s}}$$

4.3.3 Test 20 min. v bazénu

Ve druhém dni probandi podstoupili opět 30 min řízené rozplavání. Poté byli instruováni, aby plavali kraulem, rychlostí na úrovni CSS' po dobu 20 minut. K orientaci jim sloužil asistent, který chodil stanovenou rychlostí podél bazénu. Probandi plavali vždy po dvou v jedné plavecké dráze a vždy celkem po čtyřech v jedné rozplavbě. Rozřazení do rozplaveb proběhlo tak, aby ve stejné rozplavbě plavali probandi maximálně se dvěma různými rychlostmi plavání, a to z důvodu snížení náročnosti na počet asistentů. Asistenti si nejdříve vyzkoušeli chození podél bazénu a svou rychlost korigovali podle stopek. K orientaci jim sloužil vypočítaný mezičas pro jednotlivé rychlosti na 25, 50, 100 a dále pak pro každých 100 m, který odpovídal rychlosti, kterou měli probandi dodržovat (viz příloha č. 3). Aby mohl být vzorek laktátu odebrán ihned po doplávání každého probanda, startovali plavci jeden po druhém, vždy se zpožděním, které odpovídalo 100 m vzdálenosti. Připojili se tak k vodičovi a byl tak utvořen časový rozestup cca 70 až 75 sekund, jenž byl pro odběr vzorku krve dostačující. Uplynutí 20 min bylo probandovi oznámeno píšťalkou a ten

ihned opustil bazén a na připraveném stanovišti mu byl odebrán vzorek krve z prstu na ruce. Odběr zajišťoval kvalifikovaný pracovník Biomedicínké laboratoře FTVS UK, paní Lenka Zahálková. Vzorky pak byly vyhodnoceny v téže laboratoři (viz tabulku č. 4). V průběhu celého 20 min testu byla plavcům zaznamenávána srdeční frekvence v intervalu 5 s. K záznamu byl použit sporttester Polar S625X. Zaznamenaná data jsme vyhodnotili pomocí počítačového programu Polar Pro Trainer 5.

4.3.4 Test 20 min ve flumu

Třetí testovací den absolvovali probandi 10 min přesně řízené rozplavání. Následně podstoupili dvacetiminutový test. Probandi byli instruováni, aby se plaváním kraulu udrželi na jednom místě, které bylo viditelně vyznačeno na dně flumu. Rozplavání i test probíhaly v plaveckém trenažéru LD-pool Super Pro 7 v laboratoři FTVS UK. Rychlost flumu byla nastavena podle měření Balvín a Motl (2010) na CSS' pro každého plavce (viz tabulku č. 3). Probandi podstoupili testování po jednom, resp. po dvou v případě, že byla jejich CSS' totožná. Když plavali dva probandi najednou, měli umístěny záznamové části sporttestru na zápěstí vzdálenější paže, abychom předešli rušení signálu mezi záznamovou a snímací částí sporttestru.

4.3.5 Zpracování naměřených dat

Naměřené hodnoty laktátu jsme obdrželi z Biomedicínké laboratoře FTVS UK již v uceleném stavu a již nebylo nutné dále data upravovat. Data ze sporttestru jsme nejprve uložili do počítače pomocí programu Polar Pro Trainer 5. Data ukázala, že sporttester nezaznamenával SF po celou dobu, a tudíž jsme museli nulové hodnoty odstranit, aby nedocházelo ke zkreslení při výpočtu průměrné SF. SF jsme vypočítávali z hodnot naměřených mezi 10. a 20. minutou testování.

Pro porovnání naměřených výsledků u jednotlivých probandů při plavání ve flumu a v bazénu jsme použili vzorec $b/f=100/x$, kde „b“ představuje naměřené hodnoty v bazénu, tedy 100%, a „f“ představuje naměřené hodnoty ve flumu (viz tabulku č. 7 až tabulku č. 14).

Pro zjištění korelace byl počet probandů příliš malý, a proto nám korelace vyšla statisticky nevýznamná ($p>0,05$), a tudíž ji neuvádíme.

