

**UNIVERZITA KARLOVA**

**Fakulta tělesné výchovy a sportu**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Testování Maximální SF v plaveckém trenažéru**

**Vedoucí práce**

**Mgr. Daniel Jurák**

**Zpracoval**

**Tomáš Hubička**

**Praha 2012**

## **Abstrakt**

### **Název práce:**

Testování maximální SF v plaveckém trenažéru.

### **Cíle práce:**

Navrhnout způsob testování maximální SF v bazénu s protiproudem. Upravit a použít metodiku testování SF max na suchu a použít jí v bazénu s protiproudem, fungujícího jako plavecký trenažér. Alternativní metoda zjišťování maximální srdeční frekvence u plavců.

### **Metody:**

Dle základu pilotní studie byla sestavena metodika testování SF max. Vzorek probandů k výzkumu byl vybrán ze studentů a učitelů na FTVS, kteří jsou bývalí, nebo stále aktivní plavci. Pro zaznamenávání SF byl použit sporttestr a vyhodnocení dat bylo provedeno programem Polar Precision Performance. Pro určení submaximální rychlosti plavání byl probandy podstoupen test CSS. Tato rychlost byla dále použita k rozplavání před stupňovaným zátěžovým testem do individuálního maxima SF probandů.

### **Výsledky:**

Testem CSS je získána individuální rychlost plavání na úrovni ANP každého z probandů v m/s. Ta byla dále využita jako rychlost pro rozplavání ve stupňovaném testu do maxima SF. Z analýzy výsledků můžeme vidět, že jsme se dostali se čtyřmi probandy ze šesti na hodnotu max SF v porovnání s teoretickým výpočtem max SF.

### **Klíčová slova:**

Maximální srdeční frekvence (SF max), bazén s protiproudem (flum), rychlost plavání, sporttestr, Critical Swim Speed (CSS), laktát

## **Abstract**

### **Title:**

Testing of maximal heart rate in a swimming flume

### **Objectives:**

Pilot study using the methodology for testing the maximum heart rate in swimming flume, functioning as a swimming trainer. An alternative method for determining maximum heart rate by each swimmer.

### **Methods:**

Due to the basis of the pilot study, a methodology for heart rate max. testing was created. A sample of probands was chosen to study Physical Education and Sport of the students who are former or still active swimmers. A sporttester was used to detect a heart rate. Data processing was made by Polar Precision Performance program. For the submaximal swimmer speed detection probands went through a CSS test. Speed obtained from this test was further used for warming of probands before the graded strain test started up to the maximal heart rate of probands.

### **Results:**

By the CSS test is obtained the individual speed of swimming at the ANP level of each of the probands in meters per second. This was further used as the speed for warming in the graded test up to the maximal heart rate of probands. The results are showing that four of six probands reached the maximum heart rate level in comparison with a theoretical calculation of the maximum heart rate.

### **Key words:**

swimming flume, swimming speed, maximum heart rate, Critical Swim Speed, sporttester, lactate

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s odborným dohledem Mgr. Daniela Juráka a uvedl v ní veškerou literaturu a ostatní zdroje, které jsem použil.

V Praze, dne 25.4.2012

.....

Tomáš Hubička

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Mgr. Danielovi Jurákovi, za odborné vedení a podporu při tvorbě bakalářské práce a za mnoho podnětných informací týkajících se zvolené problematiky. Dále bych rád poděkoval všem, co dobrovolně podstoupili měření, díky nimž jsme získali spoustu zajímavých výsledků. Bez všech těchto lidí by tato práce nemohla vzniknout.

Svoluji k zapůjčení své bakalářské práce ke studijním účelům. Prosím o vedení evidence vypůjčovateli, kteří musejí pramen převzaté literatury řádně citovat.

---

Jméno a příjmení: Číslo obč. průkazu: Datum vypůjčení: Poznámka:

---

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	9
<b>2</b>	<b>Teoretická část</b> .....	11
2.1	Plavecká lokomoce .....	11
2.1.1	Biomechanické zákonitosti vodního prostředí.....	11
2.1.2	Plavecké způsoby .....	12
2.1.2.1	Plavecký způsob – kraul .....	13
2.2	Srdeční frekvence .....	16
2.2.1	Řízení srdeční činnosti .....	17
2.2.2	Adaptační změny SF .....	18
2.2.3	Diving reflex .....	19
2.2.4	Klidová SF .....	20
2.2.5	Maximální SF (TF) a její výpočty.....	21
2.3	Krevní tlak .....	23
2.4	Laktát .....	24
2.5	Únava.....	25
2.6	Zátěžová diagnostika .....	26
2.6.1	Indikace zátěžového vyšetření .....	27
2.6.2	Laboratorní modelování tělesné zátěže.....	28
2.6.3	Příprava k zátěžovému vyšetření .....	30
2.6.4	Postup pro zjištění zátěžové tolerance .....	30
2.6.5	Měření Critical Swim Speed.....	31
2.6.6	Sporttestr .....	33
2.6.7	Plavecký trenažér .....	34
<b>3</b>	<b>Cíle a úkoly práce, hypotézy</b> .....	36
3.1	Cíl .....	36
3.2	Úkoly práce.....	36

3.3	Výzkumné otázky .....	36
<b>4</b>	<b>Metodika práce</b> .....	<b>37</b>
4.1	Pilotní studie .....	37
4.2	Charakteristika výzkumného souboru .....	38
4.2	Průběh měření CSS.....	40
4.3	Zátěžová diagnostika max SF ve flumu.....	41
<b>5</b>	<b>Výsledky</b> .....	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze</b> .....	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>59</b>
	<b>Použitá literatura</b> .....	<b>61</b>



# 1 Úvod

Příslušné téma bakalářské práce jsem si zvolil po konzultaci se svým učitelem z katedry plaveckých sportů, který se následně stal mým vedoucím práce. K plavání mám velice blízko, protože jsem od 12 let závodně plaval. Zabývám se problematikou plavání, tréninkem v plaveckém sportu a také jsem i plavecký rozhodčí. V roce 2008 jsem po absolvování sportovního gymnázia začal studovat na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze. Součástí této fakulty je i katedra plaveckých sportů, kde jsem si v programu výuky vybral předmět *Specializace plavání*.

Plavání mě velice baví. Ve své praxi se zabývám tréninkovými metodami a možnostmi jejich využití k zvýšení plaveckých výkonů a tělesné zdatnosti plavců. K tomu, abychom získali představu o úrovni adaptace plavce a mohli tak sledovat jeho rozvoj ve výkonnosti a zvyšování tělesné kondice, je vhodné využít různé funkční zátěžové testy. Tyto testy nám pomáhají kontrolovat tělesnou zdatnost plavce a z výsledků můžeme lépe kontrolovat a řídit postupný rozvoj tělesné kondice. K testování tělesné zdatnosti vrcholových sportovců, ale i běžné populace, se používá běhací nebo bicyklový ergometr. Tyto ergometry jsou přesné a ideální k navození stavu, kdy se sportovec dostane do maximálního tělesného zatížení, a dokážou nám za pomoci mnoha dalších přístrojů, jako je sporttester nebo spiroergometr určit fyziologické parametry jako např. SF, VO<sub>2</sub> max apod. Nicméně, tyto ergometry jsou určeny hlavně pro sportovce, kteří jsou adaptováni na pravidelný běh nebo jízdu na kole. Domnívám se, že plavci, kteří nejsou adaptováni na tento typ pohybu, nejsou schopni dosáhnout maximální úrovně SF. Z vlastní zkušenosti vím, že jako plavec jsem nedokázal při zátěžových testech (jak na bicyklovém, tak na běhacím ergometru), dosáhnout maximální SF. Nebyl to pro mě neznámý pohyb, ale nedokázal jsem touto specifickou lokomocí podat nejvyšší výkon. Působilo na mě několik různých faktorů, které mi v tom bránily. Při měření na běžeckém ergometru jsem stál poprvé na běžeckém pásu a měl jsem obavy, že z něj spadnu a ublížím si. Na bicyklovém ergometru jsem se vyčerpal a byl jsem unavený dříve, než jsem dosáhl maximálního výkonu.

Z výše popsaných důvodů jsem si, ke zpracování své bakalářské práce, vybral téma navržené na internetových stránkách katedry plaveckých sportů, které se

zabývá měřeními plavců v jejich přirozeném tréninkovém i závodním prostředí. Mým cílem je navrhnout způsob testování maximální SF v plaveckém trenažéru (flumu). K sestavení postupu testování využijeme metod, které se používají při testování na suchu. K snímání srdeční frekvence využijeme stejně jako na suchu sporttestr, u kterého se při použití ve vodě může stát, že nebude snímat SF zcela přesně a signál může vypadávat. Z vlastní zkušenosti vím, že při vysokých rychlostech se hrudní pás posouvá a oddaluje od hrudníku natolik, že přestane snímat SF. Z tohoto důvodu je důležité hrudní pás dostatečně utáhnout, aby jeho posuny byly co možná nejmenší.

## **2 Teoretická část**

### **2.1 Plavecká lokomoce**

Plavání je individuální sport, který je charakteristický cyklickým pohybem horních i dolních končetin. Při pohybu ve vodním prostředí působí specifické podmínky, které jsou tvořeny hydrostatickým tlakem, hydrostatickým a hydrodynamickým vztlakem, hustotou vody spojenou s vysokým odporem tření a prouděním a dalšími okolnostmi, které fyziologicky ovlivňují vnitřní stav organismu. Pohyb ve vodě se od pohybů ve většině ostatních sportů velmi liší, jelikož voda je prostředí, kterému se musíme umět přizpůsobit. Pohyb ve vodě vyžaduje určitou úroveň základních plaveckých dovedností.

Podle Čechovské, Novotné, Milerové (2003), je plavání bráno ve své podstatě, jako plavecká lokomoce představuje pohyb z místa A na místo B, překonáváním vzdálenosti pomocí záběrových pohybů, některou z plaveckých technik.

#### **2.1.1 Biomechanické zákonitosti vodního prostředí**

Jak píše Havlíčková (1993) organismus je ve vodě vystaven jak působení hydrostatického tlaku, tak i vztlaku vody a zvýšené tepelné vodivosti prostředí. S rychlostí plavání se zvyšuje i odpor vody. Odpor vodního prostředí stoupá exponenciálně s rychlostí plavání a vliv na něj má i profil těla.

Podle Čechovské, Novotné, Milerové (2003), si důsledky hydrostatického tlaku, který je vyšší než atmosférický a stoupá s hloubkou, plavec nemusí téměř uvědomit. Je to tím, že se pohybuje ve vodorovné poloze u hladiny a na obtížnější plavecké dýchání si přivykl. Hydrostatický tlak lze nejvíce rozpoznat na stlačitelných částech těla. Zmenšuje objem hrudníku, břicha, ovlivňuje odtok žilní krve směrem k srdci. Změny se projevují jak na činnosti srdce, tak i na dýchání. Tlak vody nás nutí usilovněji provádět vdech a výdech do vody.

Toto tvrzení potvrzuje také Havlíčková (1993), která poukazuje na to, že působení hydrostatického tlaku vody na tělo mění jak mechaniku dýchání, dechové objemy, tak i frekvenci dýchání. Vitální kapacita se redukuje o 10%. Příčinou je zvýšený odpor dýchacích svalů a zadržetí krve v hrudníku. Dochází ke snížení expiračního rezervního objemu, dechový objem se více posunuje do oblasti inspiračního rezervního objemu. Dechová frekvence je závislá na

frekvenci pohybů a na technice dýchání. Zatímco při jiných cyklických činnostech se ventilace může zvětšovat zrychlováním dechové frekvence, při plavání musí dojít k prohloubení dýchání, ke zvýšení dechového objemu, a tím i k rozvoji dýchacích funkcí.

Další silou působící na naše tělo, přesněji na geometrický střed našeho těla ve vodě, je hydrostatický vztlak, který působí proti gravitační síle, která má svůj bod působení v těžišti, a snižuje tak její účinky. Vzájemné působení těchto sil má vliv na to, jestli se vznášíme vodorovně u hladiny, nebo nám postupně klesají nohy ke dnu (Čechovská, Novotná, Milerová, 2003).

Voda je 25x lepší vodič tepla než vzduch. Proto jsou ztráty tepla při pobytu ve vodním prostředí závislé na teplotě vody. Důležitou roli hraje i tvorba tepla, daná intenzitou pohybové činnosti. Samotný pobyt ve vodě, kdy dochází k značnému odvodu tepla, zvyšuje energetický výdej o 35%, a proto i koupání bez vydatnějšího pohybu vyvolává zvýšenou přeměnu látek. Pro začátečníky se doporučuje teplota vody 30°C, pro rekreační plavce 28 - 30°C, zatímco pro trénink závodních plavců postačuje teplota 25 - 27°C (Havlíčková, 1993).

### **2.1.2 Plavecké způsoby**

Popisem plaveckých způsobů se zabývá Hofer a kol. (2006) ve své knize *Technika plaveckých způsobů*, rozeznává čtyři plavecké způsoby. Plavání je charakteristické cyklickým pohybem, který se dále dělí na pohyby symetrické a asymetrické. Do symetrických plaveckých způsobů, kde se zároveň zaměstnávají obě končetiny, patří prsa a motýlek. Do asymetrických plaveckých způsobů, kde se při záběrech končetiny střídají, řadíme kraul a znak.

Havlíčková (1993) dále uvádí, že v plaveckých způsobech můžeme rozlišovat dva různé pohyby, které jsou vedené po směru, nebo proti směru plavání. Kladné pohyby, které nás posouvají vpřed, jsou pohyby vedené proti směru plavání. Využívají reaktivních změn odporu a ženou plavce vpřed. Negativní pohyby jsou brzdivé pohyby prováděné ve směru plavání a jsou vedené vodou. Pokud nejsou vedeny vodou, ale vzduchem, tak jsou považovány za pohyby pomocné. Z tohoto hlediska plavecký způsob, který má nejvíce negativních brzdivých pohybů, jsou prsa. Naopak nejlepší předpoklady pro nejméně energeticky náročnou techniku s minimálními brzdivými odpory má plavecký způsob kraul. Plavání kraulem

účelně využívá střídání záběrových pohybů končetiny ve vodě. Zatímco jedna paže provádí záběr vodou směrem nazad, druhá paže se přenáší uvolněně nad hladinou vpřed. Vodorovná poloha klade vodě při pohybu vpřed minimální odpor.

Z hlediska energetického krytí mezi čtyřmi plaveckými způsoby jsou podle Čechovské, Milera (2001) podstatné rozdíly. U vrcholových plavců uvádí literatura toto pořadí, při dodržení stejné vzdálenosti a stejné rychlosti plavání (od nejvyšší energetické náročnosti): 1. prsa, 2. znak, 3. motýl, 4. kraul. Faktorů ovlivňujících energetický výdej je ale několik. Záleží na plaveckém způsobu, intenzitě plavání, na zvládnuté úrovni techniky, na tělesných předpokladech a trénovanosti plavce.

Všechny testované osoby, které jsem využil v mé práci, jsou velice dobře adaptované na tento pohyb a domnívám se, že tito plavci jsou schopni dosáhnout vyšších hodnot SF při kraulu, než kdybychom plavali jiným plaveckým způsobem.

### **2.1.2.1 Plavecký způsob – kraul**

Plavecký způsob kraul je ze všech čtyř plaveckých způsobů nejméně energeticky náročný a také nejrychlejší. Výkony plavců na vrcholných soutěžích, kteří plavou tímto plaveckým způsobem, nám ukazují, že se jedná v současné době o nejefektivnější plaveckou techniku. Z toho důvodu je také využívána v mnoha dalších sportech, ve kterých je plavání součástí, jako je např. triatlon nebo moderní pětiboj.

Jak uvádí Čechovská, Miler (2001) vývoj techniky byl podmíněn tím, že se uplatňuje v disciplíně volný způsob, a tak plavci i trenéři zkoušeli najít a stále hledají optimální techniku ve vztahu k délce tratě. V technice kraulu se nejvíce využívá hnací síla horních končetin, záběry dolních končetin plní převážnou většinou funkci stabilizační a vyrovnávací. Z praxe by se dalo říci, že každý plavec používá tolik kopů nohama, kolik mu vyhovuje při jednom záběrovém cyklu horními končetinami. Nejčastěji však používají tzv. šestiúderový kraul, což znamená, že připadá šest kopů nohama na jeden záběrový cyklus horními končetinami. Počet je ale závislý na intenzitě plavání.

## **Poloha těla**

Tělo na hladině zaujímá mírně šikmou polohu, při které se nacházejí ramena o něco výše než boky. Nejnižší je spodní část hrudníku. Při výdechu je hlava plavce v prodloužení těla. Plavec kouká pod hladinu vpřed dolů, a tudíž rozráží vodní hladinu svým temenem. Úhel náběhu postavení celého těla mezi hladinou a jeho podélnou osou se mění v závislosti na rychlosti plavání. Při pomalém plavání se pohybuje tento úhel v rozmezí 5 – 10°. S rychlostí se úhel zmenšuje, někdy až na 0°. Při velkých rychlostech vystupují záda a část hýždí nad hladinu, neboť tyto oblasti se nacházejí v souběhu dvou vln, z nichž první vzniká před hlavou a druhá v blízkosti pánve. V průběhu jednotlivých záběrů se horní část trupu vychyluje kolem podélné osy těla. Maximální vychýlení zapadá do první části záběrové fáze, přičemž ramenní osa svírá s hladinou úhel 40 - 50°. Na vdechové straně je rozkvy vždy o něco větší. Přiměřený rozkvy vytváří dobré podmínky pro přenos druhé paže i vdech, neboť hlava se může natočit do strany částečně ve spojení s trupem plavce (Hofer, 2006).

