

Univerzita Karlova v Praze

Fakulta tělovýchovy a sportu

Diplomová práce

**Porovnání energetické náročnosti při plavání v oděvu
a bez oděvu**

Vedoucí diplomové práce:

Mjr. Mgr. Sýkora Karel

Zpracoval:

Čáp Václav

PRAHA 2009

Abstrakt

Název práce: Porovnání energetické náročnosti při plavání v oděvu a bez oděvu.

The comparison of the energy expenditure in swimming with or without suit.

Cíl práce: Práce byla zaměřena na zjištění odezvy organismu jedince v podobě srdeční frekvence během plavání v plavkách a oděvu vz.95. Měření proběhlo v bazénu s protiproudem. S využitím spiroergometrického testu byl zjištěn rozdíl energetické náročnosti jednotlivých druhů plavání.

Metoda: Jednalo se o kvalitativní výzkum s metodou zúčastněného pozorování probandů při plavání v oděvu a bez něj v bazénu s protiproudem. Šlo o kazoistický výzkum 5 plavců, kteří splňují podmínky vojenského plavání.

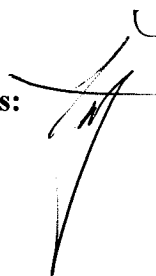
Výsledky: Proběhla měření při dvou rychlostech proudu - $v_1 = 0,59m/s$ a $v_2 = 0,66m/s$. U netrérovaných plavců došlo během plavání v oděvu pro rychlost protiproudu v_1 k průměrnému zvýšení maximální SF o 21 tepů/min oproti plavání v plavkách. Rozdíl maximálně dosažených SF pro rychlost v_2 byl 27 tepů/min. Závodní plavec nedosahoval takových rozdílů. Průměrná energetická spotřeba při plavání v protiproudu o rychlosti v_1 se rovnala 34 kJ/min pro plavky a 47 kJ/min pro oděv. Pro druhé měření s rychlostí protiproudu v_2 byly energetické výdeje 31 kJ/min pro plavání v plavkách a 53 kJ/min pro plavání v oděvu.

Klíčová slova: Plavání v oděvu, vojenské plavání, zatížení při plavání, srdeční frekvence, protiproud, energetická spotřeba

Keywords: swimming in dress, military swimming, strain, heart rate, flume swimming, energy expenditure

**Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval
samostatně, za pomoci uvedené literatury a
naměřených výsledků.**

Podpis:

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes. The signature is positioned to the right of the word 'Podpis:'.

Poděkování: Rád bych poděkoval Mgr. Sýkorovi za vedení práce a pomoc při finančním zajištění měření. Děkuji za odbornou pomoc a konzultace Mgr. Jiřímu Balášovi Ph. D. z Katedry sportů v přírodě Fakulty tělesné výchovy a sportu UK v Praze. Dále bych rád poděkoval rodičům za podporu při mém studiu a pomoc při korekturách této práce.

ÚVOD	8
1. ÚVODNÍ ČÁST	10
1.1 FORMULACE PROBLÉMU	10
1.2 ROZSAH PLATNOSTI.....	10
1.2.1 Vymezení studie.....	10
1.2.2 Omezení studie.....	10
1.3 DEFINICE POJMŮ.....	10
1.4 ROZBOR LITERATURY.....	11
2. TEORETICKÁ ČÁST	13
2.1 VÝCVIK VOJENSKÉHO PLAVÁNÍ V AČR.....	13
2.1.1 Plavání v oděvu.....	14
2.1.2 Využití plavání v oděvu u výsadkových vojsk v AČR.....	15
2.2 ENERGETICKÝ METABOLISMUS	16
2.2.1 Energie a její zdroje.....	16
2.2.2 Využití energie lidského těla pro pohyb.....	16
2.2.3 Formy energie uložené v lidském těle.....	17
2.3 FYZIOLOGIE PLAVÁNÍ.....	18
2.3.1 Funkční a metabolická charakteristika sportovního výkonu.....	19
2.3.2 Fyzikální vlivy prostředí působící na plavce.....	22
2.3.3 Odpor vodního prostředí proti pohybu plavce.....	23
2.3.3.1 Odpor tření.....	24
2.3.3.2 Vlnový odpor.....	24
2.3.3.3 Tvarový odpor.....	25
2.3.4 Popis plaveckého způsobu prsa.....	27
2.3.5 Plavání v oděvu - specifika brzdných a hnacích sil.....	28
2.4 SRDEČNÍ FREKVENCE.....	30
2.4.1 Věk a pohlaví.....	30
2.4.2 Velikost srdce.....	31
2.4.3 Sportovní výkonnost.....	32
2.4.4 Zdravotní stav.....	33
2.5 FYZIOLOGIE DÝCHÁNÍ.....	34
2.5.1 Maximální spotřeba kyslíku $\dot{V}O_{2MAX}$	34
2.5.2 Kyslíkový dluh.....	37
2.5.3 Energetický ekvivalent kyslíku.....	37
2.6 ERGOMETRIE A MĚŘENÍ.....	38
2.6.1 Měření ve vodním prostředí.....	39
2.6.2 Metody měření respiračních hodnot ve vodě.....	41
2.6.3 Vzájemný vztah srdeční frekvence a spotřeby kyslíku.....	42
3. CÍLE, ÚKOLY, VÝZKUMNÉ OTÁZKY	43
3.1 CÍL PRÁCE	43
3.2 ÚKOLY PRÁCE	43
3.3 VÝZKUMNÉ OTÁZKY	43
4. METODIKA VÝZKUMU	44
4.1 POPIS SKUPINY	44
Proband 1.....	44
Proband 2.....	45
Proband 3.....	45
Proband 4.....	45
Proband 5.....	45
4.2 PLÁN VÝZKUMU	46
4.3 MĚŘICÍ PROCEDURY	48

4.4	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	49
5.	VÝSLEDKY	50
5.1	VÝSLEDKY SPIROERGOMETRIE	50
5.2	DATA NAMĚŘENÁ BĚHEM PLAVÁNÍ	52
5.3	VYPOČTENÁ ENERGETICKÁ SPOTŘEBA PŘI PLAVÁNÍ.....	58
6.	DISKUZE.....	60
7.	ZÁVĚR	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
	SEZNAM ZKRATEK	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ	68
	SEZNAM TABULEK.....	69
	SEZNAM PŘÍLOH	70
	PŘÍLOHY	71

Úvod

K tématu diplomové práce mě přivedla zkušenost s úrovní plaveckých dovedností u vojáků z povolání. Většinou jsou na podprůměrné až špatné úrovni. Situaci by mohlo předcházet testování úrovně plavecké schopností v rámci fyzických testů při přijímacím procesu nového vojáka z povolání. Tak se tomu ale neděje, rekrut je jen písemně dotázán, zda je nebo není plavec. Každý si pak pod pojmem plavec představuje něco jiného.

K výcviku vojenského plavání lze přistoupit tehdy, když jednotlivec prokáže svoje plavecké schopnosti v těchto disciplínách:

- Uplavat 300m libovolným způsobem bez přerušení
- Ponořit se pod hladinu na dobu alespoň 30 sekund
- Se startovním skokem uplavat 20m pod vodou

S osobami, co nesplní tyto požadavky, se odděleně provádí výcvik základních plaveckých dovedností s důrazem na odstranění závažných chyb v plaveckých technikách. Pokud ani po tomto výcviku voják podmínky vstupních disciplín nesplní, nesmí být do výcviku vojenského plavání zařazen. Celkově se tedy výcvik vojenského plavání roztrhne na více částí z čehož výcvik nejvíce časově prodlužuje a prodražuje právě výcvik slabších plavců.

Při výcviku vojenského plavání na výcvikové základně Vyškov jsem u studentů vysokých vojenských škol i ostatních vojáků z povolání narazil na rozsáhlý problém při cvičení plavání v oděvu, které patří do tématického celku plavání za ztížených podmínek. Výcvik byl zjednodušen, všichni plavali v triku a teplákové soupravě a bez bot. Za normálních podmínek se plave v triku, maskáčových kalhotách, blůze a kanadách. Plavalo se na vzdálenost cca 50m, přesto byl pro některé výcvik nadmíru náročný.

Další skupinou, pro které je plavání v oděvu důležité, jsou výsadkové jednotky. V rámci své výsadkové přípravy absolvují seskoky do vody. Těmto seskokům předchází plavecký test v oděvu a botách na 100m bez časového limitu.

Tato práce navazuje na diplomovou práci „Zkoumání odezvy organismu na různé typy plaveckých zátěží“ od Martina Krále z roku 1998. Autor v ní měřil odezvu organismu (plavaný čas, hodnoty laktátu a tepovou frekvenci) na různé druhy zátěže při plavání (v plavkách, s odporovým pásem, v neoprenu, v poloviční a úplné vojenské výstroji). Plavaná vzdálenost byla 50m a 100m v klasickém 25m bazénu, plavaný způsob kraul.

Hodnoty tepové frekvence v průběhu plavání se autorovi nepodařily naměřit. Sportester začal tyto hodnoty snímat až po doplavání.

Důležité údaje pro účely mojí práce byly časy pro plavání 100m tratě v plavkách a celé ústroji. Výsledky jsou zpracovány v níže uvedené tabulce.

Tabulka 1 – Naměřené časy při plavání v oděvu a plavkách na 100m trati

	100m v plavkách	100m v celé ústroji
Plavec č.1	1:35,4 min	2:49,8 min
Plavec č.2	1:34,0 min	2:48,6 min
Plavec č.3	1:10,0 min	2:39,6 min

(Král, 1998)

Z naměřených časů plavání autor vyvozuje převládající anaerobní - laktátový systém úhrady energie a charakter pohybu jako krátkodobou vytrvalost.

Podstatné pro moji práci byly časové údaje plavců na 100m v celé ústroji. Orientačně ukazují průměrnou rychlost plavání této vzdálenosti v oděvu. Dosadíme-li

tyto časy do vzorce pro výpočet rychlosti $v = \frac{s}{t}$

vrychlost plavání (m/s)

s.....dráha (m)

t.....čas (s)

dojdeme k rychlostnímu rozmezí plavání od 0,59 m/s po 0,63m/s. Tyto údaje orientačně poslouží k nastavení rozsahu rychlosti toku protiproudu pro účely této práce.

1. Úvodní část

1.1 Formulace problému

Předmětem zkoumání této práce je průběh srdeční frekvence a spotřeby energie při plavání ve vojenském oděvu vz.95. Plavání v oděvu je jednou z částí výcviku voj. plavání a rozšiřuje plavecké dovednosti vojáků.

1.2 Rozsah platnosti

1.2.1 Vymezení studie

Výsledky této práce budou platit pro vojáky splňující limity výcviku vojenského plavání.

1.2.2 Omezení studie

- Malý počet probandů.
- Velké náklady spojené se specifickými podmínkami měření.
- Nedostupnost vhodného technického vybavení k měření respiračních hodnot.

1.3 Definice pojmů

Plavání v oděvu - spadá ve výcviku obsahově do kategorie brodění a plavání za ztížených podmínek. Ztíženými podmínkami se nerozumí jen plavání v oděvu, ale i plavání v mlze, v noci, nebo třeba na vodní ploše pokryté vodním rostlinstvem. (Těl 51-5, 2006)

Srdeční frekvence (SF) - Srdeční frekvence je veličinou, podle které se posuzuje zatížení kardio-respiračního systému. Velmi rychle reaguje na změny velikosti zatížení a zvláště na změny zatížení při práci svalstva. Používá se pro posuzování intenzity cvičení, resp. zatížení. Důležitými údaji tohoto posuzování jsou hodnoty klidové srdeční frekvence a hodnoty při zatížení, resp. maximální srdeční frekvence. Hodnoty jsou

ovlivňovány celou řadou faktorů, a proto se při posuzování zohledňuje: věk a pohlaví, velikost srdce, sportovní výkonnost, zdravotní stav. (Neumann, Pfützner a Hottenrott, 2005)

Energetický ekvivalent kyslíku (EE_{O_2}) - udává množství energie, které vznikne spotřebou 1 litru kyslíku. Tato hodnota není vždy stejná, mění se podle toho, jaké živiny jsou využívány a v jakém množství. (Selinger a Vinařický, 1992)

Ergometrie (kalorimetrie) - neboli měření výdeje energie. Lze měřit přímo nebo nepřímo. Přímá kalorimetrie měří teplo, které živý organismus vyzařuje do okolního prostředí a výměnu plynů. Nepřímá kalorimetrie určuje celkovou energetickou spotřebu pomocí analýzy vydechovaných plynů. (McArdle, Katch I. Frank a Katch I. Victor, 2007)

1.4 Rozbor literatury

V internetových databázích jsem se zaměřil na odkazy a články se zkoumanou problematikou vojenského plavání, fyziologii plavání, na měření vztahené ke specifickým podmínkám vodního prostředí a vzájemné vztahy spotřeby kyslíku a srdeční frekvence u plavců.

Dále jsem hledal diplomové nebo disertační práce, které mají s tématem nějakou souvislost.

Pro získání teoretických poznatků ohledně fyziologické zátěže při plavání čerpám z Fyziologie pohybové zátěže 2 (Havlíčková a kolektiv, 1993). Biomechaniku pohybu studuji z několika titulů, zvláště pak od amerického autora Cecila M. Colwina. Jedná se o Breakthrough swimming (Colwin, 2002), dále pak Swimming fastest (Maglischo, 2003). Z české literatury pak Technika plaveckých způsobů (Hofer a

kolektiv,2003). Energetický metabolismus studuji z Handbook of sport medicine and science – Swimming (Stager, Tanel, 2005). Metody měření sportovců ve vodním prostředí jsou popsány v Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance – 6th edition (McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch, 2007), Exercise physiology: Human Bioenergetics and its applications – fourth edition (Brooks, Fahey, Baldwin, 2005) a částečně v knize Trénink pod kontrolou (Neumann, Pfützner, Hottenrott, 2005). Témata samotného voj. plavání, nebo jiné vztažené k AČR čerpám z předpisů a nařízení Ministerstva obrany. Především se bude jednat o RMO č.14/1999, Těl-51-5 2006.

Informace statistického zpracování a metodologie jsou čerpány z Přehledu statistických metod zpracování dat (Hendl, 2004).

2. Teoretická část

2.1 Výcvik vojenského plavání v AČR

Rozkaz ministra obrany č.14 z roku 1999 ukládá vojákům a studentům středních a vysokých vojenských škol povinnost výcviku ve speciální tělesné přípravě. V té se vojáci podle služebního zařazení připravují ke zvládnutí složitých činností a úkolů spojených s jejich vojenskou odborností.

Témata speciální tělesné přípravy jsou:

- boj zblízka
- vojenské lezení
- vojenské plavání
- základy přežití
- překonávání překážek a házení
- přesuny
- speciální tělesná příprava
výkonných letců
(RMO č. 14/1999)

Cílem výcviku ve vojenském plavání je naučit vojáka pohybu ve vodním prostředí, spojit tento pohyb s vojenskými činnostmi, překonáváním vodních překážek za pomoci brodění, nebo plavání. Dále rozvíjet dovednosti a návyky spojené s vodním prostředím plněním úkolů bojového, záchranného nebo výcvikového charakteru.

(Těl-51-5, 2006)

Obsahem výcviku ve vojenském plavání je:

- přezkoušení plaveckých dovedností
- zdokonalovací výcvik plaveckých dovedností
- základy hydrologie
- zásady překonávání vodní překážky
- brodění a plavání za ztížených podmínek
- plavání a přeprava materiálu s pomocí improvizovaných nadlehčovacích prostředků
- plavání ve skupině a dopomoc indisponovanému plavci

- záchrana tonoucího a první pomoc
(Těl-51-5, 2006)

Z výše uvedeného seznamu témat vojenského plavání je jasné, že výcviku se mohou účastnit pouze plavci. Většina cvičení navíc probíhá v polním stejnokroji (tzn. v kanadách vz.2000, blůze a kalhotách vz.95). To klade ještě vyšší nároky na plaveckou zdatnost účastníků výcviku. V dnešní době je pro účast na výcviku nutno aby každý jednotlivec splnil následující požadavky:

- uplaval 300m libovolným způsobem bez přerušení
- ponořil se pod hladinu na dobu alespoň 30s
- se startovním skokem uplaval 20m pod vodou

(Těl-51-5, 2006)

2. 1. 1 Plavání v oděvu

Plavání v oděvu je popsáno jako významná praktická dovednost, využitelná v řadě vojenských cvičení ve vodě. Vodou nasáklý, ztěžklý oděv omezuje plavecké pohyby cvičence, výrazně zhoršuje podmínky nadnášení jeho těla, snižuje rychlost plavání. I dobrý plavec nepřipravený na tuto skutečnost, např. při náhlém pádu do vody, se může dostat do situace ohrožení vlastního života. Pro plavání v oděvu se volí plavecké způsoby bez vynořování paží z vody: prsa, bok, znak sounož. Při výcviku se zdůrazňují klidné plavecké pohyby – je nutné šetřit silami a často i plavat bezhlučně. Obtížnost takového plavání omezuje jeho použití jen na nezbytné situace, kdy je však zpravidla nečekaný pobyt ve vodě krátkodobý, s nadějí na co nejrychlejší dosažení bezpečného místa. Ve většině situací je výhodnější vstoupit do vody bez oděvu a přepravit jej na druhý břeh v ruce. (Těl-51-5, 2006)

Jen pro zajímavost - výcvik americké námořní pěchoty při plavání v oděvu je velice podobný výcviku v ČR. Zdůrazňuje také obtížnost a efektivitu jednotlivých způsobů plavání a způsoby na znak a bok doporučuje slabším plavcům. Spíše než na

samotné plavání v oděvu se zaměřuje na jeho svlékání ve vodě a zhotovení nadlehčovacích prostředků ze svlečeného materiálu. (MCRP 3, 2003).

2. 1. 2 Využití plavání v oděvu u výsadkových vojsk v AČR

Zatímco výcvik plavání v oděvu u pozemních sil je zaměřen spíše na seznámení vojáka se složitostí a náročností takového způsobu překonávání vodní překážky, u výsadkových sil je tomu jinak. Vojáci u těchto útvarů mají samozřejmě výsadkovou přípravu a jednotlivé seskoky se v zásadě dělí podle jednotlivých kritérií na jednoduché a složité. Parametry určujícími, do které skupiny seskoků spadá, jsou například: různé výšky seskoků, proměnlivé povětrnostní podmínky, různá denní i roční doba, rychlost letu, dopad na složité výsadkové plochy, seskoky nouzové, bojové a speciální. Samozřejmostí je i možnost kombinace předchozích faktorů, kterými se stává seskok složitějším. (Vys-1-1)

Jednou ze složek výsadkového výcviku jsou i seskoky do vody. Tento typ spadá do kategorie seskoků na složité výsadkové plochy. Provádějí se ke zvýšení odborné připravenosti. Seskoky do vody může provádět výsadkář, který dosud provedl minimálně 20 seskoků padákem a před prvním seskokem do vody splnil přezkoušení z plavání (uplávání vzdálenosti minimálně 100 m bez časového limitu ve stejné ústroji, ve které provádí seskoky do vody, ale bez záchranného prostředku. Přezkoušení z plavání se musí zapsat do výsadkové dokumentace.