5 VÝSLEDKY

5.1 Souhrnné výsledky

Probandům byla vypočtena CSS výše zmíněnou metodou $1,3 \text{ m/s} \pm 0,1 \text{ m/s}$. (viz tabulku č. 3). Po odplavání dvacetiminutového úseku byla probandům naměřena koncentrace krevního laktátu $3,9 \pm 1,8 \text{ mmol/l}$. Průměrná naměřená srdeční frekvence za posledních 10 min plavání byla $183 \pm 13 \text{ tepů/min}$. (výsledky jednotlivých probandů viz tabulku č. 4). Při plavání ve flumu na rychlosti CSS, zadané do ovládacího panelu podle měření Balvín a Motl (2010) jsme však naměřili hodnoty výrazně nižší. Koncentrace krevního laktátu byla u plavců naměřena $0,91 \pm 0,35 \text{ mmol/l}$ a průměrná srdeční frekvence $124 \pm 21 \text{ tepů/min}$ (viz tabulku č. 4).

proband	čas na 50m [s]	čas na 400m [s]	CSS' [m/s]
1	26,8	274	1,4
2	30,2	306,7	1,2
3	30,7	296,9	1,3
4	26,4	274,7	1,4
5	29,2	291,1	1,3
6	26,7	282,3	1,3
7	26,6	268	1,4
8	26,6	282,3	1,3

Tabulka č.3: Dosažené časy v rámci protokolu zjišťování CSS

proband	La [mmol/l]	Ø SF [tepy/min]
1	4,9	181
2	3,3	181
3	3,1	chyba zařízení
4	2,1	170
5	3,3	172
6	3,7	174
7	5,7	196
8	4,9	chyba zařízení

Tabulka č. 4: Naměřené hodnoty laktátu a srdeční frekvence při plavání dvacetiminutového úseku v bazénu

proband	stupeň rychlosti	La [mmol/l]	Ø SF [tepy/min]
1	8	0,58	112
2	6	0,59	116
3	7	0,61	121
4	8	0,4	110
5	7	0,55	126
6	7	0,7	145
7	8	0,71	113
8	7	1,26	103

Tabulka č. 5: Naměřené hodnoty laktátu a srdeční frekvence při plavání ve flumu na úrovni CSS nastavené podle měření Balvín a Motl (2010)

Hodnoty La naměřené při plavání ve flumu byly 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. Jelikož hodnoty naměřené ve flumu byly příliš nízké a neodpovídaly ANP, stanovenému podle protokolu CSS (Ginn a kol., 1993), provedli jsme vlastní měření proudu, na jehož základě jsme navýšili rychlost proudění o čtyři stupně a test jsme zopakovali. Druhého testu ve flumu se nezúčastnili probandi 3, 4 a 8 z důvodu onemocnění. Ve výsledcích neuvádíme žádné hodnoty SF, jelikož došlo k poruše záznamového zařízení a naměřené hodnoty se tak nepodařilo získat. Při druhém testování ve flumu jsme probandům naměřili hodnoty laktátu $5,08 \pm 3,74$ mmol/l.

proband	stupeň rychlosti	laktát [mmol/l]	Ø SF [tepy/min]
1	12	8,82	chyba zařízení
2	10	4,17	chyba zařízení
3	11	nemoc	nemoc
4	12	nemoc	nemoc
5	11	1,45	chyba zařízení
6	11	1,34	chyba zařízení
7	12	3,30	chyba zařízení
8	11	nemoc	nemoc

Tabulka č. 6: Naměřené hodnoty laktátu a srdeční frekvence při plavání ve flumu na úrovni CSS nastavené podle vlastního měření.

5.2 Srovnání výsledků u jednotlivých probandů

Tabulky č. 7 až č. 14 ukazují naměřené hodnoty a jejich porovnání u jednotlivých probandů. Rozdíly hodnot ukazují, kolika procent dosáhly sledované hodnoty ve flumu ve vztahu k naměřeným hodnotám v bazénu.

proband 1	bazén (100%)	flum 1	flum 2	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 1)	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 2)
stupeň	-	8	12	-	-
La [mmol/l]	4,9	0,58	8,82	11,8%	180%
SF [tepů/min]	181	112	-	61,9%	-

Tabulka č. 7: Proband 1, naměřené hodnoty a jejich porovnání

proband 2	bazén	flum 1	flum 2	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 1)	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 2)
stupeň	-	6	10	-	-
La [mmol/l]	3,3	0,59	4,17	17,9%	126,4%
SF [tepů/min]	181	116	-	64,1%	-

Tabulka č. 8: Proband 2, naměřené hodnoty a jejich porovnání

proband 3	bazén	flum 1	flum 2	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 1)	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 2)
stupeň	-	7	11	-	-
La [mmol/l]	3,1	0,61	-	19,7%	-
SF [tepů/min]	-	-	-	-	-

Tabulka č. 9: Proband 3, naměřené hodnoty a jejich porovnání

proband 4	bazén	flum 1	flum 2	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 1)	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 2)
stupeň	-	8	12	-	-
La [mmol/l]	2,1	0,4	-	19,1%	-
SF [tepů/min]	170	110	-	64,7%	-