## **Pohyby horních končetin**

Podle Jursíka (1990) v plaveckém způsobu *kraul* se střídají pohyby pravou a levou paží. Paže vytvářejí základní a rozhodující hnací sílu.

V průběhu jednoho plaveckého cyklu horních končetin provede plavec za sebou následující cyklus jednou (levou) a následně druhou (pravou) končetinou. Doba trvání tohoto cyklu je závislá na délce tratě a individuálním stylu plavce. Čím kratší trať, tím intenzivnější plavání, tudíž rychlé opakování těchto cyklů. Je tedy možné říci, že se doba cyklu s délkou závodní tratě prodlužuje (Hofer, 2006).

Pro záběrové pohyby paží vyplývají tyto zákonitosti (Jursík, 1990):

- Záběr – jeho délka je závislá na délce paže, která je podmíněna výškou těla.
- Vysokou frekvencí pohybů se zkracují méně efektivní fáze. Zvyšování rychlosti ovlivňuje i hlavní záběrovou fázi, a může tak docházet ke zkracování záběru.

Kraulový záběr má několik fází, a svým průběhem připomíná esovitou křivku: přípravnou, přechodnou, záběrovou, (která má v sobě část přitahování a odtlačování), vytažení a přenosu. V přípravné fázi se zasouvá ruka do vody v šíři

ramen v pořadí prsty, předloktí, loket a postupně se natahuje vpřed. Následuje fáze přechodová, kde se ruka dostává z polohy brzdící do polohy záběrové a nastává tzv. „vyhmátnutí vody“. Nejnáročnější je fáze záběrová, jelikož hlavně při ní jsou využívány propulzní síly, které nás pohánějí kupředu. V záběrové fázi v první části tzv. přitahování se paže začíná ohýbat v loketním kloubu společně s vnitřní rotací ramenního kloubu a s elevací lopatky. V druhé části záběru tzv. odtlačování se paže začíná znovu natahovat a následkem toho se pohybuje ruka pod břicho a odtud vně od podélné osy nazad. Na ukončení záběru navazuje fáze vytažení, při které se paže pohybuje vpřed a nahoru a vznikají brzdící síly. Fáze přenosu slouží k relaxaci svalových skupin a k vytvoření optimálních podmínek pro další záběrový cyklus (Hofer, 2006).

### **Pohyby dolních končetin**

Jursík (1990) uvádí, že pohyb je střídavý, rytmický. Pohyby nohou v plavecké technice *kraul* nejsou natolik důležité k celkové rychlosti plavání v porovnání k ostatním plaveckým způsobům, nýbrž k nastavení optimální polohy těla při plavání. Napříč tomu však jejich vysoká frekvence umožňuje nejrovnoměrnější pohyb těla a poměrně malá amplituda pohybu spolu s polohou těla vytváří dobré podmínky pro obtékání vody.

Pohyby dolních končetin vycházejí z kyčelních kloubů, a odtud se postupně přenášejí až do kloubu hlezenního. Proto jsou pohyby bérců vždy poněkud opožděny za pohyby stehen. V podstatě se jedná o analogii vlnovitých pohybů ryb (Hofer, 2006).

Od Čechovské, Milera (2001) můžeme dodat, že pohyb dolních končetin je jako střídavé kmitání v rozsahu maximálně 50 cm, kdy špičky nohou jsou natažené a směřují k sobě.

Jak již bylo řečeno, hlavní funkcí dolních končetin je vyrovnávání a stabilizace polohy těla při plavání. Pohyby nohou jsou velmi málo efektivní, než aby nám udávaly výslednou rychlost plavání. Tím, jak usilovně používáme dolní končetiny u kraulu, tak zvyšujeme polohu těla do vodorovné úrovně, a tím nám nepadají nohy ke dnu. Výsledkem je vytvoření lepších podmínek pro záběry horních končetin, které nás ženou vpřed.

## **Dýchání**

Plavecké dýchání velmi těsně souvisí s pohyby paží. Plavec se začíná nadechovat v době, kdy souhlasná paže, tj. paže na straně vdechu, již záběr ukončila a vynořuje se z vody. Druhá paže v tomto časovém úseku vykonává přípravnou, event. přechodnou fázi, a tudíž ještě nezabírá. Krátký, ale vydatný vdech ústy se provede těsně u hladiny při mírném otočení hlavy k souhlasné paži. Bylo zjištěno, že největší sílu může plavec vyvinout při zatajeném dechu, menší při výdechu a nejmenší při vdechu. Proto je z hlediska vynaložení síly výhodné nadechovat se v době záběrové přestávky. Výdech však zpravidla zapadá do záběru jedné z paží, a tím je záběr poněkud oslaben (Hofer, 2006).

## **Souhra**

Pro všechny plavecké způsoby vyplývají pro souhru tyto úkoly: vytvoření rovnoměrného pohybu, maximální hnací síly, nejvhodnějšího hydrodynamického tvaru těla. V technice plaveckého způsobu *kraul* se vyrovnanost pohybů dosahuje střídavými záběry pažemi a nohama, čím se zvyšuje i průměrná rychlost plavání, to vyžaduje vysokou sladěnost pohybů. Nejracionálnější souhra paží a nohou je v koordinaci šestiúderového rytmu, kdy kopy nohou udržují a vyrovnávají polohu těla při plavání a kompenzují výkyvy těla do stran při záběrech horními končetinami a nádechu. Kraul je považován za nejrovnoměrnější plavecký způsob plavání (Jursík, 1990).

## **2.2 Srdeční frekvence**

Srdeční frekvence patří do kardiorepiračního systému, kde nám pomáhá určit transportní funkci a rozvod krve k orgánům, která obsahuje živiny a kyslík.

Jak uvádí Havlíčková (2008) změny v oběhovém systému můžeme rozdělit na reaktivní a adaptační. Reaktivní změny jsou spojeny s bezprostřední reakcí na pohybové zatížení a podle své lokalizace mají v systému složku centrální (srdce) a periferní (cévy, tepny, vlasečnice, žíly). Adaptační jsou výsledkem dlouhodobého a opakujícího se tréninku. Mezi hlavní ukazatele činnosti srdce patří srdeční frekvence (SF), systolický objem srdeční (Qs) a minutový objem srdeční (Q), které jsou ve vzájemném vztahu:  $Q = SF \cdot Qs$



Srdeční frekvence (SF), pokud je hodnocena na perifériích např. zápěstí, třísla apod. tak se nazývá tepová frekvence (TF) je většinou neměnná, pokud nedojde k nějakému výkonu. Dynamika změn může být pozorována před, během a po výkonu. Z tohoto hlediska hodnotíme tři fáze: úvodní, průvodní a následnou. Fáze úvodní představuje zvýšení srdeční frekvence před výkonem vlivem podmíněných reflexů a emocí. Tyto změny spolu s dalšími vyvolávají komplex změn označovaných jako startovní a předstartovní stavy. Zvýšenou aktivitu primárního centra v sinusovém uzlíku vyvolávají impulsy z kůry mozkové, podkorových oblastí a sympatiko-tonické dráždění. U osob netrénovaných převládají spíše emoce, u osob trénovaných více podmíněné reflexy, spojené se svalovou činností, vznikající na podkladě předchozí zkušenosti. Při závodech si však emotivní složku u sportovců nelze odmyslet. Mezi před výkonovou srdeční frekvencí a očekávaným výkonem existují určité vztahy. Fáze průvodní je pokračováním změn již při vlastním výkonu. Srdeční frekvence zprvu stoupá rychle (část iniciální), později se zpomaluje, až se ustálí na hodnotách, odpovídajících podávanému výkonu (část homeostatická). Hovoříme o setrvalém stavu, *steady-state*. V této fázi změn se uplatňují jak podmíněné reflexy, které mají vztah ke svalové činnosti, tak i reflexy nepodmíněné, vycházející ze svalových proprioreceptorů, z volných nervových zakončení v extracelulární tekutině (ECT) a z cévních baroreceptorů. Na změnách se však podílejí i další faktory, jako je tělesná teplota, hormonální a látkové změny v krvi apod. Fáze následná představuje návrat srdeční frekvence k výchozím hodnotám. Křivka návratu je nejdříve strmá, později pozvolnější. Rychlost návratu záleží na převaze jedné či druhé části vegetativního systému. U vagotoniků je návrat ke klidovým hodnotám rychlejší. V této fázi se uplatňují nepodmíněné reflexy stejně jako různé vlivy látkové, vycházející ze svalů a signalizující potřebu rychlého odplavení katabolitů a doplnění energetických zásob (Havlíčková, 2008 str. 19 – 20).

### **2.2.1 Řízení srdeční činnosti**

Podle aktivity a s tím souvisejícími metabolickými nároky se zvyšuje velikost srdečního výdeje. Srdeční výdej je určen dvěma faktory: systolickým objemem a tepovou frekvencí. Z toho vyplývá, že řízení srdeční činnosti musí být zaměřeno jednak na změnu síly srdeční kontrakce, tak na frekvenci srdečních stahů. Srdeční frekvence je řízena nervově a humorálně. Nervové řízení zajišťuje sympatikus a

parasympatikus. Sympatikus zvyšuje tepovou frekvenci a podporuje stažlivost za pomoci svého mediátoru adrenalinu. Sympatické vlivy, které mají vztah k srdečnímu rytmu a vazomotorickému tonu pocházejí ze sítě neuronů, které jsou uloženy v prodloužené míše. Opakem sympatiku je parasympatikus, který naopak tlumí činnost srdce (tepovou frekvenci). V klidovém stavu je na chronotropních změnách vyšší podíl parasympatiku, který ovlivňuje rychlé výchylky tepové frekvence v rozsahu 20 až 30 tepů/min. Mediátorem parasympatiku je acetylcholin a jeho vylučování u sinoatriálního uzlu přímo ovlivňuje srdeční automacii. Parasympatické vlivy jsou řízeny zejména z jader v prodloužené míše. Humorální řízení zajišťuje adrenalin, noradrenalin i glukagon, které mají jak pozitivně chronotropní (tlumící), tak pozitivně inotropní (povzbuzující) efekt. Dále ovlivňuje sílu kontrakce a tepovou frekvenci koncentrace iontů draslíku a vápníku v tělních tekutinách. Např. při vysoké koncentraci draslíku je srdce utlumené a vykazuje nízkou tepovou frekvenci a při překročení 12 mmol/l se dostavuje srdeční slabost a může dojít k poruchám rytmu až smrtelným. Naopak při nadbytku Vápníku může zase dojít ke spasmu srdečního svalu, jelikož ionty vápníku aktivují kontraktální aparát. Tudíž při nedostatku iontů vápníku to může mít podobný efekt jako při nadbytku draslíku (Rokyta, 2000).

### **2.2.2 Adaptační změny SF**

Adaptace se obvykle definuje jako výhodné změny organismu, směřující k udržení homeostázy v nových podmínkách (Jánský, 1979). V podstatě jde o změny, které pomáhají k lepšímu zvládnutí stresu, pokud znovu nastane.

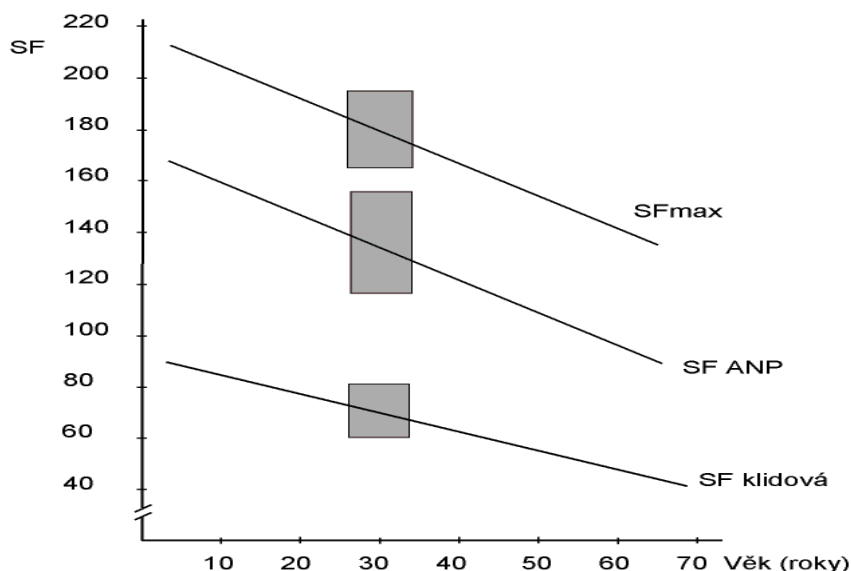
Ve sportu je adaptace základem vyšší úrovně trénovanosti (trénovanost jako soubor adaptačních změn). Lidský organismus se adaptuje na větší narušení homeostázy, a je tedy schopen vyššího výkonu (Dovalil, 2009).

U srdeční frekvence, jak uvádí Havlíčková (2008), rozlišujeme změny strukturální a funkční. Strukturální změny se týkají jak srdce, tak i cév. Důsledkem tréninku se srdce sportovce zvětšuje, tzv. hypertrofuje. Nejvíce se to projevuje na srdečních komorách, které se rozšiřují, a to hlavně komora levá, která vykonává největší práci. To samé platí i o krevním řečišti, kde se zvyšuje množství kapilár a zlepšuje se prokrvení svalové tkáně. Tyto změny jsou ale vratné (reverzibilní), a proto se časem bez tréninku vrací do původních hodnot.

Funkční změny se týkají především ukazatelů srdeční činnosti. Srdeční frekvence je jedním z nejvýraznějších ukazatelů. Při standardním zatížení má trénovaný jedinec hodnoty nižší než netrénovaný, zatímco při maximálním zatížení nejsou výsledky jednoznačné. Většinou se ukazuje, že srdeční frekvence je hodnotou individuální, která více než tréninkem, je ovlivněna věkem. Rozdíly jsou také mezi ženami a muži, kde u žen byly naměřeny vyšší hodnoty SF než u mužů.

Podle Bunce (1990), když byla provedena měření VO<sub>2</sub> max a TF na čtyřech skupinách probandů, kdy první skupina byla učni, druhá studenti, třetí muži 20 - 40 let a čtvrtá muži 40 – 60 let, tak se ukázalo (a tyto hodnoty mu vyšly podobné jako Salingerovi v roce 1977), že maximální funkční parametry vykazují sestupný trend vzhledem k vzrůstajícímu věku.

Obrázek č. 1 – Závislost hodnot SF na věku (Hnízdil, 2001)



Ponoření obličeje vyvolává reflexní odpověď ve smyslu bradykardie, tzv. diving reflex. Při ponoření do vody ve vodorovné splývavé poloze dochází k usnadnění krevního žilního návratu zpět do srdce. Dochází k nárůstu krve v plicním řečišti, které souží jako krevní zásobárna. Zvětšenou diastolickou náplní se zvětšuje systolický (tepový) objem. Pohyb ve vodě tedy zlepšuje cirkulaci krve a umožňuje ekonomizovat hemodynamiku (Havlíčková, 1993).

Jak uvádí Čechovská, Novotná, Milerová (2003), tak ponořovací reflex (diving reflex) je spojený s poklesem srdeční frekvence o 10 – 25 %. Při potopení celého těla a zadržení dechu dochází k dalšímu poklesu SF. Dále tuto srdeční

činnost může ovlivňovat také teplota vody a účinnost hydrostatického tlaku při ponoření do větších hloubek. Závodní plavci, kteří během své mnohaleté závodní kariéry dosáhli důkladné adaptace na vodní prostředí a „dokonalé“ plavecké techniky, nevykazují tak výrazné rozdíly v srdeční frekvenci v pohybové činnosti na suchu a ve vodě. U běžné populace je tedy SF snížena zhruba o 7 – 13 tepů, průměrně 10 tepů za minutu, a to v důsledku:

- vyšší tepelné vodivosti prostředí, která vede k určitému zpomalení metabolismu;
- působením vztlaku vody. Zatížením se při pohybu ve vodě ve srovnání s pohybem o stejné intenzitě na suchu snižuje;
- vodorovné polohy těla při plavání na základě usnadněného žilního návratu krve umožňuje tato poloha efektivnější srdeční práci;
- vyššího zatížení horních končetin než je obvyklé při lokomoci na suchu.

Při stejné spotřebě kyslíku je při plavání dosahováno nižších submaximálních hodnot srdeční frekvence (SF) než při cyklistice nebo při běhu. Při maximální intenzitě plavání byla nalezena nižší maximální SF, a to nejen u vrcholových plavců, ale i plavců rekreačních. Nižší dosahované hodnoty SF vedou při predikcích plaveckého energetického výdeje podle ergometrického měření (při neadekvátním vztahu SF a VO<sub>2</sub> max) ke zkreslení výsledků. Někteří autoři doporučují pro stanovení požadavků na kyslíkový transportní systém použít změn po zátěžových hodnot SF, jako vhodnějšího vyjádření relativní fyziologické námahy. Pro sledování oběhové odpovědi na zatížení je v praxi používána nejčastěji SF (Havlíčková, 1993).