(Vys-1-1)

Teplota vody pro seskoky do vody bez ochranného obleku musí být min. 17° C. Hloubka vody ve středu výsadkové plochy musí být minimálně 1,5 m. (Vys-1-1)

2. 2 Energetický metabolismus

2. 2. 1 Energie a její zdroje

Prostor kolem nás obsahuje mnoho nejrůznějších forem energie. Hlavní jsou: radiační, tepelná, světelná, chemická a mechanická. První zákon termodynamiky říká, že každá forma energie je schopna se za určitých podmínek přeměnit na jinou formu energie. Jedná se o zákon zachování energie. (McArdle, Katch I. Frank, Katch I. Victor, 2007)

Obrovským zdrojem energie je slunce, které vyzařuje energii na Zemi. Když tato energie – záření dopadne na rostliny, je transformována a skladována vlivem fotosyntézy. Pokud člověk pozře rostlinu nebo maso zvířete, které se rostlinstvem živí, přijme tak a uskladní ve svém těle energii. Stejně jako zvěř nebo rostlinstvo skladuje člověk energii ve formě látek: glycidů (cukrů), lipidů (tuků) a proteinů (bílkovin). Energie se stane zdrojem pro nejrůznější fyziologické činnosti lidského těla. Chemická energie se mění na elektrickou při přenosu impulsů v nervové soustavě, na mechanickou vlivem práce svalů... (McArdle, Katch I. Frank, Katch I. Victor, 2007)

Energie se měří v kaloriích. Kalorie je jednotka tepla a je definována jako množství tepla potřebného k ohřátí 1g vody o 1 °C. V případě potravin se používá kilokalorie (kcal) nebo kiloJoule (kJ) a udává množství energie, které z nich přijmeme. Joule je novější jednotkou než kalorie a vyjadřuje práci, kterou vykoná stálá síla 1 Newtonu působící po dráze 1 metr ve směru síly. Vzájemný přepočítání mezi kaloriemi a jouly je následující: 1 cal = 4,1868 J (McArdle, Katch I. Frank, Katch I. Victor, 2007)

2. 2. 2 Využití energie lidského těla pro pohyb

Základní morfologickou a funkční jednotkou organismu je buňka. Odhaduje se, že v lidském těle se jich nachází asi 25×10^{15} . Svazky buněk stejného tvaru, uspořádané společně určitým způsobem, nazýváme tkáň. Jednotlivé tkáně se sdružují do orgánů a orgány plnící společnou funkci vytvářejí soustavy, systémy (kosterní, nervová...). (Čihák, 2002)

Lidský výkon má tedy svůj základ na buněčné úrovni. Mechanismy řídící buňku, jsou ty samé mechanismy ovládající tělo, jeho vazivo a orgány.

Výkony plavců, ať už na krátké, střední nebo dlouhé tratě jsou z velké části určeny schopností a kapacitou lidského těla uvolňovat chemickou energii a měnit ji na mechanickou energii pro práci. Protože využitelnost energie je faktor řídící velikost rychlosti plavání, mělo by mimo jiné být účelem tréninku i zvětšování energetických zásob, které nahradí použitou chemickou energii ve svalech, jak nejrychleji je to možné. (Colwin, 2002)

2. 2. 3 Formy energie uložené v lidském těle

Jak již bylo řečeno, tělo pro zajištění pohybové činnosti přeměňuje tyto hlavní tři skupiny látek (nazývajících se skupinově jako makroergní substráty): lipidy(tuky), sacharidy(cukry), proteiny(bílkoviny). Tyto látky, které buňkám dodávají energii, se v rámci produkce energie štěpí nebo transformují v látky dále používané intermediárním metabolismem. Pro získání energie má zejména zásoba adeninotрифосфату (ATP) a oxidoredukce glycidů a lipidů během pohybové činnosti člověka hlavní význam. (Havlíčková a kol., 2002)

2. 3 Fyziologie plavání

Plavání je sportem, pro který z fyziologického hlediska platí zcela specifické podmínky vodního prostředí. Organismus je ve vodě vystaven jak působení hydrostatického tlaku a vztlaku vody, tak i zvýšené tepelné vodivosti prostředí. Odpor vody je tím větší, čím je větší rychlost plavání. Odpor vodního prostředí stoupá exponenciálně s rychlostí plavání a vliv na něj má i profil těla. Bylo zjištěno, že odpor vody je více v korelaci s průřezem než s povrchem těla. (Havlíčková, 1993)

Voda je 25x lepší vodič tepla než vzduch. Proto jsou ztráty tepla při pohybu ve vodním prostředí závislé na teplotě vody. Důležitou roli hraje i tvorba tepla, daná intenzitou pohybové činnosti. Samotný pobyt ve vodě, kdy dochází ke 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)

Plavání je cyklickým pohybem, ve kterém rozeznáváme 4 základní plavecké způsoby: symetrické, kdy se současně zaměstnávají obě končetiny (prsa a motýlek) a asymetrické, při kterých se při záběrech končetiny střídají (kraul a znak). Plavecké pohyby se dělí na pohyby ve směru a proti směru pohybu. Pohyby prováděné ve směru pohybu pod vodou jsou brzdící - negativní, pohyby prováděné nad vodou jsou označovány za pomocné. Pohyby proti směru plavání jsou pohyby kladné. Využívají reaktivních změn odporu a ženu plavce vpřed. Technicky nejdokonalejší způsob plavání je 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 těla klade vodě při pohybu vpřed minimální odpor. Stejně výhodný je i plavecký způsob znak, zatímco nejméně pohybově dokonalý způsob jsou prsa, při nichž záporný pohyb paží a nohou klade vodě značný odpor. Ze snahy vylepšit tuto brzdící činnost končetin vznikly nové způsoby – motýlek a delfín. (Havlíčková, 1993)

2. 3. 1 Funkční a metabolická charakteristika sportovního výkonu

Člověk vydá asi 4x více energie při plavání, než při běhu na stejnou vzdálenost. Ženy přitom plavou v průměru s 30% menším energetickým výdejem než muži.

(McArdle, Katch I. Frank a Katch I. Victor, 2007)

Z energetického hlediska je neefektivnější plaveckou technikou kraul. Při srovnatelné rychlosti vyžaduje jen 71% energie vynakládané na prsa. Celková účinnost (poměr mezi příkonem a výdejem energie) je u plavání kraulem asi 15%, u prsou jen 5%. Pro srovnání - účinnost při jízdě na bicyklovém ergometru činí 22%. Celková účinnost je ale zvyšována dovedností. U žen je vyšší než u mužů pro jejich menší odpor těla a větší vztlak (nižší hmotnost a relativně menší denzita). Při stejné spotřebě kyslíku se zvýšením účinnosti dosahuje vyšší rychlosti. (Havlíčková, 1993)

Spotřeba kyslíku závisí na délce tratě a zvyšuje se podobně pro všechny styly. Pro trénované plavce je při nižších rychlostech (asi do 1,2 m/s) relativně konstantní. Zvýšený odpor při vysokých rychlostech vyvolává exponenciální zvýšení energetického výdeje, zejména se zvyšují nároky na aerobní metabolismus. Metabolické nároky na

plavání při submaximálním úsilí lze vyjádřit rovnicí: $\frac{E}{d} = \frac{Da}{e}$

E spotřeba kyslíku ($\dot{V}O_2$)

d uplavaná trať

Da aktivní odpor

e koeficient účinnosti

Spotřeba kyslíku na jednotku dráhy je kvantitativním měřítkem ekonomiky plavání a plavcovy individuální techniky. Energetický výdej, hodnocený $\dot{V}O_2$, je tedy závislý nejen na plaveckém stylu, ale i na trénovanosti plavce. (Havlíčková, 1993)

Maximální spotřeba kyslíku ($\dot{V}O_{2MAX}$) je jeden z hlavních ukazatelů funkční připravenosti. Podle dlouhodobých švédských výzkumů, prováděných po dobu 17 let, se však od určitého stupně trénovanosti (tedy u vrcholových plavců) nijak výrazně

nerozvíjela. U mužů se udržovala na hodnotě okolo 5,1 l/min ($70\text{ml} \times \text{kg} \times \text{min}^{-1}$), u žen v rozmezí 3,2 a 3,4 l/min (přibližně kolem $55\text{ml} \times \text{kg} \times \text{min}^{-1}$). Funkční zdatnost plavců odpovídá jejich závodním požadavkům. Odlišné hodnoty mají především vytrvalci. Rozdíly mezi sprintery a středotračáři nejsou tak výrazné. Jenom velmi dobří plavci mají při plavání stejnou $\dot{V}O_{2\text{max}}$ jako při jízdě na bicyklovém ergometru nebo při běhu na běhacím pásu. U méně trénovaných je jejich maximální spotřeba kyslíku dosažená při plavání o 25% nižší. V současné době se provádí specifické stanovení maximálního aerobního výkonu třemi možnými metodami analýzy vzorku vydechovaného vzduchu:

- a) při plavání maximálním úsilím
- b) při stupňované zátěži
- c) okamžitě po doplávání maximálním úsilím (v prvních 10÷15s zotavení)

Tato poslední metoda se v praxi ukázala jako nejvíce validní a nejdostupnější. Nicméně se ukazuje, že pro plaveckou výkonnost má velký význam testování anaerobní alaktátové a laktátové kapacity. (Havličková, 1993)

Při sledování oběhové odpovědi na zatížení je v praxi používána nejčastěji srdeční frekvence (SF). Vztah mezi hodnotami SF a podílem úhrady energetických nároků je znázorněn v tabulce 2. Většina literatury o plaveckém tréninku se shoduje, že při zatížení do 150 tepů/min je zdrojem energie aerobní systém (Colwin, 2002). U krátkých tratí-sprintů je měření podílu úhrady jednotlivých systémů nepřesné a má malou validitu. Například na vzdálenost 25m je skoro všechna energie zajišťována anaerobně, puls však v průběhu zátěže nezaznamenává žádné nebo jen malé změny.

Tabulka 2 - Oběhová náročnost a způsob metabolického krytí

Srdeční frekvence (tep/min)	Podíl úhrady energetických nároků v %	
	aerobně	anaerobně
>120	100	*
120 ÷ 150	90 ÷ 95	5 ÷ 10
150 ÷ 165	65 ÷ 85	15 ÷ 35
165 ÷ 180	50 ÷ 65	35 ÷ 50
<180	méně než 50	více než 50

*malý nebo žádný podíl anaerobního systému (Novák, 1989)

Podle Maglischa (2003) ukazuje následující tabulka 3 relativní rozdělení energetického metabolismu pro různé plavané vzdálenosti. Data jsou získána od plavců specializujících se na střední tratě (Nomura, Wakayoshi, Miyashita, Mutoh, 1996, Ring, Mader, Wirtz, Wilkie, 1996, Serresse a kolektiv, 1988, Trappe 1996). Hodnoty účasti anaerobního metabolismu pro sprintery se tak mohou lišit a být větší o 10% až 20%, zatímco u vytrvalostních plavců budou menší. Pokud je kolonka v tabulce vyplněna pomlčkou, znamená to žádný nebo jen zanedbatelný podíl daného energetického systému.

Tabulka 3 –Relativní rozdělení energetického metabolismu pro různé plavecké tratě

čas	vzdálenost	%ATP	%anaerobní met.	% aerobní met.	
				% met. glukózy	% met. tuků
10-15s	25 m	50	50	-	-
19-30s	50 m	20	60	20	-
40-60s	100 m	10	55	35	-
1,5-2 min	200 m	7	40	53	-
2-3 min	200 m	5	40	55	-
4-6 min	400 m	-	35	65	-
7-10 min	800 m	-	25	73	2
10-12 min	900 m	-	20	75	5
14-22 min	1500 m	-	15	78	7

(Maglischo, 2003, str. 369)

Energie na práci nohou je 2x ÷ 4x vyšší než na práci paží pro celý záběr. Působení hydrostatického tlaku vody na tělo mění jak mechaniku dýchání, dechové objemy, tak i frekvenci dýchání. Ztěžuje vdech a ulehčuje výdech. Vitální kapacita plic se redukuje o 10%. Příčinou je zvýšený odpor dýchacích svalů a zadržení krve v hrudníku. 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. Vynucené hrudní dýchání, způsobené ztíženým bráničním dýcháním při fixaci břišního svalstva, vede k rozvoji hrudního svalstva. (Havlíčková, 1993)

Při stejné spotřebě kyslíku je při plavání dosahováno nižších submaximálních hodnot SF než při cyklistice nebo při běhu. Při maximální intenzitě plavání byla zjištěna 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 $\dot{V}O_{2MAX}$) ke zkreslení výsledků. Někteří autoři doporučují pro stanovení požadavků na kyslíkový transportní systém použít změn pozátěžových hodnot SF jako vhodnější vyjádření relativní fyziologické námahy. (Havlíčková, 1993)

2. 3. 2 Fyzikální vlivy prostředí působící na plavce

Pohyb člověka ve vodě se řídí specifickými podmínkami vodního prostředí. Na lidské tělo působí síly vnější (gravitační), hydromechanické (hydrostatické a hydrodynamické) a setrvačné. (Hofer a kol., 2003)

Hydrostatické síly – pro pohyb jsou důležité pouze síly ve svislém směru (hydrostatický vztlak), které působí proti gravitačním silám. Netvoří tedy hnací nebo brzdící sílu, za to mají vliv na polohu těla při plavání, tím pádem i na výsledný odpor. (Hofer a kol., 2003)

Hydrodynamické síly – charakterizují účinek proudění vody na obtékající předmět. Pro pohyb plavce jsou nejdůležitější následující projevy těchto sil:

- zdroj pohonné složky pohybu v záběrové fázi horních i dolních končetin (propulze)
- zdroj odporu proti pohybu u částí těla, které se nepodílejí na lokomoci nebo nevytváří hnací sílu
- ovlivňují prostřednictvím odporu, hydrodynamického a hydrostatického vztlaku celkovou polohu těla při plavání (Hofer a kol., 2003)

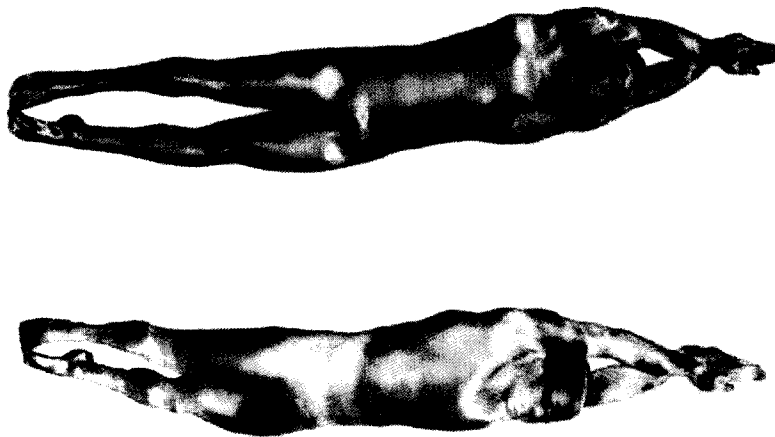
2. 3. 3 Odpor vodního prostředí proti pohybu plavce

Síla vodního prostředí, která působí proti směru pohybu plavce se nazývá odporem (hydrodynamickým odporem). Velikost odporu je různá podle toho, zda se plavec pohybuje pod hladinou nebo na hladině. Pro obsah této práce je podstatné popsat složky celkového odporu při plavání na hladině. Jsou jimi:

- . odpor tření
- . vlnový odpor
- . tvarový odpor

(Hofer a kol., 2003)

Jiné zahraniční zdroje označují tyto složky jako odpory přední, povrchové a vírové. (Counsilman E. James a Counsilman E. Brian, 1994, McArdle, Katch, I. Frank., Katch, I. Victor, 2007, Maglischo, 2003) Odporem ve vodním prostředí se zabývají firmy vyrábějící sportovní materiál - např. firma Speedo testuje plavce v kanálech s protiproudem ve svém výzkumném centru a počítačově vyhodnocuje hydrodynamické odpory pomocí CFD (computational fluid dynamics) 3D modelace, která je součástí SGI Altix systému.



Obrázek 1

3D model plavce při splývavé poloze zobrazený pomocí CFD. Červená barva označuje místa kladoucí největší hydrodynamický odpor. (http://www.sgi.com/company_info/features/2008/speedo.html)

2. 3. 3. 1 Odpor tření – v kapalinách s vnitřním třením se projevují síly brzdící pohyb tělesa v kapalině, a to ve vrstvě vody těsně přiléhající k tělesu (tzv. mezní vrstva). Proudění vody v této vrstvě může mít dvě základní podoby: laminární a turbulentní, které se navzájem liší průběhem rychlostního spádu vody mezi dvěma sousedními vrstvami. Mohou se také vyskytovat současně. (Hofer a kol., 2003)

Laminární proudění je ustálené proudění kapaliny, ve kterém se sousední vrstvy nemísí, každá vrstva se pohybuje svou rychlostí a třecí síla je určena z velké části jen viskozitou kapaliny. Výsledkem je menší odpor tření při styku těleso – kapalina. (Hofer a kol., 2003)

Turbulentní proudění je charakterizováno míšením částic (molekul i makroskopických částic) mezi jednotlivými vrstvami vody. Důsledkem toho vznikají větší brzdící síly při styku kapalina – těleso také velikost odporu tření je vyšší. (Hofer a kol., 2003)

Na celkovou velikost třecího odporu má tedy vliv rychlost proudu a tvar tělesa který je obtékán, přičemž nejpříznivější tvar vzhledem k obtékání je tzv. proudnicový. (Hofer a kol., 2003)

2. 3. 3. 2 Vlnový odpor – nacházíme u těles pohybujících se na vodní hladině nebo těsně pod ní. Z důvodu zvlnění klidné vodní hladiny jsou některé tělesné segmenty ponořeny více, některé méně. Důsledkem toho dochází k nerovnoměrnému rozdělení tlaku. Výslednice tlakových sil je skloněna pod určitým úhlem a má opačný směr než pohyb plavce. Zdrojem vlnění je celé plavcovo tělo, ale největší podíl na jeho vytváření má hlava+ramena, vytvářející přední vlnu a boky+stehna, vytvářející zadní vlnu. V kombinaci předního a zadního vlnění lze pozorovat 2 typy

vlnění: rozbíhající se a příčné. Na vznik rozbíhajících se vln je spotřebováno mnohem větší množství energie, než na vznik vln příčných. Ty sebou strhávají velká kvanta vody. (Hofer a kol., 2003)

2. 3. 3. 3 Tvarový odpor – je spojen s odtržením mezní vrstvy pohybující se v blízkosti tělesa za vzniku mohutného zvíření kapaliny za tělesem. To se projeví jako odpor nazývaný se vírový nebo tvarový. Tvarový odpor je také závislý na tvaru tělesa, jeho poloze vůči proudu a na poměru délky a šířky tělesa. U plavců je důležitý již zmíněný poměr maximální výška/max. šířka, celková poloha trupu a končetin při pohybu a zvolený plavecký způsob. Tvarový odpor se výrazně projeví např. při plavání prsou ve fázi skrčování dolních končetin. (Hofer a kol., 2003)

Na celkovém odporu vody proti pohybu plavce se podílejí všechny tři složky odporů a

lze jej také vyjádřit matematicky jako:
$$R = \frac{C_R \times \rho}{2 \times v^2 \times S}$$

R..... celkový odpor (N)

C_R součinitel celkového odporu (-)

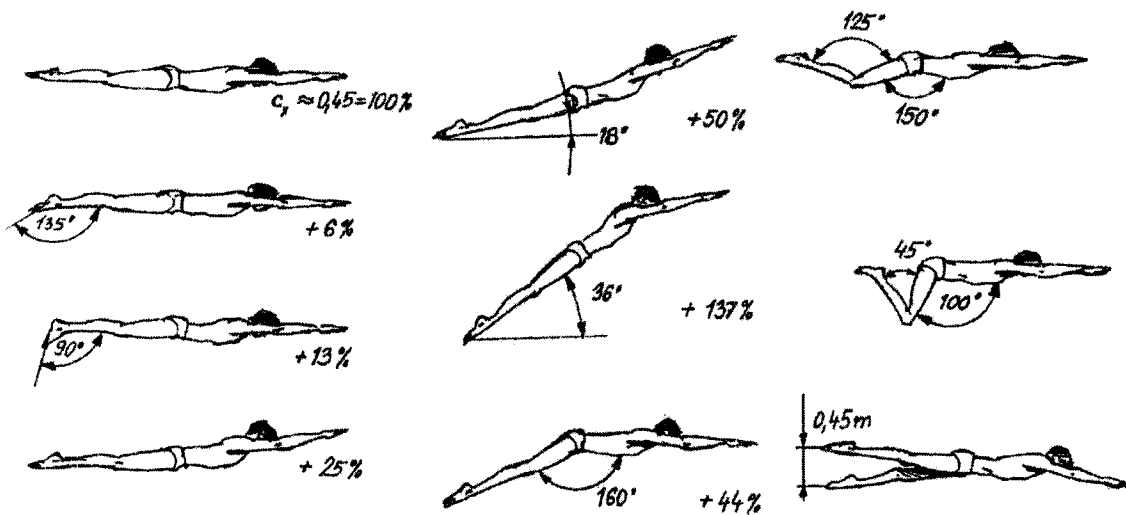
ρ hustota vody ($kg \times m^{-3}$)

v..... okamžitá rychlost pohybujícího se tělesa ($m \times s^{-1}$)

S smočený povrch těla (m^2)