Tabulka č. 10: Proband 4, naměřené hodnoty a jejich porovnání

proband 5	bazén	flum 1	flum 2	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 1)	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 2)
stupeň	-	7	11	-	-
La [mmol/l]	3,3	0,55	1,45	16,7%	43,9%
SF [tepů/min]	172	126	-	73,3%	-

Tabulka č. 11: Proband 5, naměřené hodnoty a jejich porovnání

proband 6	bazén	flum 1	flum 2	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 1)	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 2)
stupeň	-	7	11	-	-
La [mmol/l]	3,7	0,7	1,34	18,9%	36,2%
SF [tepů/min]	174	145	-	83,3%	-

Tabulka č. 12: Proband 6, naměřené hodnoty a jejich porovnání

proband 7	bazén	flum 1	flum 2	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 1)	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 2)
stupeň	-	8	12	-	-
La [mmol/l]	5,7	0,71	3,3	12,5%	57,9%
SF [tepů/min]	196	113	-	57,7%	-

Tabulka č. 13: Proband 7, naměřené hodnoty a jejich porovnání

proband 8	bazén	flum 1	flum 2	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 1)	rozdíl hodnot [%] (bazén vs. flum 2)
stupeň	-	7	11	-	-
La [mmol/l]	4,9	1,26	-	25,7%	-
SF [tepů/min]	-	103	-	-	-

Tabulka č. 14: Proband 8, naměřené hodnoty a jejich porovnání

6 DISKUSE

V odborné literatuře se dočítáme, že nejpřesnější metoda monitorování výkonu je sledování spotřeby kyslíku (Maglischo, 2003; Bunc et al., 2004 in Hendl, Dobrý, a kol., 2011). Další předností sledování spotřeby kyslíku je, že hodnoty jsou normovány a existují národní i mezinárodní tabulky, které poskytují možnost srovnání (Bunc, 1989, in Hendl, Dobrý, a kol., 2011). Pro aplikaci v našem výzkumu je ovšem tato metoda příliš náročná a vyžaduje speciální finančně náročné vybavení. Jako nejlepší alternativa výše zmíněného testování se jeví sledování množství laktátu v krvi. Představili ji Mader, Heck a Hollmann (1976) jako alternativu k sledování spotřeby kyslíku a prokázali vysokou korelaci těchto sledovaných hodnot. Jedná se o nejlepší metodu, jak sledovat ANP a AEP v prostředí bazénu (Maglischo 2003). Z těchto důvodů jsme se rozhodli naše hypotézy ověřovat právě pomocí zjišťování krevního laktátu.

V průběhu testování jsme u několika probandů nezjistili SF. Důvodem byla technická chyba, kdy došlo ke ztrátě přenosového signálu mezi měřícím pásem a záznamovým přístrojem sporttestru, či že upevnění měřícího pásu nevydrželo tlak, kterým působil proud vody a následně se měřící pás sesunul níže, kde již SF nezaznamenal. U probanda 8 musel být měřící pás sporttestru v průběhu dvacetiminutového testu v bazénu odstraněn, jelikož mu bránil v nádechu a hrozilo předčasné ukončení testu. Jelikož byly pro náš výzkum údaje o SF pouze kontrolním ukazatelem a podařilo se nám odebrat a následně i vyhodnotit všechny vzorky krve, nepovažovali jsme za nutné test opakovat.

V průběhu provádění testů jsme zjistili, že někteří trénovaní plavci nebyli schopni udržet rychlost CSS při plavání dvacetiminutového úseku, což může být způsobeno tím, že se nejedná o vytrvalce, ale o sprintery, kteří nejsou na takový typ zátěže připravení a podstoupení testu jim činilo psychické obtíže. V poslední době se výzkumy mimo jiné zabývají aplikací CSS pro sprintery. Toto téma však ještě není důkladně rozpracované. Rychlost CSS dokázal v průběhu dvacetiminutového měření udržet pouze proband 8. Probandi 3, 4, 5, 6 a 7 se stanovené rychlosti velmi přibližovali. Probandi 1 a 2 výrazněji za svou CSS zaostali, což se projevilo ztrátou cca 50m na vodiče v průběhu 20 min testu. Proband 2 prodělal týden před podstoupením testu nemoc, čímž si vysvětlujeme zaostání za vlastní CSS. Probandi 3 a 4 byli ze stejné

tréninkové skupiny a již před začátkem testu se stěžovali na vysoké tréninkové zatížení, což mohlo jejich výkonnost v průběhu testu ovlivnit.