#### **2.2.4 Klidová SF**

Hodnoty klidové SF poukazují na stupeň aktivace sympatiku. Podle Juliuse a Nesbitta (1996, in Houdová, 2011), se zvýšená aktivace sympatiku podílí na vzniku hypertenze a nárůstu rizika srdečního selhání.

Také však může poukazovat na přetrérování, kdy se organismus snaží vyrovnat neustálému útlumu, ve kterém se nachází a zlepšit tak svůj stav (Hnízdil, 2011 in Houdová, 2011).

Průměrné hodnoty SF jsou u mužů mezi 61 – 72 tepy/min (Neuman, 2007 in Houdová, 2011).

Hnízdil (2011, in Houdová, 2011) uvádí, že u vrcholových sportovců byly detekovány hodnoty klidové SF kolem 30 – 35 tepy/min. Byl to projev vagotonie, tedy působení parasympatické části autonomního nervového systému.

### **2.2.5 Maximální SF (TF) a její výpočty**

Srdeční frekvence nám udává počet tepů (srdečních stahů) za jednu minutu, které jsou v podobě tepové vlny převedeny do periferií jako tepová frekvence. Díky ní můžeme poměrně přesně sledovat zatížení organismu během pohybové aktivity (Havlíčková, 1993).

#### **Oběhová odpověď na zátěž**

V průběhu námahy se objevuje řada oběhových změn, které směřují ke zvýšení minutového srdečního objemu. Ke zvýšení minutového objemu dochází zvýšením tepového objemu a srdeční frekvence (SF). Tepový objem se zvyšuje, protože se zvyšuje stažlivost srdečního svalu. Příčinou je aktivace sympatiku. Diastolický objem se během zátěže podstatně nemění nebo mírně narůstá. Endsystolický objem je však menší než v klidu. Tepový objem se zvyšuje asi do úrovně 40 -50 % maximální spotřeby kyslíku. Dále se již nezvyšuje a zvýšení minutového objemu je dáno zvýšenou srdeční frekvencí. Ta se zvyšuje již od začátku tělesné zátěže útlumem parasympatiku a aktivací sympatiku. U zdravých a trénovaných osob je vzestup pozvolnější než u osob netrénovaných nebo jedinců se srdečním onemocněním. U nich se méně uplatňuje zvýšení tepového objemu (Brown a Stubbs, 1983, in Chaloupka, Elbl, 2003).

Vzestup SF je zhruba úměrný vzestupu spotřeby kyslíku, a proto můžeme ze SF usuzovat na stupeň zatížení. Maximální spotřebě kyslíku při maximálním výkonu zhruba odpovídá tzv. maximální srdeční frekvence, kterou orientačně vypočítáme podle (Chaloupka, Elbl, 2003) jako

$$220 - \text{věk}$$

Při maximálním zátěžovém testu se zvyšuje intenzita zátěže až do dosažení maximální srdeční frekvence pro daný věk. Pro výpočet maximální SF se

nejčastěji používá výše zmíněný vzorec, ale i další modifikace. Tento vzorec podle některých autorů podhodnocuje hodnotu maximální srdeční frekvence u starších. Tanaka a kol. (2001, in Chaloupka, Elbl, 2003) doporučují vzorec

$$208 - 0,7 \times \text{věk}$$

Je třeba si ale uvědomit, že max SF je ovlivněna řadou faktorů a výpočet má význam pouze orientační (Chaloupka, Elbl, 2003).

Jak píše Sekera (2010) výše maximální tepové frekvence není žádným ukazatelem výkonnosti člověka, jelikož je u netrénovaného člověka téměř stejná jako u trénovaného. Tréninkem je velmi málo ovlivnitelná a u výkonnostního sportovce kolísá v návaznosti na to, v jaké části tréninkového ročního cyklu se zrovna nachází. Maxima dosahuje ve vrcholové části sezóny. Velký vliv na max TF má únava. Druhý den po těžkém anaerobním tréninku může být nižší až o 20 tepů/min. Při plánování testování je tedy dobré brát v úvahu, aby sportovec nebyl zrovna po náročném tréninku. Max SF se pohybuje mezi 180 až 210 tepy/min. Záleží na typologii jedince, resp. na vlivu jeho sympatické či parasympatické soustavy. Jedinci s převahou parasympatické soustavy mají max SF nižší, kolem 180 až 190 tepů, kdežto jedinci s převahou sympatiku mají maximum kolem 200 až 210 tepů.

### **Výpočty**

Její přibližnou hodnotu lze získat pomocí Karvonenova vztahu:

$$TF_{\max} = 220 - \text{věk}$$

(Astrand a Rodahl, 1986 in Hendl, Dobrý a kol., 2011). Vzorec je ovšem velmi obecný ve snaze o jeho modifikaci pro různé jiné typy pohybových aktivit a hlavně pro plavání, byla sestavena podle (Bunc in Hendl, Dobrý, 2011) rovnice:

$$TF_{\max} = 200 - 0,93 \times \text{věk}.$$

V souvislosti s diving reflexem můžeme podle Čechovské, Novotné, Milerové (2003), ze vzorce  $220 - \text{věk}$  vytvořit vzorec, který počítá s průměrným poklesem srdeční činnosti o 10 tepů za minutu. Pro neadaptované jedince pohybující se ve vodním prostředí může platit:

$$\text{Max SF} = (220 - \text{věk}) - 10$$

Tanaka (2001) uvádí svůj optimální vzorec:

$$208 - 0,7 \times \text{věk}$$

pro výpočet SF max na suchu, a tudíž v něm není počítáno s poklesem SF v souvislosti s vodním prostředím.

Další vzorec pro výpočet max SF by mohl být od Bunce, který ho stanovil pro plavání takto (Novotná, 2006):

$$205 - \text{věk}$$

Výzkumníci z USA Jackson a kol. (2007) uvádí vzorec

$$206.9 - (0.67 \times \text{age})$$

Tento podle nich nejpřesněji odráží vztah mezi SF max a věkem.

Každý z těchto vzorců je úplně jiný a jimi vypočítaná max SF se pohybuje s odchylkou 10 tepů.

Žádným vzorcem není možné SF max vypočítat zcela přesně. U každého jedince při predikci této veličiny hraje roli spousta faktorů, které ovlivňují SF max. Může to být věk, pohlaví, tělesná kondice, aktuální psychický stav, prostředí, ve kterém je testování prováděno a mnoho dalších. Proto jsou všechny vzorce a výpočty pouze orientační (Bunc, 1990).

### **2.3 Krevní tlak**

Systémový krevní tlak je laterálním tlakem krevního sloupce na tepennou stěnu. Jde o kontinuální biologickou veličinu, která trvale kolísá. Nejvyšší hodnoty krevního tlaku máme po ránu mezi 6:00 – 10:00 hod a odpoledne mezi 16:00 – 18:00 hod. Naopak nejnižší hodnoty jsou brzy ráno okolo 3:00 hod. Individuální výkyvy a špičky krevního tlaku vznikají hlavně při zátěžích, a to nejvíce u izometrických. Krevní tlak měříme většinou u pohodlně sedícího pacienta v klidném prostředí po 10 -15 minutovém uklidnění. Krevní tlak má dvě hodnoty a to systolickou a diastolickou, které se udávají v torrech. Podle dělení hypertenze z roku 1993 můžeme považovat normální tlak do hodnot 130/85 torrů. Hypertenzi udává nad 140/90 torrů, která má čtyři další stupně (Štejfa, 1995).

## 2.4 Laktát

Laktát vzniká při štěpení glykogenu hlavně svalového a jaterního nebo glukózy, která je transportována krví. Jedná se o anaerobní způsob energetického krytí, kde při získávání energie z této reakce anaerobní glykolýzy vzniká jako konečný produkt kyselina mléčná (odtud zavedené označení LA – z anglického lactic acid, zkráceně laktát, tj. sůl kyseliny mléčné). Systém je tak nastaven, že přebírá úlohu hlavního energetického krytí při činnosti konané téměř maximální (submasimální) intenzitou, a to po tak dlouhou dobu, na kterou již nestačí s energetickou úhradou ATP-CP systém. Laktát se tvoří v činných svalech, a posléze se dostává do krve. Jeho využití a odbourání probíhá pomalu a je závislé na trénovanosti každého člověka. Laktát se tedy akumuluje a způsobuje okyselení (acidózu) vnitřního prostředí. To má negativní důsledky v enzymové regulaci látkové přeměny ve svalech, při ventilační kompenzaci acidózy, při řízení pohybu, na psychice i při doplňování energetických zdrojů (Dovalil a kol., 2009).

Laktát vytvořený ve svalech se s určitým zpožděním rozptýlí po celém těle. Díky speciálnímu transportnímu mechanismu laktát proniká vně přes membrány svalových buněk. Laktát měřený v krevním řečišti tedy již opustil svalové buňky a mezibuněčný prostor. Koncentrace laktátu v pracujícím svalu je vždy vyšší než koncentrace naměřená v krvi, pracující sval je proto „kyselejší“, než by se dalo soudit podle koncentrace laktátu v krvi. Laktát ovšem není jenom „rušivým elementem“ metabolismu, ale má i energetickou hodnotu. K orgánům, které odbourávají laktát, patří játra (50 %), nezatěžované svalstvo (30 %), a dále i srdce a ledviny (po 10 %), ( Neumann, Pfützner, Hottenrott, 2005).

Také Maud a Foster (2006) se shodují na tvrzení, že krevní koncentrace laktátu je vždy nižší než koncentrace laktátu přímo ve svalech. Je to zapříčiněné tím, že laktát vzniká přímo ve svalech ze svalového glykogenu, a tudíž je tam jeho koncentrace nejvyšší. Uvolňování laktátu ze svalů do krve je postupný jev. Tím, že se laktát dostává do krve, tak se i ředí, a proto je v krvi jeho hladina nižší než ve svalu.

Laktát má veliký diagnostický význam. V těle máme neustálou minimální tvorbu laktátu. Tato minimální hodnota se pohybuje v průměru někde kolem 0,8 mmol/l (0,5 -1,5 mmol/l), je to tzv. klidový laktát. Tvorba laktátu ve svalech



znamená, že aerobní získávání energie je přetíženo. V tomto pásmu nastupuje anaerobní metabolismus. Nejvyšší hodnoty laktátu jsou při anaerobním metabolismu prostřednictvím glykolýzy mezi 15. – 60. sekundou intenzivního zatížení. Činnost trvající déle je už více aerobní a činnost kratší je buďto alaktátová nebo zajišťována systémem ATP-CP (Neumann, Pfützner, Hottenrott, 2005).

Podle Silbernagla (2004) výkony, při kterých se hladina laktátu může pohybovat na hranici okolo 2 mmol/l jsou na tzv. aerobním prahu, kde při takovéto intenzitě je pohybová činnost dlouhodobě udržitelná a laktát je dlouho tolerován. Překročením 4 mmol/l laktátu se dostáváme přes hranici tzv. anaerobního prahu, a to je známkou toho, že brzy bude dosaženo výkonnostní hranice.

Jak Dovalil a kol. (2009) udávají, laktát se v submaximálním až maximálním zatížení může dostat i na hodnoty převyšující 10 mmol/l a v extrémních případech mohou dosáhnout až hodnot 15 - 20 mmol/l. V takových případech dochází k vysokému zakyselení organismu (acidóza) a pohybová činnost může být nuceně přerušena. Taková činnost není dlouhodobě udržitelná, a tak ji lze provádět jen kolem 1 - 2 min.

Zatímco se u krátkodobých výkonů laktát hromadí, u delších vytrvalostních výkonů je tomu jinak. V tomto případě je tvorba a odbourávání laktátu v rovnováze, hovoříme o „steady state“ stavu. Z diagnostického hlediska je důležitá hladina laktátu právě i při tomto stavu. Sportovní výkonnost ovlivňuje rychlost odbourávání laktátu, takže trénovaný sportovec odbourává při odpočinku 0,5 mmol/l za jednu 1 minutu, zatímco netrénovaná osoba jen 0,3 mmol/l laktátu. Méně trénovaný sportovec potřebuje pro odbourání delší dobu (Neumann, Pfützner, Hottenrott, 2005).

## **2.5 Únava**

Únava je stav organismu po intenzivním nebo extenzivním motorickém a psychickém zatížení. Po absolvování vysokého zatížení přechodně klesají funkční schopnosti organismu (Neumann, Pfützner, Hottenrott, 2005).

Můžeme ji rozdělit na únavu periferní a centrální. K periferní únavě dochází především vyčerpáním energetických zásob a nahromaděním metabolitů látkové

přeměny v činných svalech. O centrální únavě můžeme hovořit tehdy, když bolesti ve svalech a kloubech omezují v pokračování výkonu, a snižují tak motivaci k samotnému pohybu (Silbernagl, 2004).

Projev únavy může být pokles síly, rychlosti, vytrvalosti i pohybové koordinace. To vše může být spojené s pocitem námahy, bolesti, zhoršením motoriky, svalovou ztuhlostí apod. Všechny tyto projevy jsou předpoklady pro adaptaci (Neumann, Pfützner, Hottenrott, 2005).

Únavu posuzujeme podle reakce organismu a jejich zotavných procesů směřujících k obnově rovnovážného stavu. Ukazateli jsou v biochemii např. zvýšená hladina močoviny nebo kreatinynázy v krvi, snížený poměr testosteronu/kortizolu, glutaminu/glutamatu nebo zvýšený hydroxyprolin v moči apod. (Dovalil a kol., 2009).

## **2.6 Zátěžová diagnostika**

Ideální zátěžový test by měl splňovat řadu podmínek (Bunc, 1990):

1. musí být jednoduchý a snadno proveditelný,
2. podle účelu použití by měl být:
  - a) obecný – měl by zachytit obecnou trénovanost a nikoliv schopnost k určitému jednostrannému typu tělesného výkonu,
  - b) specifický – měl by zachytit speciální trénovanost, jako schopnost k určitému, jednostrannému, speciálnímu typu tělesného výkonu,
3. měl by být bezpečný – intenzita zatížení a provedení testu nesmí znamenat riziko pro vyšetřovaného,
4. měl by být validní – měl by vypovídat o hlavních složkách tělesné výkonnosti,
5. měl by být objektivní – co nejméně ovlivnitelný vyšetřovanou osobou,
6. měl by být reprodukovatelný – relativně nezávislý na podmínkách provedení.

Zátěžový test plně odpovídající všem výše uvedeným podmínkám zatím neexistuje. Stávající testy jsou určitým kompromisem mezi všemi výše uvedenými podmínkami (Bunc, 1990).

Pokud bychom měli dále dělit zátěžové testy, mohli bychom je rozdělit do testů statických a dynamických. Pro naše účely se statické testy nehodí, a tak se budeme více zajímat o testy dynamické. Jak píše Astrand (1977) dynamické testy jsou nejlepším měřítkem, když chceme podat maximální výkon a zachovat pohybový stereotyp, který je nejvíce podobný nebo stejný jako pohyb vlastního tělesného výkonu.

Podle Bunce (1990) je možné dynamické testy dělit dále podle dalších kritérií, např. podle způsobu zatížení, stupně zatížení, provedení testů (laboratorní nebo terénní měření), sledovaných parametrů apod. Pokud se chystáme měřit tělesný výkon, který je cyklického charakteru, tak je nejpříjemnější metoda podle stupně zatížení, tj. podle velikosti zatížení, kterým se chystáme daný subjekt zatížit. Tyto testy můžeme dělit na maximální (které jsou pro nás nejdůležitější), a submaximální.

Maximální zátěžové testy jsou typy testu, kde zatěžujeme organismus buď zatížením konstantní intenzity, která musí být tak vysoká, aby vedla k rychlé únavě, nebo stupňovaným zatížením, kdy k dosažení maximálního zatížení dochází postupně (Astrand, 1977).

Podle Bunce (1990) jsou tyto dynamické zátěžové testy přímým stanovením maximální výkonnosti organismu. Zátěžové testy dále můžeme dělit podle místa, kde se měření provádí. Může se jednat o laboratorní prostředí, nebo terénní. V laboratorních podmínkách se většinou používá různých modelových měření na různých typech ergometrů, které nám simulují a utváří podmínky pro to dosáhnout maximálního nebo submaximálního fyzického zatížení. Také můžeme kontrolovat podmínky, přímo sledovat testované osoby a způsob provedení testu.

### **2.6.1 Indikace zátěžového vyšetření**

Za správný postup je považováno, aby zátěžové vyšetření indikoval vždy lékař dokonale seznámený s problematikou. Hlavně u případů, kde je jedinec nemocný nebo má podezření z chorobného stavu. Zátěžová vyšetření jsou ale také plně platná pro naprosto zdravého jedince, obzvláště pokud se jedná o test s maximální zátěží (stanovení VO<sub>2</sub> max). Měla by být podložena přiměřeným lékařským vyšetřením. Lékař by měl vždy vědět, co od testování konkrétně očekává. Ten kdo test provádí by měl mít na paměti, že takový test trvá 30 – 60 min a vyžaduje

přítomnost lékaře a alespoň jednoho zkušeného laboratorního pracovníka. Zátěžové vyšetření nemá nikdy patřit k alibistickému zaškrtávání nejrůznějších požadovaných hodnot, má být indikováno cílevědomě na podkladě komplexního klinického vyšetření (Máček, Vávra, 1988).