(Hofer a kol., 2003)

Součinitel celkového odporu C_R je určen součtem součinitelů jednotlivých odporů. Všechno jsou to bezrozměrná čísla, určována experimentálně pro každou specifickou situaci (tvar a velikost tělesa, tlak a vazkost vody, různé druhy povrchů...) viz obr. 2 (Hofer a kol., 2003)



Obrázek 2

Závislost celkového odporu na úhlu náběhu těla plavce a polohách jeho segmentů při rychlosti $v=2$ m/s (Onoprien, 1979). Součinitel celkového odporu se zvětšuje kvůli změnám tvarového odporu. (Hofer a kol., 2003, str.31)

2. 3. 4 Popis plaveckého způsobu prsa

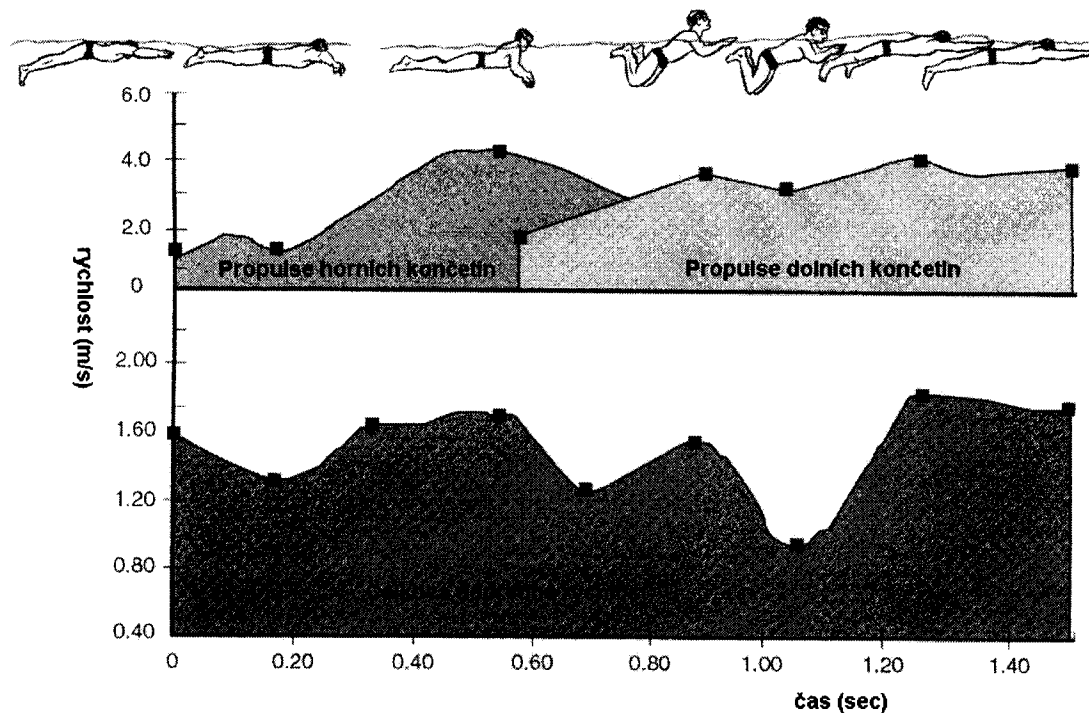
Plavání prsou je nejrozšířenějším plaveckým způsobem na světě. Techniky pohybu a polohy těla prodělaly v průběhu 20. století vlivem vývoje pravidel závodního plavání i vědy několik podob. V dnešní době se plave tzv. vlnivou technikou, která je charakteristická vlněním v pase a vklouznutím hlavy pod hladinu. Celý pohybový cyklus lze popsat pohybem horních a dolních končetin a polohou těla. Kinogram plavce je přiložen v přílohách na str. 71. (Hofer a kol., 2003)

Poloha těla – během jednoho pohybového cyklu se mění. Základní polohou je splývání. Tělo je v této poloze natažené, boky jsou blíž u hladiny než ramena a hlava. Při nádechu jsou naopak výše než hladina, plavec se výrazně prohýbá v kříži a následně se vrací s rychlým pohybem paží vpřed do splývavé polohy. (Hofer a kol., 2003)

Pohyb horních končetin – je symetrický a současný. Paže určují frekvenci pohybu, která se liší délkou plavané tratě i individuálním stylem. V plavané vlnové technice je záběr paží stejně významný (u některých plavců i dominantnější) jako záběr dolními končetinami. Cyklus paží se dělí na: splývání, přípravnou fázi, záběrovou fázi a natahování. Během splývání jsou ruce blízko sebe a jsou nataženy. Přípravná fáze nastává při pohybu rukou do stran v hloubce asi 20cm pod hladinou. V záběrové fázi se lokty pohybují v blízkosti hladiny, loketní flexe postupně dosahuje 90 -100 stupňů. Když ruce dosáhnou úrovně loktů, začne plavec paže přitahovat pod hrudník. Záběrové plochy tvoří dlaně a vnitřní strany předloktí. (Hofer a kol., 2003)

Pohyb dolních končetin - se dělí do fází: splývání, skrčování, záběr. Při splývání jsou dolní končetiny natažené. Následuje fáze skrčování, kde se paty pohybují v blízkosti hladiny, kolena jsou od sebe vzdálena na šířku boků. Konečná

pozice nastává přitažením pat k hýžd'ovým svalům. Nastává záběrová fáze. Dolní končetiny se pohybují vnějším obloukem nazad a dolů, končetiny se dostávají k sobě. Hlavními záběrovými plochami jsou vnitřní plochy chodidel a vnitřní strany bérců. (Hofer a kol., 2003)



Obrázek 3

*Dopředná rychlost horních a dolních končetin během jednoho plaveckého cyklu prsou
Glenna D. Millse (Maglischo, 2003, str.228)*

Celkově má dokonale osvojená technika vliv na zvýšení propulsních sil a snížení sil odporových. (Brooks, Fahey a Baldwin, 2005)

2. 3. 5 Plavání v oděvu - specifika brzdících a hnacích sil

Výsledný odpor vodního prostředí je při plavání v oděvu větší, než při plavání bez oděvu. Ten totiž neobepíná těsně tělo, jak to dělají plavky nebo neoprén a přetváří tak hydrodynamický tvar těla při všech fázích plavání a zvětšuje jeho příčný průřez těla. Vlnový odpor se také zvětšuje. Velký vliv na celkový odpor má odpor tvarový, který souvisí s celkovou polohou těla ve vodě. Zejména díky botám, které po nabrání vody

svoji hmotností výrazně určují polohu dolních končetin. Mění se tak celá poloha těla, resp. úhel náběhu.

Další zvláštností plavání v oděvu je značná náročnost při fázích přenosu horních končetin, kdy se ruce pohybují nad vodou. Jakmile se části oděvu dostanou nad vodu, přestane na tyto části působit hydrostatický vztlak, který do té doby kompenzoval hmotnost nasáklého oblečení. Tato vlastnost v kombinaci s velkým omezením rozsahu pohybu prakticky vylučuje plavecké způsoby: motýlek, kraul, znak. Zbývá způsob prsa a variace tohoto stylu (základní znak, plavání na boku). Důležité je, že žádná z částí oděvu se během všech fází pohybu nedostává nad hladinu. Hmotnost vodou nasáklého oděvu je tak do značné míry ovlivněna hydrostatickým vztlakem, který na něj působí. Největším problémem tak zůstává omezení rozsahu pohybu, zejména pak u dolních končetin. Proto se při výcviku vojenského plavání v oděvu využívá plavecký styl prsa, při kterém se neponořuje hlava ve fázi splývání pod vodní hladinu. Voják by tak ztrácel přehled o tom co se děje v jeho okolí.

2. 4 Srdeční frekvence

Je řízena nervově a humorálně. Nervovou regulaci uskutečňuje sympatikus a parasympatikus. Parasympatikus snižuje a sympatikus naopak zvyšuje tepovou frekvenci. Humorální řízení se děje za pomoci adrenalinu a noradrenalinu, které mají stejný účinek jako sympatikus. Acetocholin působí jako parasympatikus. Glukagon zvyšuje sílu kontrakce a zrychluje SF, inzulín také zvyšuje SF a progesteron naopak SF snižuje. Na průběh SF mají vliv i koncentrace iontů draslíku a vápníku v tělních tekutinách, zvýšená i snížená tělesná teplota. (Rokyta a kol., 2000)

Srdeční frekvence je veličinou, podle které se posuzuje zatížení kardiovaskulárního systému. Důležitými údaji tohoto posuzování jsou hodnoty klidové srdeční frekvence a hodnoty při zatížení, resp. maximální srdeční frekvence. Velmi rychle reaguje na změny velikosti zatížení a zvláště na změny zatížení při práci svalstva. Používá se pro posuzování intenzity cvičení, resp. zatížení. SF však není ovlivněna jen prací svalů, ale např. i teplotou okolí, psychickým stavem, polohou těla nebo předchozím příjmem stravy. (McArdle, Katch I. Frank a Katch I. Victor, 2007)

Při posuzování SF se především zohledňuje:

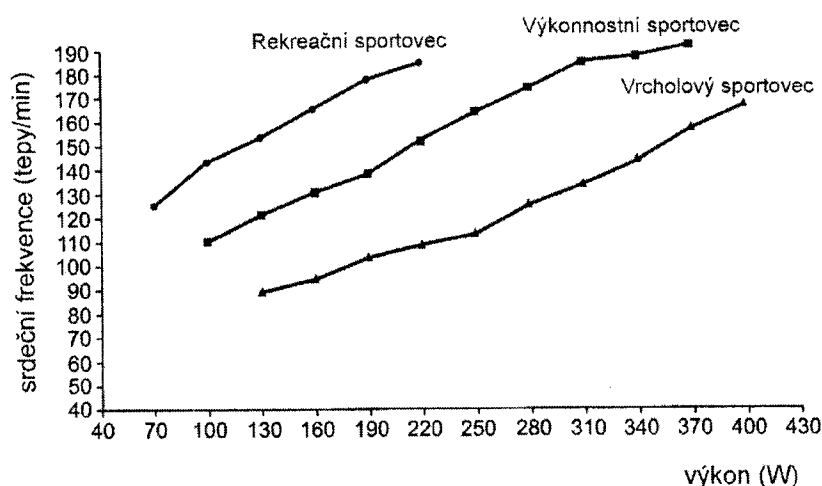
- věk a pohlaví
- velikost srdce
- sportovní výkonnost
- zdravotní stav

(Neumann, Pfützner a Hottenrott, 2005)

2. 4. 1 Věk a pohlaví

Klidová SF – obecně je u dětí a mládeže vyšší o 10 tepů/min, než u dospělých. Ženy mají vyšší hodnoty než muži z důvodu menších rozměrů srdečního svalu. Statisticky je prokázáno, že lidé s nižší klidovou SF žijí déle, než lidé s vyššími hodnotami (75 tepů/min a více). Vlivem opakovaného zatěžování a sportovního tréninku vytrvalostního charakteru se klidová SF snižuje, aktivuje parasympatický nervový systém, který ve svém důsledku utlumuje srdeční činnost. (Neumann, Pfützner a Hottenrott, 2005)

SF při zatížení- při rostoucím zatížení se zvyšuje i SF, přitom vysoce trénovaní jedinci reagují na určitou velikost zatížení nižšími hodnotami SF, než jedinci s menší výkonnostní úrovní - viz obrázek 4. Ale nemusí tak tomu být vždy. Například atleti nad 60 let mají někdy vyšší maximální SF než netrénovaní lidé stejného věku. (Wilmore, Costill a Kenney, 2008) Úroveň výkonnosti lze posuzovat podle strmosti nárůstu SF. SF je také dána velikostí srdce. (Neumann, Pfützner a Hottenrott, 2005)



Obrázek 4

Nárůst SF u sportovců různé výkonnostní úrovně během stupňovitého testu na cyklo - ergometru. Sportovcům s vyšší výkonností narůstá SF pozvolněji. (Neumann, Pfützner a Hottenrott, 2005, str.69)

2. 4. 2 Velikost srdce

Klidová SF – vlivem sportovního tréninku dochází ke zvětšování srdečního svalu. Musí být však zachovány určité parametry (pravidelné cvičení min. po dobu 2 měsíců s týdenním objemem více jak 10 hodin). Trénované srdce vykazuje funkční změny a nárůst velikosti. Sportovní srdce vykazuje vyšší objem vytlačené krve při stahu, v klidu i při zatížení. Prakticky všichni vrcholoví vytrvalci mají klidovou SF pod 40 tepů/min. Jsou známy i extrémní, kdy je klidová SF pod 30 tepů/min, aniž by byla příčinou nemoc měřené osoby. Například cyklistická legenda Lance Armstrong udává hodnoty SF v klidu v rozmezí 32-34 tepů/min (Wilmore, Costill a Kenney, 2008). Sportovci provozující silové a

rychlostní disciplíny mají oproti vytrvalcům srdce menší se silnějšími stěnami srdečního svalu a vyššími hodnotami SF i tlaku a menšími hodnotami objemu vytlačené krve na jeden tep. (Neumann, Pfützner a Hottenrott, 2005)

SF při zatížení – zlepšení výkonnosti srdce se projevuje i v průběhu SF během zatížení.

Trénované srdce dokáže jedním stahem dopravit do krevního oběhu větší množství krve než srdce netréované, a proto se při zatížení SF tolik nezvedá. (Neumann, Pfützner a Hottenrott, 2005)

2. 4. 3 Sportovní výkonnost

Klidová SF – odpovídá individuální trénovanosti jedince a svalové adaptaci na zátěž.

Hodnoty klidové SF se doporučují měřit brzy ráno vleže, a to palpací nebo lépe pomocí sportesteru. Během dne se klidová SF mění o 4 až 6 tepů oproti normálu. Pokud hodnota stoupne o 6 až 8 tepů/min, je to buď důsledek tréninkového přetížení nebo náznak začínajících zdravotních problémů. (Neumann, Pfützner a Hottenrott, 2005)

Mechanismus odpovědný za snížení SF není kompletně objasněn.

Sportovní trénink nejspíše u srdce zvyšuje aktivitu parasympatika, zatímco snižuje aktivitu sympatika. (Wilmore, Costill a Kenney, 2008)

SF při zatížení – v předstartovním stavu hodnoty SF stoupají o 20 až 40 tepů/min, což má nervový a hormonální původ. Stimulaci srdeční činnosti způsobuje adrenalin vlivem sympatického nervového systému. Má to svoje opodstatnění. Organismus se tak připravuje na příchozí zátěž a přechod z relativně nízkých hodnot SF na vyšší. (Neumann, Pfützner a Hottenrott, 2005)

Nejvyšších hodnot dosahujících 210 až 220 tepů/min dosahují děti a ženy. Maximální SF lze vypočítat podle jednoduchého Karvonenova

vzorce: $SF_{MAX} = 220 - \text{věk}$, ale výsledná hodnota je pouze

orientační (± 15 tepů/min) a často neodpovídá individuální hodnotě

SF_{MAX} . (Neumann, Pfützner a Hottenrott, 2005)

Dalším vzorcem pro výpočet maximální SF pomocí věku je:

$$SF_{MAX} = 208 - (0.7 \times \text{věk}) \quad (\text{Wilmore, Costill a Kenney, 2008})$$

Hodnoty SF při plavání jsou na rozdíl od sportovních činností prováděných na souši o 10 až 13 tepů nižší. SF ve vodě je totiž ovlivněna teplotou vody, vztakovými silami, polohou těla, parciálním tlakem krve, tlakem vody na povrch těla a v neposlední řadě i diving reflexem. (Hines, 1999, Macejková, 2005)

Hodnota SF_{MAX} ovšem není směrodatná pro určení individuální výkonnosti. Důležitá je dynamika průběhu SF během tréninku a pokles SF při srovnatelném tréninkovém zatížení. Mezi faktory ovlivňující měření SF patří i funkční stav svalstva, resp. zbytková únava (malé množství zásob glykogenu). Pro překonání stejného zatížení je zapotřebí vyššího biologického úsilí. (Neumann, Pfützner a Hottenrott, 2005) Během zatížení se zvyšuje SF kvůli zásobování svalů krví. Po ukončení zatížení se SF nevrátí ke klidovým hodnotám ihned. Místo toho zůstává určitou dobu zvýšená a poté pomalu klesá k původním hodnotám. Čas, který toto klesání SF na klidovou hodnotu zabere, se nazývá zotavovacím. (Wilmore, Costill a Kenney, 2008)

2. 4. 4 Zdravotní stav

Klidová SF – i malé zdravotní problémy se projeví na průběhu SF. Pokud vzroste o více jak 8 tepů/min, sportovec navíc ztrácí chuť do dalšího tréninku a má pocit vyčerpání jde většinou o známky začínajícího onemocnění. Únava z předešlého tréninku se projevuje podobně, ale druhý den pocit odeznívá. (Neumann, Pfützner a Hottenrott, 2005)

SF při zatížení – při začínajícím onemocnění nebo infekci je průběh SF při zátěži vyšší až o 20 tepů/min. V praxi často není jednoduché rozlišit mezi stavem přetrénování a např. začínajícím virovým onemocněním.

Pokračování v tréninkovém procesu během probíhajících horečnatých onemocnění vede k delší výkonnostní stagnaci, k poruchám srdečních rytmů, zánětů chlopní a snížení imunitní ochrany organismu.

(Neumann, Pfützner a Hottenrott, 2005).

2. 5 Fyziologie dýchání

„Pro zachování integrity organismu je nutný trvalý přísun energie. Energie se v organismu získává biologickou oxidací, pro kterou je nezbytný stálý přísun kyslíku do tkání. A právě obohacování krve kyslíkem a odevzdávání oxidu uhličitého je základní funkcí dýchacího systému.“ (Rokyta R. a kol., 2000)

Samotné dýchání znamená výměnu plynů mezi vnitřním prostředím organismu a vnějším prostředím. Při vdechu (inspiriu) tělo získává ze vzduchu kyslík, při výdechu (expiriu) se zbavuje oxidu uhličitého a vodních par. Dýchání částečně plní i funkci ochlazování organismu. (Vaňhara, 1993)

Vdech je výsledkem práce svalů, které rozšiřují dutinu hrudní. Vzniká tím negativní sací tlak v hrudníku a v plicích, takže vzduch vniká do plic. Mezi hlavní dýchacími svaly patří bránice a mezižeberní zevní svaly. Při namáhavém a usilovném dýchání se k těmto svalům připojují ještě pomocné, jimiž mohou být všechny svaly upínající se na hrudník. (Vaňhara, 1993)

K posouzení ventilace slouží tzv. spirometrie. Jedná se o měření plicních kapacit a statických i dynamických plicních objemů. Nejběžnějším záznamem změn plicních kapacit a objemů je spirogram (křivka závislosti objemu na čase). (Rokyta R. a kol., 2000)

2. 5. 1 Maximální spotřeba kyslíku $\dot{V}O_{2MAX}$

Je cenným ukazatelem zvláště pro vytrvalostní sporty. Udává se v litrech spotřebovaného kyslíku za minutu nebo se tato hodnota vztáhne k hmotnosti osoby - tj. l/kg/min. Populační hodnoty se pohybují u žen kolem 35 ml/kg/min a u mužů 45 ml/kg/min. U sportovců s vytrvalostním charakterem zatížení se tato hodnota pohybuje kolem 80 ml/kg/min i více. Měří se spiroergometrickými testy, kde se postupně zvedá zátěž do doby, kdy se křivka spotřeby kyslíku už nezvedá – dosáhne vrcholu a při zvyšující se zátěži zůstává v rovině, nebo se zvyšuje jen nepatrně. (Maglischo, 2003)

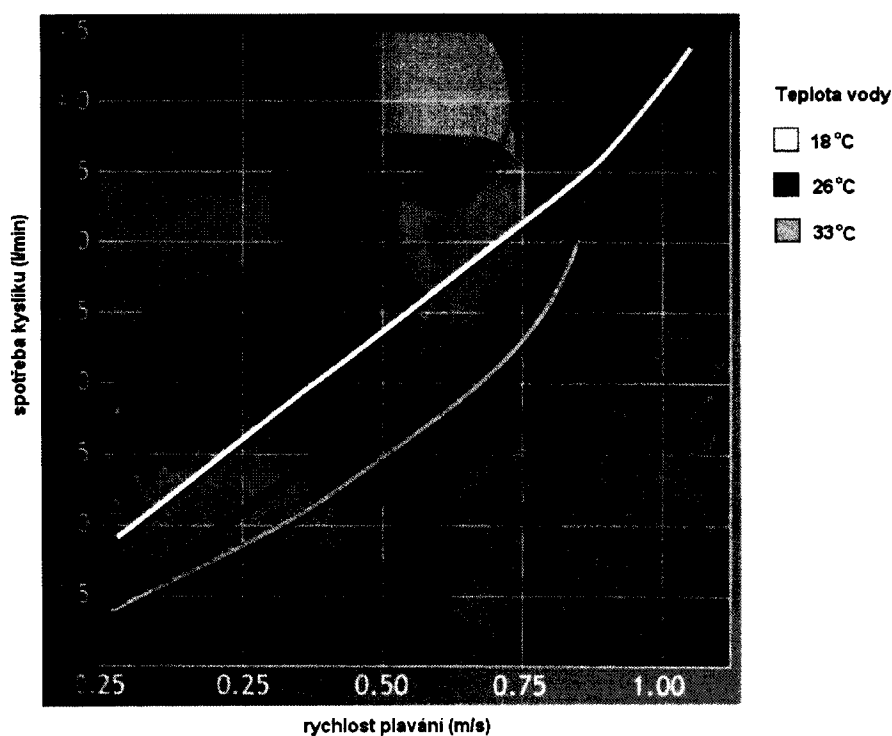
Testování $\dot{V}O_2$ se provádí vždy při činnosti podobné nebo stejné, jako je charakter sportovcova zatížení, tj. běžci budou testováni při běhání, plavci při plavání.