Probandi spontánně, tedy bez dotazování, označili proudění ve flumu jako proměnlivé, což jsme si ověřili jak subjektivně, tak i pomocí metody přímého měření, které jsme provedli pomocí hydrometrické vrtule. Provedli jsme vlastní měření rychlosti proudění ve flumu pomocí hydrometrické vrtule Greisinger STS 005. Měřili jsme proudění 40 cm, resp. 110 cm od boční stěny flumu, 5cm, resp. 15 cm od hladiny a 150 cm, resp. 250 cm od čelné stěny flumu. Tedy v osmi definovaných bodech při každé rychlosti proudění od stupně 5 do stupně 15. Celkem jsme tedy provedli 80 měření. Vyhodnocení naměřených dat jsme simultánně provedli na přístroji Greisinger GMH 3350. Výsledky měření jsou součástí přílohy č. 4. V průběhu měření jsme zjistili, že proud ve flumu je proměnlivý a mnohdy jsme ve stejném bodě naměřili po zvýšení rychlosti o jeden stupeň proud slabší (viz příloha č. 4). Kjendlie, Stallman a Stray-Gundersen (2008) označili ve svém výzkumu proud vody ve flumu jako příliš nestabilní pro studie zabývající se metabolismem při plavání. Díky těmto poznatkům jsme se rozhodli naměřené hodnoty ověřit na základě vlastní dlouholeté plavecké zkušenosti. Po tomto pokusu jsme se rozhodli stupeň proudění navzdory nově naměřeným hodnotám ještě o jeden stupeň zvýšit a test ve flumu opakovat. U probandů 1 a 2 jsme naměřili vyšší hodnoty laktátu, než jsme očekávali, a to o 26,4 a 80%. Toto si ovšem vysvětlujeme těžkým laktátovým tréninkem, který probandi před absolvováním testu podstoupili a po kterém nenásledovalo adekvátně dlouhé vyplavání. Došlo tak k vyššímu nahromadění laktátu během testu. Ostatní probandi dosáhli 36,2 až 57,9% očekávaných hodnot, a proto se domníváme, že ani takové zvýšení rychlosti proudění není dostačující.

Při všech testech, které jsme v zařízení prováděli, byla řídicí jednotka nastavena na úrovni CP 1. Ovšem, jak jsme již uvedli výše, mezi jednotlivými stupni nastavení řídicí jednotky jsme rozdílly nepozorovali.

7 ZÁVĚRY

Cílem práce bylo zjistit, zda zatížení při plavání rychlostí odpovídající ANP ve flumu na stupni ověřeném akreditovaným pracovištěm je úměrné zatížení při plavání rychlostí odpovídající ANP v bazénu. Provedli jsme sérii měření, jejichž vyhodnocením jsme získali odpověď na stanovené výzkumné otázky, které jsme si vytyčili následovně: Bude zatížení na úrovni rychlosti anaerobního prahu (hladina laktátu) zjištěného metodou CSS v bazénu stejné, jako zatížení na úrovni rychlosti anaerobního prahu (hladina laktátu) ve flumu? Bude hodnota SF v bazénu na úrovni anaerobního prahu nižší než ve flumu?

Výzkumu se zúčastnilo celkem 8 dospělých plavců (6 mužů a 2 ženy), kteří se plavání věnují 8 let a více a jejichž výkonnost odpovídá finále "A" mistrovství ČR v plavání. Tři probandi se ze zdravotních důvodů druhého měření ve flumu nezúčastnili.

První výzkumnou otázku jsme nepotvrdili, jelikož hodnoty laktátu naměřené ve flumu dosahovaly pouze 12,8 až 25,7% hodnot, které jsme očekávali. Druhou výzkumnou otázku jsme také nepotvrdili, jelikož naměřené hodnoty SF v bazénu byly vyšší než naměřené hodnoty SF ve flumu, a to ve všech případech.

Z důvodu velkého rozsahu a náročnosti výzkumu jsme se rozhodli zpracovat práci jako pilotní studii pro další výzkum, který by mohl řešit problematiku stanovení rychlosti ve flumu tak, aby na stanovených rychlostech odpovídala zatížení v bazénu. V naší práci jsme se věnovali pouze plaveckému způsobu kraul, avšak následující práce by mohla řešit i ostatní tři plavecké způsoby. Jsme však přesvědčeni, že nastavení rychlostí pro ostatní plavecké způsoby, především pro prsa a motýlek, bude rozdílné, a tudíž bude vyžadovat zvláštní měření. Domníváme se tak z toho důvodu, že jsme si při výzkumu ověřili tvrzení, které zmiňuje ve své práci Kozel a Horčice (2012), že proud je ve flumu se stoupající hloubkou nižší, což bude mít jistě na plavecký způsob prsa a motýlek vliv.