Několik skupin pro indikaci zátěžového vyšetření (Máček, Vávra, 1988):

- Patří k povinnostem doplňující základní lékařské vyšetření sportovců na tělovýchovně lékařských odvětvích. Zátěžový test včetně stanovení VO<sub>2</sub>max může pomoci při zjišťování vytrvalostního talentu, sledování jeho rozvoje např. vlivem tréninku, při interakci nepříznivých vlivů, koncipování tréninkového programu a také např. ke sledování všestranného rozvoje sportující mládeže.
- Indikace preventivně kardiologické – zahrnují zdravou populaci, která chce pokračovat nebo se zapojit do tělovýchovného nebo sportovního programu a doktor si chce pouze ověřit reakce jeho organismu jako zátěžovou toleranci.
- Indikace diferenciálně diagnostická (funkčně diagnostická), kam spadají problémy spojené s podezřením na neurocirkulační dystonii, ortostatický kolaps, vertebrogenní syndrom, různé typy arytmii, ale i problémy závažnější, jako je třeba podezření na ischemickou chorobu srdeční apod.
- Posudkové indikaci, kdy je žádáno stanovit „bezpečnou“ zátěžovou toleranci pro účely kondičního tréninku u pacientů po prodělané srdeční příhodě nebo u hypertoniků apod.
- Indikací farmakoterapeutickou, kdy je potřeba zjistit vliv určitých farmak nejen za klidového stavu, ale i při zvýšené tělesné zátěži.

## **2.6.2 Laboratorní modelování tělesné zátěže**

Na rozvoj tělesného zatížení v laboratorních podmínkách jsou kladeny určité požadavky (Máček, Vávra, 1988):

- Pohybová činnost musí být jednoduchá, bez větší nároků na obratnost, co možná nejbližší přirozené pohybové aktivitě, resp. u

sportovců simulující jejich sportovní odvětví (chůze, běh, jízda na kole, plavání event. i další).

- Ideální je možnost vyjádřit zátěž vykonanou prací nebo podaným výkonem v příslušných fyzikálních jednotkách.
- Pohybová činnost nemá být větší překážkou při sledování různých funkčních parametrů během zátěže.
- Minimální nebezpečí úrazu vyšetřovaného jedince.
- Nikoliv bezvýznamné jsou prostorové a finanční nároky laboratorní výbavy co do zátěžových zdrojů.

Jsou to požadavky podmiňující solidní reproducibilitu výsledků a srovnání s výsledky z jiných laboratoří, minimalizování rušivých vlivů svalové činnosti umožňuje aplikaci náročnějších vyšetřovacích metod, např. odběr vzorku krve a pod (Máček, Vávra, 1988).

Většinu těchto požadavků splňuje bicyklová ergometrie. Její předností jsou dobré podmínky pro sledování potřebných fyziologických veličin, při poměrně malých pohybech hlavy, trupu i horních končetin a hlavně je tam minimální nebezpečí úrazu vyšetřované osoby. Nevýhodou je však to, že jsou kladeny velké nároky na svalové skupiny dolních končetin vedoucí k lokálnímu přetížení, únavě a bolesti, jak se s nimi setkáváme u osob netrénovaných, ale také u sportovců trénovaných odlišným způsobem práce dolních končetin např. běžců nebo plavců aj. Technické parametry na měření jsou variabilní. Možnost nastavení výšky sedla, její vzdálenost od řídítek a nastavení řídítek, to vše podle tělesných rozměrů testovaného. K nejrozšířenějším typem bicyklového ergometru je Monarkův ergometr s mechanickým brzděním (regulovaný třecí odpor) ale existuje i celá řada jiných ergometrů které mají elektronicky řízený výkon. Z hlediska reproducibility je požadavek kalibrace aplikované zátěže, což není vždy snadno dostupné (Máček, Vávra, 1988).

Cykloergometr patří k nejčastěji vyžívaným diagnostickým trenažérům. Výkon se měří ve wattech (W) ( Neumann, Pfütznner, Hottenrott, 2005).

Druhým hojně využívaným ergometrem (více ve Spojených státech Amerických než v Evropě) je běhací pás. Zdánlivě je nejbližší přirozené pohybové aktivitě, jako je klasická chůze nebo běh. Není však zcela stejný a tak je

potřeba si na běhací pás nějakou dobu zvykat. Problémy s pohybem na něm mohou mít především jedinci pohybově méně nadaní a starší lidé. Jeho předností oproti bicyklovému ergometru je zapojení celého těla a nedochází tak k přetížení izolované svalové skupiny. Nevýhodou běžeckého ergometru je jeho prostorová a finanční náročnost, hluk, ale i to, že snímání některých funkčních ukazatelů je obtížnější nebo vůbec nemožné. Intenzita je korigována buď zvýšením rychlosti běhu nebo sklonem běhátko (Chaloupka, Elbl, 2003).

K dalším přístrojům, které slouží ke speciálním či výzkumným účelům patří např. veslařská lavice, pohyblivý svislý žebřík nebo plavecký trenažér aj. Jejich vývoj je veden snahou o jiné typy motorické zátěže nebo úsilím o sledování specifické odezvy a výkonnosti organismu v určitých sportovních odvětvích (Chaloupka, Elbl, 2003).

### **2.6.3 Příprava k zátěžovému vyšetření**

Před samotným vyšetřením (měřením) týkající se maximální zátěže je zapotřebí dodržet určité požadavky. V den předcházející vyšetření by testovaný neměl provádět žádnou namáhavou činnost. U sportovců se tím rozumí omezení tréninkových dávek. Životaspráva by neměla být narušena žádným ponocováním, dlouhým cestováním, excesy v jídle nebo pití atd. V den vyšetření se nemá požívat káva, čaj, alkohol, v případě kuřáků vynechat kouření. Minimálně tři hodiny před vyšetřením by testovaný neměl požit žádnou vydatnější stravu, pouze „lehkou“ a rychle stravitelnou. Naopak dostatek tekutin je žádoucí. Z tohoto důvodu je ideální doba na vyšetření v dopoledních hodinách. Testovaná osoba by měla být plně seznámena s průběhem vyšetření, a tudíž by měla vědět, co ji čeká. Velmi důležitá je adaptace testovaného na prostředí zátěžové laboratoře. Ideální prostředí je klidné, optimistické, s minimálním množstvím přítomných osob, nikoliv tísnivé a napjaté. Měla by být nastavena optimální teplota v místnosti 18 – 24 °C a cirkulace vzduchu (Máček, Vávra, 1988).

### **2.6.4 Postup pro zjištění zátěžové tolerance**

Pro zjištění maximálních hodnot příjmu kyslíku a ostatních parametrů oběhového a dýchacího ústrojí, můžeme použít pouze zdravé osoby po řádné lékařské prohlídce. Pracovní postup má dvě části. V první části se zaměříme na předehřátí, druhá část je vlastní vyšetření. V předehřátí volíme nižší zátěžové

stupně po dobu do 10 min. Srdeční frekvence by se měla pohybovat na posledním zátěžovém stupni kolem 70 % věkového maxima. Podle přání vyšetřované osoby, zvláště u zkušeného sportovce, můžeme tuto dobu zkrátit nebo prodloužit. Následuje pauza po dobu 1 minuty, kdy dochází k částečné relaxaci. Vyšetření začíná tou intenzitou, na které skončilo předešlé. Tuto intenzitu stupňujeme po půl minutách tak, abychom dosáhli maxima asi do 5 minut. Odhad navyšování zátěže vyžaduje určitou zkušenost laboratorních pracovníků. Test končí vyčerpáním vyšetřovaného jedince. Na kole vyšetřovaný sedí, a po skončení vyšetření se při únavě či vyčerpání může položit na rídítka, kdežto na běhátku stojí, a tam hrozí nebezpečí kolapsu, pádu a následného zranění. Důležité je po ukončení maximálního testu výrazně snížit zátěž, ale vyšetřovaný stále pokračuje v činnosti z důvodu postupného uklidnění. Posoudit, zdali bylo dosaženo maximálních hodnot, nám pomohou kritéria jako odhad stavu vyšetřované osoby, stupně vyčerpání, barva kůže, dosažené hodnoty srdeční frekvence (která by se měla pohybovat v blízkosti tabulkové hodnoty věkového maxima), atd. (Máček, Vávra, 1988).

### **2.6.5 Měření Critical Swim Speed**

Jak uvádí Mackenzie (2003), který vychází z měření a informací od Ginna (1993, in Mackenzie, 2003) a Wakayoshiho (1992, in Mackenzie, 2003). Kritická rychlost plavání (critical swim speed, neboli CSS) je definována jako teoretická rychlost plavání na úrovni anaerobního prahu, která může být zachována v plynulém plavání bez výrazného vyčerpání. Tento test je používán plavci a jejich trenéry k určování aerobní kapacity a k určení stupňů intenzity pro plavecký trénink. Jeden z prvních testů CSS popsal Wakayoshi a kol. (1992, in Mackenzie, 2003), ve kterém popisuje testování pomocí čtyř měření na vzdálenostech 50, 100, 200 a 400 m. Test od Wakayoshiho o rok později poupravil a zjednodušil Ginn (1993, in Mackenzie, 2003), který používal k měření pouze 50 a 400 m úseky a byl vytvořil jednodušší vzorec pro stanovení CSS.

$$\text{CSS} = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$$

$$(D1 = 50 \text{ m}, D2 = 400 \text{ m}, T1 = \text{čas na } 50 \text{ m}, T2 = \text{čas na } 400 \text{ m})$$

Test CSS je vhodný pro plavce, ale ne pro plavce „amatéry“, pro ty by test nemusel být zcela přesný. Spolehlivost testu závisí na tom, jak je samotný test

nastavený a do jaké míry je testovaný schopný daný test vykonat. To je podmíněno celou řadou faktorů, které mohou ovlivnit výsledky (Ginn, 1993, in Mackenzie, 2003).

Následující faktory mohou mít vliv na výsledky testu (test spolehlivosti) (Ginn, 1993, in Mackenzie, 2003):

- okolní teplota, hladina hluku a vlhkosti
- jak moc se sportovec před testováním vyspal
- sportovní emocionální stav
- jestli sportovec užívá nebo užíval nějaké léky
- denní doba provádění testu
- pití nápojů obsahujících kofein či jiných povzbuzujících nápojů např. kafe
- čas, který uběhl od posledního jídla před testem
- testovací prostředí - plocha (dráha, tráva, silnice, posilovna, bazén)
- pokud test provádí poprvé nebo ho už někdy dělal (zkušenosti/znalosti)
- přesnost měření (časy, vzdálenosti apod.)
- jestli se sportovec cítí a je připraven podat maximální výkon v testu
- nevhodné rozehrátí / rozcvičení
- přítomnost dalších lidí, kteří testu pozorují jeho průběh
- osobnost, znalosti a dovednosti testovaného
- sportovní oblečení (boty, plavky apod.)
- povrch, na kterém je prováděna zkouška
- environmentální podmínky - vítr, déšť, atd.

Platnost testu (validita) se týká míry, do jaké je měření konzistentní a stabilní. Výhody testování CSS jsou, že potřebujeme minimální vybavení (plavky, plavecké brýle apod.), je jednoduchá organizace a provedení. Test může podstoupit více testovaných ve stejnou dobu. Naopak nevýhody jsou takové, že potřebujeme konkrétní požadované zařízení, tedy plavecký bazén a je k tomu potřeba asistenta, který kontroluje postup měření, měří čas a zapisuje (Ginn, 1993, in Mackenzie, 2003).



## 2.6.6 Sporttestr

Pro získání všech parametrů a hodnot byl použit monitor SF tzv. sporttester typ 610i a 625X. K získání potřebných údajů o SF se používá miniaturizovaných telemetrických kardi tachometrů, které pracují na principu EKG a mají řadu výrazných předností. Jsou snadno použitelné a nepůsobí interferenčně na přirozený průběh pohybové činnosti. Mají vysokou instrumentální spolehlivost měření. Přesnost měření je kolem 1 % (Bunc, 1990).

Kriteriální validita SF ve vztahu k EKG se pohybuje v rozmezí  $r = 0.95-0.97$  se standardní chybou 5-6 tepů/min. Tato úroveň validity platí jak v nízkých, tak vysokých intenzitách souvislé činnosti jako je běh, jízda na kole, veslování nebo vystupování na lavici (Dishman a kol., 2001).

Na druhou stranu se všeobecně uznává, že SF okamžitě nereflektuje aktuální intenzitu zatížení, ale příslušnou úroveň dosahuje s určitým zpožděním po fázi svého vzestupu či poklesu (Bunc, 1990).

Hlavní funkce sportesttrů (Neumann, Pfützner, Hottenrott, 2005):

- Funkce měření jednoho i více časů zároveň (např. intervalový trénink).
- Automatický výpočet a zobrazení průměrné srdeční frekvence, srdeční frekvence v zotavení, doby zotavení a maximální srdeční frekvence (pro řízení zatížení).
- Ukládání srdeční frekvence do paměti s 5ti sekundovými, 15ti sekundovými nebo 60ti sekundovými intervaly. Kapacita paměti se v závislosti na intervalu ukládání dat pohybuje v rozmezí 5 – 60 hodin, resp. jedné nebo více tréninkových jednotek (pro analýzu tréninku a závodu).
- Měření srdeční frekvence po jednotlivých tepech a určení její variability, kapacita paměti přibližně 40 min s možností vyhodnocení dat v počítači při jejich přenosu přes interface-kabel nebo akustický signál (Sonic Link) pro analýzu tréninku nebo závodu.
- Výpočet energetického výdeje.

## 2.6.7 Plavecký trenažér

Plavecký trenažér, také nazývaný bazén s protiproudem či jeho zkráceným pracovním názvem „flum“, je speciálně vyvinutý pro tréninkové, výzkumné (diagnostické) a sportovní účely plavcům (triatlonistům, moderním pětibojářům apod.). Je produktem Rakouské firmy LD-pool obchod a výroba sportovního zařízení s.r.o., která přišla na trh v roce 2007 s novou řadou protiproudových bazénů a specializuje se na výrobu různých forem sportovních plaveckých trenažérů od tvaru bazénů, výzkumu čerpadel a hnacích turbín až po pomůcky které simulují pohyb na suchu ve vodě jako je např. model aquarunner. Vyrábějí a distribuují mnoho typů plaveckých trenažérů s různými výkony proudění vody apod. Typ, který je umístěný ve výzkumné laboratoři katedry plaveckých sportů na Fakultě tělesné výchovy a sportu a ve kterém probíhalo měření je typ *LD-pool super pro A7*. Označení super pro A7 znamená, že tento typ bazénu je určený především pro vytrvalost a trénink sprintu. To je umožněno sedmi vysoko výkonnostními turbínami, které na základě patentovaného systému pohonu zajišťují konstantní laminární proudění vody. Tyto hřídele jsou umístěny v tubusech pod dvojitým dnem. V bazénu je dále na pevno zabudován sací a výtokový kanál, kterými je voda nasávána, pumpována turbínami, a v čelní části bazénu vypuštěna po jeho celé šířce, tím je také zajištěn plynulý tok vody bez většího počtu rušivých bublin. Sací a výtokový kanál jsou opatřeny ochranou mřížkou o velikosti 1x1 cm a také přidáním lamelami, které zabraňují nasátí nebo vyplavení nežádoucích předmětů. Podstatou tohoto zařízení je tedy nepřerušovaný pohyb proti proudu vody s možností nastavení rychlosti proudu, a to v rozmezí od  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  do  $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Rychlost proudění je v ovládacím panelu převedena na levely. Těchto levelů (stupňů rychlosti) je v nabídce 16 a jsou hodnoceny takto:  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  = stupeň 1 (jako nejnižší rychlost) a rychlost proudění  $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  = stupeň 16 (jako rychlost nejvyšší). Navyšování rychlosti proudění je tedy možné nejméně cca o  $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , což je rozmezí zhruba jednoho stupně. Flum použitý v naší plavecké laboratoři je 6 m dlouhý a 2,5 m široký s hloubkou vody 1,2 m. Součástí našeho plaveckého trenažéru je i pozorovací okno na boku levé stěny. Toto okno je 3 m dlouhé a 1 m široké a skrz něj lze pozorovat vše, co se děje uvnitř bazénu, např. sledovat techniku plavce. Podobně jako u bicyklového ergometru či moderního běhacího koberce je ovládání softwarově vybaveno

s možností programově řídit intenzitu zatížení, intervaly odpočinku včetně ukládání dat pro zpětné vyhodnocení (Kouba, 2010).

### **3 Cíle a úkoly práce, hypotézy**

#### **3.1 Cíl**

Navrhnout způsob testování maximální SF v bazénu s protiproudem.

#### **3.2 Úkoly práce**

1. Provést rešerši příslušné literatury
2. Obeznámit se způsoby testování max SF na suchu
3. Vypracovat metodiku testování max SF v plaveckém trenažéru podle způsobů testování max SF na suchu.
4. Vybrat kontrolní vzorek probandů
5. Naměřit s probandy CSS (Critical Swim Speed)
6. Uskutečnit testování v plaveckém trenažéru (flum)
7. Zaznamenané výsledky zpracovat a vyhodnotit
8. Vypracování závěru pro praxi

#### **3.3 Výzkumné otázky**

- Bude naměřená maximální srdeční frekvence ve flumu odpovídat teoretickému výpočtu?
- Je plavecký trenažér vhodný k testování max SF?
- Je možné po úpravě metodiky testování max SF na suchu, realizovat testování max SF v plaveckém trenažéru?
- Je vhodné využít metody CSS pro zjištění individuální rychlosti na úrovni ANP k zahájení testu max SF v plaveckém trenažéru?

