

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

VYUŽITÍ PLAVECKÉHO ERGOMETRU PRO ZÁTĚŽOVÉ TESTOVÁNÍ  
Diplomová práce  
(bakalářská)

Autor: Šimon Pekárek, Tělesná výchova a sport

Vedoucí práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

Olomouc 2021

## **Bibliografická identifikace**

**Jméno a příjmení autora:** Šimon Pekárek

**Název diplomové práce:** Využití plaveckého ergometru pro zátěžové testování

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii, Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého v Olomouci

**Vedoucí diplomové práce:** Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2021

### **Abstrakt:**

Bakalářská práce se zabývá možnostmi využití plaveckého ergometru pro testování anaerobních předpokladů horních končetin. Do výzkumu se zapojilo 11 mužů. Průměrný věk účastníků byl 28,4 let. Při měření byl použit plavecký ergometr – Biometer Isokinetic Trainer. Hlavním cílem bylo ověření využitelnosti plaveckého ergometru v oblasti kontroly tréninkového procesu. Dalšími cíli bylo porovnat velikost a vývoj momentu síly ve třech různých nastaveních ergometru, zjistit odlišnosti v podaném výkonu.

Nejlepších výsledků probandi dosahovali u zatížení, které odpovídalo střednímu nastavení odporu na ergometru. V porovnání s velkým a malým odporem byly výsledky nejstabilnější. Z pohledu doby trvání testu na 20 záběrů se projevila významná korelace mezi všemi typy odporů. V druhé polovině testu můžeme u všech probandů pozorovat pokles výkonu.

**Klíčová slova:** plavání, moment síly, testování, výkon, anaerobní předpoklady

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

## **Bibliographical identification**

**Author's first name and surname:** Šimon Pekárek

**Title of the master thesis:** Use of a swimming ergometer for stress testing

**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology, Faculty of Physical Culture, Palacký University Olomouc

**Supervisor:** Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

**The year of presentation:** 2021

### **Abstract:**

The Bachelor's thesis deals with the possibilities of using a swimming ergometer for testing of anaerobic assumptions of upper limbs. A total of 11 men took part in the research. The average age of the participants was 28.4 years. Biometer Isokinetic Trainer, a swimming ergometer, was used for measurement. The main objective was to verify the usability of a swimming ergometer in the area of training process control. Other goals were to compare the size and development of the moment of force in three different settings of the ergometer, and to find out the differences in resulting performance.

The research participants achieved the best results with a load which corresponded with medium resistance setting on the ergometer. These results were the most stable compared to high and low resistance. In terms of the duration of the test for 20 measurements, there appeared to be a significant correlation between all types of resistance. We can observe a decline in performance of all research participants in the second half of the trial.

**Keywords:** swimming, moment of force, testing, output, anaerobic assumptions

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem závěrečnou písemnou práci zpracoval samostatně s odbornou pomocí Mgr. Filip Neuls, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a řídil se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci dne

.....

Rád bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Mgr. Filipu Neulsovi, Ph. D., za odborné vedení, ochotu, cenné rady, poskytnutí potřebných materiálů a za poskytnutí přístupu do laboratoře.

# Obsah

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2 PŘEHLED POZNATKŮ</b> .....	<b>10</b>
2.1 Plavání .....	10
2.1.1 Plavecký výkon .....	10
2.1.2 Plavecké způsoby .....	11
2.2 Biomechanika plavání .....	18
2.2.1 Fyzikální základy plavání.....	18
2.2.2 Hydrostatický tlak .....	19
2.2.3 Síly působící na plavce za pohybu .....	19
2.2.4 Aplikace hydromechaniky do techniky plavání .....	20
2.2.5 Plavecký krok.....	20
2.3 Anatomické aspekty plavání.....	21
2.3.1 Horní končetiny.....	21
2.3.2 Rameno.....	21
2.3.3 Hrudník.....	22
2.4 Fyziologické aspekty plavání .....	22
2.4.1 Laktát.....	22
2.4.2 Anaerobní práh.....	22
2.4.3 Aerobní kapacita.....	23
2.4.4 Energetické systémy .....	23
2.4.5 Srdeční frekvence .....	23
2.4.6 Metabolická charakteristika výkonu .....	24
2.5 Silové schopnosti.....	25
2.6 Zátěžové testování .....	26
2.6.1 Typy zátěžových zařízení.....	27
2.6.2 Plavecký ergometr.....	28

2.7 Testování plavců.....	29
<b>3 CÍLE .....</b>	<b>31</b>
3.1 Hlavní cíl .....	31
3.2 Dílčí cíle .....	31
3.3 Výzkumné otázky .....	31
<b>4 METODIKA .....</b>	<b>32</b>
4.1 Charakteristika výzkumného souboru .....	32
4.2 Postup .....	33
4.3 Metody sběru dat .....	34
4.4 Statistické zpracování .....	35
<b>5 VÝSLEDKY .....</b>	<b>36</b>
5.1 Popisná charakteristika naměřených dat.....	36
5.2 Vývoj momentu síly v průběhu testu AN20 .....	37
5.3 Rozdíl momentu síly v 1. a 2. polovině testu AN20.....	37
5.4 Rozdíly momentu síly v jednotlivých kvartálech testu AN20.....	38
5.5 Ověření momentu síly na 20 záběrů a jeden záběr .....	40
5.6 Celková doba trvání testu na 20 záběrů a jeden záběr .....	42
5.7 Ověření výkonu na jeden záběr .....	44
5.8 Ověření relativního průměrného výkonu na jeden záběr.....	45
5.9 Ověření vzájemného vztahu mezi parametry testu a tělesnou hmotností...	46
<b>6 DISKUZE .....</b>	<b>48</b>
6.1 Limity práce.....	50
<b>7 ZÁVĚRY .....</b>	<b>51</b>
<b>8 SOUHRN.....</b>	<b>52</b>
<b>9 SUMMARY.....</b>	<b>53</b>
<b>10 REFERENČNÍ SEZNAM .....</b>	<b>54</b>
<b>11 SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>59</b>

<b>12 SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>60</b>
--------------------------------	-----------



# 1 ÚVOD

Plavání jako plaveckou lokomoci můžeme definovat jako pohyb člověka ve vodě, který je uskutečňován pomocí pohybů končetin a trupu z určitého místa na určitou vzdálenost (Čechovská, Novotná, & Milerová, 2003). Patří mezi olympijské sporty od prvních novodobých olympijských her. Řadí se mezi individuální sporty s kontinuálním zatížením. S touto sportovní činností si lze také spojit pojmy jako plavecká gramotnost, technika a plavecký způsob (Čechovská, Jurák, & Pokorná, 2018).

Plavání je limitováno fyzikálními vlastnostmi vodního prostředí, které je v mnoha směrech značně odlišné od plynného prostředí, na které jsme vývojově adaptováni (Dargatz & Kochová, 2003). Při pohybu ve vodě na nás působí hydrostatické a hydrodynamické síly. Při zanoření těla dochází ke změnám fungování lidského organismu, které jsou spojeny jak s kardiovaskulárním systémem, tak s centrální nervovou soustavou. Při plavecké lokomoci je nutné překonávat již zmíněný hydrodynamický odpor a vytvářet si tak oporu ve vodě, kterou provází zvýšená aferentace z kinestetických a rovnovážných receptorů, také se jí říká „pocit vody“ (Čechovská & Miler, 2019).

Abychom zvládli co nejefektivněji pohyb ve vodě, je zapotřebí dobrá koordinace celého pohybového systému. Převážně jde o horní polovinu těla, která je důležitá při záběrech paží ve vodě. Další nezbytnou funkcí, je aktivita břišních svalů, která souvisí se stabilitou středu těla (McLeod, 2014).