Zjistili jsme, že mezi největší úskalí testování patří sběr dat ze sporttestru, jenž několikrát v průběhu testování selhal, a sledované hodnoty se nám tím nepodařilo zjistit. Další problém spočívá ve velmi vysoké vyčerpání probandů, kteří absolvují 8 – 12 tréninkových jednotek týdně, což významně zasahuje do harmonogramu testování a ovlivňuje naměřené hodnoty laktátu. Největší dopad u zmíněného vlivu jsme pozorovali

u probanda 1 v průběhu druhého měření ve flumu, u nějž byla naměřená hodnota laktátu 8,82 mmol/l.

Ačkoli jsme zjistili, že zatím rychlosti proudění nastavené ve flumu neodpovídají plavání v bazénu, jsme přesvědčeni, že zařízení je obrovským přínosem pro plavání jak v oblasti tréninku, tak při hodnocení a rozboru techniky plavců. Podaří-li se vyřešit i problematika nastavení rychlosti proudění, bude zařízení velkým přínosem pro výzkum i zátěžovou diagnostiku. Jsme přesvědčeni, že flum bude moci nahradit zátěžové testy na běžeckém a bicyklovém ergometru pro sportovce, kteří svůj výkon podávají ve vodním prostředí.

8 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	ampér
ADP	adenozindifosfát
ANP	anaerobní práh
ATP	adenozintrifosfát
cm	centimetr
CP	kreatinfosfát
CS	Critical Speed
CSS	Critical Swimming Speed
d	vzdálenost
FTVS UK	Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy
La	hladina laktátu
m/s	metr za sekundu
min	minuta
MLSS	Maximal Lactate Steady State
mmol/l	milimol na litr
OBLA	Obtain Blood Lactate Accumulation
SF	srdeční frekvence
SF _{max}	maximální srdeční frekvence
t	čas
V	volt
V _{crit}	Critical Velocity
V _{O₂max}	maximální spotřeba kyslíku
W _{crit}	Critical Power
W ₁₇₀	zátěžový test

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ÅSTRAND, P.O.; ENGLESSON, S. A swimming flume. In *Journal of Applied Physiology*, 1972, roč. 33, č. 4, s. 514, ISSN 8750-7587
2. BALVÍN, MOTL, *Vyhodnocení rychlostí proudění v bazénu s protiproudem*. Výzkumný ústav vodohospodářský, 2010
3. BARDEN, J.M.; KELL, R.T. Relationships between stroke parameters and critical swimming speed in a sprint interval training set. *Journal of Sport Science*, 2009, roč. 27, č. 3, s. 227-235
4. ČECHOVSKÁ, I.; MILER, T., *Technika plaveckých způsobů*. Havlíčkův Brod: Grada, 2008, s. 39-45, ISBN 978-80-247-2154-5
5. ČECHOVSKÁ, I.; NOVOTNÁ, V.; MILEROVÁ, H. *Aqua-fitness*. Havlíčkův Brod: Grada, 2003, s. 18-20, ISBN 80-2470462-5
6. COLWIN, C.M. *Breakthrough swimming*. USA: Human Kinetics, 2002, s. 25-26, ISBN 0-7360-3777-2
7. DÍVALD, L. *Kontrolovaný trénink*. 2. vyd. Poprad: Laurenc Dívald, 2010, 116 s. ISBN 978-80-970358-1-5
8. ESPADA, M.A., ALVES, F.B. Critical Velocity and the Velocity at Maximal Lactate Steady State in Swimming. In: KJENDLIE, P.L., STALLMAN, K.R., CABRI, J. (eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*. Oslo: Norwegian School of Sport Science, 2010, s. 194-196, ISBN 978-82-502-0439-3
9. 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
10. HAVLÍČKOVÁ, L. a kol. *Fyziologie tělesné zátěže I*. Praha: Karolinum, 2004, s. 3 – 10, ISBN 80-7184-875-1
11. HENDL, J.; DOBRÝ, L. *Zdravotní benefity pohybových aktivit: Monitorování, intervence, evaluace*. Praha: Karolinum, 2011, s. 179-180, ISBN 978-80-246-2000-8