Test, který by měřil sportovce při jiné aktivitě, by přinesl nepřesné výsledky.

(Maglischo, 2003)

Na spotřebu kyslíku při plavání má vliv hydrostatický tlak, který směřuje kolmo na povrch těla a s hloubkou roste. Plavec proto musí při nádechu překonávat tento tlak silou svých dýchacích svalů. (Macejková, 2005)

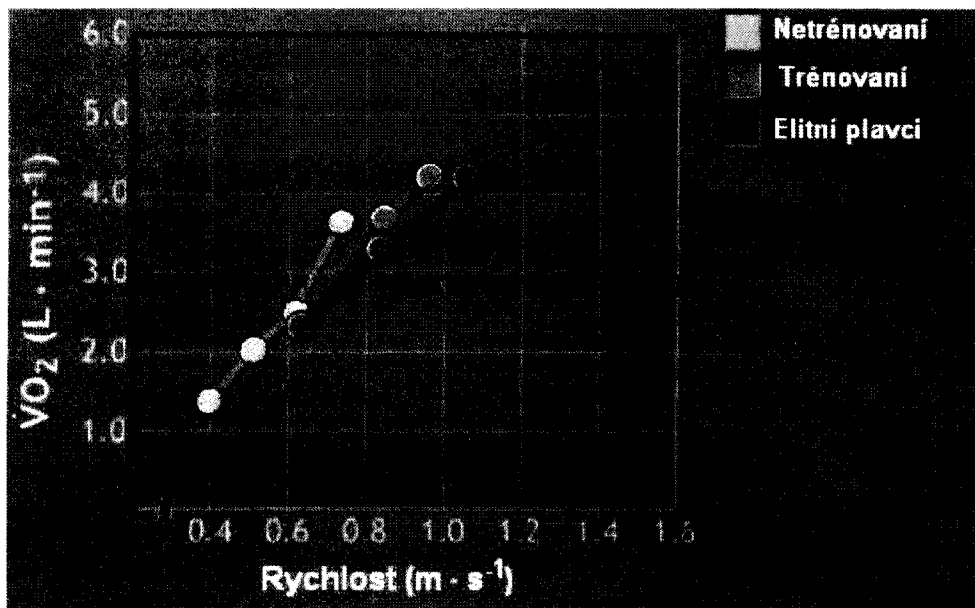
Podle SF lze pomocí grafu odečítat přibližnou spotřebu kyslíku a vypočítat odpovídající energetický výdej při činnosti. Přímký byly zjištěny experimentálně a jsou závislé na pohlaví, věku a fyzické výkonnosti - viz obrázek 7. Výsledná energetická spotřeba je orientační.



Obrázek 5

Průběh spotřeby kyslíku v závislosti na rychlosti plavání způsobem prsa. Průběhy jsou pro různé teploty vody.

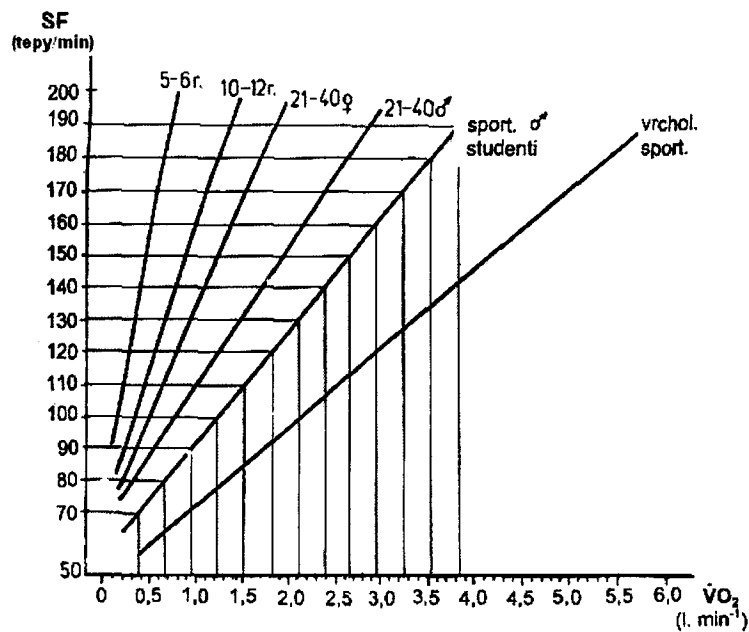
(čerpáno z: McArdle, Katch I. Frank, Katch I. Victor, 2007, str. 227, původní zdroj: Nadel a kol., 1974)



Obrázek 6

Závislosti spotřeby kyslíku na rychlosti plavání způsobu prsa pro netrénované, trénované a elitní plavce.

(čerpáno z: McArdle, Katch I. Frank., Katch I. Victor, 2007, str. 226, původní zdroj: Holmér, 1972)

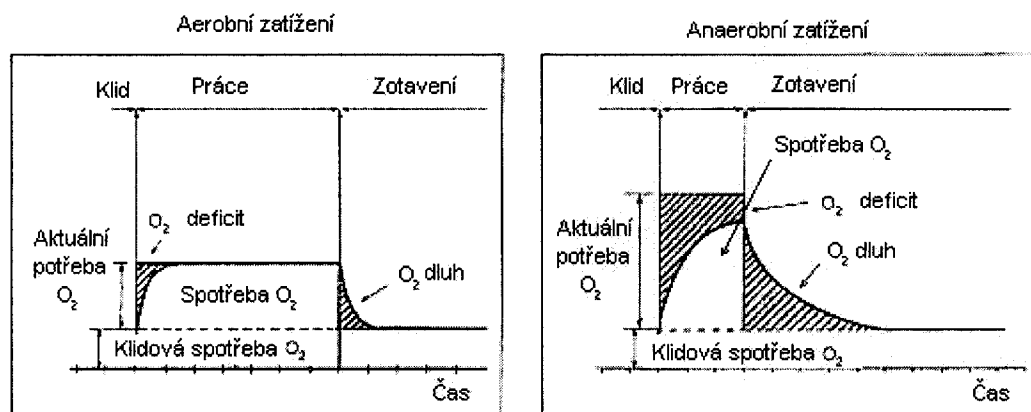


Obrázek 7

Využití SF ke stanovení energetického výdeje (Heller, 2005, str.85)

2. 5. 2 Kyslíkový dluh

Vyjadřuje nadspotřebu kyslíku po skončení zatížení - převážně anaerobního zatížení. Úzce souvisí s kyslíkovým deficitem, který vzniká při nedostatečném poměru aktuální dodávky a reálné spotřebě kyslíku - viz obrázek 8. Výše kyslíkového deficitu a kyslíkového dluhu by měly být přibližně rovné. Hodnoty kyslíkového dluhu u sportovců dosahují 15-18 litrů, u netrénovaných 5-6 litrů.



Obrázek 8

Kyslíkový deficit a dluh při měření nepřímé kalorimetrie v klidu, zatížení a zotavení (Heller, 2005, str.88)

2. 5. 3 Energetický ekvivalent kyslíku

Energetický ekvivalent kyslíku (EE_{O_2}) udává množství energie, které vznikne spotřebou 1 litru kyslíku. Tato hodnota není vždy stejná, mění se podle toho, jaké živiny jsou využívány a v jakém množství (Selinger a Vinařický, 1992). Pro cukry má hodnotu 21,1 kJ, tuky 19kJ a bílkoviny 18kJ. Při smíšené stravě obsahující okolo 50-60% sacharidů, 15-20% bílkovin a zbytek tuky je energetický ekvivalent 20,1kJ. (Kohlíková, 2004). Důležitá je však hodnota energetického ekvivalentu kyslíku, která se liší podle intenzity zatížení, resp. SF. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4 – Hodnoty energetického ekvivalentu kyslíku závislého na SF

Srdeční frekvence (tepy/min)	EE_{O_2}
<110	20,1
110-140	20,3
140-170	20,5
>170	20,9

(Heller, 2005)

2. 6 Ergometrie a měření

Ergometrii (kalorimetrii) neboli měření výdeje energie, je možné provádět přímo nebo nepřímo. (Selinger a Vinařický, 1992)

Přímá ergometrie – měří se teplo, které živý organismus vyzařuje do okolního prostředí a výměna plynů. (McArdle, Katch I. Frank a Katch I. Victor, 2007)

Nepřímá ergometrie, jejíž metody se využívají v dnešní době, operuje se skutečností, že: „Veškerá uvolněná energie pramení nakonec z oxidativních pochodů, tedy že množství spotřebovaného kyslíku může být měřítkem vydané energie, při čemž k upřesnění propočtu nám může sloužit i množství vydaného kyslíčnicku uhličitého a vyloučeného dusíku.“ V porovnání s přímou kalorimetrií je tento způsob jednodušší a méně nákladný. (Heller, 2005)

Nepřímá kalorimetrie při měření používá buď metodu uzavřeného nebo otevřeného okruhu. Pro měření při intenzivních tělesných činnostech se více hodí metody s otevřeným okruhem, kdy testovaný vdechuje atmosférický vzduch, jehož složení je známé. Vydechovaný vzduch jde do analyzátoru, kde se měří a vypočítává spotřeba kyslíku organismem a výdej kyslíčnicku uhličitého. (Wilmore, Costill a Kenney, 2008)

K nejčastějším laboratorním testům zátěžové diagnostiky patří:

- 1) cykloergometrie – využívající statický rotoped, kde je postupně zvyšována zátěž. Výkon se měří ve wattech.
 - 2) běžecké pásy – výkonnost se hodnotí podle rychlosti běhu. Výkon na běžeckém pásu závisí i na sklonu pásu, který se udává ve stupních.
 - 3) veslařský тренаžér – struktura výkonu je odlišná od předešlých, do popředí se dostává hlavně síla horních končetin a trupu.
- (Wilmore, Costill a Kenney, 2008)

Energetický výdej při činnosti

Spotřebovaná energie je při nepřímé kalorimetrii vypočítávána ze spotřebovaného kyslíku, který je násoben energetickým ekvivalentem kyslíku.

Spotřebovaná energie při činnosti trvajícím po určitou dobu je suma tohoto energetického výdeje za dobu „t“. Rovnice jsou uvedeny níže:

$$\text{Energetický výdej (kJ)} = \dot{V}O_2 (l \times \text{min}^{-1}) \times EE_{O_2}$$

$$\text{Celkový energetický výdej: } \sum_{i=1}^n (E_i \times t_i) \dots + (E_n \times t_n)$$

Při sportech s převážným anaerobním zatížením je zapotřebí brát celkovou spotřebu kyslíku jako součet kyslíku spotřebovaného při samotné činnosti i v době zotavení. Např. u sprintů dosahuje kyslíkový dluh i více jak 90% celkového spotřebovaného kyslíku. (Selinger a Vinařický, 1992).

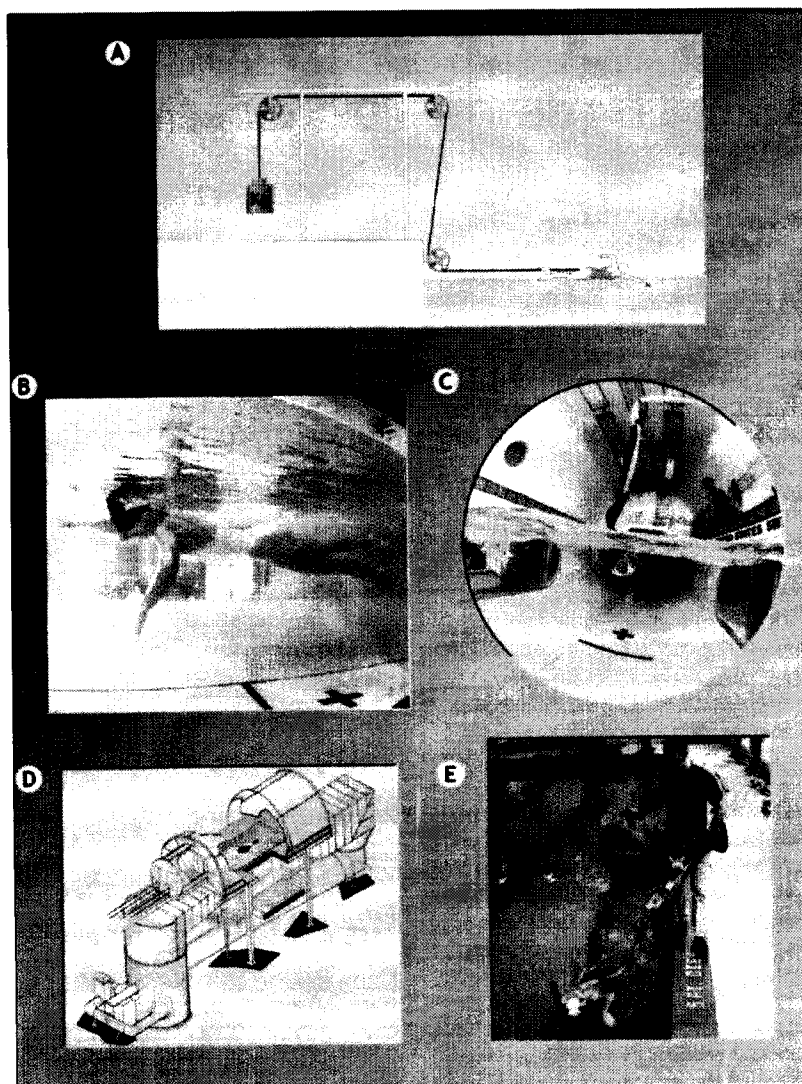
2. 6. 1 Měření ve vodním prostředí

Provedení plaveckých testů není v praxi úplně jednoduché a je k němu zapotřebí nákladného zařízení. Samotné měření je spojeno s problémy při plaveckých obrátkách a konstantní rychlosti plavání. (Wilmore, Costill a Kenney, 2008) Tyto problémy vedly k dvěma řešením: použitím závaží ke kterému je plavec připásan, plave na místě a překonává tak hmotnost závaží a druhá možnost je použití bazénu s regulovatelným protiproudem. (McArdle, Katch I. Frank a Katch I. Victor, 2007)

- a) závaží – plavec je připevněn pomocí pásu k lanu vedoucímu přes soustavu kladek k závaží. Poté plave takovým úsilím, aby měl své tělo stále na jednom místě. Když je zvýšena zátěž v podobě závaží, musí pro setrvání ve vymezeném prostoru plavat větším úsilím. (McArdle, Katch I. Frank a Katch I. Victor, 2007)

- b,c,d) Plavecké kanály (protiproudy) – dovolují přirozené provádění plavecké techniky. Bazény s protiproudem jsou vybaveny tryskou, která před plavce vhání vodní proud konstantní rychlosti. Síla proudu se regulovatelná. Bohužel je takové zařízení velmi finančně náročné. (McArdle, Katch I. Frank a Katch I. Victor, 2007)

- e) Světelná signalizace podél dráhy – řeší konstantní rychlost, které se má plavec držet. Výzkumník jde podél bazénu s vybavením pro analýzu vydechovaných plynů. (McArdle, Katch I. Frank a Katch I. Victor, 2007)



Obrázek 9

Schémata a fotografie laboratorních měření výdajů energie při plavání z amerického Swimming international center for Aquatic research, Colorado Springs (McArdle, Katch I. Frank., Katch I. Victor, 2007, str.224)

Měření aerobní kapacity pomocí plavání v protiproudu, se závažím i plaváním v bazénu vykazují téměř identické výsledky. (Bonen, Wilson, Yarkony a Belcastro, 1980)

Struktura tohoto testování je shodná s měřením na cykloergometru nebo běhacím pásu. Zátěž je postupně zvyšována v podobě rychlosti plavání nebo zátěže, kterou plavec musí táhnout a jsou odečítány hodnoty SF a respirační hodnoty.

Speciální plaveckou vytrvaleckou výkonnost lze měřit pouze ve vodě. Testy na cykloergometru a běhacím pásu vykazují jiné hodnoty než měření ve vodě. Na druhou stranu do jisté míry mapují vzájemný kardio-respirační vztah. (McArdle, Katch I. Frank a Katch I. Victor, 2007)

2. 6. 2 Metody měření respiračních hodnot ve vodě

Metoda měření $\dot{V}O_{2MAX}$ v bazénu je složitá a nákladná procedura. Plavec má nasazenou masku přes obličej i nos, která je spojena s dvojcestným ventilem. Jednou stranou plavec přijímá vzduch a druhou stranou odchází vzduch vydechovaný. Ten je přiveden k přístroji, který vydechovaný vzduch analyzuje.

Měření spotřeby kyslíku při plavání bylo často kritizováno za nepřesné výsledky měření. Za důvody se udávala zvýšená námaha při plavání s maskou a trubicemi, kdy se při stejné rychlosti plavci zvedla hladina spotřeby kyslíku, než bez masky, dále pak změněná poloha a tedy i výkon plavce při použití měřicího vybavení. Nicméně testy v plaveckých kanálech vykazují méně chyb, než měření při volném plavání. Názory na nepřesnost měření s maskou však stále přetrvávají. (Maglischo, 2003)

Dalším způsobem je měření respiračních hodnot ihned po doplavání, kdy si plavec nasadí masku a 20sec v ní dýchá. Spotřeba kyslíku je zpětně extrapolována pro poslední minutu plavání a odhaduje se jako ekvivalent spotřeby kyslíku po tuto dobu. Tento test se může opakovat několikrát s rostoucí intenzitou zatížen, dokud sportovec nedosáhne svého maxima. (Maglischo, 2003)

Kritici zpětné extrapolace tvrdí, že je to zdroj potencionálních velkých chyb, když je vzorek vydechovaných plynů tak malý. Zdůrazňují také, že časová chyba jen 0,1sec nebo mililitrová chyba při odběru plynů značně mění průběh výsledné křivky (Maglischo, 2003). Navzdory tomu studie porovnávající výsledky při různých metodách měření respiračních hodnot vypovídají o shodnosti výsledků při měření v plaveckém kanále, volně nebo se závažím. (Bonen, Wilson, Yarkony a Belcastro, 1980)

2. 6. 3 Vzájemný vztah srdeční frekvence a spotřeby kyslíku

Každý člověk má vzájemný vztah SF a spotřeby kyslíku z velké části lineární. Tento fakt se využívá v situacích, kdy nemůže být měřena spotřeba kyslíku, zatímco tepová frekvence ano. (McArdle, Katch I. Frank a Katch I. Victor, 2007)

Následující tabulka obsahující vzájemný vztah SF a spotřeby kyslíku platí pro většinu plavců, kteří trénují alespoň několik týdnů.