Hodnocení plaveckého výkonu je považováno za základ pro další sledování tréninkového procesu a pro vyhledávání talentů (Smith, Norris, & Hogg, 2002). Aby bylo testování efektivní, mělo by být prováděno několikrát během jednoho makrocyklu nebo tréninkového období. Nejlepší období pro testování je začátek přípravného období a před závodní etapou. U elitních plavců bývá doporučeno testování i v mezocyklech (Gore, 2000).

Minimalizace odporu a maximalizace hnací síly jsou klíčovými faktory soutěžního plaveckého výkonu, přičemž výbušná síla je také důležitá pro start a obrátky (Petersen, Mason, & Porter, 2018). Hodnocení momentu síly je jedním ze zásadních faktorů plaveckého výkonu. Měření této síly se špatně provádí v terénních podmínkách (vodním prostředí), z tohoto důvodu se využívají plavecké ergometry v laboratořích.

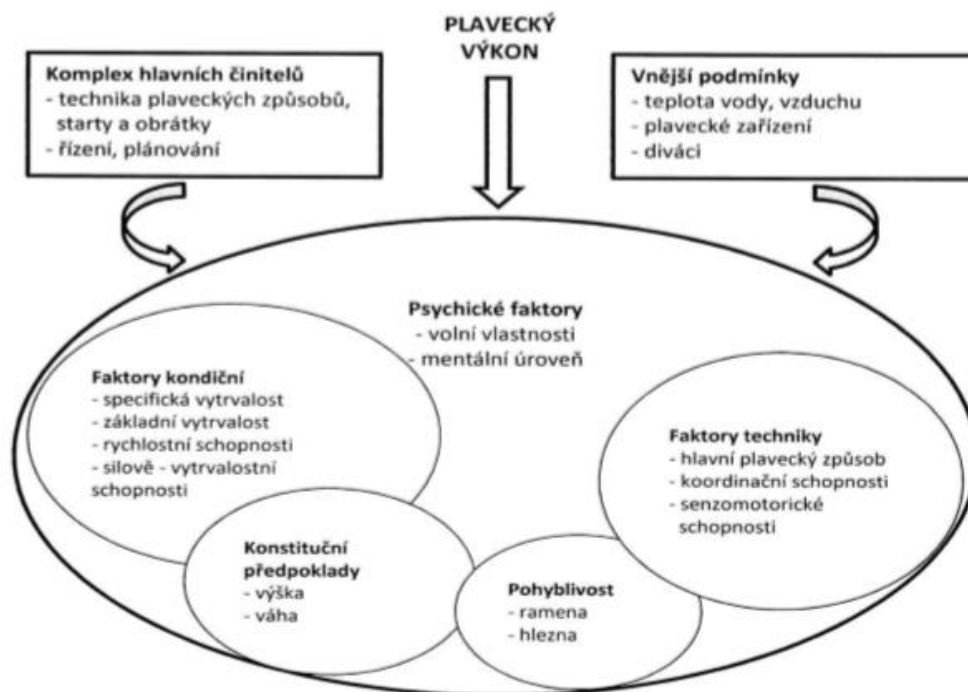
## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Plavání

#### 2.1.1 Plavecký výkon

Hlavním úkolem plaveckého výkonu je překonat trať plaveckou lokomocí, co nejrychleji a specifickým plaveckým stylem v souladu s pravidly daného plaveckého sportu. Plavecký výkon se dělí na krátkodobý a dlouhodobý (Pokorná & Čechovská, 2009). Plavecký trénink se skládá z kondiční, technické, taktické a psychické přípravy, které se promítají v tréninku plavce ve vodě i na suchu. Plavecký výkon je komplexním projevem plavce. Obsahuje všechny složky jeho přípravy (Jursík, 1990). Lze ho také popsat jako výsledek přeměny metabolických předpokladů plavce na mechanickou sílu s danou energetickou účinností (Rodríguez & Mader, 2011).

Dle Schramma et al. (1987), se plavecký výkon může rozdělit podle vnitřních a vnějších faktorů. Mezi vnitřní patří kondiční, psychické faktory, faktory techniky a také konstituční předpoklady a pohyblivost. Do vnějších faktorů poté spadají vnější podmínky jako jsou teplota voda, vzduch, diváci apod. a také řízení a plánování (obrázek 1). Konkrétní plavecký výkon je složitý víceúrovňový systém naprosto specifických vztahů mezi širokým spektrem jednotlivých faktorů (Pokorná, 2009). Aby efektivita u plavání dosahovala vysokých výsledků, je k tomu zapotřebí kombinace fyzické síly a technické dokonalosti. Z motorického hlediska je plavání charakterizováno relativně malým komplexem cyklicky se opakujících pohybových dovedností, pro něž je typická nízká míra intraindividuální variability, a naopak vysoká automatizace. Na druhou stranu technické zvládnutí plaveckých činností je jednou z rozhodujících podmínek úrovně vyspělosti plavce, prostřednictvím které se realizují a projevují další faktory ovlivňující sportovní plavecký výkon (Neuls & Viktorjeník, 2017).



Obrázek 1. Faktory ovlivňující plavecký výkon (Schramm et al., 1987).

### 2.1.2 Plavecké způsoby

#### **Volný způsob**

Označuje se jako nejrychlejší plavecký způsob. Vysoká a rovnoměrná rychlost plavání je díky střídavé práci horních i dolních končetin. Přenos paže po záběrové fázi je ve vzduchu, takže tento pohyb má minimální brzdící účinek. Dolní končetiny vykonávají kmitavé a vlnovité pohyby. Dýchání je velice efektivní, umožňuje zaujímat na hladině téměř vodorovnou polohu (Hofer & Felgrová, 2011).

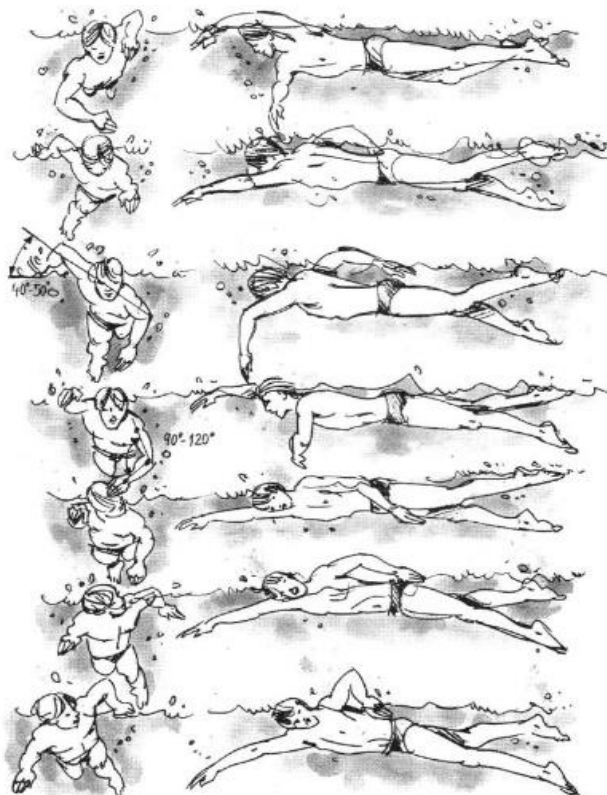
#### Pohyb horních končetin

Pracují střídavě a přenos je vždy nad hladinou. Jeden cyklus záběru se skládá ze záběru levé i pravé paže. Doba tohoto cyklu závisí na délce tratě a individuálním stylu plavce. Pro dobu tohoto cyklu platí, čím delší trať tím větší doba. Celý pohyb paží můžeme rozdělit do několika fází – přípravná fáze, začíná protnutím hladiny rukou, v pořadí prsty, předloktí, loket a postupně se protahuje vpřed. Na konci fáze začne převazovat pohyb směrem dolů. Tato fáze trvá zhruba 0,1–0,3 s. Přejímová fáze – Velmi krátká fáze, při které přechází paže z brzdící polohy do záběrové polohy. Záběrová fáze