12. 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. 2012-04-10]. ISBN 978-80-86317-89-2
13. 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.
14. KUHN, K.; NÜSSER, S.; PLATEN, P.; VAFA, R. *Vytrvalostní trénink*. České Budějovice: Kopp, 2005, s. 24, ISBN 80-7232-252-4
15. KUTNOHORSKÁ, J. *Výzkum v ošetřovatelství*. Havlíčkův Brod: Grada, 2009, s. 52-54, ISBN 978-80-247-2713-4
16. MADER, A.; HECK, H.; HOLLMANN, W. Evaluation of lactic anaerobic energy contribution by determination of post-exercise lactic acid concentration or ear capillary blood blood in middle distance runners and swimmers. In LANDING, F.; ORBAN, W. (ed). *Exercise Phisyology*, Miami, FL: Symposia Specialists, 1976, s. 187-199. ISBN 0883721074
17. MACEJKOVÁ, Y.; HLAVATÝ, R. *Biomechanika a technika plaveckých způsobov*. Bratislava: Peter Mačura, 1996, s. 27-35, ISBN 80-967456-2-X
18. MAGLISCHO, E. *Swimming fastest*. USA: Human Kinetics, 2003. 791s. ISBN 0-7360-3180-4
19. MERKUNOVÁ, A.; OREL, M. *Anatomie a fyziologie člověka*. Havlíčkův Brod:Grada, 2008, s. 57-60, ISBN 978-80-247-1521-6
20. MONOD, H.; SCHERRER, J. *The work capacity of a synergic muscular group*. In *Ergonomics* 1965, roč. 8, č. 3, s. 329-338
21. NEUMANN, G.; PFÜTZNER, A.; HOTTENROTT, K. *Trénink pod kontrolou*. Havlíčkův Brod:Grada, 2005, s. 80-81, ISBN 80-247-0947-3
22. OLBRECHT, J.; MADSEN, O.; MADER, A.; LIESEN, H.; HOLLMANN, W. Relationship Between Swimming Velocity and Lactic Concentration During Continuous and Intermittent Training Exercises. In *International Journal of Sports Medicine*, 1985, roč. 6, č. 2, s. 74-77

23. PERIČ, T.; DOVALIL, J. *Sportovní trénink*. Havlíčkův Brod:Grada, 2010, s. 106-110, ISBN 978-80-247-2118-7
24. PFITZINGER, P.; FREEDSON, P.S. The Reliability of Lactate Measurements During Exercise. In *International Journal of Sports Medicine*. roč. 1998, 19, č. 5, s. 349-357, Abstract
25. SUCHOMELOVÁ, H. *Vliv vodního prostředí na změny srdeční frekvence*. Praha, 2009. 58s. Bakalářská práce na UK FTVS, Vedoucí práce Daniel Jurák.
26. TEGTBUR, U.; BUSSE, M.W.; BRAUMANN, K.M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1993, roč. 25, č. 5, s. 620-627., ISSN 0195-9131

Elektronické zdroje

1. ALTIMARI, J.M.; ALTIMARI, L.R.; GULAK, A.; CHACON-MIKAHIL, M.P.T. 2007. Correlations between anaerobic threshold determination protocols and aerobic performance in adolescent swimmers. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 13(4) 221-226 [online] [2012-01-04] Dostupné z: http://www.scielo.br/pdf/rbme/v13n4/en_07.pdf
2. BRITTON, R.; ROGGERS, N.; REIMANN, P. Swimming flume for Otago University. *IPENZ Transactions*, 25(1), GEN, 1998, [online] [2012-01-04] Dostupné z: <http://www.ipenz.org.nz/ipenz/publications/transactions/Transactions98/general/4britton.PDF>
3. KJENDLIE, P-L.; STALLMAN, R.; STRAY-GUNDERSEN, J. *No need for a flume! Technical notes from a VO₂ measurement systém in a 25m pool*. 2008. Norwegian University of Sports and Physical Education, Oslo, Norway, [online] [cit: 2012-03-18] Dostupné z: http://www.coachesinfo.com/index.php?option=com_docman&task=doc_download&Itemid=68&gid=82
4. PAŽICKÝ, M. *Zátěžová diagnostika ve vytrvalostním sportu*. [online] [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: http://www.pazicky.cz/biochem_pozadi.html

5. MACKENZIE, B., *Maximum Heart Rate*. 1999, [online] [2012-02-16] Dostupné z: <http://www.brianmac.co.uk/maxhr.htm>
6. www.ld-pool.com, *Technisches dattenblatt, Superpro A7*. [online] [2012-01-17] Dostupné z: http://www.ld-pool.com/tl_files/ld-pool_at/produkte/ld-pools/super_pro_a7/pdf/Techn_Datenblatt_LD-Pool_Superpro_A7.pdf
7. www.netfit.co.uk *Resting Heart Rate*. [online] [2012-04-10] Dostupné z: <http://www.netfit.co.uk/ty13.htm>
8. www.verticalblue.net [online] [2012-04-01] Dostupné z: http://www.verticalblue.net/images/freediving/orca_free_2
9. WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; KASAI, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. *A Simple Method for Determining Critical Speed as Swimming Fatigue Threshold in Competitive Swimming*. In *International Journal of Sports Medicine* 1992, č.5, s. 367-371, [online]., [2011-20-8] Dostupné z: <https://www.thieme-connect.com/ejournals/>