Tabulka 5 – Vztah SF a spotřeby kyslíku pro plavce

Srdeční frekvence	Spotřeba kyslíku - $\dot{V}O_2$
SF_{MAX} až ($SF_{MAX} - 10$ tepů)	100% = $\dot{V}O_{2MAX}$
$SF_{MAX} - (15$ až 20 tepů)	85% až 90% $\dot{V}O_{2MAX}$
$SF_{MAX} - (25$ až 30 tepů)	70% až 80% $\dot{V}O_{2MAX}$
$SF_{MAX} - (40$ až 60 tepů)	50% až 60% $\dot{V}O_{2MAX}$

(Maglischo, 2003)

3. Cíle, úkoly, výzkumné otázky

3.1 Cíl práce

- Porovnání průběhu srdeční frekvence při plavání v oděvu a bez něj.
- Zjištění energetické náročnosti jednotlivých druhů plavání.

3.2 Úkoly práce

- Studium podkladů zabývajících se testováním ve vodním prostředí.
- Zajištění bazénu s vhodným protiproudem.
- Provedení spiroergometrického vyšetření.
- Provedení měření SF pro dvě rychlosti vodního proudu.
 - Plavání v plavkách
 - Plavání v oděvu a botách
- Vyhodnocení a zpracování výsledků.

3.3 Výzkumné otázky

- Jaká je spotřeba energie probandů pro jednotlivé druhy plavání?
- Jaký má vliv plavecký trénink na funkční odezvu plavce při plavání v oděvu?

4. Metodika výzkumu

Cílem práce bylo porovnat hodnoty srdeční frekvence získané měřením při plavání v oděvu a bez něj a zjistit tak funkční odezvu organismu u testovaných plavců. Tyto hodnoty byly snímány během plavání v protiproudu o konstantní rychlosti vodního toku.

Dalším krokem bylo porovnat u testovaných energetickou náročnost na tento specifický druh zátěže, vyskytující se při výcviku vojenského plavání. Protože se autorovi této práce nepodařilo najít laboratoř vybavenou plaveckým kanálem s vhodným vybavením pro analyzování respiračních hodnot, byla u probandů zjištěna vzájemná závislost spotřeby kyslíku a SF spiroergometrickým testem na běhacím pásu. Hodnoty spotřeby kyslíku při tomto testu pak byly použity k odpovídajícím srdečním frekvencím dosahovaným při plavání. Pomocí energetického ekvivalentu kyslíku pak byla vypočtena průměrná minutová energetická spotřeba pro jednotlivé druhy plavání.

4.1 Popis skupiny

Skupinu tvoří 5 studentů Vojenského oboru při univerzitě Karlově. Všichni splňují vstupní podmínky vojenského plavání a aktivně sportují.

Proband 1

věk: 20 let

výška: 175 cm

váha: 83 kg

Tento student se aktivně věnuje ploutvovému plavání. Jako další sportovní aktivity udává cyklistiku a vytrvalostní běh.

Proband 2

věk: 20 let

výška: 182 cm

váha: 80 kg

Na střední škole se testovaný věnoval závodně fotbalu, atletice a šplhu.

Proband 3

věk: 23 let

výška: 190 cm

váha: 87 kg

Proband se věnoval aktivně basketbalu, ale nyní již tento sport provozuje jen rekreačně. Nepravidelně se věnuje úpolovým sportům.

Proband 4

věk: 26 let

výška: 177 cm

váha: 73 kg

Tento proband již aktivně nesportuje. Udává pravidelný posilovací trénink a vytrvalostní běh. Dříve hrával závodně házenou a plaval.

Proband 5

věk: 22 let

výška: 183 cm

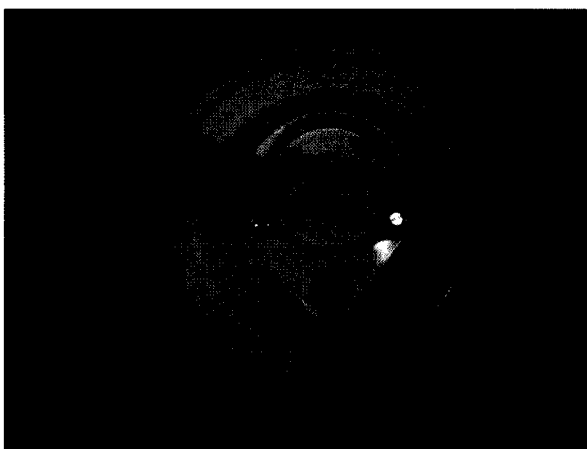
váha: 83 kg

Tento jedinec se od 4 let věnuje plavání, od 8 let pak závodně. Ve 14 letech se stal členem SCM (sportovní centrum mládeže). Ve 20 letech se začal věnovat ploutvovému plavání. V tomto plaveckém sportu se dostal se reprezentace ČR a v roce

2008 naši zemi reprezentoval na mistrovství Evropy v ploutvovém plavání, kde se umístil na šestém místě. V této době je držitelem dvou českých rekordů.

4.2 Plán výzkumu

Měření v bazénu proběhlo v Býkovicích ve dnech 27.2. a 28.2. 2009. Bazén měl rozměry 5x10m a hloubku 1,6m. Byl opatřen tryskou a čerpadlem protiproudu NADORSELF od firmy Pool 2000 – viz obrázek 10. Další technické informace jsou přiloženy v přílohách na str. 72.



Obrázek 10

Polohovatelná tryska protiproudu od firmy Pool 2000.

Po nastavení trysky byl vymezen prostor plavání pomocí skládacích laminátových tyčí - viz obrázek 11 a následovala série měření hladinových rychlostí metodou povrchových plováků. Tato metoda byla odborně konzultována s doc.

Plovák představovala plastová láhev naplněná vodou, která byla vypouštěna v proudnici v dostatečné vzdálenosti před měřeným prostorem aby stačila nabýt stejnou rychlost jako vodní proud. Měřil se čas průchodu určeným prostorem plavání. Měření se provedlo 6x, za neplatné byly považovány časy, kdy plovák opustil proudnici a tyto měření byly opakovány. Ze známé délky vymezeného úseku a změřených časů se určily rychlosti jednotlivých plováků a z nich průměrná rychlost jako aritmetický průměr tří nejrychlejších plováků. (viz. příloha na str.76) Přesnější metodou by bylo proměření bodových rychlostí proudu ve vymezeném úseku hydrometrickou vrtulí. Toto zařízení však nebylo k dispozici.



Obrázek 11

Plavaný prostor byl vymezen laminátovými tyčemi. Všichni probandi byli instruováni v jakém prostoru mají plavat.

Po zjištění rychlosti proudu byla vypočtena doba, po kterou je potřeba setrvávat a plavat proti vodnímu proudu, aby zátěž odpovídala 100m trati v normálním bazénu. Všichni probandi byli instruováni o prostoru plavání, kde laminátová tyč tvořila imaginární hranici, které se měl testovaný dotýkat prsty při fázi splývání.

Hodnoty srdeční frekvence byly měřeny za pomoci sportesteru od firmy Polar model S 610i. Během měření hodnot SF při plavání v oděvu bylo zjištěno, že signál z hrudního pásu se často ztrácí, resp. se nezaznamenává vůbec. Problém byl vyřešen tak, že hodinky zaznamenávající hodnoty SF testovaného v 5s intervalech byly drženy a kontrolovány v blízkosti hrudního pásu po celou dobu měření, jak je vidět na obr. 11. Dalším problémem bylo, že sportester opožděně reagoval na velké skokové změny SF, zejména v úvodní části měření, kdy proband přešel na povel z klidu do pracovní fáze. Teplota vody byla 27 °C pro všechna měření.

Plavání vždy probíhalo v daném pořadí probandů s hodinovým odstupem jednotlivých měření. Vždy se plavalo nejdříve v oděvu a poté v plavkách.

4.3 Měřicí procedury

Sběr dat lze rozdělit na 2 části:

- 1) Měření hodnot SF při plavání v oděvu a bez něj.
- 2) Spiroergometrický test na běhacím pásu.

1) Při plavání v bazénu se pomocí sportesteru získávaly hodnoty SF probandů. Interval snímání těchto hodnot byl vždy nastaven na 5s, tj. 12 vzorků SF za minutu. Testovaný byl vždy před pracovní fází 1min v klidu ve vodě mimo dosah vodního proudu. Tato část byla zařazena kvůli snížení SF probandů, která byla zvýšená zejména vlivem předešlého oblékání vojenského oděvu. Následovala pracovní fáze, ve které měřená osoba plavala ve vymezeném prostoru proti vodnímu proudu. Tyto měření proběhla pro dvě odlišné rychlosti plavání a to v oděvu i bez něj.

2) Spiroergometrický test na běhacím pásu probíhal vždy až po rozcvičení měřené osoby. Na pásu pak absolvovala krátké rozběhání cca.4 minuty rychlostí 10km/h. Následovala krátká pauza, a po-té samotné měření. Z analýzy dat naměřených v bazénu bylo zapotřebí zjistit vzájemnou závislost spotřeby kyslíku i pro nižší hodnoty SF. Proto se začalo s rychlostí pásu na 6km/h, kterou všichni probandi absolvovali rychlejší chůzí. Rychlost pásu byla vždy po 1 minutě zvýšena o 1km/h. Test pokračoval až do vyčerpání probanda a byly tak zjištěny i maximální srdeční a ventilační hodnoty. Z celkového záznamu byly pro další zpracování důležité jen vzájemné objemové hodnoty spotřeby kyslíku - $\dot{V}O_2$ a SF.

4.4 Vyhodnocení výsledků

Pro výpočty průměrných hodnot SF při plavání a následné grafické znázornění byl použit program SPSS. Grafy byly dále pro lepší porozumění průběhu popsány.

Průměrné hodnoty SF se počítaly pouze z fáze plavání a jsou zobrazeny pro jednotlivá měření v kapitole výsledků.

Směrodatná odchylka, což je míra průměrné vzdálenosti dat od jejich společného průměru, byla taktéž zpracována programem SPSS.

Pro výpočty energetické spotřeby byla použita následující konstanta energetického ekvivalentu kyslíku $EE_{O_2} = 20,3$. Tato hodnota se podle tabulek používá v rozmezí srdečních frekvencí od 110 do 140 tepů/min, což je rozmezí, ve kterém se testované osoby pohybovaly. Dále byl použit vzorec pro výpočet energetického výdeje $(kJ) = \dot{V}O_2 (l \times \text{min}^{-1}) \times EE_{O_2}$, do kterého byla dosazena hodnota objemu spotřebovaného kyslíku vzhledem k průměrné SF pro plavání. Výsledná hodnota ukazuje průměrnou spotřebu energie za 1 minutu plavání.

5. Výsledky

Výsledky jsou v této části rozděleny do tří bodů:

- výsledky spiroergometrie
- data naměřená během plavání
- vypočtená energetická spotřeba při plavání

5.1 Výsledky spiroergometrie

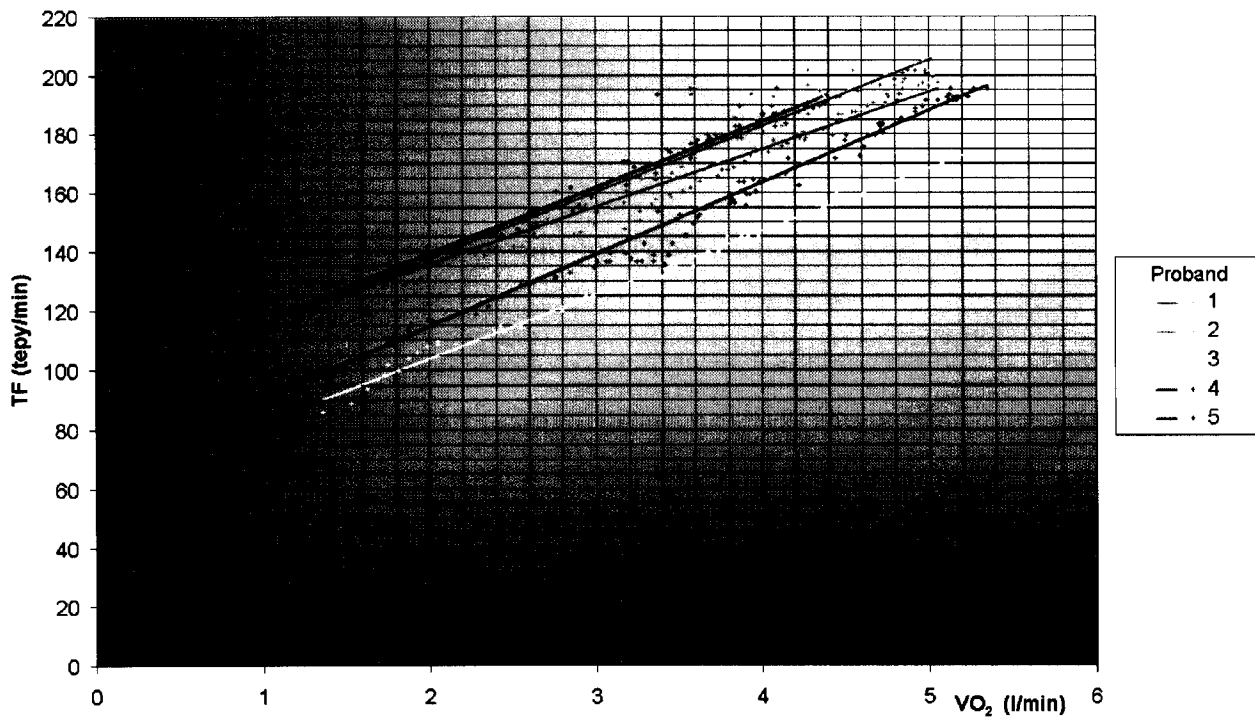
Spirometrie probíhala ve dnech 19.3. a 23.3. 2009, tedy 19 a 23 dní po měření v bazénu. V prvním termínu byli měřeni 3 probandi, v druhém termínu zbývající 2. Test probíhal na běhacím pásu. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce 6.

Tabulka 6 - Vybrané maximální hodnoty změřené během testu na běhacím pásu

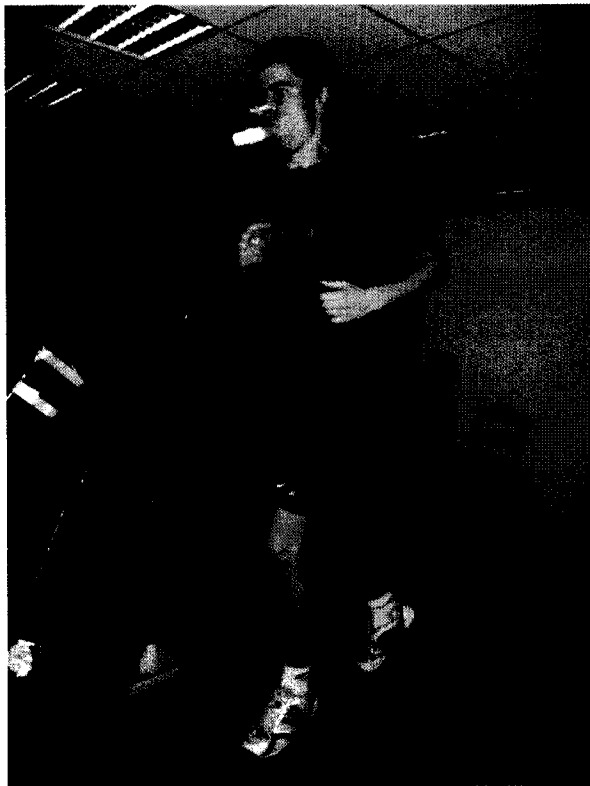
proband	SF_{MAX} (tepy/min)	VO_{2MAX} (ml/kg/min)
1	199	60,8
2	202	62,9
3	193	60,7
4	190	59,7
5	196	63,7

Testem byla zjištěna vzájemná závislost tepové frekvence a spotřeby kyslíku. Tato závislost je vynesena do grafu na obrázku 12 pro všechny testované. Jednotlivé naměřené body jsou proloženy přímkou kvůli lepší přehlednosti.

Jak se později ukázalo u dvou probandů nebyl dostatečně zmapován vzájemný vztah spotřeby kyslíku a SF pro nízké srdeční frekvence. Z tohoto důvodu by bylo příště vhodné začít ergometrický test pro nižší rychlosti běhacího pásu.



Obrázek 12
Vzájemná závislost tepové frekvence a spotřeby kyslíku všech testovaných zjištěná během spiroergometrického testu na běhacím pásu.



Obrázek 13
Jeden z probandů během spiroergometrického vyšetření na běhacím pásu.

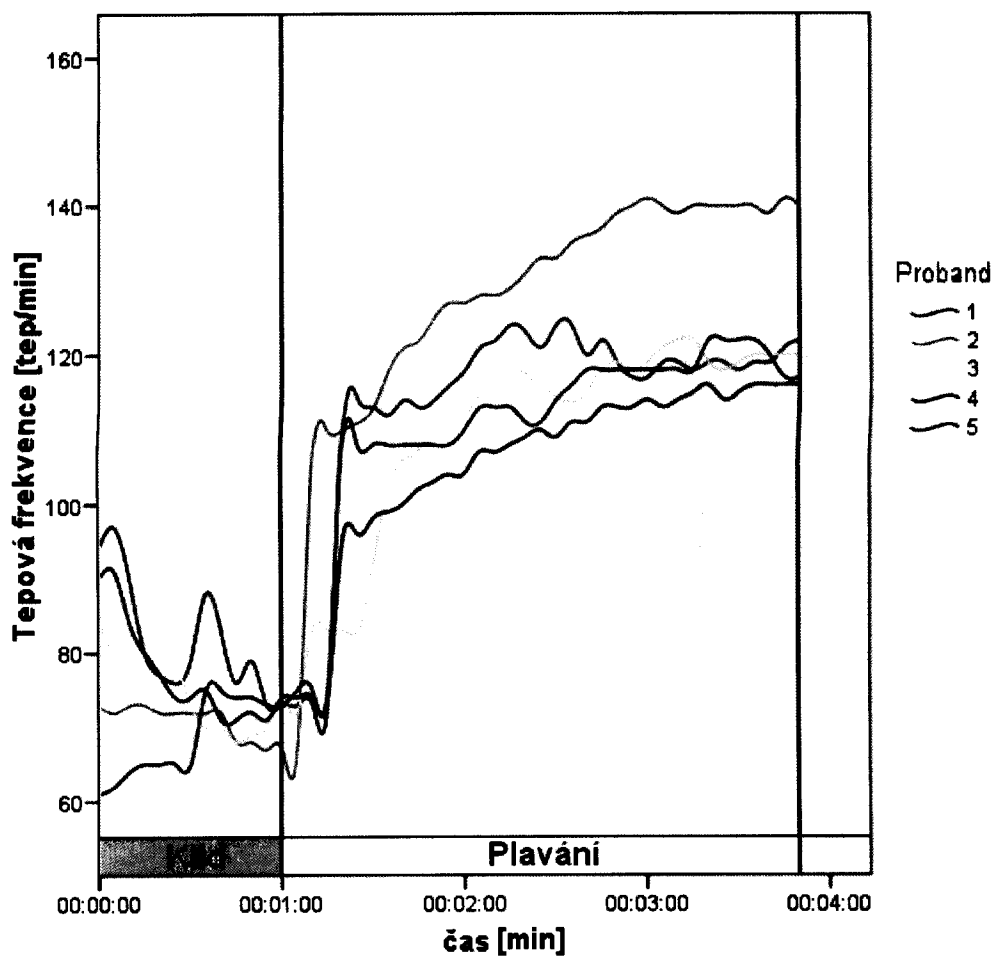
5. 2 Data naměřená během plavání

Měření proběhlo v Býkovicích 27.2. a 28.2. 2009 v bazénu s protiproudem. Pro první dvojici měření byla nastavena a změřena rychlost proudu 0,59m/s. Doba, po kterou probandí plavali proti vodnímu proudu, byla 170s a odpovídala tak 100m vzdálenosti.

Před samotným měřením jednotlivci vždy setrvali 1 minutu nehybně ve vodě kvůli zklidnění SF. V grafech je začátek plavání označen svislou čarou. Následuje pracovní fáze, kdy se probandí svojí činností snažili setrvat na označeném místě v protiproudu. Konec této fáze je opět v grafu označen svislou čarou.