– pracovní fáze pohybového cyklu. Zpočátku se ruka pohybuje směrem dolů, pro dosažení své maximální hloubky. V této fázi je paže stále natažená. Po dosažení maximální hloubky se končetina postupně začíná ohýbat v loketním kloubu a ruka směřuje k podélné ose těla. Záběrová fáze se dělí na přitahování a odtlačování. Fáze vytažení – jedná se o ukončení záběru. Ruka se pohybuje směrem vpřed nahoru, z tohoto důvodu začínají působit brzdící síly. Krátká fáze, která spojuje záběrovou fázi a fázi přenosu – přenos paže nad hladinou v relaxovaném stavu. Fáze přenosu by měla být dostatečně dlouhá pro to, aby vytvořila optimální podmínky pro další cyklus (Hofer & Felgrová, 2011).

#### Souhra horních končetin

Doba, kdy je jedna z paží v záběrové fázi, druhá paže by měla protínat hladinu (přípravná fáze). Při pohledu z boku by ruce měly svírat v tomto okamžiku  $90^\circ$ . Tyto hodnoty se velmi liší od individuálního stylu plavce a na délce tratě. Záběr jedné ruky je zpravidla ukončen v přípravné fázi ruky druhé (Hofer & Felgrová, 2011). Obě ruce neustále pracují. Jedna je v přechodové fázi a druhá ve fázi záběru (Reguli & Ševčíková, 2011).



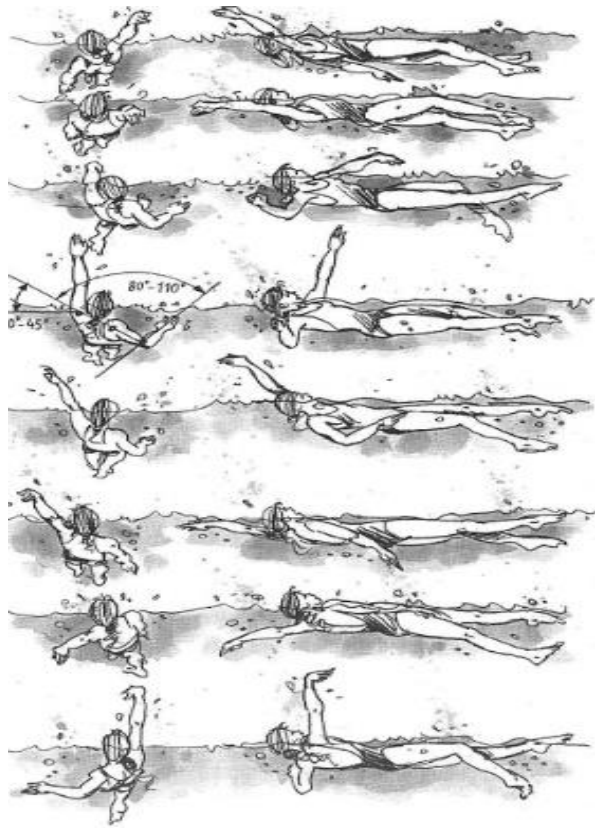
Obrázek 2. Kinogram kraul (Čechovská & Miler, 2008).

## **Znak**

První známky o znaku jsou spojeny s odpočinkovým plaváním na zádech, díky usnadněnému dýchání. Později v této poloze se začalo zabírat nohama i rukama – tělo se začalo pohybovat. Znak prošel krátkým vývojem až do dnešní podoby, kdy pohyb nohou se podobá kraulovému a pohyb paží je střídavý (Hofer & Felgrová, 2011). Velmi dobře se u něho posilují zádové svaly, které mají tendenci ochabovat a protahují se dobře prsní svaly (Reguli & Ševčíková, 2011).

### **Pohyb horních končetiny**

Plavec zasouvá končetinu do vody nataženou, ruka se noří do vody malíkovou hranou. V přípravné fázi, která začíná protnutím hladiny rukou, převažuje pohyb vpřed. Ve velmi krátké přechodné fázi se ostře mění směr pohybu ruky. Ze směru dopředu do směru dolů, na konci této fáze se ruka ponoří zhruba do hloubky 40–50 cm. Poté následuje záběrová fáze, kdy se horní končetina začne ohýbat v loketním kloubu a následuje plynulý pohyb směrem vzad. Zároveň se trup plavce vytáčí ramenem záběrové paže směrem dolů, aby nedošlo k protnutí hladiny, to je označováno jako fáze přitahování. Tato fáze plynule přechází do fáze odtahování, kdy paže vytlačuje vodu a dostává se do vodorovné polohy podél těla. Po protažení paže se pohybuje celá horní končetina směrem nahoru. Nastává fáze přenosu, kdy nataženou paži přenášíme vzduchem až do výchozí polohy (Hofer & Felgrová, 2011).



Obrázek 3. Kinogram znak (Čechovská & Miler, 2008).

## Motýlek

Motýlek je nejmladší a druhý nejrychlejší plavecký způsob. Fyzicky se jedná o velmi náročný způsob, s největším možným zrychlením. Tento způsob vznikl z plaveckého způsobu prsa. Dříve se jednalo o styl, který měl nahradit klasické pojetí prsou, ale ze strachu o zánik FINA oddělila motýlek od prsou a vytvořila tak nový plavecký způsob (Hofer & Felgrová, 2011).

### Poloha těla

Poloha těla není stálá. Mění se pravidelně během celého plaveckého cyklu. V přípravné fázi paže a ramena klesají pod úroveň hladiny. V průběhu záběru se dostává hrudník a ruce nad hladinu, po dokončení záběru se tělo dostává pod hladinu a vlnovitým pohybem se vrací do výchozí polohy (Hofer & Felgrová, 2011).

### Pohyb dolních končetin

Cyklus se zahájí ihned po dokončení předchozího záběru pažemi. V tomto okamžiku by dolní končetiny měly být natažené. Při vzestupné fázi těla se nohy pokrčí a při nádechu nastává fáze – dolů, při které se provede flexe v kyčelním kloubu. U pokračování pohybu se kolena mírně ohýbají (Hofer & Felgrová, 2011).