## 4 Metodika práce

Podle zátěžové diagnostiky na běhacím a bicyklovém ergometru se podařilo vytvořit postup testování max SF v plaveckém trenažéru (flum). Podle pravidel pilotní studie byla vymyšlena metodika testování, která v sobě zahrnuje dvě měření. První měření CSS, ve kterém probandi plavali 400 m K a 50 m K na úrovni svého aktuálního rychlostního maxima. Z výsledných časů jim byla vypočítána CSS v m/s, která se dále použila jako počáteční rychlost pro rozplavání při druhém měření. Zátěžová diagnostika jako druhé měření s cílem dosáhnout max SF probíhalo v plavecké laboratoři pod odborným dohledem. Probandi podstoupili test složený z 8 minutového rozplavání na libovolné rychlosti a plavané jakýmkoliv plaveckým způsobem. Následoval test s 5 minutovým rozplaváním na rychlosti CSS a stupňovaným testem do individuálního maxima SF. Po doplávání do 3 minut byl odebrán vzorek laktátu pro kontrolu zatížení organismu. Teoretickým výpočtem byla predikována max SF a porovnána s dosaženými hodnotami z testu max SF.

### 4.1 Pilotní studie

Celé zkoumání bylo vytvořeno jako pilotní studie, která podle vědců Altmana, Burtona, Cuthilla, Festinga, Huttona a Playleho (2006) je předběžným výzkumem v malém měřítku před hlavním výzkumem za účelem ověření proveditelnosti nebo vylepšení plánu výzkumu.

Simon (2008) píše, že pilotní studie je místo, kde se chyby mohou (a často by měly) dělat. Žádný výzkumný projekt není perfektní, a pilotní studie je přesně ta doba, kdy budou tyto nedostatky objeveny a odstraněny. Murphyho zákon (in Simon, 2008) říká, že vše, co se může pokazit, se pokazí. Je důležité nalézt chyby a opravit je tak, aby bylo možné zahájit výzkumný projekt. Určitě je potřeba pomoc profesora nebo jiného vedoucího při práci na pilotní studii, který by měl kontrolovat průběh a předcházet dalším problémům.

Jak uvádí Wheelerová (2010), stačí k uskutečnění méně literárních zdrojů, není potřeba dlouhého časového horizontu k získání výsledků a je prováděna na podstatně menším vzorku subjektů.

Pilotní studie se obvykle provádějí na relevantním vzorku populace, ale ne na těch, kteří budou tvořit část konečného vzorku (Altmana, Burtona, Cuthilla, Festinga, Huttona a Playleho, 2006).

#### 4.2 Charakteristika výzkumného souboru

Na našem výzkumu se podíleli studenti a učitelé UK FTVS. Tento výzkumný soubor čítal celkem 6 probandů. Jejich průměrná plavecká kariéra trvala 11 let. Dva probandi plaveckou kariéru nepřerušili a stále jsou aktivními plavci. Čtyři probandi v dotazníku uvedli, že plaveckou kariéru ukončili dříve a v současnosti plavou nepravidelně, jen pro účely udržení tělesné kondice.

Ve výběru probandů jsme postupovali ne zcela podle pravidel metodologie. Vědomě jsme vybírali probandy s plaveckou kariérou nebo ukončenou plaveckou kariérou a to z následujících důvodů:

1. Plavci bez plavecké kariéry by nezvládli průběh testování a to z důvodů nedostatečné techniky plaveckého způsobu kraul
2. Pro test maximální SF jsme zvolili plavecký způsob kraul, protože je nejrychlejší plavecký způsob a nejvhodnější pro provedení testu v podmínkách plaveckého trenažéru
3. Všech 6 probandů jsou muži ve věku mezi 20 – 45 let s průměrnou váhou 73 Kg a výškou 180 cm
4. Probandi jsou se svou výškou a váhou v normě podle BMI (Body mass index) a jsou to lidé žijící aktivním způsobem života

**Tabulka č. 1 - Informace o probandech**

Proband	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Věk	23	20	23	45	22	22
Váha (Kg)	75	83	71	84	62	83
Výška (cm)	175	181	183	189	168	186
Pohlaví	muž	muž	muž	muž	muž	muž
Délka závodní plavecké kariéry	9 let	8 let	15 let	8 let	13 let	13 let
Preferovaný plavecký způsob	Kraul	Motýl	Znak	Kraul	Znak	Kraul

## Výběr vzorce pro výpočet

Pro výpočet max SF na suchu je celá řada vzorců. Tyto vzorce jsou však všechny jen teoretické, které poukazují na možnou hranici SF max. Samotné dosažení max SF je ovlivněno spoustou dalších faktorů, jako je třeba aktuální psychika sportovce, věk, pohlaví, v jakých příjemných/nepříjemných podmínkách pro testovaného se test provádí apod. Ve vodním prostředí se vzorce dále upravují, jelikož musíme započítat tzv. diving reflex, při kterém nám podle Čechovské, Novotné, Milerové (2003) klesá SF o 7 – 13 tepů za minutu. Tím se jakýkoliv vzorec stává ještě více nepřesným, jelikož diving reflex je závislý na adaptaci každého jednotlivce, a tudíž nejsme schopni nikdy zcela přesně určit u koho a o kolik se snižuje SF. Domníváme se, že zvolením vzorce obecného  $220 - \text{věk}$ , kde odečteme 10 tepů, jako průměrnou hodnotu poklesu SF ve vodním prostředí, bude dostačující pro orientační posouzení s výsledky měření.

Použitý vzorec:  $(220 - \text{věk}) - 10$

## 4.2 Průběh měření CSS

CSS jsme měřili u všech 6 - ti probandů, abychom získali individuální počáteční submaximální rychlost plavání, na které se budou probandi rozplavávat ve flumu, při testování SF max. Pro splnění testu CSS jsme potřebovali plavecký bazén, stopky a zapisovatele (kontroluje průběh testu, měří čas a vyhodnocuje výslednou CSS).

### Průběh testu:

Tento test vyžaduje od sportovce plavat 400m Kraul (K) a 50m K co nejrychleji je schopen, s 10 min odpočinkem mezi starty.

- Rozplavání (zahřátí) 10 min.
- 400 m (D2) maximální rychlostí, start z vody – zároveň se startovním signálem se spouští stopky a plavec vyráží, po doplávání 400 m úseku se stopky zastavují. Získáme čas (T2).
- Následuje 10 min odpočinek.
- 50 m (D1) maximální rychlostí, start z vody – zároveň se startovním signálem se spouští stopky a plavec vyráží, po doplávání 50 m úseku se stopky zastavují. Získáme čas (T1).

### Vyhodnocení a výpočet

$$\text{CSS} = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$$

Časy na 400 a 50 m jsou do vzorce zapisovány v sekundách.

Výsledek měření vychází v metrech / sekundu.



### 4.3 Zátěžová diagnostika max SF ve flumu

Laboratorní zátěžové testy jsou zaměřeny společně s max SF také na VO<sub>2</sub> max a zajímá nás především spotřeba kyslíku. Zátěžové testy zjišťující maximální výkonnost neboli ty, které jdou se spotřebou kyslíku do tzv. „vita maxima“ jsou kontrolovatelné několika různými způsoby. Hodnotu maximálního výkonu můžeme určovat podle VO<sub>2</sub> max, kde se sleduje spotřeba kyslíku, která se při maximálním zatížení dostane na určitou hranici a již dále se nezvyšuje. Dalším možným způsobem je sledování max SF, která se při testu postupným zatěžováním také dostane na určitou hranici a dále se nezvyšuje, není dlouhodobě udržitelná a hlavně se blíží predikované hodnotě SF max, kterou si můžeme vypočítat podle mnoha různých vzorců. Nejpoužívanější vzorec pro běžnou populaci je  $(220 - \text{věk})$ , (Chaloupka, Elbl, 2003). Ukazatelem maximálního zatížení může být také hodnota laktátu v krvi, který se při max zatížení může dostat i přes 10 mmol/l. V našem měření nás nezajímala hodnota VO<sub>2</sub> max, ale sledovali jsme, zdali testovaní jedinci dosáhli svého maxima se srdeční činností, která byla kontrolována a porovnávána s teoretickými výpočty. Dále měřením laktátu po výkonu jsme odhadli, jestli se skutečně dostali nebo přiblížili svému maximu.

K tomu, abychom mohli test provést, jsme potřebovali určité pomůcky: plavecký trenažér (bazén s protiproudem), sporttester, stopky, kalkulačka, obsluha flumu (kontroluje a je zodpovědná za správné navyšování rychlostních stupňů na plaveckém trenažéru.), zapisovatel (řídí průběh celého testu, má u sebe stopky a záznamový protokol, informuje obsluhu flumu o navyšování rychlostních stupňů, kontroluje SF na sporttestru probanda a informuje ho o průběhu testu).

Pro test byla nastavena teplota vody ve flumu na 27 °C hned z několika důvodů, je to doporučovaná provozní teplota dle technických údajů o flumu a také je to optimální teplota vody pro plavání při vysoké zátěži, která se v našem případě bude pohybovat v zatížení submaximálním až maximálním.

Probandům byl měřen tlak před testem max SF po minimálním 15 min uklidnění. Pro naše vstupní vyšetření k testu maximálního zatížení probandi nesměly mít hodnoty krevního tlaku spadající do hypertenze (140/90) z důvodů nežádoucích možných rizik z toho vyplývajících.

Záznam testování maximální SF byl proveden sporttestry typu *Polar 610i* u prvních 4 probandů a *625X* u zbylých dvou. Oba monitory byly nastaveny na ukládání SF v 5 sekundových intervalech. Zpracování hodnot SF a vytvoření grafů bylo zajištěno programem *Polar Precision Performance*.

Doporučili jsme probandům před provedením tohoto testu a pro získání přesnějších dat, aby: nepodávali žádnou nadměrnou tělesnou aktivitu (posilovna, náročný trénink apod.), nepili alkohol. Seznámili jsme testované s průběhem testu. Kladli jsme důraz na porozumění testu a na psychickou připravenost testovaného na měření. Jde o test max SF, kde bylo potřeba ve fázi maximálního výkonu nepolevit a snažit se ještě přidat a vytrvat. Celková doba testu zabrala max 20 min. Testovaná osoba si se sporttestrem připevněným na hrudi (tak, aby sporttester výrazně neomezoval v pohybu plavce a zároveň byl dostatečně připevněn a snímal SF v průběhu celého testu), vstoupila do plaveckého trenažéru. Obsluha flumu nastavila počáteční rychlost na rozplavání na rychlosti v m/s podle požadavků plavce. Počáteční rozplavání 8 min sloužilo k seznámení s plaveckým trenažérem a jako aklimatizace plavce na vodní prostředí. Po doplavání tohoto „seznamovacího“ rozplavání přišel na řadu již samotný test. Nastavili jsme rychlost v m/s podle předem dělaného testu CSS. Spustili jsme sporttestr. Testovaný zahájil rozplavání po dobu 5 min na úrovni ANP tedy submaxima (rychlosti naměřené své aktuální Critical swimming speed). Po pětiminutovém rozplavání měl testovaný 1 minutu pauzu. Pokračovali jsme ve vlastním měření, u kterého jsme postupně navyšovali rychlost vodního proudu. Měření by nemělo trvat méně než 2 min, aby bylo dosaženo max SF a nemělo by trvat déle než 8 min z důvodu rychle přicházející únavy a vyčerpání při stupňování rychlosti. Obsluha flumu ponechala počáteční rychlost stejnou jako na rozplavání v CSS. Rychlost proudění se navyšovala každých 30 s o cca 0,1 m/s (tedy o 1 stupeň). Čas testování byl individuální a závisel na aktuální výkonnosti jednotlivce. Test byl ukončen v případě, že testovaný nebyl schopen fyzicky dále pokračovat a byl vyčerpaný, tzn. zastavil se nebo výrazně zpomalil. V průběhu měření ovlivňovala hodnotu testu technika provedení plaveckého způsobu. Plavci se snažili o korektní provedení na úkor snížení rychlosti nebo neschopnosti ze sebe vydat maximum. Po doplavání testu do 3 minuty byl ještě jako kontrolní vzorek odebrán laktát. Tímto test pro testované skončil, my jsme dále vyhodnotili data ze sporttestru a

zjistili hodnoty, na které se plavci v průběhu testu dostali, a porovnali jsme je s hodnotami max SF, které jim byly vypočítány teoreticky.

## 5 Výsledky

### Výsledky CSS

Proband č.1 ve věku 23 let podstoupil test CSS 6. 3. 2012 v dopoledních hodinách. Test byl proveden v krytém plaveckém bazénu o délce 25 m a šířce 10 m. Celková doba testu byla max 30 min. Proband se nejdříve rozplavával po dobu 10 min, setrval ve vodě v bazénu a všechny starty byly provedeny z vody, abychom omezili vliv startovního skoku na výsledný čas. Proband plaval obě distance svou individuální maximální rychlostí. Jako první v testu je 400 m K, zaznamenali jsme čas 5:46,0 a následně ho převedli na sekundy 346 s. Následoval 10 min odpočinek. Po kterém pokračoval test, kdy proband plaval 50 m K, zaznamenali jsme čas 0:31,7 a následně ho převedli na sekundy 31,7 s. Dosažené časy v sekundách byly dosazeny do grafu  $CSS = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$ , kde  $D1 = 50$  m,  $D2 = 400$  m,  $T1 =$  čas na 50 m,  $T2 =$  čas na 400 m a byla vypočítána CSS, U probanda č. 1 vyšla na 1,113 m/s po zaokrouhlení na desetinu sekundy 1,1 m/s.

Tabulka č. 2 - CSS proband č. 1

Proband č.1	Věk: 23	datum měření: 6.3.2012
400 m K (D2)	čas: 5:46,0	
	čas v sek. (T2): 346 s	
50 m K (D1)	čas: 0:31,7	
	čas v sek. (T1): 31,7 s	
vzorec pro výpočet:	$CSS = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$	
dosazení do vzorce:	$CSS = (400 - 50) \div (346 - 31,7)$	
výsledek v m/s:	1,113 = 1,1 m/s	

Proband č.2 ve věku 20 let podstoupil test CSS 18. 3. 2012 v dopoledních hodinách. Test byl proveden v krytém plaveckém bazénu o délce 25 m a šířce 10 m. Celková doba testu byla max 30 min. Proband se nejdříve rozplavával po dobu 10 min, setrval ve vodě v bazénu a všechny starty byly provedeny z vody,

abychom omezili vliv startovního skoku na výsledný čas. Proband plaval obě distance svou individuální maximální rychlostí. Jako první v testu je 400 m K, zaznamenali jsme čas 5:49,3 a následně ho převedli na sekundy 349,3 s. Následoval 10 min odpočinek. Po kterém pokračoval test, kdy proband plaval 50 m K, zaznamenali jsme čas 0:28,3 a následně ho převedli na sekundy 28,3 s. Dosažené časy v sekundách byly dosazeny do grafu  $CSS = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$ , kde  $D1 = 50$  m,  $D2 = 400$  m,  $T1 =$  čas na 50 m,  $T2 =$  čas na 400 m a byla vypočítána CSS, U probanda č. 1 vyšla na 1,090 m/s po zaokrouhlení na desetinu sekundy 1,1 m/s.

**Tabulka č. 3 - CSS proband č. 2**

Proband č.2	Věk: 20	datum měření: 18.3.2012
400 m K (D2)	čas: 5:49,3	
	čas v sek. (T2): 349,3 s	
50 m K (D1)	čas: 0:28,3	
	čas v sek. (T1): 28,3 s	
vzorec pro výpočet:	$CSS = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$	
dosazení do vzorce:	$CSS = (400 - 50) \div (349,3 - 28,3)$	
výsledek v m/s:	1,090 = 1,1 m/s	

Proband č.3 ve věku 23 let podstoupil test CSS 6. 3. 2012 v dopoledních hodinách. Test byl proveden v krytém plaveckém bazénu o délce 25 m a šířce 10 m. Celková doba testu byla max 30 min. Proband se nejdříve rozplavával po dobu 10 min, setrval ve vodě v bazénu a všechny starty byly provedeny z vody, abychom omezili vliv startovního skoku na výsledný čas. Proband plaval obě distance svou individuální maximální rychlostí. Jako první v testu je 400 m K, zaznamenali jsme čas 4:31,3 a následně ho převedli na sekundy 271,3 s. Následoval 10 min odpočinek. Po kterém pokračoval test, kdy proband plaval 50 m K, zaznamenali jsme čas 0:27,5 a následně ho převedli na sekundy 27,5 s. Dosažené časy v sekundách byly dosazeny do grafu  $CSS = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$ , kde  $D1 = 50$  m,  $D2 = 400$  m,  $T1 =$  čas na 50 m,  $T2 =$  čas na 400 m a byla vypočítána CSS, U probanda č. 1 vyšla na 1,435 m/s po zaokrouhlení na desetinu sekundy 1,4 m/s.