První graf na obrázku 14 znázorňuje průběh SF v závislosti na čase během plavání v plavkách pro již zmiňovanou rychlost proudu 0,59m/s. Podle očekávání reagovala SF na zatížení svým zvýšením, kde se průměrně po 2 minutách ustálila na relativně stálé hodnotě. Čtyři z pěti probandů vykazovali téměř shodné výsledky maximální SF v rozmezí 116 - 120 tepů/min. Pouze jeden testovaný se během plavání dostal na 140 tepů/min. Důvodem vyšší hodnoty je nejspíše zaujímání špatné splývavé polohy těla a celkově hůře osvojená technika plaveckého způsobu prsa (průběh jednoho cyklu u tohoto probanda je přiložen v přílohách na str. 73). Průměrné hodnoty SF jsou zobrazeny v tabulce 7 pod grafem.

Kompletní průběhy SF jednotlivých probandů pro všechna měření, které zahrnují i průběh zotavovací SF jsou přiloženy v přílohách na str. 74 - 76 .



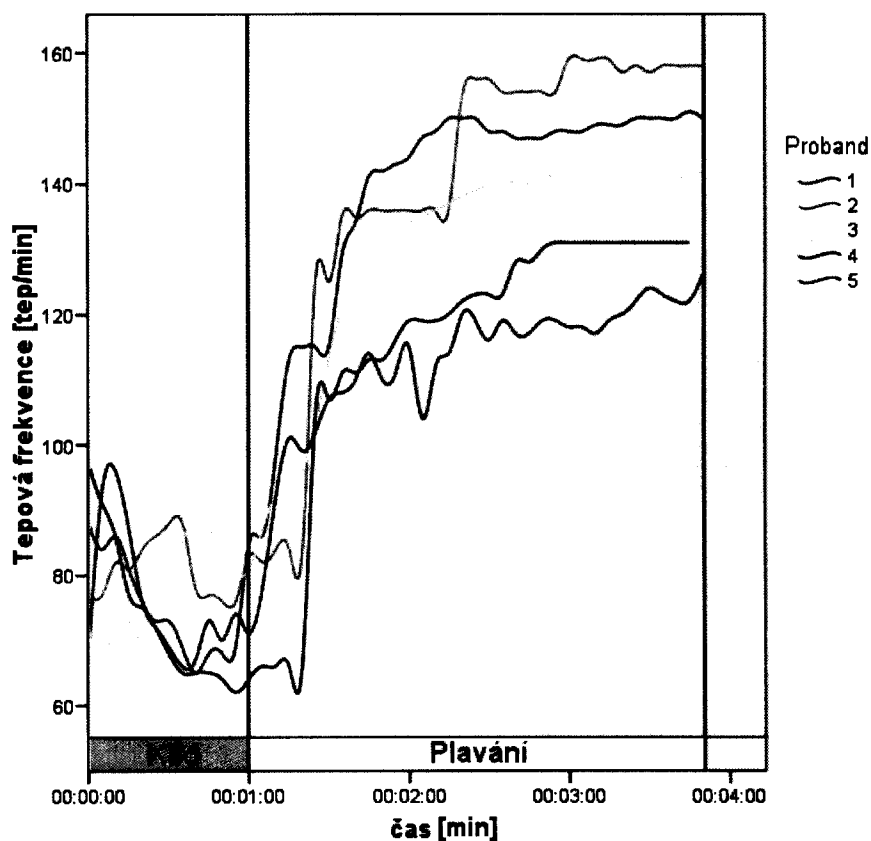
Obrázek 14

Plavání v plavkách rychlostí 0,59m/s - průběh SF v závislosti na čase.

Tabulka 7 – Hodnoty SF pro plavání 1 v plavkách

Proband	Fáze měření	Průměr	Směrodatná odchylka
1	klid	81,92	7,91
	plavání	115,17	12,04
2	klid	70,85	2,37
	plavání	127,26	15,56
3	klid	76,89	4,13
	plavání	110,67	14,31
4	klid	78,09	7,27
	plavání	105,90	10,65
5	klid	68,54	5,42
	plavání	110,39	12,74
Celkem	klid	75,05	7,61
	plavání	114,15	14,97

Po 1 hodině následovalo měření plavané v oděvu pro stejnou rychlost proudu. Měřené SF se pohybovaly v rozmezí 127 až 158 tepů/ min. Jen jeden proband na změnu podmínek měření svojí SF téměř nereagoval. Jeho SF se zvýšila jen o 5 tepů/min. Jedná se o vrcholového plavce. Průměrné hodnoty SF jsou zobrazeny v tabulce 8 pod grafem.



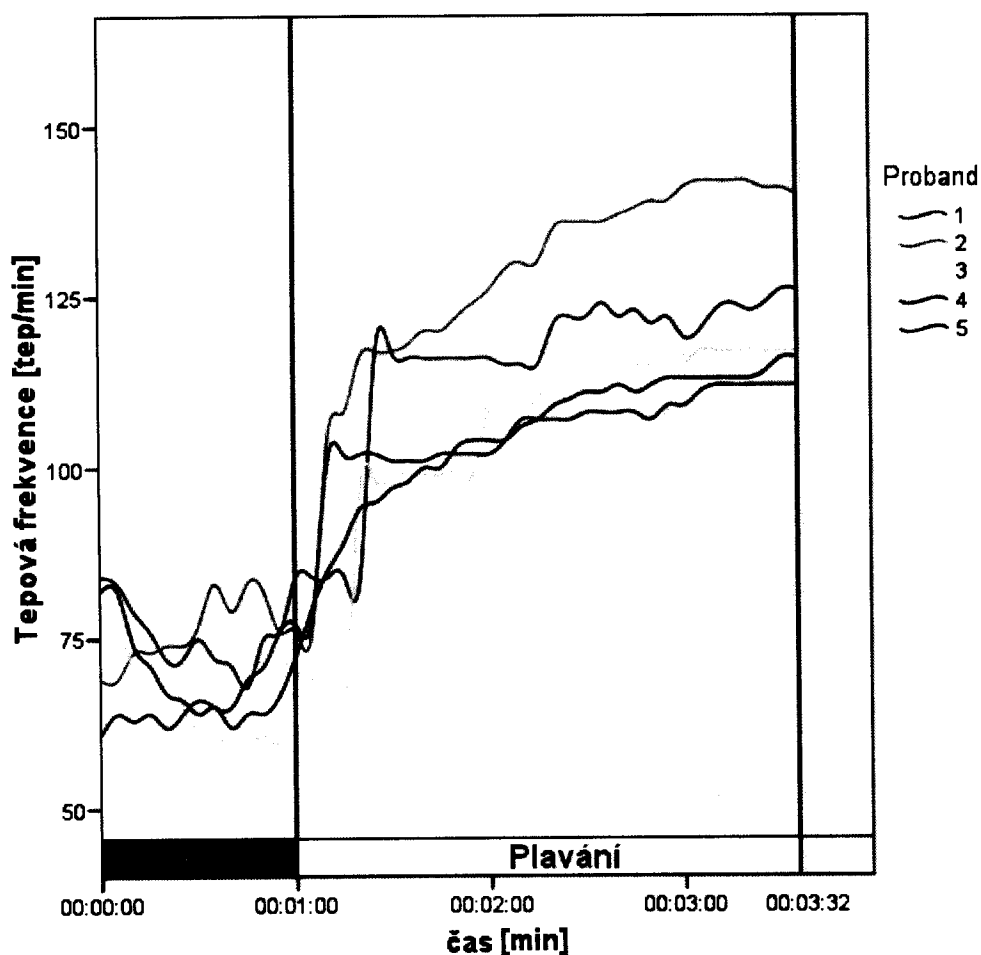
Obrázek 15
Plavání v oděvu rychlostí 0,59m/s - průběh SF v závislosti na čase.

Tabulka 8 – Hodnoty SF pro plavání 1 v oděvu

Proband	Fáze měření	Průměr	Směrodatná odchylka
1	klid	75,77	8,05
	plavání	140,00	15,68
2	klid	81,00	4,50
	plavání	138,94	24,27
3	klid	75,00	5,70
	plavání	130,57	17,89
4	klid	75,00	11,59
	plavání	116,90	19,01
5	klid	75,54	9,96
	plavání	112,39	9,95
Celkem	klid	76,61	8,45
	plavání	127,55	21,23

Druhé dvě měření proběhly 28. 2. 2009. Byla nastavena a změřena rychlost proudu 0,66 m/s. Doba, po kterou probandi plavali proti vodnímu toku, byla 152s a odpovídala tak 100m vzdálenosti.

Začalo se opět plaváním pouze v plavkách. Opět čtyři z pěti probandů vykazovali téměř shodné výsledky maximální SF v rozmezí 112 - 125 tepů/min. Pouze jeden testovaný se během plavání dostal na 142 tepů/min. Tyto výsledky se téměř neliší od předchozího měření v plavkách. Tzn. že na zvýšení rychlosti plavání probandi svoji SF nijak výrazně nereagovali.



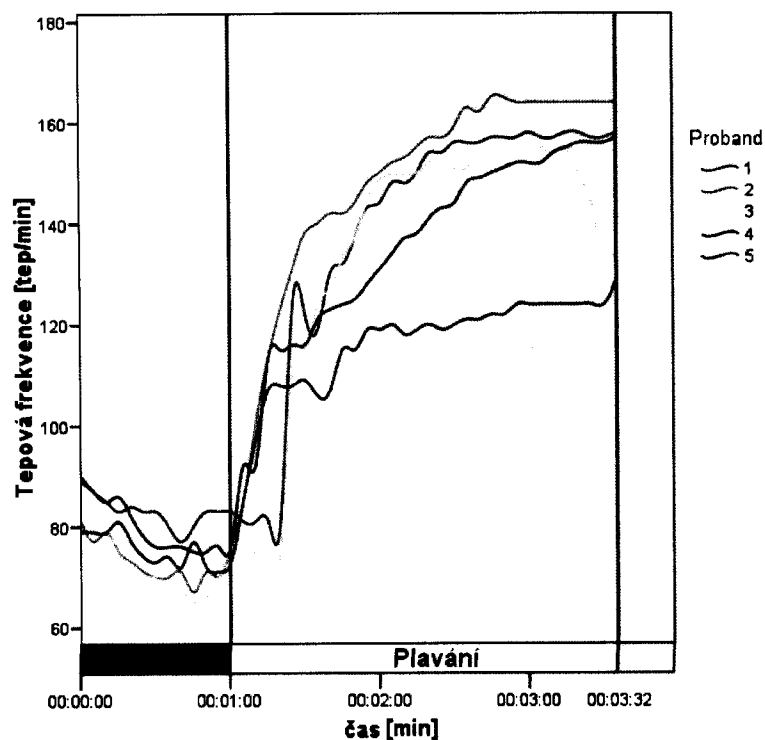
Obrázek 16

Plavání v plavkách rychlostí 0,66 m/s - průběh SF v závislosti na čase.

Tabulka 9 - Hodnoty SF pro plavání 2 v plavkách

Proband	Fáze měření	Průměr	Směrodatná odchylka
1	klid	75,92	5,20
	plavání	116,30	11,49
2	klid	76,00	4,72
	plavání	128,52	14,66
3	klid	68,78	6,37
	plavání	104,67	17,61
4	klid	69,18	7,20
	plavání	106,20	8,22
5	klid	66,69	5,10
	plavání	105,42	6,50
Celkem	klid	71,56	6,81
	plavání	112,76	15,04

Po 1 hodině následovalo měření v oděvu pro stejnou rychlost proudu. Měřené maximální SF byly podobné předešlému plavání v oděvu a pohybovaly se v rozmezí 129 až 160 tepů/ min, průměrné SF vypočtené z celého průběhu plavání však byly vyšší. Závodnímu plavci se oproti měření v plavkách zvýšila maximální SF jen 12 tepů/min.



Obrázek 17

Plavání v oděvu rychlostí 0,66 m/s - průběh SF v závislosti na čase.

Tabulka 10- Hodnoty SF pro plavání 2 v oděvu

Proband	Fáze měření	Průměr	Směrodatná odchylka
1	klid	83,15	3,21
	plavání	141,57	23,70
2	klid	73,15	4,12
	plavání	149,03	20,25
3	klid	78,33	6,92
	plavání	134,86	26,82
4	klid	80,45	5,42
	plavání	137,63	16,96
5	klid	75,46	3,33
	plavání	116,71	9,37
Celkem	klid	78,02	5,78
	plavání	135,99	22,48

5.3 Vypočtená energetická spotřeba při plavání

Hodnoty $\dot{V}O_2$ změřené při spirometrickém testu byly přiřazeny jak k maximálním SF (tabulka 11 a 12) pro jednotlivá plavání, tak k průměrným SF. Z průměrných SF pak byl vypočten energetický výdej.

Tabulka 11 - Hodnoty $\dot{V}O_2$ a SF pro plavání 1.

plavání 1 $v_1 = 0,59m/s$				
plavky			oděv	
proband	SF (tep/min)	$\dot{V}O_2$ (l/min)	SF (tep/min)	$\dot{V}O_2$ (l/min)
1	125	1,5	151	3,3
2	142	2,4	160	3,2
3	122	2,8	143	3,9
4	116	1,4	137	2
5	122	2,3	127	2,4

Tabulka 12 - Hodnoty $\dot{V}O_2$ a SF pro plavání 2.

plavání 2 $v_2 = 0,66m/s$				
plavky			oděv	
proband	SF (tep/min)	$\dot{V}O_2$ (l/min)	SF (tep/min)	$\dot{V}O_2$ (l/min)
1	128	1,5	158	3,4
2	142	2,4	157	3,2
3	112	2,4	136	3,4
4	116	1,4	157	2,9
5	112	1,9	133	2,8

Hodnoty $\dot{V}O_2$ v tabulce jsem porovnal s hodnotami spotřeby kyslíku pro plavecký způsob prsa zobrazenými na obrázku 5 a 6. Z těchto grafů vyplývá, že spotřeba kyslíku při plavání v plavkách způsobem prsa by se měla u testovaných pohybovat v rozmezí 2,0 (pro profesionální plavce) až 2,8 l/min (pro netrénované). U tří z pěti probandů tomu tak skutečně je. U zbývajících dvou nebyly hodnoty $\dot{V}O_2$ pro požadovanou SF během testu na běhátku zaznamenány – tito probandi začali test už na vyšších hodnotách SF. Odpovídající hodnoty spotřeby kyslíku byly u těchto osob zjištěny graficky pomocí extrapolace.

V následující tabulce 13 jsou seřazeny veškeré vypočtené průměrné hodnoty energetické spotřeby za 1 minutu pro všechna plavání vyjádřené v kJ i kcal.

Pro výpočet průměrné minutové spotřeby energie byl použit vzorec:

$(kJ) = \dot{V}O_2 (l \times \text{min}^{-1}) \times EE_{O_2}$, kde hodnota $\dot{V}O_2$ byla do vzorce přiřazena ze spiroergometrického testu na běhacím pásu vzhledem k průměrné SF při určitém druhu plavání a rychlosti proudu.

Tabulka 13 - Výsledky energetické spotřeby

proband	plavání 1 $v_1 = 0,59m/s$				plavání 2 $v_2 = 0,66m/s$			
	plavky		oděv		plavky		oděv	
1	28,42 kJ	6,77 kcal	46,08 kJ	10,97 kcal	29,23 kJ	6,96 kcal	50,34 kJ	11,99 kcal
2	32,48 kJ	7,73 kcal	47,30 kJ	11,26 kcal	34,10 kJ	8,12 kcal	52,78 kJ	12,57 kcal
3	46,08 kJ	10,97 kcal	68,41 kJ	16,29 kcal	38,57 kJ	9,18 kcal	69,02 kJ	16,43 kcal
4	24,36 kJ	5,80 kcal	32,48 kJ	7,73 kcal	25,17 kJ	5,99 kcal	48,92 kJ	11,65 kcal
5	38,37 kJ	9,14 kcal	40,19 kJ	9,57 kcal	27,00 kJ	6,43 kcal	44,05 kJ	10,49 kcal

6. Diskuze

Společná závislost SF a $\dot{V}O_2$ byla změřena pomocí stupňovitého zátěžového testu na běhacím pásu. V ideálním případě by se tyto respirační hodnoty měřily přímo během plavání. Autor této práce však nenašel vhodnou laboratoř vybavenou plaveckým kanálem a analyzátořem vydechovaných plynů. Tím se celá práce značně zkomplikovala.

Plavecký kanál byl nahrazen komerčním bazénem s tryskovým protiproudem. Samotný vodní proud z této trysky však nemůže nahradit relativně konstantní vodní tok plaveckého kanálu. Dalším úskalím bylo, že i samotný výběr bazénu značně omezovala charakteristika měření resp. plavání v oděvu a botách. Přísné hygienické podmínky bazénových zařízení vylučovaly vstup do vody v oděvu a botách.

Z dat naměřených SF během plavání v bazénu vyplývá, že nastavené rychlosti proudu 0,59 m/s a 0,66 m/s nepředstavovaly pro testované osoby příliš vysoké zatížení. To se ovšem týká jen plavání v plavkách. Jejich maximální hodnoty SF se od sebe výrazně nelišily a pro obě měření se pohybovaly v rozmezí 116-125 tepů/min, což odpovídá 57% až 64% SF_{MAX} . Jedinou výjimkou byl proband dosahující hodnot SF=142 tepů/min rovnající se 70% jeho SF_{MAX} . To přikládám nedokonalému osvojení plaveckého způsobu prsa. Největší chybou jeho stylu byla velice krátká fáze splývání a celkově špatná pozice celého těla v této fázi. Došlo tak ke zvětšení hydrodynamického odporu, na které proband reagoval zvýšením frekvence pohybu. Průběh jeho plaveckého cyklu je přiložen v přílohách na obrázku 20 i s plaveckým cyklem probanda, který dosahoval nejnižších maximálních hodnot SF při plavání v plavkách.

Tabulka 14 – Hodnoty maximálních SF změřených při jednotlivých měřeních

proband	plavání 1 $v_1 = 0,59m/s$		plavání 2 $v_2 = 0,66m/s$	
	plavky	oděv	plavky	oděv
1	125	151	128	158
2	142	160	142	157
3	122	143	112	136
4	116	137	116	157
5	122	127	112	133

Maximální hodnoty SF při plavání v oděvu se u měření s rychlostí proudu $v_1 = 0,59m/s$ pohybovaly v rozmezí od 137 do 160 tepů/min, což odpovídá 72% až 79% SF_{MAX} . Zvýšení SF oproti plavání v plavkách bylo v průměru o 21 tepů/min. Výjimkou byl závodní plavec, který reagoval na plavání ve výstroji zvýšením svojí maximální SF jen o 5 tepů/min z původních 122 tepů/min na 127 tepů/min, což představovalo zvýšení z 62% na 65% SF_{MAX} . Myslím si, že důvodem tohoto nepatrného zvýšení SF oproti plavání v plavkách je vedle dokonale zvládnutého plaveckého stylu a plaveckého tréninku trvajícího více jak 14 let, zvolená rychlost vodního proudu. Ta byla nastavena vzhledem k celé skupině, resp. aby všichni testovaní zvládli danou rychlost protiproudu odplavat jak v plavkách, tak v kompletní ústroji. Tato rychlost byla však pro výše zmíněného probanda velmi nízká. Proto se u něj přidaná zátěž v podobě oděvu a bot nijak výrazně kardio-vaskulárně neprojevila.

Při měření v oděvu pro druhou rychlost proudu $v_2 = 0,66m/s$ se SF pohybovaly v rozmezí od 136 do 158 tepů/min, což odpovídá 70% až 82% SF_{MAX} . Průměrné zvýšení SF oproti plavání v plavkách bylo pro tuto rychlost 27 tepů/min. Závodnímu plavci byla zaznamenána změna maximálních srdečních frekvencí o 21 tepů/min z hodnoty 112 tepů/min na 133 tepů/min, tedy změna z 57% na 68% SF_{MAX} .

Zajímavá je skutečnost, že při porovnání maximálních SF pro plavání v plavkách pro 2 různé rychlosti proudu, nebyly vždy vyšší hodnoty SF pro větší rychlost proudu. U dvou probandů došlo ke snížení SF o 10 tepů/min. Po porovnání video záznamu průběhu jednotlivých plavání u prvního probanda přikládám toto snížení lepšímu zaujetí splývavé polohy těla a hlavně delšímu setrvání v této pozici. Fáze splývání trvala kratší dobu, tělo celkově svíralo s hladinou větší úhel, zvýšila se frekvence plaveckého cyklu a v důsledku toho i přes nižší rychlost vykazoval vyšší hodnoty SF. U druhého je tato skutečnost způsobena nejspíše chybným měřením sportesteru. Z průběhu jeho SF při plavání 2 jsou vidět skokové změny s dlouhým setrváváním na jedné hodnotě – viz přílohy obrázků 23. Z toho lze usoudit, že takto získaná data budou zatížena chybou.