### Pohyb horních končetin

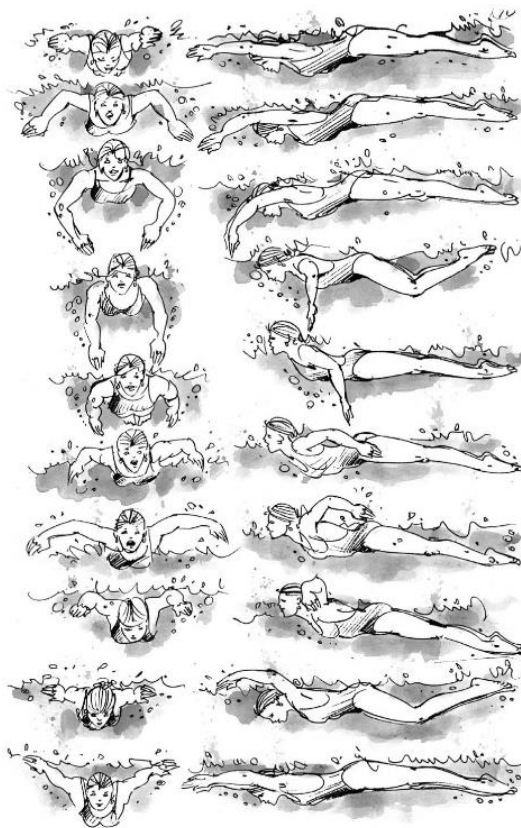
Paže u motýlku zabírají symetricky. Během jednoho cyklu se provede pohyb pod hladinou (záběr) a přesun vzduchem zpět do výchozí polohy. V přípravné fázi paže po přenosu vstupují do vody, dlaně vytočeny mírně ven. Cílem je přesunout paže do polohy k zahájení záběrové fáze (Hofer & Felgrová, 2011). Paže jako první zasuneme pod vodu ve vzpažení, následuje pohyb směrem dolů, mírné pokrčení paží. Samotný záběr je pohyb po oblouku podél těla, postupné natahování paží podél těla a nastává pomalé vytahování paží z vody. Po nádechu se ruce přenáší nad vodu zpátky do vzpažení (Reguli & Ševčíková, 2011).

### Souhra horních a dolních končetin

Účinky působících sil a pohybů těl se nesmějí vzájemně rušit. Všechny pohyby se musí podporovat. Správné pořadí horních a dolních končetin je záběr paží, první kop, druhý kop, který slouží jako impulz pro zahájení dalšího záběru paží (Hofer & Felgrová, 2011).

### Dýchání

Nádech je prováděn v souladu se záběrem paží a kopem, tak aby se nenarušila plynulost záběru. Při fázi přitahování a odtahování se hlava mírně zvedá nad hladinu – dochází k nádechu. Po nádechu se hlava vrací do vody, tak aby bylo čelo ponořeno ve vodě před ukončením přenosu paží vpřed (Hofer & Felgrová, 2011).



Obrázek 4. Kinogram motýlek (Čechovská & Miler, 2008).

## Prsa

Jsou nejpoužívanějším způsobem. Je pro to více důvodů, fyzická náročnost a výdej energie je menší než u ostatních způsobů, může se jako jediný plavat s hlavou nad vodou, i když se to důrazně nedoporučuje ze zdravotních důvodů. Je zde největší kolísání rychlostí ze všech plaveckých způsobů v jednom cyklu – při každém záběru se musíme dostat hlavou nad vodu, nastává rychlá změna rychlosti (Reguli & Ševčíková, 2011).

### Poloha těla

Během celého pohybového cyklu se poloha těla mění. Tyto výkyvy jsou charakteristické pro vlnivou techniku. Při splývání jsou boky blíže k hladině, nežli hlava a ramena. Tělo je natažené. Při záběru se hlava a ramena dostávají výrazně nad hladinu, plavec je prohnut v kříži. Při výdechu se tělo rychle vrací do polohy splývání (Hofer & Felgrová, 2011).



### Pohyby horních končetin

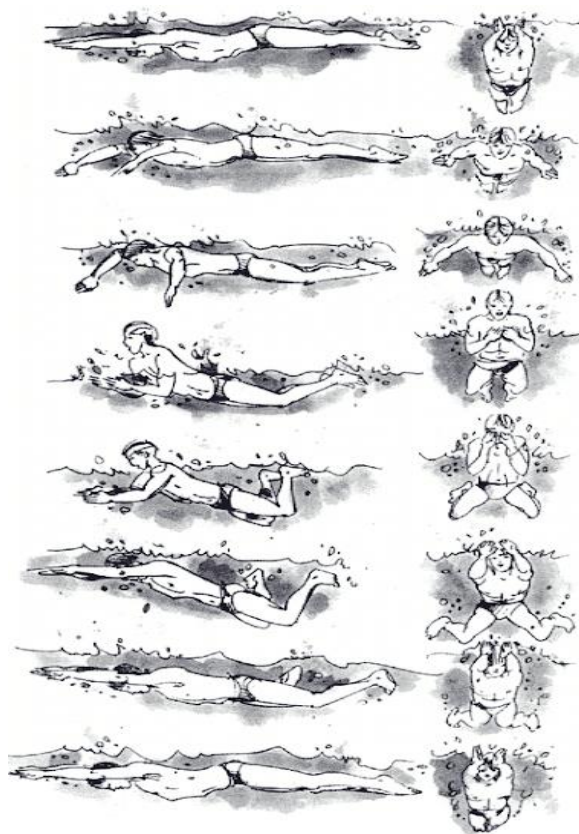
Pohyby jsou symetrické a současné. Vlnivá technika paží dokáže plně využívat svalové síly paží. Paže určují frekvenci pohybů. Fáze splývání – tělo plavce je natažené hlava v prodloužení páteře. Přípravná fáze – paže začínají pohyb od sebe, do stran. Fáze záběrová – tady je specifická flexe v loketním kloubu, přičemž ruce zabírají šikmo dolů. Záběrová plocha horních končetin se skládá z dlaní a předloktí. Když ruce dosáhnou úrovně loktů, ohnuté paže se rychle přitáhnou pod hrudník. Boky zůstávají u hladiny, zbytek hrudníku je nad hladinou. Následuje natahovací fáze – paže se vrací do výchozí polohy spolu s hlavou, navazuje fáze splývání (Hofer & Felgrová, 2011). Dráha záběru je eliptická s vysokou polohou loktů. Záběr postupně zrychluje a končí přitažením loktů směrem k sobě pod hrudní kostí v úrovni ramen (Neuls & Viktorjeník, 2017).

### Pohyb dolních končetin

Cyklus lze rozdělit do tří fází – splývání, skrčování, záběr. U splývání jsou dolní končetiny nataženy. Při fázi skrčování se dolní končetiny postupně začínají ohýbat v kolenním kloubu, paty jsou v blízkosti hladiny, kolena se vzdalují od sebe. Při maximálním ohnutí se paty přiblíží k hýždím a chodidla jsou v dorzální flexi („fajfky“) (Hofer & Felgrová, 2011). Fáze záběru začíná vytočením chodidel do stran, následuje dynamický kop, který směřuje do stran, vzad a dolů. Končí snožením a propnutím v hlezenních kloubech (Neuls, Svozil, Viktorjeník, & Dub, 2013).

### Dýchání

Nádech je prováděn po skončení hnacího pohybu paží vynořením hlavy z vody (Neuls, Svozil, Viktorjeník, & Dub, 2013).



Obrázek 5. Kinogram prsa (Čechovská & Miler, 2008).

## 2.2 Biomechanika plavání

Biomechanika plavání se zabývá rozborem pohybu ve vodě. Při analýze se musí brát v potaz i zákony anatomie a fyziologie. Během plaveckého výzkumu se může měřit čas, dráha, rychlost, odpor vody, zrychlení, poloha těla, srdeční frekvence a mnoho dalších veličin (Motyčka et al., 2001). K dosažení co nelepší účinnosti pohybu ve vodě je potřeba znát fyzikální zákony a veličiny, které pohybu ve vodě pomáhají, nebo naopak škodí (Čechovská et al., 2003).

### 2.2.1 Fyzikální základy plavání

Kapaliny jsou stejnorodé (homogenní) látky. Mají malou soudržnost a jejich objem a tlak se mění minimálně. Účinky a fyzikální vlastnosti vody, jako je hustota, hydrostatický tlak a vztlak, jsou velmi užitečné zdroje pro trénink, když se používají jako protiváha gravitace a odporu (Torres-Ronda & i del Alcázar, 2014).