10 PŘÍLOHY

Příloha č. 1. Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

Příloha č. 2. Informovaný souhlas

Příloha č. 3. Tabulka vypočtených mezičasů pro jednotlivé rychlosti probandů

Příloha č. 4. Zápis námi naměřených hodnot rychlosti proudění ve flumu



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešslavín
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: Aplikace CSS (Critical Swimming Speed) v plaveckém trenažéru

Forma projektu: bakalářská práce

Autor: Štěpán Cagaň

Školitel: Mgr. Daniel Jurák

Popis projektu:

Cílem práce je zjistit, zda plavecký trenažér v Pedagogicko-výzkumné laboratoři KPS FTVS UK vytváří pro plavání takové podmínky, které korelují s prostředím plaveckého bazénu, respektive zda musí plavec vyvinout stejné úsilí pro dosažení dané rychlosti plavání (CSS) v obou vodních prostředích. Hypotézu budeme ověřovat pomocí stanovení CSS (kritické rychlosti plavání) a následného porovnání tvorby krevního laktátu a hodnoty SF při jejím provádění v plaveckém bazénu a v plaveckém trenažéru. S žádostí o účasti na výzkumu budou osloveni plavci pražských plaveckých klubů starší osmnácti let, kteří se doposud aktivně plavání věnují a v roce 2011 dosáhli v individuální plavecké disciplíně minimálně 600 bodů FINA 2008. Před oslovením plavce vždy uvědomíme příslušného trenéra.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:

Pro invazivní metodu zjištění krevního laktátu jsme se rozhodli na základě prostudování odborné literatury, prací, které podobnou problematiku již řešily a z důvodu, že se ve výsledcích mnohých studií jeví jako relevantní a přiklání se k ní světoví odborníci.

Samotný odběr a veškerá další manipulace s krevními vzorky budou provedeny pověřenou osobou Biomedicínské laboratoře FTVS UK. Veškerý postup měření a získávání informací bude prováděn tak, aby se předešlo veškerým možným rizikům spojeným s invazivními metodami vyšetřování.

Etické aspekty výzkumu: Výsledky šetření ani osobní data nebudou zneužity

Informovaný souhlas (přiložen)

V Praze dne 1.11.2011

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: 0173/2011

dne: 3. 11. 2011

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

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

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

Daniel Jurák
podpis předsedy EK

Informovaný souhlas s účastí na výzkumu

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

Cíle práce:

Cílem práce je zjistit, zda plavecký trenážér “flum” vytváří podmínky, které korelují s prostředím plaveckého bazénu, respektive zda musí plavec vyvinout stejné úsilí pro dosažení dané rychlosti plavání v obou případech.

Spolupráce:

Vedoucím mé práce je Mgr. Daniel Jurák, vedoucí Katedry plaveckých sportů FTVS UK.

Na práci se podílí Biomedicínská laboratoř FTVS UK a to odběrem, zpracováním a vyhodnocením krevních vzorků testovaných plavců.

Harmonogram testování:

Testování proběhne ve třech fázích. První dvě se budou odehrávat v krytém plaveckém bazénu v Praze- Strahov, Třetí část testování proběhne v Pedagogicko-výzkumné laboratoři katedry plaveckých sportů FTVS UK.

Každá část proběhne v jiný den a její dobu trvání předem odhadujeme na jednu hodinu.

Přesný časový harmonogram budeme s testovanými konzultovat a sestavovat tak, abychom minimalizovali narušení jejich programu dne.

Metody vyšetření:

Odběr vzorku krve pro zjištění hladiny krevního laktátu bude proveden 2x, vždy ihned po dokončení stanoveného úseku plavání. 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.

Dalším sledovaným atributem bude hodnota SF. Ta bude zjištěna neinvazivní metodou pomocí sporttestru Polar ihned po dokončení stanoveného úseku plavání.

Získaná data a výsledky z nich vyplývající nebudou zneužity a osobní informace nebudou zveřejněny ani poskytnuty třetí osobě.

Byl/a jsem seznámen/a s cíli a metodami tohoto výzkumu a se svou účastí souhlasím.