Pro další měření bych doporučoval začít s rychlostmi protiproudu na hodnotách 0,65 m/s a následně pro další měření rychlost zvedat. Rychlost pod 0,6 m/s je v případě plavání v plavkách značně pomalá.

Je zapotřebí si uvědomit, že vypočtené hodnoty energetického výdeje v této práci jsou vlivem aproximace spotřeby kyslíku k SF pouze orientační. Jak ukazuje např. studie Holméra, Lundína a Erikssona (1974), která porovnávala u 23 elitních plavců hodnoty SF_{MAX} a $\dot{V}O_{2MAX}$ v plaveckém kanále a na běhacím pásu, jsou tyto hodnoty odlišné. Na běhacím pásu byla SF_{MAX} vyšší průměrně o 15 tepů/min a též spotřeba kyslíku byla vyšší v průměru o 0,28 l/min. Další měření netrénovaných, resp. rekreačních plavců ukazují na 25% rozdíl v hodnotách $\dot{V}O_{2MAX}$ při plavání a běhu. (Dixon Jr. a Faulkner, 1971)

K porovnání průměrné energetické spotřeby byly použity výsledky studie zabývající se lidským energetickým výdejem při plavání v maximálních rychlostech. (Capelli, Pendergast, Termin, 1998). Porovnat však lze jen hodnoty vztažené k plavání v plavkách.

Energetická spotřeba pro rychlosti proudu $v_1 = 0,59 \text{ m/s}$ se pohybovala v rozmezí 24 kJ/min až 46 kJ/min v průměru 34 kJ/min. Odpovídající hodnota spotřebované energie podle výše zmíněné studie činí 44 kJ/min. Pro vyšší rychlost proudu $v_2 = 0,66 \text{ m/s}$ byla vypočtena energetická spotřeba probandů v rozmezí 25 kJ/min až 34 kJ/min, v průměru 31 kJ/min. Pro tuto rychlost však studie Capelliho, Pendergasta a Termina udává hodnotu 49 kJ/min. Odlišnost těchto hodnot je nejspíše způsobena dosažením neodpovídajících hodnot $\dot{V}O_2$ do vzorce pro výpočet energetické spotřeby, rozdílným osvojením plaveckého způsobu prsa i různou hmotností testovaných osob.

Hodnoty energetické spotřeby pro plavání v oděvu jsou porovnány pouze s výsledky z plavání v plavkách. Pro první rychlost protiproudu se energetická spotřeba pohybovala od 32 kJ/min do 68 kJ/min, průměrně 47 kJ/min, což je rozdíl 13 kJ/min proti plavání v plavkách. Pro vyšší rychlost protiproudu je rozdíl jednotlivých spotřeb energie ještě větší a to 22 kJ/min. U probandů byla vypočtena energetická spotřeba od 44 kJ/min (pro závodního plavce) po 69 kJ/min, průměrně 53 kJ/min.

7. Závěr

Měřeno bylo 5 osob během plavání v protiproudu. Nastavené byly 2 rychlosti protiproudu a to 0,59 m/s a 0,66 m/s. Plavalo se po dobu, která odpovídala 100m trati v bazénu. U netrérovaných plavců došlo během plavání v oděvu oproti plavání v plavkách ke zvýšení SF o 21 tepů/min pro rychlost protiproudu $v_1 = 0,59\text{ m/s}$ a 27 tepů/min pro rychlost $v_2 = 0,66\text{ m/s}$. Závodní plavec nedosahoval takových rozdílů. Pro první rychlost protiproudu byl rozdíl maximálně dosažené srdeční frekvence 5 tepů/min, pro druhou rychlost byla tato změna už 21 tepů/min.

Průměrná energetická spotřeba při plavání v protiproudu o rychlosti $v_1 = 0,59\text{ m/s}$ se rovnala 34 kJ/min pro plavky a 47 kJ/min pro oděv. Pro druhé měření s rychlostí protiproudu $v_2 = 0,66\text{ m/s}$ byly energetické výdeje 31 kJ/min pro plavání v plavkách a 53 kJ/min pro plavání v oděvu. Z těchto výsledků jasně vyplývá, že plavání v oděvu je energeticky náročnější. Pro první měření se při plavání v oděvu spotřebovalo průměrně o 38% více energie než při plavání v plavkách. Pro druhé plavání v oděvu rychlostí 0,66 m/s už byl průměrný rozdíl v energetické spotřebě 72%.

Z tohoto důvodu vidím využití plavání v oděvu při výcviku vojáků jako způsob intenzivnějšího zatížení vojáků. Svě opodstatnění má i v získání zkušenosti s obtížností pohybu ve vodě a jeho omezením, která se může později uplatnit v krizových situacích. Vojenskému plavání by měl předcházet kvalitní plavecký výcvik, kde by mezi cíli mělo být osvojení plaveckého způsobu prsa. Od věci by nebylo i přidání plaveckého testu plavaného tímto způsobem mezi vstupní požadavky pro výcvik vojenské plavání. Parametry takového testu ale nejsou předmětem této práce.

Výsledky energetické spotřeby jsou pouze orientační, spotřeba kyslíku použitá v rovnici pro výpočet energetického výdeje totiž nebyla měřena v průběhu plavání, ale během spiroergometrického testu na běhacím pásu. Tato práce však byla limitována dostupností technického vybavení pro měření respiračních hodnot, a proto musela být zvolena alternativní metoda měření.

Seznam použité literatury

BONEN, A., WILSON, B. A., YARKONY M., BELCASTRO, A. N.: Maximal oxygen uptake during free, tethered, and flume swimming. *Journal of applied physiology*, 1980, vol. 48, issue 2, s.232-235.

BROOKS, A. G., FAHEY, D. T., BALDWIN, M. K.: *Exercise physiology: Human Bioenergetics and its applications* (4th edition). USA: McGraw-Hill companies 2005. ISBN 0-07-255642-0.

CAPELLI, C., PENDERGAST, D. R., TERMIN, B.: Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *Journal of applied physiology*, 1998, vol. 78,issue 5, s. 385-93.

COLWIN, M. C.: *Breakthrough swimming*. USA: Human Kinetics 2002. ISBN: 0-7360-3777-2.

COUNSILMAN, E., J., COUNSILMAN, E., B.: *The new science of swimming*. USA: Prentice hall 1994. ISBN 0-13-099888-5.

ČÍHÁK, J.: *Anatomie 1* (2. vyd.). Praha: Grada Publishing 2002. ISBN 80-7169-970-5.

DIXON, W. R. JR., FAULKNER, A.J.: Cardiac outputs during maximum effort running and swimming. *Journal of applied physiology*, 1971, vol. 30,issue 5,s. 653.

DOVALIL, J. a kol.: *Výkon a trénink ve sportu - druhé vydání*. Praha: Olympia 2005. ISBN 80-7933-928-4.

HAVLÍČKOVÁ, L. a kolektiv: *Fyziologie tělesné zátěže 1. obecná část*. Praha: Karolinum 1993. ISBN 80-7184-875-1.

HAVLÍČKOVÁ, L. a kolektiv: *Fyziologie pohybové zátěže 2. speciální část 1. díl*. Praha: 1993. ISBN 80-7066-815-6.

HELLER, J.: *Laboratory manual for human and exercise physiology*. Prague: The Karolinum press 2005. ISBN 80-246-0926-6.

HENDL, J.: *Přehled statistických metod zpracování dat: Analýza a metaanalýza dat*. 1. vydání. Praha: Portál, 2004. ISBN 80-7178-820-1.

HINES, E. W.: *Fitness swimming*. USA: Human Kinematics 1999. ISBN-13: 978-0-88011-656-5.

HOFER, Z., FELGROVÁ, I., JASAN, L., SMOLÍK, P.: *Technika plaveckých způsobů*. Praha: Karolinum 2003. ISBN 80-246-0169-9.

HOLMÉR, I., LUNDIN, A., ERIKSSON, O. B.: Maximum oxygen uptake during swimming and running by elite swimmers. *Journal of applied physiology*, 1974, vol.36, issue 6, s. 711.

KOHLÍKOVÁ, E.: *Fyziologie člověka*. Praha: Univerzita Karlova 2004. ISBN 80-86317-31-5.

KRÁL, M.: *Zkoumání odezvy organismu na různé typy plaveckých zátěží*. Diplomová práce, Praha 1998.

MACEJKOVÁ, Y. a kol.: *Didaktika plávania*. Bratislava: ICM agency 2005. ISBN 80-969268-3-7.

MAGLISCHO, W. E.: *Swimming Fastest*. USA: Human kinematics 2003. ISBN: 0-7360-3180-4.

McARDLE, D. William., KATCH, I. Frank., KATCH, I. Victor.: *Exercise physiology – energy, nutrition and human performance* (6th edition). USA: Lippincott Williams & Wilkins 2007.

MCRP 3-02C: *Marine Combat Water Survival*. Headquarters United States Marine Corps Washington D.C 2003, Publication Control Number: 144 000069 00.

NEUMANN, G., PFÜTZNER, A., HOTTENROTT, K.: *Trénink pod kontrolou*. Praha: Grada 2005. ISBN 80-247-0947-3.

NOMURA, T., WAKAYOSHI, K., MIYASHITA M., MUTOH, Y.: Physiological evaluation of the 400m freestyle race. *Biomechanics and medicine in swimming*. In MAGLISCHO, W. E.: *Swimming Fastest*. USA: Human kinematics 2003. ISBN: 0-7360-3180-4.

NOVÁK a kol.: *Zdravotnická problematika plavání. Metodický dopis ČÚV ČSTV*. Praha 1989.

RING, S., MADER, A., WIRTZ, W., WILKIE, K.: Energy metabolism during sprint swimming. *Biomechanics and medicine in swimming*. In MAGLISCHO, W. E.: *Swimming Fastest*. USA: Human kinematics 2003. ISBN: 0-7360-3180-4.

ROKYTA, R. a kol.: *Fyziologie*. Praha: ISV 2000. ISBN 80-85866-45-5.

ROZKAZ MINISTRA OBRANY Č. 14/1999: *Výcvik vojáků a žáků vojenských škol ve speciální tělesné přípravě*.

SELINGER, V., VINAŘICKÝ, R.: *Fyziologie člověka 1*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství 1992.

SEMIGINOVSKÝ, B., VRÁNOVÁ, J.: *Fyziologická chemie pro posluchače FTVS*. Praha: Karolinum 1992.

SERRESE, O., LORTIE, G., BOUCHARD, C., BOULAY, R., M.: Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. *International journal of sport medicine*. In MAGLISCHO, W. E.: *Swimming Fastest*. USA: Human kinematics 2003. ISBN: 0-7360-3180-4.

STAGER, M. J., TANNE, A. D.: *Handbook of sport medicine and science swimming* (second edition). USA: Blackwell Science 2005.

STRAUSS, A., CORBINOVÁ, J.: *Základy kvalitativního výzkumu*. Boskovice: nakladatelství Albert 1999. ISBN 80-85834-60-X.

TĚL-51-5: *Vojenské plavání*. Praha: Správa doktrín ŘeVD, 2006.

TRAPPE, S., W.: Metabolic demands for swimming. *Biomechanics and medicine in swimming*. In MAGLISCHO, W. E.: *Swimming Fastest*. USA: Human kinematics 2003. ISBN: 0-7360-3180-4.

VAŇHARA, Z.: *Praktika z fyziologie člověka*. Olomouc: vydavatelství Univerzity Palackého, 1993.

VYS-1-1, Hlava 03 *Seskoky padákem*.

WILMORE, H. Jack., COSTILL, L. David., KENNEY, W. Larry: *Physiology of sport and exercise*. USA: Human Kinetics 2008. ISBN 10: 0-7360-5583-5.

Seznam zkratk

$\dot{V}O_2$, $\dot{V}O_{2MAX}$	- spotřeba kyslíku (l/min), resp. maximální spotřeba kyslíku
ATP	- adenosin trifosfát
SF, SF_{MAX}	- srdeční frekvence, resp. maximální srdeční frekvence
Met.	- metabolismus
vz.	- vzor
voj.	- vojenské
RMO	- rozkaz ministra obrany

Seznam obrázků

Obrázek 1	23
Obrázek 2	26
Obrázek 3	28
Obrázek 4	31
Obrázek 5	35
Obrázek 6	36
Obrázek 7	36
Obrázek 8	37
Obrázek 9	40
Obrázek 10	46
Obrázek 11	47
Obrázek 12	51
Obrázek 13	51
Obrázek 14	53
Obrázek 15	54
Obrázek 16	55
Obrázek 17	56

Obr. 1 http://www.sgi.com/company_info/features/2008/speedo.html,
datum stažení : 15.3.2009.

Obr. 5 NADEL a kolektiv: Energy exchanges of swimming man. *Journal of Applied Physiology*. 1974, 36; 465.

Obr. 6 HOLMÉR, I.: Oxygen uptake during swimming man. *Journal of Applied Physiology*. 1972, 33; 502.

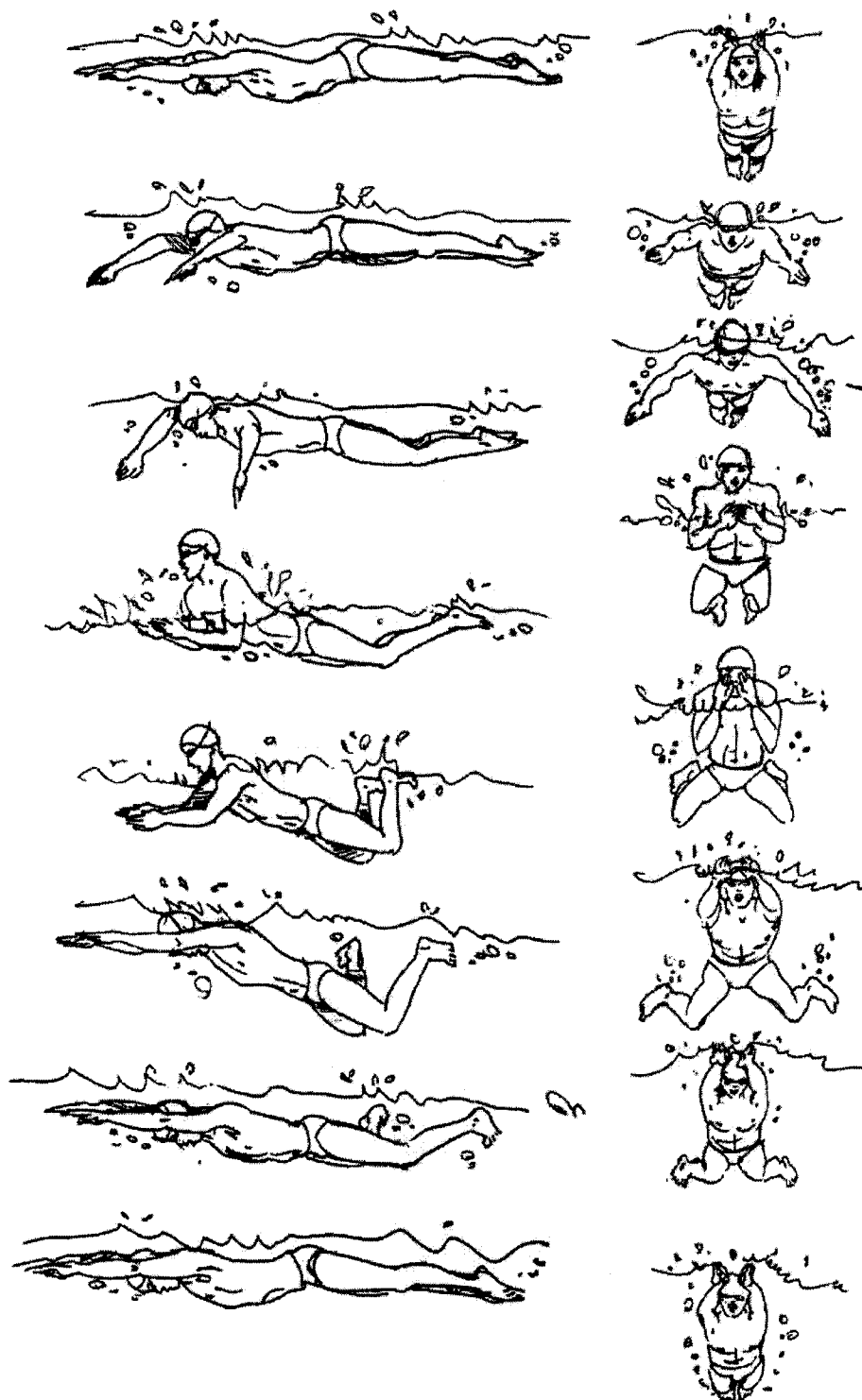
Seznam tabulek

Tabulka 1 – Naměřené časy při plavání v oděvu a plavkách na 100m trati	9
Tabulka 2 - Oběhová náročnost a způsob metabolického krytí	20
Tabulka 3 –Relativní rozdělení energetického metabolismu pro různé plavecké tratě ..	21
Tabulka 4 – Hodnoty energetického ekvivalentu kyslíku závislého na SF	37
Tabulka 5 – Vztah SF a spotřeby kyslíku pro plavce	42
Tabulka 6 - Vybrané maximální hodnoty změřené během testu na běhacím pásu.....	50
Tabulka 7 – Hodnoty SF pro plavání 1 v plavkách	53
Tabulka 8 – Hodnoty SF pro plavání 1 v oděvu	54
Tabulka 9 - Hodnoty SF pro plavání 2 v plavkách	56
Tabulka 10- Hodnoty SF pro plavání 2 v oděvu.....	57
Tabulka 11 - Hodnoty $\dot{V}O_2$ a SF pro plavání 1.	58
Tabulka 12 - Hodnoty $\dot{V}O_2$ a SF pro plavání 2.	58
Tabulka 13 - Výsledky energetické spotřeby	59
Tabulka 14 – Hodnoty maximálních SF změřených při jednotlivých měřeních	60

Seznam příloh

Kinogram plavce pro plavecký styl prsa.....	str. 71
Technické údaje čerpadla protiproudu.....	str. 72
Průběh plaveckého cyklu během měření v plavkách u dvou probandů.....	str. 73
Závislost SF na čase – proband 1.....	str. 74
Závislost SF na čase – proband 2.....	str. 74
Závislost SF na čase – proband 3.....	str. 75
Závislost SF na čase – proband 4.....	str. 75
Závislost SF na čase – proband 5.....	str. 76

Přílohy



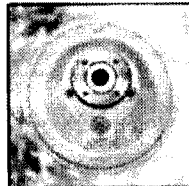
Kinogram plavce pro plavecký styl prsa (Hofer, 2003, str. 81)



PROTIPROUDY VESTAVĚNÉ

SKUPINA 13

Vzhledem ke své konstrukci a originálnímu designu se staly nůž uvedené modely všech protiproudů velice vyhledávanými. Modely BAMBO a BAMBO 2 mohou být navíc vybaveny halogenovými žárovkami 100W, 12V. Největší a převratnou novinkou je čerpadlo protiproudů NADORSELF, které je možné umístit nejen do šachty (jako většinu protiproudů), ale také do strojovny nad hladinu bazénové vody. Konečnému zákazníkovi tak odpadá nejen náklady na budování speciální šachty, ale také zvýšené prostorové požadavky na okoli bazénu. Další výhodou při umístění čerpadla nad hladinu bazénu je snadný přístup k čerpadlu a zároveň odpadá možnost zatopení čerpadla v šachtě. Čerpadlo NADORSELF se dodává ve třech výkonech 40m³/hod, 60m³/hod a 85m³/hod při napětí 230V resp. 400V.