Hlavním činitelem v plavání je vztlak, který nadlehčuje těleso ponořené do kapaliny. Vztlak je závislý na objemu a hustotě plavce. U vznášení, i u aktivního plavání je důležitý vztah mezi vztlakem a těžištěm těla. Těžiště je určeno třemi rovinami – frontální, horizontální a sagitální. Ve vzpřímené poloze ve vodě je těžiště těla pár cm pod osou kyčelních kloubů. Vztlak na tělo v horizontální poloze působí blíže k hlavě, než je těžiště. Je to způsobeno rozdílnou hmotností jednotlivých segmentů těla. Tato rozdílnost způsobuje, že horizontální poloha plavce je labilní poloha – dochází k poklesu dolních končetin a přetáčení těla (Hoch et al., 1968).

### *2.2.2 Hydrostatický tlak*

Hydrostatický tlak roste s hloubkou. V kapalině působí všemi směry a kolmo na tělo plavce. Je to výslednice všech hydrostatických sil. Je úměrný objemu těla plavce. Nejvíce ovlivňuje velikost tlaku dýchání (Hoch, 1983). Proto se tělo při nádechu vznáší, při výdechu klesá pod hladinu. Většina lidí je tedy schopna udržet se na hladině (Hofer & Felgrová, 2011).

### *2.2.3 Síly působící na plavce za pohybu*

Za pohybu na tělo působí soustava sil vnějších, mimoběžných gravitačních sil, hydromechanických (hydrostatické a hydrodynamické) a setrvační síly. Hydrodynamické síly vznikají prouděním vody kolem plavce při jeho pohybu. Při plavání mohou vznikat síly, které napomáhají plavci – propulze na horních končetinách při záběrové fázi, ale působí síly brzdící – části těla, které se nepodílejí na aktivním pohybu, vytváří tak odpor (Hofer & Felgrová, 2011).

Účinek odporu a hydrodynamického vztlaku působí na tělo a jeho polohu během pohybu (Hofer & Felgrová, 2011). Ve vodě můžeme rozeznávat 3 druhy odporu: čelní odpor, povrchové tření a vířivý odpor. 1. Čelní odpor vzniká ve vodě těsně před plavcem. Tento odpor je velmi důležitý pro techniku plaveckých způsobů. 2. Povrchové tření vzniká odporem vody v nejbližším okolí těla a v plavání nemá důležité opodstatnění. 3. Vířivý odpor způsobuje voda, která se nedokáže zavřít za hydrodynamicky nevhodně postavenými částmi těla. Plavec může zaujmout různou polohu těla, která vyvolává větší či menší odpor (Counsilman, 1968).

Setrvační síly ovlivňují zrychlení a zpomalení pohybu. Hnací síly umožňují lokomoci. Plavec by měl vytvářet optimální hydrodynamickou sílu, a přitom se snažit o co nejdélnější udržitelnost a o co nejmenší spalování energie při pohybu (Hofer & Felgrová, 2011).

#### *2.2.4 Aplikace hydromechaniky do techniky plavání*

Pochopení zákonů biomechaniky by mělo vést k efektivnímu nácviku a upevňování plaveckých dovedností. Mezi znaky účinné plavecké techniky patří: miskovitý tvar ruky, prsty jsou lehce rozevřeny a mírně pokrčené. Loket během záběru je pod určitým úhlem náběhu, tak aby byla co největší opora. Dráha pohybu musí být taková, aby reakce směřovala co nejvíce do směru plavání. Pohybový cyklus můžeme rozdělit na pracovní fázi (záběr), pomocnou fázi (přenos). V pracovní fázi působí plavec co největší silou – velká efektivita záběru, v pomocné fázi je paže uvolněná, dochází k efektivní regeneraci sil (u prsou se tato regenerační fáze provádí v průběhu splývání). Rychlost plavce není závislá pouze na silových a rychlostních schopnostech plavce, ale také i na délce záběru – čím delší záběr, tím déle působí hnací síly (Čechovská & Miler, 2001; Hofer et al., 2000). Pro celkovou redukci tvarového odporu slouží hlava plavce. Jakékoliv narušení linie hlavy a vody (nádech, záklon hlavy) způsobí zvětšený odpor vody. Pro minimalizaci tvarového odporu by hlava plavce měla zůstat v prodloužení těla, které se nachází v horizontální poloze co nejdélněji dobu. Kromě nádechu u prsou a motýlku by se tato poloha neměla měnit. Typický vlnivý pohyb u motýlku je velmi důležitý, ale měl by být prováděn přiměřeně. Nadměrné vlnění způsobí větší tvarový odpor. Horní končetiny by při pohybu vpřed měly vstupovat do vody v oblasti průřezu těla a poté by měl následovat samotný záběr. Kop by měl být veden tak, aby byl optimálně propulzivní. Velké rozpětí kopů může narušit horizontální a laterální polohu těla. Flexe v hlezenním kloubu se vyskytuje pouze při prsovém kopu (Neuls, Viktorjeník, Dub, Kunicki, & Svozil, 2018).

#### *2.2.5 Plavecký krok*

Nejúčinnější technika je, když plavec dosahuje vysokých rychlostí při nízkém počtu záběrů. Při optimalizaci plavecké techniky řešíme délku plaveckého kroku a rychlost pohybu (Neuls et al., 2018). Plavecký krok představuje vzdálenost, kterou překoná tělo

plavce (těžiště plavce) ve směru plavání za dobu jednoho záběrového cyklu horních končetin (Juřina, 1984).

## **2.3 Anatomické aspekty plavání**

V plavání se při všech plaveckých způsobech zapojuje celé tělo. K dosahování co nejlepších výsledků a největší efektivity je tedy zapotřebí koordinace celého pohybového systému. Plavání jako jediný sport nemá pevnou základnu při pohybu, musí si ji plavec vytvořit sám. Tohoto stavu plavec dosahuje pevností a stabilitou středu těla. Poté koordinace tohoto středu a pohybů horních a dolních končetin (McLeod, 2014).

### *2.3.1 Horní končetiny*

Paže plní jednu ze základních činností v plavání. Propojují základní svaly, které generují sílu pro pohyb ve vodě. Primární svaly, které se zapojují, jsou svaly ramenního pletence (široký zádový sval a velký prsní sval), svaly ruky a předloktí. U motýlku, kraulu, znaku je mechanika pohybu odlišná, ale aktivace svalů se podobají. V průběhu tempa se loket pohybuje z natažení do 30-90° flexe. Tyto stupně závisí na protažení svalů a na technice plavce. Svaly zodpovědné za tento pohyb jsou dvojhlavý sval pažní a pažní sval. V druhé polovině záběru se postupně napíná pomocí tricepsu – vytváří se hnací síla. Velikost této síly závisí na délce pohybu paže a platí zde úměra, čím delší pohyb, tím větší vygenerovaná síla. Ideálně by se paže měla dostat záběrem až k úrovni kyčlí. U prsou záběr začíná aktivací trojhlavého pažního svalu, který drží paži nataženou, ale ne napnutou. Při rozmáchnutí do stran začíná pracovat biceps a pažní sval. Hnací síla se generuje v průběhu celého záběru. Po ukončení záběrové fáze nastoupí triceps a dochází k napnutí v lokti (McLeod, 2014).