**Tabulka č. 4 - CSS proband č. 3**

Proband č. 3	Věk: 23	datum měření: 6.3.2012
400 m K (D2)	čas: 4:31,3	
	čas v sek. (T2): 271,3 s	
50 m K (D1)	čas: 0:27,5	
	čas v sek. (T1): 27,5 s	
vzorec pro výpočet:	$CSS = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$	
dosazení do vzorce:	$CSS = (400 - 50) \div (271,3 - 27,5)$	
výsledek v m/s:	1,435 = 1,4 m/s	

Proband č.4 ve věku 45 let podstoupil test CSS 20. 3. 2012 v dopoledních hodinách. Test byl proveden v krytém plaveckém bazénu o délce 25 m a šířce 10 m. Celková doba testu byla max 30 min. Proband se nejdříve rozplavával po dobu 10 min, setrval ve vodě v bazénu a všechny starty byly provedeny z vody, abychom omezili vliv startovního skoku na výsledný čas. Proband plaval obě distance svou individuální maximální rychlostí. Jako první v testu je 400 m K, zaznamenali jsme čas 6:01,0 a následně ho převedli na sekundy 361 s. Následoval 10 min odpočinek. Po kterém pokračoval test, kdy proband plaval 50 m K, zaznamenali jsme čas 0:36,0 a následně ho převedli na sekundy 36 s. Dosazené časy v sekundách byly dosazeny do grafu  $CSS = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$ , kde  $D1 = 50$  m,  $D2 = 400$  m,  $T1 =$  čas na 50 m,  $T2 =$  čas na 400 m a byla vypočítána CSS, U probanda č. 1 vyšla na 1,076 m/s po zaokrouhlení na desetinu sekundy 1,1 m/s.

**Tabulka č. 5 - CSS proband č. 4**

Proband č.4	Věk: 45	datum měření: 20.3.2012
400 m K (D2)	čas: 6:01,0	
	čas v sek. (T2): 361 s	
50 m K (D1)	čas: 0:36,0	
	čas v sek. (T1): 36 s	
vzorec pro výpočet:	$CSS = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$	
dosazení do vzorce:	$CSS = (400 - 50) \div (361 - 36)$	
výsledek v m/s:	1,076 = 1,1 m/s	

Proband č.5 ve věku 22 let podstoupil test CSS 9. 3. 2012 v dopoledních hodinách. Test byl proveden v krytém plaveckém bazénu o délce 25 m a šířce 10 m. Celková doba testu byla max 30 min. Proband se nejdříve rozplavával po dobu 10 min, setrval ve vodě v bazénu a všechny starty byly provedeny z vody, abychom omezili vliv startovního skoku na výsledný čas. Proband plaval obě distance svou individuální maximální rychlostí. Jako první v testu je 400 m K, zaznamenali jsme čas 4:45,0 a následně ho převedli na sekundy 285 s. Následoval 10 min odpočinek. Po kterém pokračoval test, kdy proband plaval 50 m K, zaznamenali jsme čas 0:27,4 a následně ho převedli na sekundy 27,4 s. Dosažené časy v sekundách byly dosazeny do grafu  $CSS = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$ , kde  $D1 = 50$  m,  $D2 = 400$  m,  $T1 =$  čas na 50 m,  $T2 =$  čas na 400 m a byla vypočítána CSS, U probanda č. 1 vyšla na 1,358 m/s po zaokrouhlení na desetinu sekundy 1,4 m/s

**Tabulka č. 6 - CSS proband č. 5**

Proband č.5	Věk: 22	datum měření: 9.3.2012
400 m K (D2)	čas: 4:45,0	
	čas v sek. (T2): 285 s	
50 m K (D1)	čas: 0:27,4	
	čas v sek. (T1): 27,4 s	
vzorec pro výpočet:	$CSS = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$	
dosazení do vzorce:	$CSS = (400 - 50) \div (285 - 27,4)$	
výsledek v m/s:	1,358 = 1,4 m/s	

Proband č.6 ve věku 22 let podstoupil test CSS 23. 3. 2012 v dopoledních hodinách. Test byl proveden v krytém plaveckém bazénu o délce 25 m a šířce 10 m. Celková doba testu byla max 30 min. Proband se nejdříve rozplavával po dobu 10 min, setrval ve vodě v bazénu a všechny starty byly provedeny z vody, abychom omezili vliv startovního skoku na výsledný čas. Proband plaval obě distance svou individuální maximální rychlostí. Jako první v testu je 400 m K, zaznamenali jsme čas 5:10,7 a následně ho převedli na sekundy 310,7 s. Následoval 10 min odpočinek. Po kterém pokračoval test, kdy proband plaval 50 m K, zaznamenali jsme čas 0:27,5 a následně ho převedli na sekundy 27,5 s. Dosažené časy v sekundách byly dosazeny do grafu  $CSS = (D2 - D1) \div (T2 -$

T1), kde  $D1 = 50 \text{ m}$ ,  $D2 = 400 \text{ m}$ ,  $T1 = \text{čas na } 50 \text{ m}$ ,  $T2 = \text{čas na } 400 \text{ m}$  a byla vypočítána CSS, U probanda č. 1 vyšla na 1,235 m/s po zaokrouhlení na desetinu sekundy 1,2 m/s.

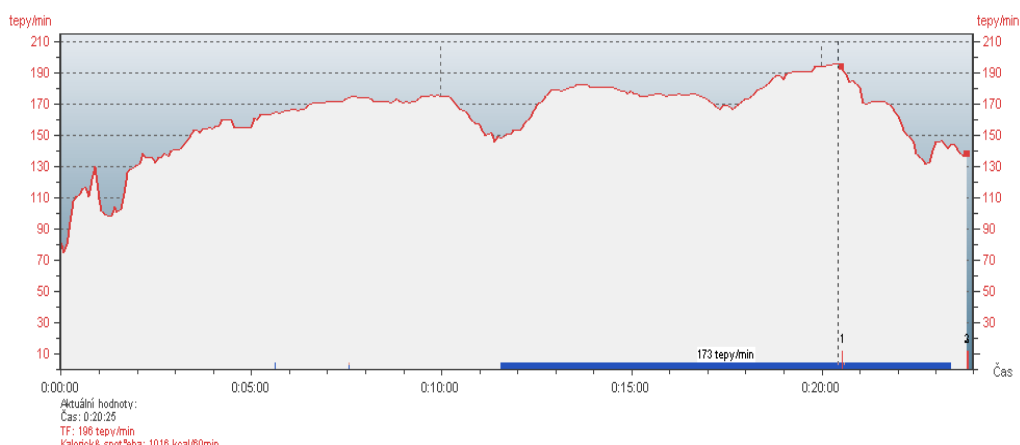
**Tabulka č. 7 - CSS proband č. 6**

Proband č.6	Věk: 22	datum měření: 23.3.2012
400 m K (D2)	čas: 5:10,7	
	čas v sek. (T2): 310,7	
50 m K (D1)	čas: 0:27,5	
	čas v sek. (T1): 27,5	
vzorec pro výpočet:	$CSS = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$	
dosazení do vzorce:	$CSS = (400 - 50) \div (310,7 - 27,5)$	
výsledek v m/s:	1,235 = 1,2 m/s	

### **Výsledky měření max SF ve flumu**

Testování max SF bylo provedeno podle protokolu viz. Zátěžová diagnostika max SF ve flumu. Měření podstoupilo 6 probandů.

**Graf č. 1 - Křivka SF proband č. 1**



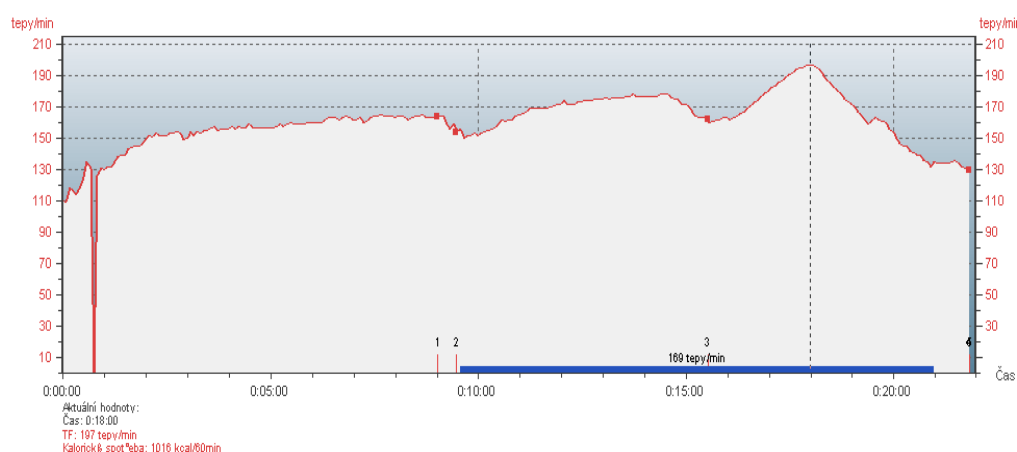
Proband č. 1 začal plavat 5 minutové rozplavání na své naměřené hodnotě CSS 1,1 m/s (ve flumu stupeň 9). První dvě minuty se jeho srdeční frekvence neustále postupně navyšovala z počátečních 149 tepů/min na 182 tepů/min. V následujících třech minutách se tělo adaptovalo na neustále konstantní intenzitu plavání a srdeční frekvence začala pozvolna klesat a ustálila se ke konci rozplavání na 177 tepů/min. Následoval minutový interval odpočinku, kdy proband byl v klidu ve stoje a držel se okraje bazénu. Proud vody se z důvodu organizace nevypínal. Na konci minutové přestávky jeho SF klesla na hodnotu 167 tepů/min. Po intervalu odpočinku proband č. 1 začal znovu plavat na rychlosti proudu, kde bylo ukončeno jeho rozplavání a zahájilo se postupné navyšování intenzity po 30 s o jeden stupeň (cca 0,1 m/s). Proband zvládl vydržet 5 navýšení intenzity ze stupně 9 na stupeň 14 a měření trvalo 2 min 45 sekund. Jeho SF dosáhla maximální hodnoty 196 tepů/min viz tabulka č. 15. Po skončení testu byla měřena SF v následujících 3 min, viz tabulka č. 15. SF klesla po 3 minutách na hodnotu 144 tepů/min. Proband č. 1 se dostal s maximální naměřenou SF (196) přes hodnotu SF vypočítanou teoreticky (187).

**Tabulka č. 8 – proband č. 1 - SF, roky, laktát**

Minimální SF v průběhu testu:	132	tep/min
Celková průměrná SF:	173	tep/min
Průměrná SF 5 min rozplavání:	174	tep/min
Průměrná SF při navyšování intenzity:	185	tep/min
Věk	23	let
Teoretický výpočet SF max podle vzorce $(220 - \text{věk}) - 10$	187	tep/min
Hodnota laktátu:	13,4	mmol/l



**Graf č. 2 - Křivka SF proband č. 2**

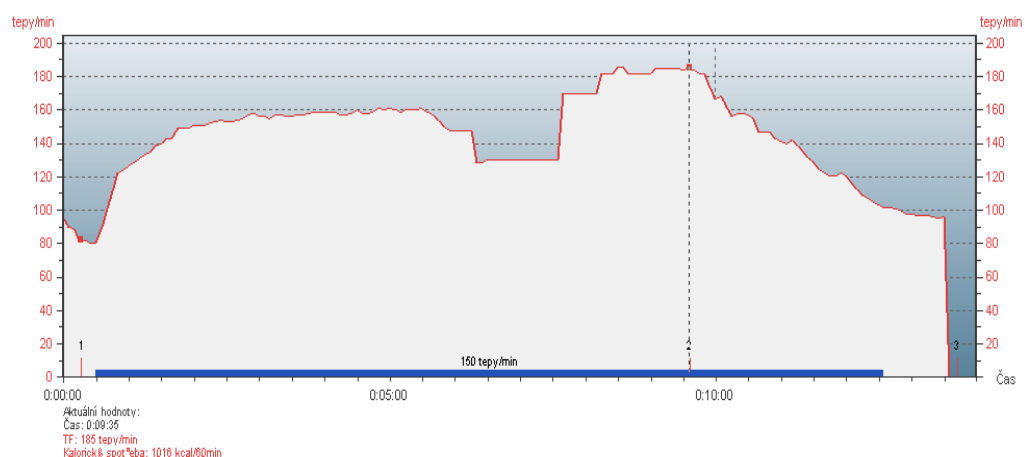


Proband č. 2 začal plavat 5 minutové rozplavání na své naměřené CSS 1,1 m/s (ve flumu stupeň 9). Jeho SF stále pozvolna narůstala z hodnot počáteční SF 156 tepů/min na konečných 178 tepů/min. Následoval minutový interval odpočinku, kdy proband byl v klidu ve stoje a držel se okraje bazénu. Proud vody se z důvodu organizace nevypínal. Na konci minutového odpočinku byla hodnota SF 160 tepů/min. Po intervalu odpočinku proband č. 1 začal znovu plavat na rychlosti proudu, kde bylo ukončeno jeho rozplavání a zahájilo se postupné navyšování intenzity po 30 s o jeden stupeň (cca 0,1 m/s). Proband zvládl vydržet 4 navýšení a to ze stupně 9 na stupeň 13. Měření trvalo 2 min a 25 sekund a hodnota max dosažené SF byla 197 tepů/min viz tabulka č. 15. Po skončení testu byla měřena SF v následujících 3 min, viz tabulka č. 15. SF poklesla po třech minutách na 135 tepů/min. Proband č. 2 se dostal s maximální naměřenou SF (197) přes hodnotu SF vypočítanou teoreticky (190).

**Tabulka č. 9 – proband č. 2 - SF, roky, laktát**

Minimální SF v průběhu testu:	132	tep/min
Celková průměrná SF:	169	tep/min
Průměrná SF 5 min rozplavání:	169	tep/min
Průměrná SF při navyšování intenzity:	177	tep/min
Věk	20	let
Teoretický výpočet SF max podle vzorce $(220 - \text{věk}) - 10$	190	tep/min
Hodnota laktátu:	11	mmol/l

**Graf č. 3 - Křivka SF proband č. 3**

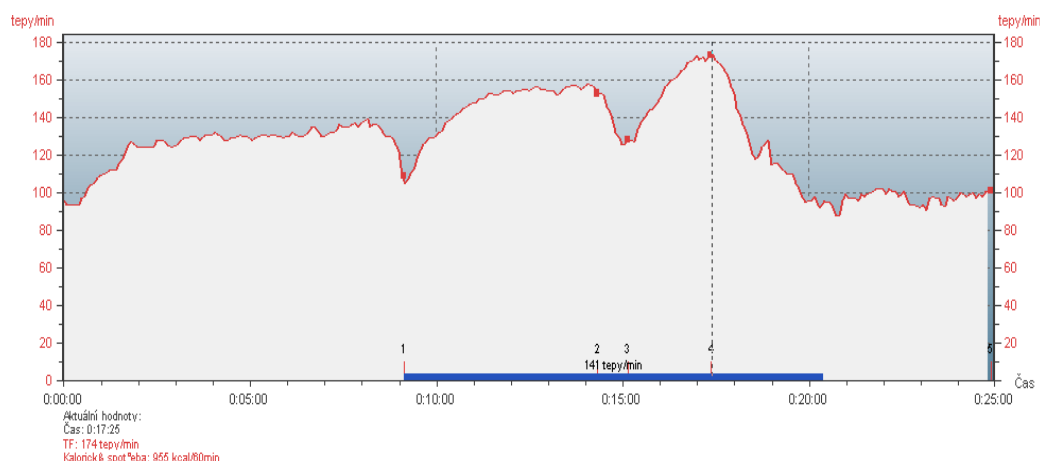


Proband č. 3 začal plavat 5 minutové rozplavání na své naměřené hodnotě CSS 1,4 m/s (ve flumu stupeň 12). První dvě a půl minuty se jeho srdeční frekvence neustále postupně navyšovala z počátečních 80 tepů/min na 156 tepů/min. Srdeční frekvence se dále zvyšovala jen nepatrně a ustálila se na 161 tepů/min. Následoval minutový interval odpočinku, kdy proband byl v klidu ve stoje a držel se okraje bazénu. Proud vody se z důvodu organizace nevypínal. Na konci minutové přestávky jeho SF klesla na hodnotu 130 tepů/min. Po intervalu odpočinku proband č. 3 začal znovu plavat na rychlosti proudu, kde bylo ukončeno jeho rozplavání a zahájilo se postupné navyšování intenzity po 30 s o jeden stupeň (cca 0,1 m/s). Proband zvládl vydržet 4 navýšení intenzity ze stupně 12 na nejvyšší stupeň 16. Dále již nebylo možné navyšovat intenzitu z důvodu nedostatečných technických parametrů flumu. Na stupni č 16 setrval po dobu 1 minuty a 5 sekund. Měření trvalo 3 min 5 sekund. Jeho SF dosáhla maximální hodnoty 185 tepů/min viz tabulka č. 15. Po skončení testu byla měřena SF v následujících 3 min, viz tabulka č. 15. SF klesla po 3 minutách na hodnotu 102 tepů/min. Proband č. 3 se nedostal se svou maximální naměřenou SF (185) na hodnotu vypočítanou teoreticky (187).