POOLSTREAM NADORSELF

předmontážní sada

sada obsahuje: průchod stěnou, potrubí, fitinky, uzavírací armatury



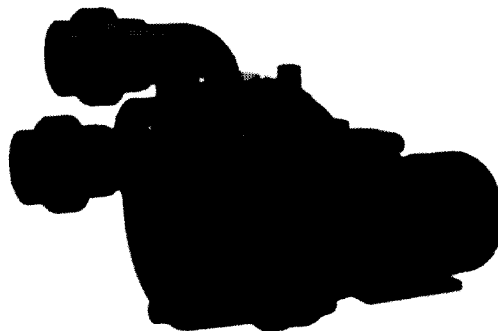
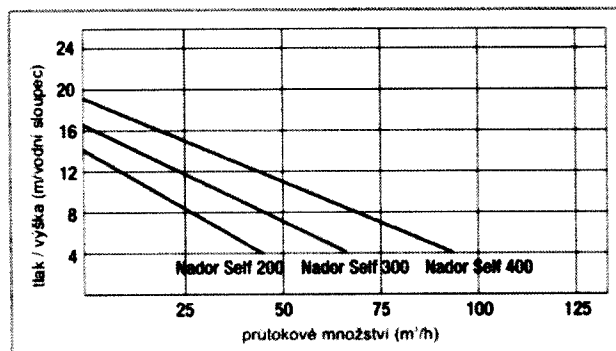
typ	počet trysek s reg. průtokem	přísávání vzduchu	objednávací číslo	balení
Poolstream Nadorsel	1	konstantní	130048	1

montážní sada

sada obsahuje: čerpadlo, masku, ovládací skříňku, pneumatický spínač

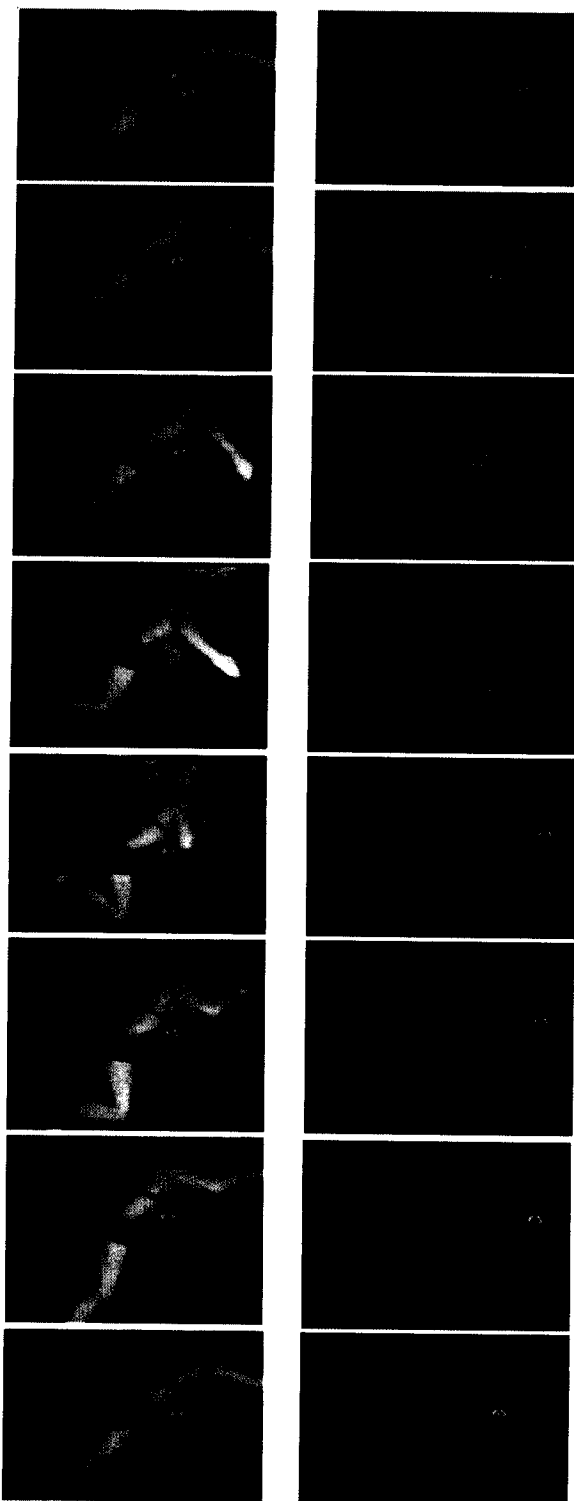
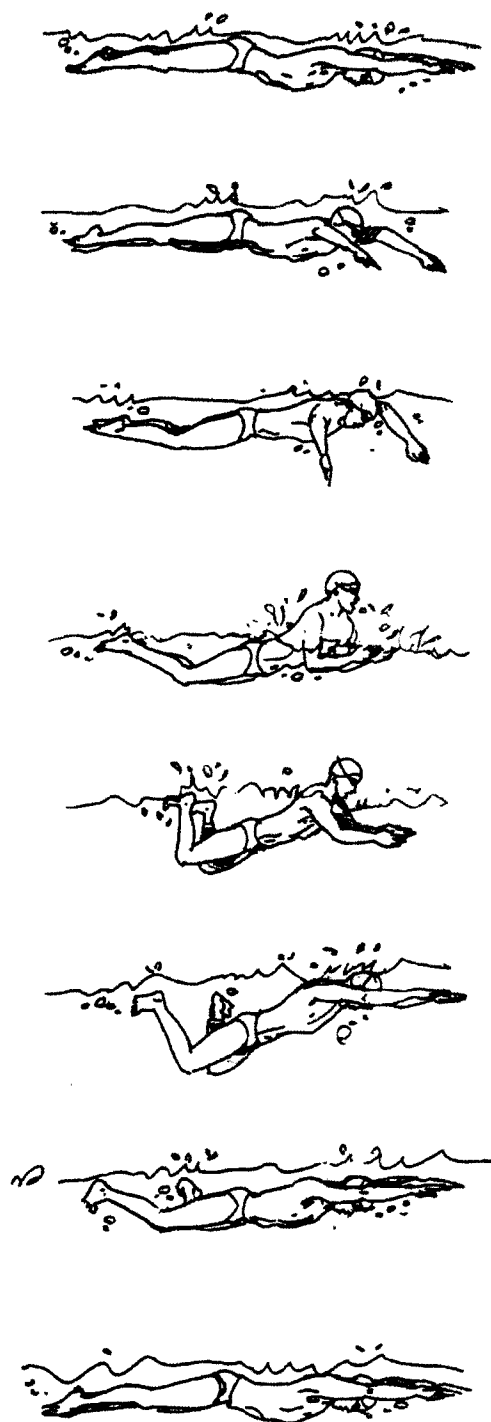
typ	napětí V	příkon kW	výkon kW	sání mm	výtlačk mm	průtok m ³ /hod	objednávací číslo	balení
NADORSELF 200	400	2,2	1,5	d63	d63	40	130104	1
NADORSELF 200	230	2,2	1,5	d63	d63	40	130105	1
NADORSELF 300	400	3	2,3	d63	d63	60	130106	1
NADORSELF 300	230	3	2,3	d63	d63	60	130107	1
NADORSELF 400	400	3,4	3	d63	d63	85	130108	1

NADORSELF čerpadlo protiproudů



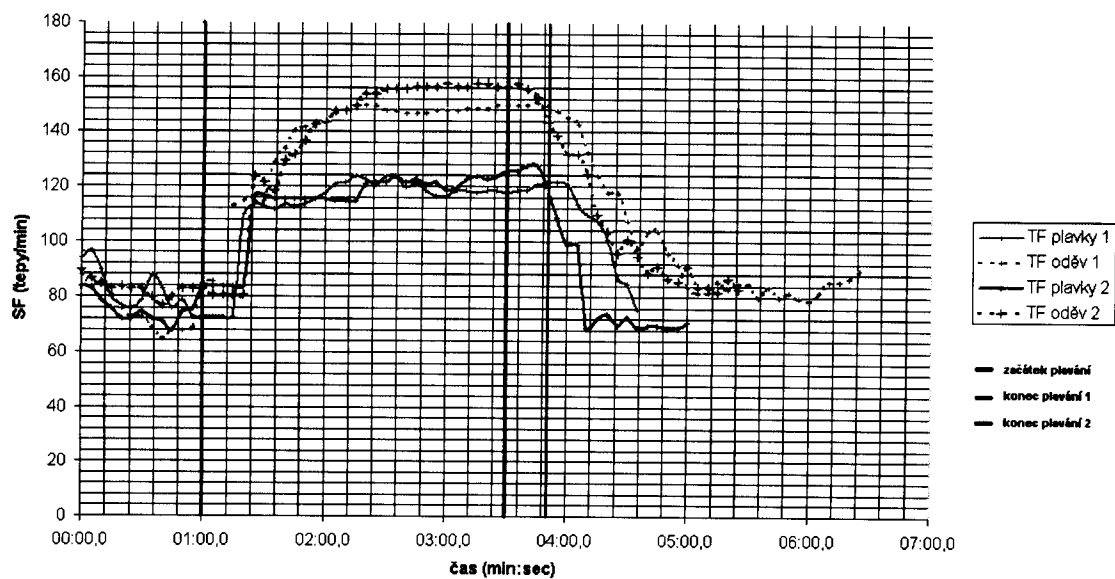
Technické údaje čerpadla protiproudů. (<http://www.pool200.cz>, datum stažení: 2.3.2009)

Teoretický průběh

Proband s nejvyšší SF
během plavání v plavkáchProband s nejnižšími SF
během plavání v plavkách

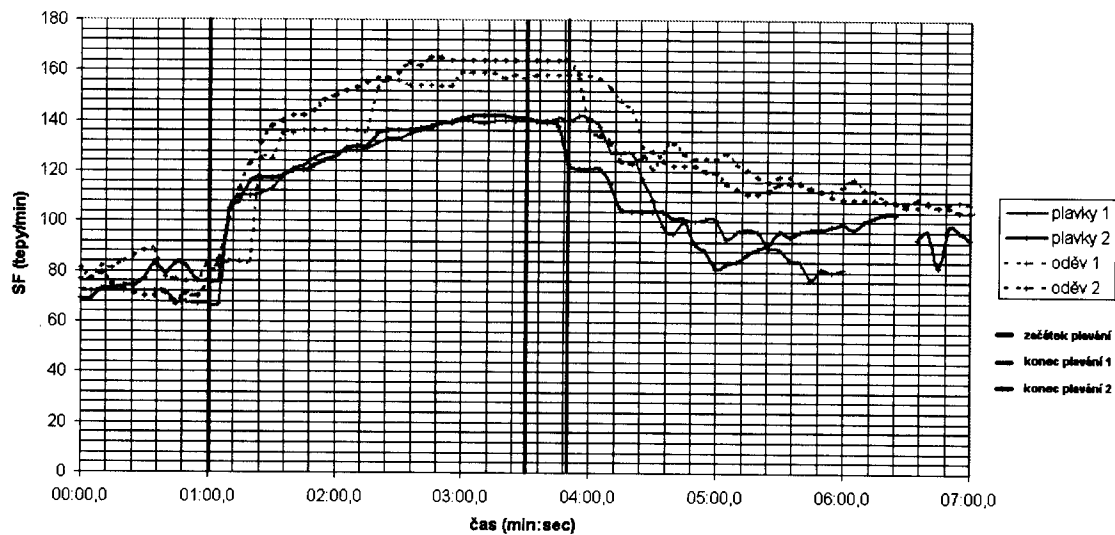
Průběh jednoho plaveckého cyklu během měření v plavkách u dvou rozdílných probandů.

Závislost SF na čase - proband 1



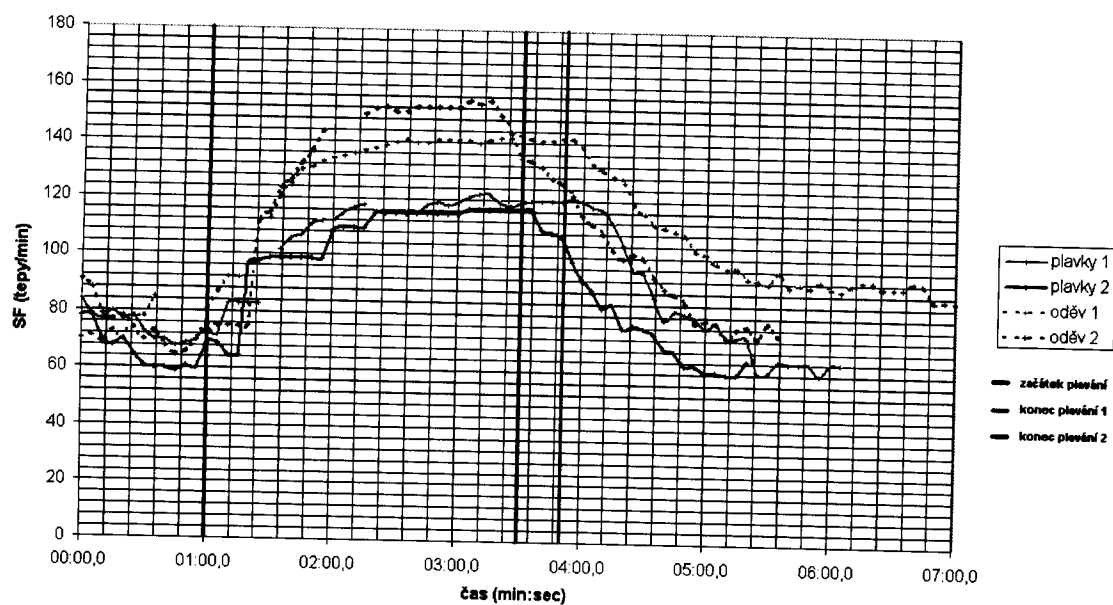
Průběh SF při plavání v plavkách a oděvu. Plavání 1 - $v_1 = 0,59 \text{ m/s}$, plavání 2 $v_2 = 0,66 \text{ m/s}$.

Závislost SF na čase - proband 2



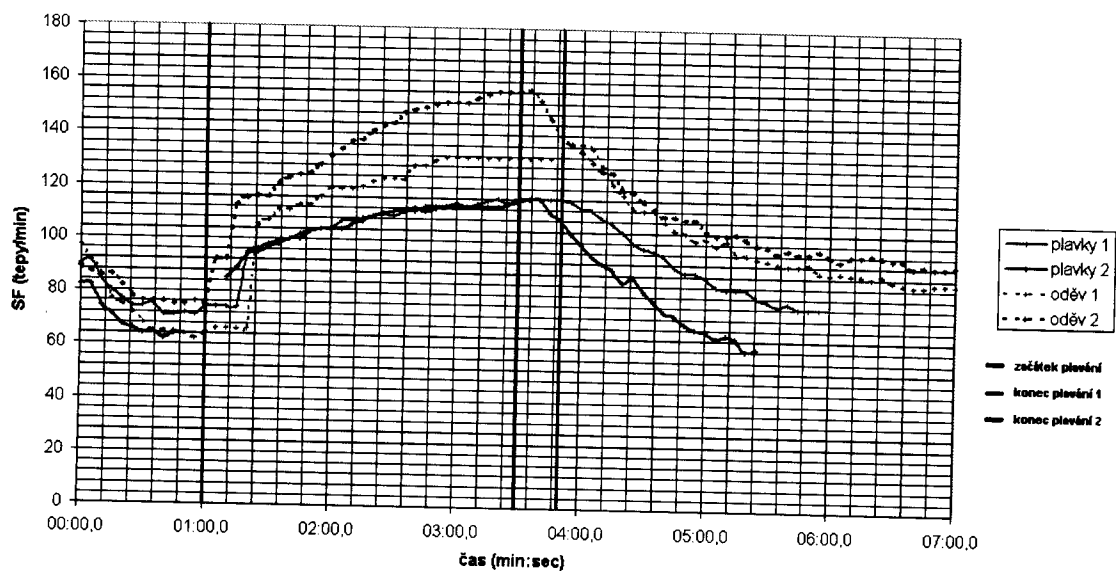
Průběh SF při plavání v plavkách a oděvu. Plavání 1 - $v_1 = 0,59 \text{ m/s}$, plavání 2 $v_2 = 0,66 \text{ m/s}$.

Závislost SF na čase - proband 3



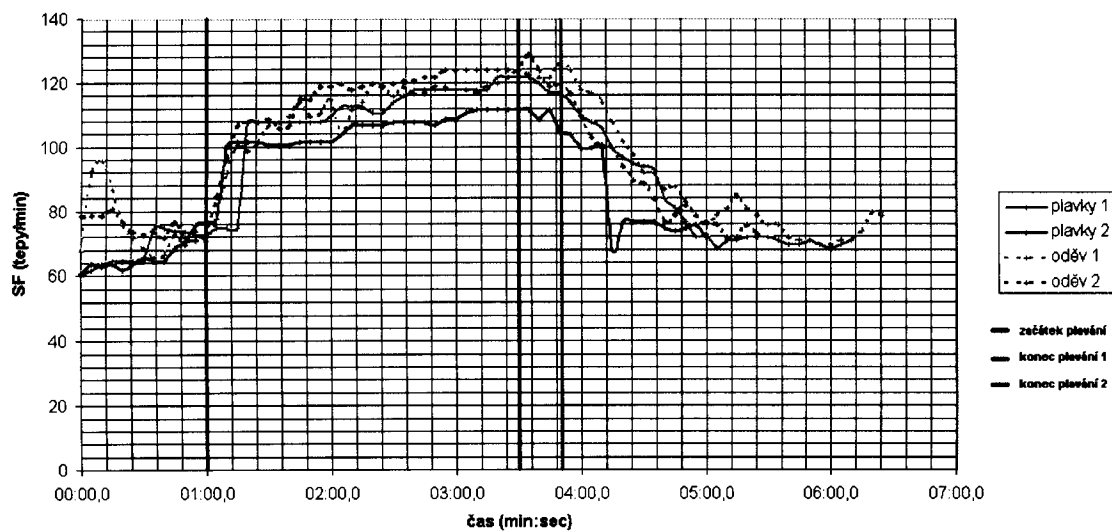
Průběh SF při plavání v plavkách a oděvu. Plavání 1 - $v_1 = 0,59 \text{ m/s}$, plavání 2 - $v_2 = 0,66 \text{ m/s}$.

Závislost SF na čase - proband 4



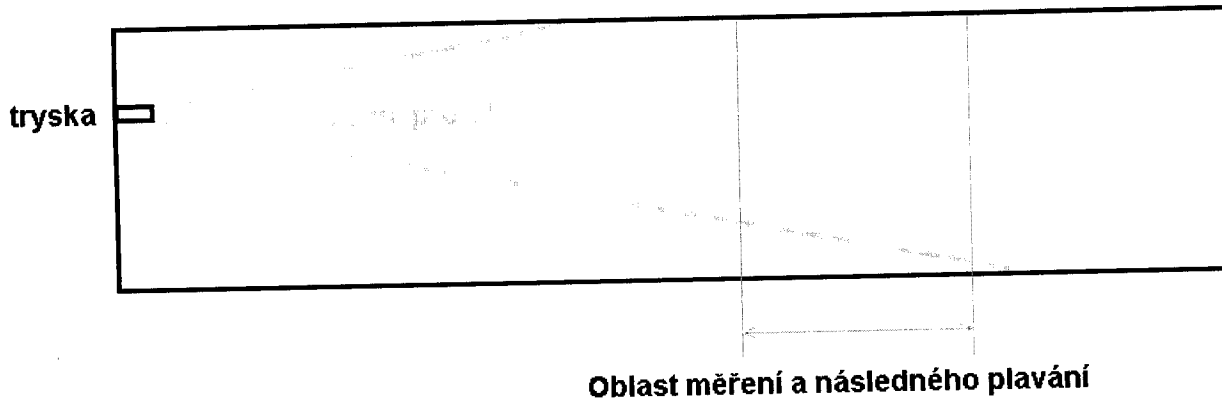
Průběh SF při plavání v plavkách a oděvu. Plavání 1 - $v_1 = 0,59 \text{ m/s}$, plavání 2 - $v_2 = 0,66 \text{ m/s}$.

Závislost SF na čase - proband 5



Průběh SF při plavání v plavkách a oděvu. Plavání 1 - $v_1 = 0,59 \text{ m/s}$, plavání 2 $v_2 = 0,66 \text{ m/s}$.

Schéma měření rychlosti proudu



Nejdůležitějším prvkem pro plavání v protiproudu je vlastní nastavení trysky. Tryskou produkovaný vodní proud by měl obsahovat co nejméně bublinek a měl by dosahovat hladiny několik metrů před měřeným prostorem, zároveň však pokrývat proudem prostor pod hladinou. Plováky pro měření rychlosti se vypouštějí v proudnici v prostoru před měřenou oblastí. Měření rychlosti proudu následuje vždy po změně nastavení trysky.