### *2.3.2 Rameno*

Pletenec ramenní zprostředkovává spojení mezi horní končetinou a trupem. Rameno působí jako osa otáčení horní končetiny. Ramenní kloub je jeden z nejpohyblivějších kloubů v těle. Svaly upínající se k ramennímu pletenci se rozdělují do čtyř skupin – svaly pohybující lopatkou, stabilizátory lopatky, flexory a extenzory paže. Flexibilita ramene a svalů napojených na ramenní pletenec je zásadní. Umožňuje

plavci prodloužit záběr – zvýší se hnací síla, efektivita záběru. Při zanedbání posilování ramenních svalů, může dojít z rozpadu přenosu síly z paží až k dolním končetinám. Tímto se zvýší riziko zranění u plavce. Na ramenní svaly je dále napojen deltový sval, který se stará o stabilizaci ramene a celé horní končetiny při pohybu (McLeod, 2014).

### *2.3.3 Hrudník*

Nejdůležitějším svalem hrudníku je velký prsní sval (VPS). Tento sval spolu s širokým zádovním svalem jsou hlavním generátorem síly, která posouvá plavce vpřed. Během kraulu a motýlku zahajuje VPS práci v okamžiku protnutí dlaně hladinou vody. Sval pracuje po celou dobu až po ukončení aktivní části záběru, kdy při přenosu začíná pracovat široký zádovný sval. U prsou pracuje VPS na rozmáchnutí rukou, tak i na přitažení k tělu. Jeho činnost končí až při přitažení rukou k tělu. U znaku zapojení VPS závisí na technice plavce. Hlavní práci vykonává široký zádovný sval, VPS je spíše doplňkovým svalem (McLeod, 2014).

## **2.4 Fyziologické aspekty plavání**

### *2.4.1 Laktát*

Laktát je sodná či draselná sůl kyseliny mléčné. Je konečným produktem metabolismu glukózy (Botek, Neuls, Klimešová, & Vyhnánek, 2017). Plavecké tratě se dají rozdělit do tří kategorií – krátké, střední a dlouhé. U krátkých tratí do 100 m se laktát pohybuje – 50 m (12-14 mmol/l), 100 m (30 mmol/l). Co se týče středních tratí do 400 m, laktát se pohybuje v průměru okolo 14-18 mmol/l, může dosahovat až hodnoty 30 mmol/l. U dlouhých tratí dosahuje hodnoty 18 mmol/l (Rodríguez & Mader, 2011).

### *2.4.2 Anaerobní práh*

Intenzita zátěže, při níž se uplatňují nejen aerobní, ale i anaerobní procesy. Metabolický systém přitom zůstává v dynamické rovnováze tvorby a využití laktátu (Bolek, Ilavský, & Soumar, 2007). U netrénovaných sportovců bývá anaerobní práh na

úrovni 50-60 %  $\text{VO}_2\text{max}$ , u vytrvalostně trénovaných na 65-80, resp. 80-90 %  $\text{VO}_2\text{max}$  (McArdl, Katch, & Katch, 2010).

### *2.4.3 Aerobní kapacita*

Udává, jaká část maximální spotřeby kyslíku je spotřebována při aerobním způsobu úhrady energie. Jedná se o co nejdější práci v setrvalém stavu aerobního výkonu, bez velké kumulace laktátu. Vrcholoví vytrvalci jsou schopni v závodě uplavat 10 až 15 min na úrovni 95-98 %  $\text{VO}_2\text{max}$ , při delších distancích okolo 20-40 min na úrovni 90-95 %  $\text{VO}_2\text{max}$  a při závodě na delších úsecích než jedna hodina obvykle pod 90 %  $\text{VO}_2\text{max}$  (Zahradník & Korvas, 2012).

### *2.4.4 Energetické systémy*

Výkon v plavání je výsledkem energetické (metabolické) přeměny na mechanickou sílu s určitou energetickou účinností. Většina energie, která je produkována plavcem, je využívána k překonání odporu vody. Celková energie je generována součtem okamžitých (ATP-CP), krátkodobých (anaerobní glykogenolýza) a dlouhodobých (oxidativní fosforylace) systémů pro resyntézu ATP. Metabolická přeměna potřebná k plavání při maximální rychlosti a relativní příspěvek tří energetických systémů se liší v závislosti na vzdálenosti, a tedy na době plavání při maximální intenzitě. Na druhou stranu výkon a kapacita tří energetických systémů jsou individuálními faktory určující výkonovou kapacitu v plavání (Rodríguez & Mader, 2011).

### *2.4.5 Srdeční frekvence*

Srdeční frekvence se využívá jako jednoduchý indikátor intenzity zatížení a v klidových podmínkách jako signalizátor funkčního stavu organismu. Vyjadřuje se v počtech srdečních stahů (tepů) za minutu. Zvyšuje se při námaze a zvýšené zátěži nebo například při stresu (Botek et al., 2017). Spolu s laktátem a výkonem vytváří optimální intenzitu tréninku jak intervalového, tak vytrvalostního (Keskinen, Keskinen, & Mero, 2007).

Podle Havlíčkové (1997) lze změny u srdeční frekvence rozdělit na strukturální a funkční. Do strukturálních změn můžeme zařadit např. zvětšování srdce neboli „sportovní srdce“, které mívají vrcholoví vytrvalostní plavci, kteří jsou dobře adaptovaní. Dále se to pojí s cévami a s dostatečným prokrvením svalové tkáně. Mezi funkční změny řadíme ukazatele srdeční činnosti, a to zejména srdeční frekvenci. Srdeční frekvence jako hlavní ukazatel je převážně ovlivněna věkem, ale i pohlavím. Se srdeční frekvencí se také pojí „diving reflex“ nazvaný také jako „ponožovací reflex“. Dochází vlivem něj k poklesu SF o 10-15 %. Tento reflex je spojený s ponořením obličeje do vody, pokud ale ponoříme celé tělo, tak se SF ještě sníží. Vrcholoví plavci, kteří jsou dobře adaptovaní, nevykazují takové rozdíly v srdeční frekvenci při pohybové aktivitě ve vodě a na souši (Čechovská, Novotná, & Milerová, 2003).

#### *2.4.6 Metabolická charakteristika výkonu*

Plavání se řadí do sportů s kontinuálním typem zátěže. Plavecký způsob kraul je neefektivnější z hlediska energetického (Havlíčková, 1993).

Energetický výdej je závislý také na úrovni trénovanosti plavce. Pod vodní hladinou na plavce působí hydrostatický tlak vody, který mění mechaniku dýchání, frekvenci a dechové objemy. U vitální kapacity dochází k redukci o 10 % z důvodu zadržení krve v oblasti hrudníku a zvětšenému odporu. Spotřeba kyslíku je závislá na délce tratě (Havlíčková, 1993).

Energetické krytí v průběhu plaveckého výkonu závisí na době jeho trvání. U zatížení, při vzdálenosti 25 m, které trvá 10-15 vteřin, je z první poloviny kryto ATP/CP a z druhé anaerobním metabolismem. Trať na 50 m, trvající 19-30 s je energetické krytí 20 % ATP/CP, 60 % anaerobní metabolismus a 20 % glukózový metabolismus. Vzdálenost 100 m (40-60 s) je hrazena z 10 % ATP/CP, 55 % anaerobní metabolismus, 35 % glukózový metabolismus. Nejdelší vzdálenost, při které se aktivuje ATP/CP (5 %) je 200 m (1,5–2 min), která je dále hrazena anaerobním metabolismem (40 %) a glukózovým metabolismem (53 %). Při distanci 400 m (4–6 min) se již ATP/CP neaktivuje, výkon je pokryt z 35 % anaerobním metabolismem a 65 % glukózovým metabolismem. Vzdálenost 800 m (7-10 min) je kryta anaerobním metabolismem (25 %), glukózovým metabolismem (73 %) a také tukovým metabolismem (2 %) (Neuls, Svozil, Viktorjeník, & Dub, 2013).