V Praze dne.....2012

Podpisy testovaných:

Příloha č. 3. Tabulka vypočtených mezičasu pro jednotlivé rychlosti probandů

Proband	CSS	25m [s]	50m	75m	100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m	900m	1000m
1	1,4	17,9	35,7	53,6	01:11,4	02:22,9	03:34,3	04:45,7	05:57,1	07:08,6	08:20,0	09:31,4	10:42,9	11:54,3
2	1,2	20,8	41,7	62,5	01:23,3	02:46,7	04:10,0	05:33,3	06:56,7	08:20,0	09:43,3	11:06,7	12:30,0	13:53,3
3	1,3	19,2	38,5	57,7	01:16,9	02:33,8	03:50,8	05:07,7	06:24,6	07:41,5	08:58,5	10:15,4	11:32,3	12:49,2
4	1,4	17,9	35,7	53,6	01:11,4	02:22,9	03:34,3	04:45,7	05:57,1	07:08,6	08:20,0	09:31,4	10:42,9	11:54,3
5	1,3	19,2	38,5	57,7	01:16,9	02:33,8	03:50,8	05:07,7	06:24,6	07:41,5	08:58,5	10:15,4	11:32,3	12:49,2
6	1,3	19,2	38,5	57,7	01:16,9	02:33,8	03:50,8	05:07,7	06:24,6	07:41,5	08:58,5	10:15,4	11:32,3	12:49,2
7	1,4	17,9	35,7	53,6	01:11,4	02:22,9	03:34,3	04:45,7	05:57,1	07:08,6	08:20,0	09:31,4	10:42,9	11:54,3
8	1,3	19,2	38,5	57,7	01:16,9	02:33,8	03:50,8	05:07,7	06:24,6	07:41,5	08:58,5	10:15,4	11:32,3	12:49,2

Proband	1100m	1200m	1300m	1400m	1500m	1600m	celkem [m]
1	13:05,7	14:17,1	15:28,6	16:40,0	17:51,4	19:02,9	1680
2	15:16,7	16:40,0	18:03,3	19:26,7	-	-	1440
3	14:06,2	15:23,1	16:40,0	17:56,9	19:13,8	-	1560
4	13:05,7	14:17,1	15:28,6	16:40,0	17:51,4	19:02,9	1680
5	14:06,2	15:23,1	16:40,0	17:56,9	19:13,8	-	1560
6	14:06,2	15:23,1	16:40,0	17:56,9	19:13,8	-	1560
7	13:05,7	14:17,1	15:28,6	16:40,0	17:51,4	19:02,9	1680
8	14:06,2	15:23,1	16:40,0	17:56,9	19:13,8	-	1560

Příloha č. 4. - Zázpis námi naměřených hodnot rychlosti proudění ve flumu

TESTOVÁNÍ RYCHLOSTI FLUM 8. 3. 2012 Cagaň, Jurák. Měření proudu vody bylo prováděno přístrojem Greissinger GMH 3350 a Greissinger STS 005.				
	hloubka	40cm od boční stěny	1,1m od boční stěny	vzdálenost od přední stěny
Stupeň 5	5cm	0,8	0,77	1,5 m
	15cm	-	-	
	5cm	0,84	0,88	2,5 m
	15cm	0,68	0,63	
Stupeň 6	5cm	0,95	1,06	1,5 m
	15cm	-	1,04	
	5cm	0,99	1	2,5 m
	15cm	0,92	1	
Stupeň 7	5cm	1,03	1,07	1,5 m
	15cm	0,97	1,19	
	5cm	1,12	1,1	2,5 m
	15cm	0,98	1,08	
Stupeň 8	5cm	1,12	1,2	1,5 m
	15cm	1,1	1,15	
	5cm	1,13	1,17	2,5 m
	15cm	1,09	1,11	
Stupeň 9	5cm	1,28	1,23	1,5 m
	15cm	1,22	1,25	
	5cm	1,17	1,2	2,5 m
	15cm	1,11	1,3	
Stupeň 10	5cm	1,35	1,47	1,5 m
	15cm	1,3	1,4	
	5cm	1,32	1,43	2,5 m
	15cm	1,28	1,3	
Stupeň 11	5cm	1,45	1,49	1,5 m
	15cm	1,55	1,59	
	5cm	1,42	1,53	2,5 m
	15cm	1,3	1,46	
Stupeň 12	5cm	1,6	1,66	1,5 m
	15cm	1,53	1,58	
	5cm	1,55	1,58	2,5 m
	15cm	1,4	1,45	

Stupeň 13	5cm	1,45	1,7	1,5 m
	15cm	1,54	1,69	
	5cm	1,65	1,68	2,5 m
	15cm	1,59	1,5	
Stupeň 14	5cm	1,8	1,78	1,5 m
	15cm	1,77	1,82	
	5cm	1,7	1,63	2,5 m
	15cm	1,55	1,63	
Stupeň 15	5cm	1,72	1,7	1,5 m
	15cm	1,7	1,7	
	5cm	1,72	1,75	2,5 m
	15cm	1,52	-	