**Tabulka č. 10 – proband č. 3 - SF, roky, laktát**

Minimální SF v průběhu testu:	80	tepů/min
Celková průměrná SF:	150	tepů/min
Průměrná SF 5 min rozplavání:	148	tepů/min
Průměrná SF při navyšování intenzity:	161	tepů/min
Věk	23	let
Teoretický výpočet SF max podle vzorce $(220 - \text{věk}) - 10$	187	tepů/min
Hodnota laktátu:	9,5	mmol/l

**Graf č. 4 - Křivka SF proband č. 4**

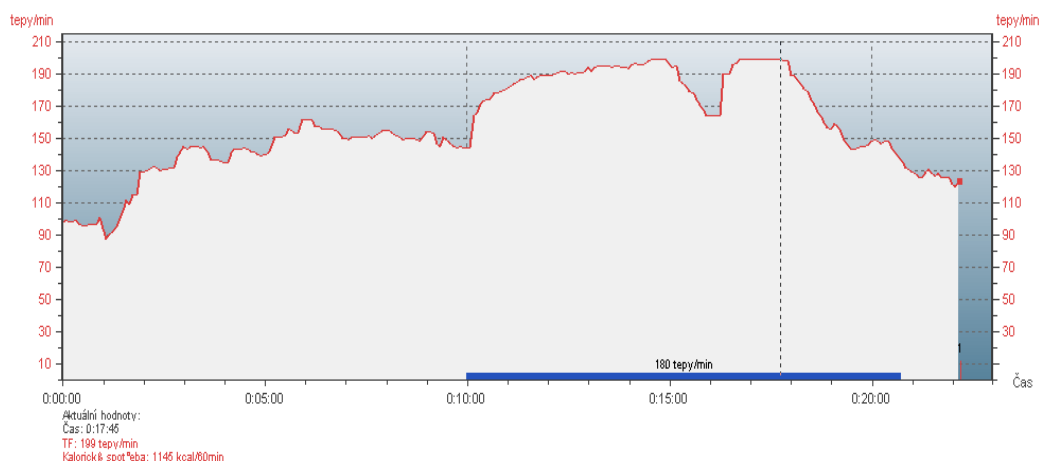


Proband č. 4 začal plavat 5 minutové rozplavání na své naměřené hodnotě CSS 1,1 m/s (ve flumu stupeň 9). Srdeční frekvence neustále pozvolna narůstala bez výrazných výkyvů, až do hodnoty 158 tepů/min. Následoval minutový interval odpočinku, kdy proband byl v klidu ve stoje a držel se okraje bazénu. Proud vody se z důvodu organizace nevyplával. Na konci minutové přestávky jeho SF klesla na hodnotu 128 tepů/min. Po intervalu odpočinku proband č. 4 začal znovu plavat na rychlosti proudu, kde bylo ukončeno jeho rozplavání a zahájilo se postupné navyšování intenzity po 30 s o jeden stupeň (cca 0,1 m/s). Proband zvládl vydržet 4 navýšení intenzity ze stupně 9 na stupeň 13 a měření trvalo 2 min 15 sekund. Jeho SF dosáhla maximální hodnoty 174 tepů/min viz tabulka č. 15. Po skončení testu byla měřena SF v následujících 3 min, viz tabulka č. 15. SF klesla po 3 minutách na hodnotu 96 tepů/min. Proband č. 1 se dostal s maximální naměřenou SF (174) přes hodnotu SF vypočítanou teoreticky (165).

**Tabulka č. 11 - proband č. 4 - SF, roky, laktát**

Minimální SF v průběhu testu:	92	tep/min
Celková průměrná SF:	141	tep/min
Průměrná SF 5 min rozplavání:	145	tep/min
Průměrná SF při navyšování intenzity:	155	tep/min
Věk	45	let
Teoretický výpočet SF max podle vzorce (220 – věk) - 10	165	tep/min
Hodnota laktátu:	7,7	mmol/l

**Graf č. 5 - Křivka SF proband č. 5**

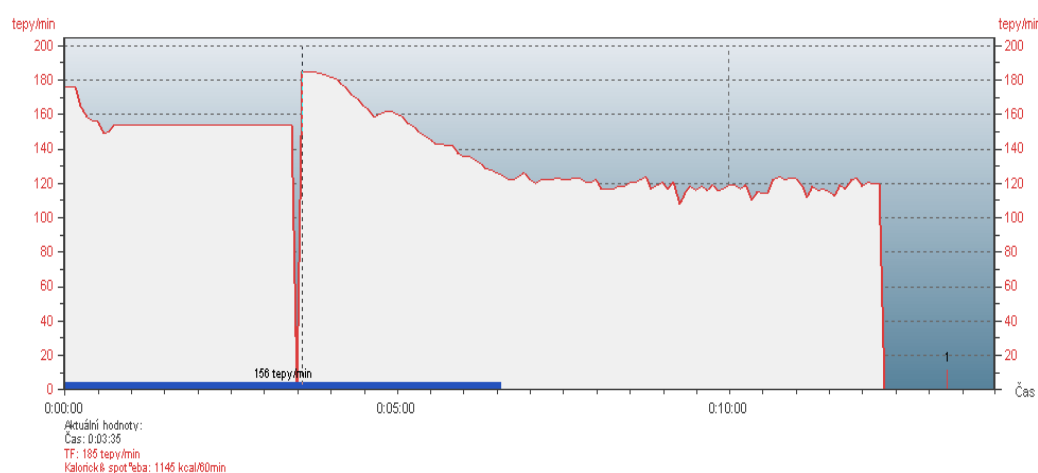


Proband č. 5 začal plavat 5 minutové rozplavání na své naměřené hodnotě CSS 1,4 m/s (ve flumu stupeň 12). První dvě minuty se jeho srdeční frekvence rapidně zvyšovala až na hodnoty přesahující 190 tepů/min. V následujících 3 minutách se ustálila SF na hodnotách těsně pod 200 tepů/min na 199 tepů/min. Následoval minutový interval odpočinku, kdy proband byl v klidu ve stoje a držel se okraje bazénu. Proud vody se z důvodu organizace nevypínal. Na konci minutové přestávky jeho SF klesla na hodnotu 164 tepů/min. Po intervalu odpočinku proband č. 5 začal znovu plavat na rychlosti proudu, kde bylo ukončeno jeho rozplavání a zahájilo se postupné navyšování intenzity po 30 s o jeden stupeň (cca 0,1 m/s). Proband zvládl vydržet pouze 3 navýšení intenzity ze stupně 12 na stupeň 15 a měření trvalo jen 1 min 50 sekund. Jeho SF dosáhla maximální hodnoty 199 tepů/min už po 50 sekundách a zůstala na stejné neměnné úrovni až do konce testu, viz tabulka č. 15. Po skončení testu byla měřena SF v následujících 3 min. viz tabulka č. 15. SF klesla po 3 minutách na hodnotu 136 tepů/min. Proband č. 5 se dostal s maximální naměřenou SF (199) přes hodnotu SF vypočítanou teoreticky (188).

**Tabulka č. 12 - proband č. 5 - SF, roky, laktát**

Minimální SF v průběhu testu:	136	tepů/min
Celková průměrná SF:	180	tepů/min
Průměrná SF 5 min rozplavání:	187	tepů/min
Průměrná SF při navyšování intenzity:	190	tepů/min
Věk	22	let
Teoretický výpočet SF max podle vzorce $(220 - \text{věk}) - 10$	188	tepů/min
Hodnota laktátu:	13,3	mmol/l

**Graf č. 6 - Křivka SF proband č. 6**



Vzhledem k neúplnému grafu, známe některé hodnoty přímo z průběhu měření, ale některé hodnoty neznáme vůbec. Proband č. 6 začal plavat 5 minutové rozplavání na své naměřené hodnotě CSS 1,2 m/s (ve flumu stupeň 10). Na konci 5 minutového rozplavání byla jeho SF na 176 tep/min. Následoval minutový interval odpočinku, kdy proband byl v klidu ve stoje a držel se okraje bazénu. Proud vody se z důvodu organizace nevypíнал. Na konci minutové přestávky jeho SF klesla na hodnotu 149 tepů/min. Po intervalu odpočinku proband č. 6 začal znovu plavat na rychlosti proudu, kde bylo ukončeno jeho rozplavání a zahájilo se postupné navýšování intenzity po 30 s o jeden stupeň (cca 0,1 m/s). Proband zvládl vydržet 5 navýšení intenzity ze stupně 10 na stupeň 15. Doba trvání měření 3 min. Jeho SF dosáhla maximální hodnoty 185 tepů/min viz tabulka č. 15. Po skončení testu byla měřena SF v následujících 3 min, viz tabulka č. 15. SF klesla po 3 minutách na hodnotu 125 tepů/min. Proband č. 6 se nedostal s maximální naměřenou SF (185) přes hodnotu SF vypočítanou teoreticky (188).

**Tabulka č. 13 - proband č. 6 - SF, roky, laktát**

Minimální SF v průběhu testu:	125	tep/min
Celková průměrná SF:	156	tep/min
Průměrná SF 5 min rozplavání:	-	tep/min
Průměrná SF při navýšování intenzity:	155	tep/min
Věk	22	let
Teoretický výpočet SF max podle vzorce (220 – věk) - 10	188	tep/min
Hodnota laktátu:	9,51	mmol/l

Z 6 ti probandů se 2 (proband 3 a 6) nedostali přes hodnotu SF vypočítanou teoreticky. K dosažení této hranice jim chybělo max 3 tep/min. U zbylých 4 probandů (1,2,4,5) se podařilo překročit hodnotu teoretického výpočtu SF minimálně o 7 tep/min, maximálně o 11 tep/min a průměrně o 9 tep/min.

**Tabulka č. 14 - porovnání dosažené max SF s teoretickou max SF**

	dosažená max SF	teoretická max SF	dosažení	rozdíl
proband č.1	196	187	ANO	9
proband č.2	197	190	ANO	7
proband č.3	185	187	NE	-2
proband č.4	174	165	ANO	9
proband č.5	199	188	ANO	11
proband č.6	185	188	NE	-3

Všechny hodnoty v tabulce jsou zaznamenány v tep/min.

## 6 Diskuze

Cílem této studie bylo navrhnout způsob testování maximální SF v bazénu s protiproudem. Jako vzor nám bylo testování na bicyklovém a běhacím ergometru, podle kterých jsme navrhli metodiku k měření SF max ve flumu. Zde se objevily rozdíly, které bylo potřeba vyřešit. U běžeckého ergometru se pracuje s navyšováním intenzity za pomoci zvýšení rychlosti pásu a s nakloněním běžecké roviny. Na bicyklovém ergometru zase navyšujeme zatížení za pomoci Wattů, čili zvýšením odporu šlapání. Ve flumu je jediná možná forma nárůstu intenzity plavání zvýšením průtoku vody v m/s.

Na otázku, zdali je možné, po úpravě metodiky testování max SF na suchu, realizovat testování max SF v plaveckém trenažéru, bych odpověděl ano, je to možné. Stejně tak jako na běhátku nebo bicyklovém ergometru, tak i tady můžeme využít stejný postup při měření (rozehřátí, stupňovaný test do maxima aj.) Jenom před fází rozehřátí (ve flumu rozplavání) jsme zařadili 8 minutové volné plavání, aby se proband lépe připravil na následný výkon a proběhla adaptace na prostředí bazénu, jak po tělesné tak i mentální stránce. Další malou změnou v postupu bylo zkrácení intervalu navyšování intenzity. Na kole či běhátku se navyšuje intenzita po 1 minutě. V našem případě by to mohlo být pro plavce až příliš vyčerpávající a náročné a mohlo by se stát, že probandi budou končit s testem nikoliv z důvodu dosažení svého individuálního maxima, ale vyčerpáním a únavou svalů, při čemž by se SF nedostala k požadovaným maximálním hodnotám. Z toho důvodu jsme interval navyšování intenzity snížili na 30 s.

Obavy jsme měli v průběhu testu z nárůstu vln a proudění vody ve flumu. Se zvyšující intenzitou se tvořily vlny, které ovlivňovaly pohyb plavce. Obávali jsme se, že v intenzitě blížící se individuálnímu maximu každého z probandů, se může stát, že proband vdechne vodu, „zakucká“ se a test tím bude narušen, nebo úplně zastaven.

O otázce, zdali je plavecký trenažér vhodný k testování max SF, je možné polemizovat. Trénink plavců je z větší části prováděn ve vodě. Proto se domníváme, že adaptace na vodní prostředí bude u těchto sportovců vyšší než u sportovců provádějících pohybovou aktivitu na suchu. Tím pádem by provedení

testu max SF ve flumu mělo být pro plavce vhodnější, než provedení testu na suchu. Domníváme se, že běhací pás, nebo cykloergometr jsou pro plavce tak odlišné formy lokomoce, u kterých plavec není schopen dosáhnout výkonu, který se vztahuje k prostředí, ve kterém pohybovou aktivitu provádí (pohyb je prováděn ve vodě, ovlivňován její teplotou a polohou těla). Pokud chceme zjišťovat kritické fyziologické hodnoty, je nutná co nejvyšší adaptace na dané prostředí a musí být co nejlépe obeznámen s průběhem testu.

Na základě provedených testů víme, že technické parametry flumu jsou v současné době limitovány nastavením rychlosti vodního proudu. Pokud testujeme pouze kondiční plavce, víme, že flum je dostačující pro jejich nižší tělesnou zdatnost a nižší plavecký výkon. Při testování plavců s vysokou tělesnou zdatností nastává problém, jelikož současné technické parametry flumu jsou omezené. Z výsledků našeho měření vyplývá, že u plavců, kteří již ukončili svou závodní kariéru a plavou jen rekreačně je možné flum v plavecké laboratoři využít a můžeme počítat s požadovaným výsledkem. Ale u plavců, kteří stále závodně plavou a jsou na vysoké výkonnostní úrovni, je maximální rychlost vodního proudu nízká. To nám potvrzuje i proband č. 3, který se dostal na nejvyšší výkonnostní stupeň flumu, kde setrval v plavání po dobu 1 min a 5 sekund. Došlo k tomu, že jeho individuální výkonnost byla vyšší než nejvyšší rychlost proudu, kterou můžeme flumem zajistit. Chyběly nám další stupně k navýšení intenzity proudu a tím proband č. 3 nedosáhl své SF max. Odpověď na otázku by zněla asi takto, : Ano, plavecký trenažér flum je ideální pro zjišťování max SF u plavců, v případě, že v budoucnu bude možno zvýšit rychlost vodního proudu.

Jako počáteční rychlost plavání jsme zvolili rychlost submaximální. Využili jsme test CSS a získali hodnotu, kterou Mackenzie (2003) definuje jako teoretickou rychlost plavání na úrovni anaerobního prahu a může být zachována v plynulém plavání bez výrazného vyčerpání.

Pro náš účel 5 min rozplavání v testu do maxima je ideální. Dosáhli jsme tak vysoké aktivace svalů, zvýšení SF a s tím současně zvýšení krevního oběhu, prokrvení a prohřátí svalů a přípravu na stupňovaný test do individuálního maxima. Na výzkumnou otázku: Je vhodné využít metody CSS pro zjištění individuální rychlosti na úrovni ANP k zahájení testu max SF v plaveckém



trenažéru?, bych odpověděl ano, je to vhodné. Test je jednoduchý na provedení a vychází z něj hodnoty, které jsou přesné do nastavení rychlosti plavání ve flumu.

Je velice problematické zvolit vzorec výpočtu SF max, do kterého bychom mohli zahrnout naši zkoumanou skupinu probandů a to z důvodů množství faktorů, které max SF ovlivňují Čechovská, Novotná, Milerová (2003). Na základě studia literatury jsme zvolili obecný vzorec  $(220 - \text{věk})$  (Chaloupka, Elbl, 2003) a souvislosti s redukcí SF ve vodě, které jsem vysvětlili v teoretické části se přikláníme k vzorci Čechovské, Novotné, Milerové (2003), přidáním odpočtu diving reflexu  $-10$  jsme získali finální vzorec  $(220 - \text{věk}) - 10$ . Tento vzorec nám udal orientační hodnotu SF max ve vodě, a podle něj jsme porovnávali max SF, která byla dosažena při testu ve flumu. Výsledky SF probandů nám to také potvrzují. Např. proband č.3 po absolvování testu sám usoudil, že pro něj maximální rychlost proudu ve flumu nebyla dostačující, a proto i sám cítil, že se na svou max SF nedostal. Podle vzorce výpočtu max SF nám bylo potvrzeno, že probandovi č. 3 několik tepů k teoretickému maximu chybělo. Proband č. 6 oznámil, že v posledních dnech před testem byl nemocen, tudíž se domníváme, že jeho organismus byl stále oslaben a nedokázal dosáhnout maximálního výkonu. Na druhou stranu u 4 probandů bych provedení testu max SF hodnotil jako pozitivní. Teoretický výpočet max SF přesahovali o průměrných 9 tepů/min. Zde se ukázala vysoká úroveň adaptace na vodní prostředí ve srovnání s teoretickým výpočtem max SF. Hodnoty ale nejsou relevantní. Jestli bychom chtěli opravdu zjistit vliv vodního prostředí na max SF, museli bychom provedený test aplikovat na suchu a následně výsledky mezi sebou porovnat. Proband č. 5 v průběhu testu dosahoval nadměrných hodnot SF, což si vysvětlujeme zvýšenou aktivací sympatiku.

Po provedení testování můžeme tvrdit, že naměřená maximální srdeční frekvence ve flumu zcela neodpovídá teoretickému výpočtu.