Vytrvalostní zatížení dlouhodobé 11-60 min využívá oxidativně sacharidy a tuky s malou tvorbou laktátu a velmi dlouhá vytrvalostní zatížení nad 60 min jsou energeticky kryta převážně tuky a sacharidy, k tvorbě laktátu v jejich průběhu dochází pouze minimálně (Havlíčková, 1997).

## 2.5 Silové schopnosti

Zvonař et al., (2010) charakterizují silové schopnosti jako předpoklady člověka překonávat vysoký odpor břemene nebo vlastního těla pomocí svalového úsilí.

Perič a Dovalil (2010) na základě typu svalové kontrakce, vnějším projevu a na požadavcích rozvoje klasifikují dva základní druhy silových schopností:

1) *statická síla*: izometrická kontrakce (zvýšení napětí ve svalu, délka zůstává neměnná),

2) *dynamická síla*: izotonická kontrakce (napětí zůstává přibližně stejné, mění se jen délka svalu).

Dělení podle velikosti odporu a rychlosti pohybu se dále dynamická síla dělí:

1) *výbušnou*: maximální zrychlení a nízký odpor (kopy, odrazy, hody),

2) *rychlou*: nemaximální zrychlení a nízký odpor (překážkový běh, starty),

3) *vytrvalostní*: stálá rychlost a nízký odpor (silniční cyklistika, kanoistika),

4) *maximální*: malá rychlost a vysoký až hraniční odpor (vzpírání).

Podle Bernacikové et al., (2013) je síla schopností překonávat nebo udržovat vnější odpor prostřednictvím svalové kontrakce. Autorka rozlišuje 4 druhy síly: výbušnou, rychlou, absolutní a vytrvalostní. Svalová kontrakce probíhá při statické nebo dynamické svalové práci.

Plavání je specifickým sportem, pokud jde o rozvoj silových schopností. Pohyb se odehrává ve vodním prostředí a plavec má za úkol překonávat hydrodynamický odpor. Tento předpoklad se stává základem pro vytváření silových schopností plavce. Jedná-li se o tratě vytrvalostní, či sprinty, dynamický pohyb musí být vykonáván mnohonásobně, tudíž ho nelze vykonávat s maximální intenzitou a vždy jde o rozvoj silově vytrvalostních schopností. Maximální dynamickou sílu v co nejkratším čase musí plavec vyvinout u startovního skoku a obrátky. Důležitá je také technická stránka provedení plaveckých pohybů. Náhrada vodního prostředí jinými tréninkovými metodami je specifická právě pro silové schopnosti. Využívá se tedy suché přípravy s využitím různých posilovacích přístrojů (Havel et al., 2009).

Plavecký výkon je vícefaktorový jev závisející na energetice, biomechanice, hydrodynamice, antropometrii a silových schopnostech (Barbosa et al., 2010). Jeden z hlavních fyziologických parametrů ovlivňující výkonnost v plavání je svalová síla. Pomocí různých diagnostických testů se prokázalo, že trénink svalové síly horních končetin vysoce koreloval s plaveckou rychlostí od 23–400 m. Silový trénink vedený na suchu si klade za cíl zvýšení maximální síly a rychlostní síly ke zlepšení výkonu a technice v plavání. Jedním z cílů závodního plavce je překonání známé vzdálenosti za minimální čas. Čím menší je vzdálenost, tím klesá počet provedených záběrů. Proto na krátké vzdálenosti byla síla označena jako jeden z hlavních faktorů, který se podílí na zvýšení rychlosti. Kromě toho se předpokládá, že čím kratší je vzdálenost, tím více převažuje silová složka nad technickou. Za poslední tři desetiletí se měření síly provádělo pomocí isokinetických a isometrických testů (Morouco, Marinho, Amaro, Pérez-Turpin, & Marques, 2012).

Síla a kondice jsou základními aspekty při zvyšování výkonu při sprintu. I přesto, že plavání má jako sport specifické požadavky, může trénink v posilovně nabídnout značnou výhodu a doplnit tak výkon plavce. Existuje několik problémů souvisejících s plaváním, které musí trenér vzít v úvahu. Jedním z nich je odpor vody, který působí jako přirozený zpomalovač, což zvyšuje pravděpodobnost turbulencí. Dále musí trenér před zahájením programu zvážit odstranění svalové nerovnováhy a také dostatečné poměry síly agonistů a antagonistů (Bishop et al., 2013).

## **2.6 Zátěžové testování**

Zátěžové testování neboli zátěžová diagnostika představuje objektivní prostředek hodnocení zdatnosti a výkonnosti, zabývá se vyšetřováním fyziologické reakce a adaptace organismu jako celku i jednotlivých orgánových systémů na různé druhy zatížení. V praxi se nejčastěji setkáváme se sledováním reakcí a adaptací na dynamické zatížení, to znamená práci velkých svalových skupin, které navozuje změny organismu v kardiovaskulárním systému, v oblasti ventilačně respirační, metabolické a biochemické i v oblasti neurohumorálních regulací (Heller, 2018).

Bartůňková (2013) dělí zátěžové testy:

- podle účelů (vyšetřování populace, oslabených jedinců, sportujících za účelem lepší kontroly trénovanosti či predikce výkonnosti),
- podle energetického krytí (aerobní, anaerobní),

- podle typu zatížení (dynamické, statické, polohové...),
- podle intenzity zatížení (střední, submaximální, maximální, supramaximální),
- podle zatížených svalových skupin a typu práce,
- laboratorní/terénní testy,
- nespecifické/specifické testy,
- zátěžové/nezátěžové testy.

Terénní testy používané k měření anaerobního a aerobního prahu během plavání odpovídají skutečné činnosti ve srovnání s laboratorními testy. Na druhou stranu náklady na výše uvedené testy jsou velmi vysoké, časově náročné a vyžadují kvalifikovaný personál (Dalamatros, Manou, & Pelarigo, 2014). Oproti tomu laboratorní testování se provádí ve specializovaných laboratořích, kde jsou vytvořeny standardní podmínky (teplota, vlhkost, proudění vzduchu...) a stroje na dávkování zátěže, což umožňuje přesnější hodnocení a lepší interpretaci získaných výsledků.

Vlastnosti zátěžových testů (Botek et al., 2017):

- bezpečnost
- jednoduchost
- objektivnost
- reprodukovatelnost
- validita
- reliabilita
- senzitivita
- specifická

### *2.6.1 Typy zátěžových zařízení*

#### 1. Plavecký flum

Plavecký trenažér neboli „flum“ je zařízení, které vytváří podmínky pro nepřerušovaný pohyb proti proudu vody s možností nastavení rychlosti proudu (Astrand & Englesson, 1972). Jedná se o malý bazén s průhlednou stěnou, která umožňuje sledovat jakýkoliv pohyb pod hladinou. Toto zařízení se používá převážně k tréninku a rozboru techniky a stanovení  $VO_2\text{max}$  (Astrand & Englesson, 1972). Flume umožňuje nepřímé

měření rychlosti nastavením rychlosti proudění vody. Díky prosklenému oknu je využíván pro kinematickou analýzu plavání. Nevýhodou systému jsou změněné podmínky, oproti plavání v bazénu. Plavec ve Flume plave na místě, zatímco se kolem něj pohybuje voda, což zcela neodpovídá principu pohybu plavce ve vodě. Nevýhodou je vznik víření a vzduchových bublin (Bátorová et al., 2015).