Plavání je od pohybu na suchu odlišné a také prostředí ztěžuje podmínky pro testování. Zaznamenávání SF je obtížnější hned z několika důvodů. Prvním a hlavním důvodem obtížného snímání SF může být nedostatečně připevněný hrudní pás sporttestru. Pás při nízkých rychlostech plavání drží a snímá bez větších problémů, ale při navyšování rychlosti proudu se odpor zvyšuje, upevnění pásu je nestabilní a dochází k přerušení signálu. Při testování max SF jsme chtěli

kontrolovat SF v průběhu testování tak, že přijímač bude umístěn na hraně bazénu ve vzdálenosti maximálně 1 m od probanda. I když manuál sporttestru informuje o přenosu signálu na maximální vzdálenost 1 m, při zkoušce signál nebyl dostatečně silný a vypadával. Standardně jsme přistoupili k upevnění hodinek na zápěstí probanda s tím, že jsme nebyli schopni SF kontrolovat během provádění testu. Provedení záznamu SF pomocí sporttestru není vždy spolehlivé. Signál může být velice lehce přerušen různými faktory. To je evidentní u probanda č. 6, kde záznam SF není úplný a křivka SF během testu neodpovídá dané zátěži.

## 7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout způsob testování maximální SF v bazénu s protiproudem. Výzkumné otázky jsme určili tyto: Bude naměřená maximální srdeční frekvence ve flumu odpovídat teoretickému výpočtu? Je plavecký тренаžér vhodný k testování max SF? Je možné, po úpravě metodiky testování max SF na suchu, realizovat testování max SF v plaveckém тренаžéru? Je vhodné využít metody CSS pro zjištění individuální rychlosti na úrovni ANP k zahájení testu max SF v plaveckém тренаžéru?

Stanovené cíle a úkoly práce byly splněny. Podařilo se nám upravit metodiku, pro zjišťování max SF v plaveckém тренаžéru přepracováním zátěžové diagnostiky na suchu. Podle zásad pilotní studie jsme provedli měření v plaveckém тренаžéru, kde jsme s většinou probandů při stupňovaném zátěžovém testu dosáhli hodnot max SF. Navrhovali bychom pro případný následný výzkum použít větší počet probandů, aby bylo možné provést kvantitativní výzkum, který by se dal ověřit statistickou metodou.

Náš výzkumný soubor se skládal ze 6-ti probandů, studentů a učitele na FTVS, kteří byli nebo stále jsou aktivními plavci.

Jako zajímavý považujeme výsledek probanda č. 5, který byl se svou SF neustále na velmi vysokých hodnotách. Podle svých slov, ale své maximální srdeční frekvence nedosáhl, protože ví, že při testu na suchu dosáhl hodnot přesahujících 210 tep/min. Hodnoty max SF u všech probandů jsme porovnali s teoretickým výpočtem, který nám určil orientační hodnotu, podle které jsme byli schopni dále usoudit, zdali bylo max SF dosaženo či nikoliv. Hodnoty laktátu nám také ukázali, že probandi plavali ve svých hraničních hodnotách ve vysokém zatížení.

Výsledky měření potvrzují, že je možné plavecký тренаžér flum využít k testování maximální SF bez větších problémů. Avšak momentální nastavení výkonu flumu je nedostačující pro závodní plavce s vysokou výkonností. Proto bychom doporučovali přenastavit flum na vyšší výkon. Po úpravě nastavení rychlosti vodního proudu bychom jej mohli doporučit trenérům, ale i osobám, které by měly zájem na měření své maximální SF. Pro počáteční rozplavání byla zvolena rychlost CSS, která se ukázala k tomuto účelu jako optimální z důvodu

stanovení submaximální rychlosti plavání na úrovni ANP. Tato submaximální rychlost také byla následně jednoduše nastavitelná v plaveckém trenažéru.

## Použitá literatura

1. ASTRAND, P. O., RODAHL, K. *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise*. New York: McGraw – Hill, 1977. ISBN 0-07-002406-5.
2. BUNC, V. *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*. Praha: Optis print, 1990. ISBN 80-7066-214-X.
3. ČECHOVSKÁ, I., MILER, T. *Plavání*. Praha: Grada Publishing, 2001. s. 42 – 47. ISBN 80-247-9049-1.
4. ČECHOVSKÁ, I., NOVOTNÁ, V., MILEROVÁ, H. *Aqua-fitness*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2003 ISBN 80-247-0462-5.
5. DISHMAN, R.K., WASHBURN, R.A., SCHOELLER, D.A. *Measurement of physical activity*. 2001, Quest, vol. 53, No. 3, p. 295-309.
6. DOVALIL, J. a kol. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2009. s. 58. 72. ISBN 978-80-7376-130-1.
7. HAVLÍČKOVÁ, L. a kol. *Fyziologie tělesné zátěže I. – obecná část*. Praha: Karolinum, 2008. s. 19 – 25. ISBN 978-80-7184-875-2.
8. HAVLÍČKOVÁ, L. a kol. *Fyziologie tělesné zátěže II. speciální část – I.díl*. Praha: Karolinum, 1993. s. 128 – 141. ISBN 80-7066-815-6.
9. HENDL, J., DOBRÝ, L. a kol. *Zdravotní benefity pohybových aktivit: Monitorování, intervence, evaluace*. Praha: Karolinum, 2011. s. 179-180. ISBN 978-80-246-2000-8.
10. HOFER, Z. a kol. *Technika plaveckých způsobů*. Praha: Karolinum, 2006. s. 48 – 56. ISBN 80-246-1205-4.
11. HOUDOVÁ, V. *Vliv aqua-činek na intenzitu zatížení při aqua-aerobiku v mělké vodě*. Praha: 2011. 139 s. Diplomová práce na UK FTVS  
Vedoucí práce Eva Peslová
12. CHALOUPKA, V., ELBL, L., a kol. *Zátěžové metody v kardiologii*. Praha: Grada publishing a.s., 2003 ISBN 80-247-0327-0.
13. JÁNSKÝ, L. *Fyziologie adaptací*. Praha: Academia, 1979.
14. JURSIK, D. a kol. *Plávanie: Učebnica pre školenie trénerov*. Bratislava: Šport, 1990. s. 137 – 139. ISBN 80-7096-107-4.
15. KOUBA, J. Nový bazén flume v laboratoři FTVS. *Bazén a Sauna*, 2010, č. 1/2, s. 12 – 13.

16. MAUD, P. J., FOSTER, C. *Physiological Assessment of Human Fitness*. Copyright, 2006. ISBN 0-7360-4633-X.
17. MÁČEK, M., VÁVRA, J. *Fyziologie a patofyziologie tělesné zátěže*. Praha: Avicenum, 1988.
18. NEUMANN, G., PFÜTZNER, A., HOTTENROTT, K. *Trénink pod kontrolou*. Havlíčkův Brod: Grada Publishing, a.s., 2005. ISBN 80-247-0947-3.
19. NOVOTNÁ, V. a kol. *Fit programy pro ženy*. 1.vyd. Praha: Grada, 2006. s. 17. ISBN 80-247-1191-5.
20. ROKYTA, R. a kol. *Fyziologie*. Praha: ISV, 2000. s. 120 – 121. ISBN 80-85866-45-5.
21. SILBERNAGL, S. *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada publishing, 2004 ISBN 80-247-0630-X.
22. ŠTEJFA, M., a spol. *Kardiologie*. Praha: Grada publishing a.s., 1995 ISBN 80-7169-110-0.

### **Internetové zdroje**

1. ALTMAN, D., BURTON, N., CUTHILL, I., FESTING, M., HUTTON, J., PLAYLE, L. *Why do a pilot study?* [online]. 2006. [cit. 2012-02-10]. Dostupné z: <http://www.nc3rs.org.uk/downloaddoc.asp?id=400>
2. HNÍZDIL, J. Anotace (projekt dizertační práce) [online]. 2001, [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: [http://pf.ujep.cz/files/user\\_files/KTV/hnizdil/antropo/ZOZ/sf.html](http://pf.ujep.cz/files/user_files/KTV/hnizdil/antropo/ZOZ/sf.html)
3. MACKENZIE, B. *Critical Swim Speed* [online]. 2003. [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: <http://www.brianmac.co.uk/css.htm>
4. MACKENZIE, B. *Maximum heart rate* [online]. 1999. [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: <http://www.brianmac.co.uk/maxhr.htm>
5. SIMON, S. *Pilot study* [online]. 2008. [cit. 2011-03-15]. Dostupné z: <http://www.childrens-mercy.org/stats/plan/pilot.asp>
6. SEKERA, J. *Jak měříme maximální tepovou frekvenci?* [online]. 2010. [cit. 2011-03-23]. Dostupné z: <http://www.sportvital.cz/sport/trenink/zatezova-diagnostika/jak-merime-maximalni-tepovou-frekvenci/>

7. TANAKA, H. a kol. Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited. *Journal of the American Collage of Cardiology*. [online]. 2001. roč. 37, č.1, s. 153-156. ISSN 0735-1097 Dostupný z: <http://www.s241892358.mialojamiento.es/resources/Tanaka.pdf>
8. WHEELER, U. *What is a Pilot Study?* [online]. 2010. [cit. 2011-03-15]. Dostupné z: <http://www.suite101.com/content/what-is-a-pilot-study-a266739>

### **Seznam obrázků, grafů a tabulek:**

Obrázek č. 1 - Závislost hodnot SF na věku .....	19
Graf č. 1 - Křivka SF proband č. 1 .....	48
Graf č. 2 - Křivka SF proband č. 2 .....	49
Graf č. 3 - Křivka SF proband č. 3 .....	50
Graf č. 4 - Křivka SF proband č. 4 .....	51
Graf č. 5 - Křivka SF proband č. 5 .....	52
Graf č. 6 - Křivka SF proband č. 6 .....	53
Tabulka č. 1 - Informace o probandech.....	38
Tabulka č. 2 - CSS proband č. 1 .....	43
Tabulka č. 3 - CSS proband č. 2.....	44
Tabulka č. 4 - CSS proband č. 3.....	45
Tabulka č. 5 - CSS proband č. 4.....	45
Tabulka č. 6 - CSS proband č. 5.....	46
Tabulka č. 7 - CSS proband č. 6.....	47
Tabulka č. 8 – proband č. 1 - SF, roky, laktát .....	48

Tabulka č. 9 – proband č. 2 - SF, roky, laktát .....	49
Tabulka č. 10 – proband č. 3 - SF, roky, laktát .....	50
Tabulka č. 11 - proband č. 4 - SF, roky, laktát .....	51
Tabulka č. 12 - proband č. 5 - SF, roky, laktát .....	52
Tabulka č. 13 - proband č. 6 - SF, roky, laktát .....	53
Tabulka č. 14 - porovnání dosažené max SF s teoretickou max SF.....	54

### **Seznam zkratk:**

CSS – Critical swim speed

ANP – Anaerobní práh

SF – Srdeční frekvence

TF – Tepová frekvence

flum – Plavecký trenažér

m – Metr

s - Sekunda

m/s – Metry za sekundu

LA – laktát

ATP – CP - Adenosintrifosfát – creatinfosfát

### **Seznam příloh:**

Příloha č. 1: Vyjádření etické komise

Příloha č. 2: Informovaný souhlas

Příloha č. 3: Tabulka č. 15 - Průběh měření max SF ve flumu (probandi 1 - 6)

Příloha č. 4: Testování proudu vody ve flumu



## **Vyjádření etické komise – doplnit!**

## **Příloha č. 2 - Informovaný souhlas**

**Testující:** Tomáš Hubička      student FTVS IV. ročník

Byli jste vybráni mezi studenty FTVS k tomu, abyste podstoupili zátěžové testy a měření do bakalářské práce svého kolegy. Jste vhodnými adepty, jelikož splňujete podmínky: být, nebo jste byli studenty FTVS a být aktivní, nebo jste byli aktivními plavci.

V měřeních budeme zjišťovat kritickou rychlost plavání (CSS) v bazénu a dále v bazénu s protiproudem zjišťovat Vaši max SF. S následným odebráním laktátu. Jako odborný dohled a vedoucí této práce je pan Mgr. Daniel Jurák

Z hlediska časového se bude jednat o dvě měření (bazén, bazén s protiproudem), které zabere každé max 30 min k získání výsledků.

Bude se jednat o vytvoření neinvazivní metodiky pro zjišťování max SF v bazénu s protiproudem, kde k zjišťování potřebujeme sporttester a bazén s protiproudem.

Je možné, že v průběhu testů a měření budete mít nepříjemné pocity, jelikož jde o zátěžové testy, které je nutné dělat poctivě a pokud možno na 100%. Je velice pravděpodobné, že po měřeních budete unaveni a vyčerpáni. Samotné měření je absolutně bezbolestné, a tudíž není důvod se ničeho obávat.

Toto měření je prováděno pouze z Vaší dobré vůle a z přátelských vztahů ke svému kolegovi, a tak za to není žádné finanční ohodnocení či odměna.

Na závěr bych Vás rád ubezpečil, že veškerá získaná data (výsledky) nebudou zneužity a osobní data zveřejněna.

Dne 26.3.2012

**Příloha č. 3 - Průběh měření max SF ve flumu (proband 1 - 6)**

1	Jméno	klid SF	start	SF po 5 min	SFpauza 1	stupeň 9	stupeň 10	stupeň 11	stupeň 12	laktát	SF 1 min	SF 2 min	SF 3 min
	Proband č. 1	49	9:37	177	167	SF 175	SF 184	SF 190	SF 191				
						stupeň 13	stupeň 14	stupeň 15	stupeň 16				
						SF 195	SF 196	SF	SF				
2	Jméno	klid SF	start	SF po 5 min	SFpauza 1	stupeň 9	stupeň 10	stupeň 11	stupeň 12	laktát	SF 1 min	SF 2 min	SF 3 min
	Proband č. 2	54	10:03	178	160	SF 162	SF 171	SF 182	SF 192				
						stupeň 13	stupeň 14	stupeň 15	stupeň 16				
						SF 197	SF	SF	SF				
3	Jméno	klid SF	start	SF po 5 min	SFpauza 1	stupeň 12	stupeň 13	stupeň 14	stupeň 15	laktát	SF 1 min	SF 2 min	SF 3 min
	Proband č. 3	47	10:20	161	130	SF 130	SF 130	SF 170	SF 186				
						stupeň 16	stupeň 16	stupeň	stupeň				
						SF 182	SF 185	SF	SF				
4	Jméno	klid SF	start	SF po 5 min	SFpauza 1	stupeň 9	stupeň 10	stupeň 11	stupeň 12	laktát	SF 1 min	SF 2 min	SF 3 min
	Proband č. 4	47	10:55	157	128	SF 142	SF 156	SF 166	172				
						stupeň 13	stupeň 14	stupeň 15	stupeň 16				
						SF 174	SF	SF	SF				
5	Jméno	klid SF	start	SF po 5 min	SFpauza 1	stupeň 12	stupeň 13	stupeň 14	stupeň 15	laktát	SF 1 min	SF 2 min	SF 3 min
	Proband č. 5	60	11:20	199	164	SF 190	SF 199	SF 199	SF 199				
						stupeň 16	stupeň	stupeň	stupeň				
						SF	SF	SF	SF				
6	Jméno	klid SF	start	SF po 5 min	SFpauza 1	stupeň 10	stupeň 11	stupeň 12	stupeň 13	laktát	SF 1 min	SF 2 min	SF 3 min
	Proband č. 6	59	11:55	176	149	SF 154	SF 154	SF 154	SF 154				
						stupeň 14	stupeň 15	stupeň 16	stupeň				
						SF 154	SF 185	SF	SF				

#### Příloha č. 4 – Testování proudu vody ve flumu

Z výsledků měření z 8.3.2012, které bylo provedeno Caganěm a Jurákem v plavecké laboratoři Fakulty tělesné výchovy a sportu, kde byl kontrolován proud flumu bylo zjištěno, že technické parametry flumu nejsou zcela přesné. Měření proudu vody bylo provedeno přístrojem Greissinger. Maximální rychlost proudu podle technických dat by měla být 2,5 m/s, ale z výsledků měření lze zjistit, že se maximální rychlost proudu dostala na 1,85 m/s. Od technických parametrů flumu jsme nastavovali s rozdílem naměřeným tímto měřením o dva stupně vyšší level (př. CSS 1,1 m/s podle technických parametrů flumu level 7, podle tabulky level 8). Podle odborného posouzení jsme určili pro samotný test ještě o stupeň vyšší intenzitu tedy level 9. Z posledního měření víme, že rychlost proudu se mění nelineárně.

TESTOVÁNÍ RYCHLOSTI FLUM 8.3.2012 Jurák, Cagaň. Měření proudu vody bylo prováděno přístrojem Greissinger					
STUPĚŇ	hloubka	40cm od levého okraje	1,1m od levého okraje	výsledná průměrná rychlost v m/s	Vzdálenost od čela flumu
Stupeň 5	5cm	0,8	0,77		1,5 m
	15cm				
	5cm	0,84	0,88	0,76	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	0,99	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	1,06	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	1,13	2,5 m
	15cm	1,09	1,11		
Stupeň 9	5cm	1,28	1,23	1,22	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	1,35	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	1,47	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	1,54	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	1,6	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	1,71	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	1,8!	1,5 m
	15cm	1,7	1,7		
	5cm	1,72	1,75		2,5 m
	15cm	1,52			
Stupeň 16	5cm				1,5 m
	15cm		1,85		