## 2. Bicyklový ergometr/ Běžecový ergometr

Tyto dva přístroje se používají při metodách zvaných ergometrie a spiroergometrie. Ergometrie se zaměřuje na práci srdce při zátěži, oproti tomu spiroergometrie se zabývá dechovými plyny CO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub> při zátěži. Obě tyto metody se využívají k zjišťování fyziologických parametrů nejen u plavců, ale u všech sportovců (Novotný, Struhár, Bernaciková, & Kapounková, 2019). S těmi přístroji se také pojí testy jako Wingate test, W170, test do vita maxima apod. (Botek, et al., 2017).

## 3. Expandery (tethered test)

Maximální rychlost plavání, zejména při událostech na krátkou vzdálenost, závisí na technických vlastnostech tažných sil, kromě technických a energetických schopností plavců. Plavání s expanderem se dlouhodobě používá k měření a hodnocení hnací síly plavců a považuje se za vhodný způsob analýzy anaerobního výkonu. Tento způsob testování lze použít jako adaptaci testu Wintage, který se provádí ve vodě se specifickým ergometrem (Zoretić, Leko, & Grčić-Zubčević, 2010).

### 2.6.2 *Plavecký ergometr*

Jedná se o treňažér využívaný při diagnostice plaveckého výkonu. Je brzden isokineticky. Skládá se z lavice, pádel, táhla, elektronického měřiče a elektromagnetického systému pro nastavení odporu. Odpor je stanoven úrovněmi od 1-9 (velikost odporu). Vykonaná práce je vypočítána jako součin dráhy a síly. Vycházíme z šesti naměřených údajů: čas, síla, rychlost (frekvence), celková dráha a dráha pravé a levé ruky. Hodnotí se výkon (watt) a také práce (joule) (Horčic & Formánek, 2002).

V dnešní době se trenážery využívají k rehabilitaci, zátěžovému testování a také jako účinný prostředek při tréninku na suchu. Ergometry se využívají například ke zlepšení techniky vysokého lokte, správného tahu nebo k efektivnímu držení těla. Vyloučením vztlaku, dýchacích obtíží a umístění plavce do prostředí s méně podněty, se plavec může lépe soustředit na izolaci pohybů a správné pochopení mechaniky pohybů (generování síly a redukce odporu). Výhodou oproti tréninku v bazénu je okamžitá zpětná vazba od trenéra nebo spoluhráče (Stott, 2018). Mezi vnější zpětnou vazbu řadíme vizuální, nebo verbální zpětnou vazbu (např. zrcadlo nebo videozáznam). Verbální zpětná vazba je důležitým prvkem při zlepšování pohybových aktivit a může být nejúčinnější formou zpětné vazby. Může zvýšit vnitřní zpětnou vazbu tím, že ji doplní informacemi o posunutí kloubu, produkci síly nebo poloze těla. Verbální zpětná vazba může zlepšit příjem vnější a vnitřní zpětné vazby, a tedy i provedení úlohy, která se provádí ve vodě. Z čistě fyziologického hlediska může zdokonalení mechanismů odpovědných za regulaci pohybu snížit energetické náklady na plavání a tím zlepšit pohybovou efektivitu a motorické chování (Zatoň, Cześniewicz, & Szczepan, 2018).

## **2.7 Testování plavců**

Hodnocení výkonnosti plavců se považuje za jeden ze zásadních činitelů v tréninkovém procesu. Jde o přesnější sledování výkonnosti sportovců a možnou identifikaci talentů (Smith, Norris, & Hogg, 2002). Pro efektivní hodnocení výkonu by testování mělo proběhnout několikrát během makrocycly. Nejčastěji se sportovci testují na začátku přípravného období a v předsoutěžní fázi. Bylo také navrženo testování na začátku a na konci každého mezocycly (Gore, 2000).

V průběhu let byla vyvinuta řada laboratorních metod pro hodnocení fyziologických parametrů, které pozitivně ovlivňují plavecký výkon a díky nim plavci dosahují lepších výkonů. Jde především o trénování aerobní, anaerobní a svalové síly. Mezi základní testovací metody patří např. vertikální skok, Wingate test nebo isokinetické testy (Dalamatros et al., 2014).

Vertikální skok patří do skupiny svislých vrhů. Je považován za základní test pro posouzení výbušné síly dolních končetin. Výhodou tohoto testu je jednoduchost provedení a minimální prostorové nároky. Nevýhodou je nepřesné určení výšky skoku. Existuje několik způsobů měření výšky skoku od metody dosahu po speciální silové plošiny (Janura & Janurová, 2007). Trenéři plavání často předpokládají, že výbušná

svalová síla dolních končetin může zlepšit výkon při odrazu z můstku, nebo u obrátky. Čas během startu a během obrátky může významně ovlivnit celkový plavecký výkon (Dalamatros et al., 2014).

Dalším testem je Wingate test. Patří mezi klasické laboratorní nástroje a jeho cílem je hodnocení anaerobního výkonu. Test se provádí na bicyklovém ergometru a patří mezi testy do maxima. Tento test se využívá k zjištění maximálního anaerobního výkonu, rychlosti poklesu výkonu a k průměrnému výkonu, který odpovídá anaerobní kapacitě (Dalamatros et al., 2014).

Isokinetické testy se především zaměřují na abdukcii a addukci v ramenním kloubu a také na vnější a vnitřní rotaci tohoto kloubu. Je to spojené s pohybem v plavání, kdy addukce a vnitřní rotace ramenního kloubu se používají během fáze protažení a abdukce a vnější rotace během fáze zotavení. Biokinetický test se provádí s plavcem v poloze na břiše a rukama umístěnými v pádlech připevněných k tažení lan. Během provádění se plavec dostává do úplného rozsahu pohybu. Zjišťuje se zde maximální provedený výkon a další parametry. Posledním testem je test isometrický, který se využívá napříč generacemi, od dětství až po vrcholové sportovce. Využívá se k němu speciální přístroj zvaný dynamometr. Jde o sílu, která je generována ze stisku ruky. Spolehlivost tohoto testu je prezentována jako vysoká. Zdá se, že síla sevření rukou odráží celkovou sílu těla (Dalamatros et al., 2014).

## **3 CÍLE**

### **3.1 Hlavní cíl**

Hlavním cílem bylo ověření využitelnosti plaveckého ergometru v oblasti kontroly tréninkového procesu.

### **3.2 Dílčí cíle**

- Sledování momentu síly v průběhu anaerobního testu na 20 záběrů.
- Sledování doby trvání anaerobního testu na 20 záběrů.
- Sledování výkonu v průběhu anaerobního testu na jeden záběr.
- Sledování změn ve sledovaných parametrech v průběh testu.

### **3.3 Výzkumné otázky**

- Který ze zvolených odporů je pro dané testování nejvhodnější?
- Při jakém odporu je nejrychlejší splnění testu?
- Jaká je dynamika momentu síly?

## 4 METODIKA

### 4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Do výzkumného souboru se zapojilo 16 probandů ve věku od 22–52 let. Všichni probandi byli v dobrém zdravotním stavu a byli pohybově aktivní. Testování bylo dobrovolné, anonymní a zúčastnění byli seznámeni s celým jeho průběhem. Pokud by chtěl někdo z testování odstoupit, měl na to plné právo. Z důvodu nízkého počtu žen nebyly jejich výsledky do analýzy zahrnuty, a tedy výsledný vzorek činil  $n = 11$  mužů.

Jednalo se o anaerobní test na 20 záběrů (test AN20), který simuloval sprint. Časově a silově odpovídal distanci přibližně na 50 m. Hodnocení výsledků bylo zaměřeno na sledování momentu síly v průběhu anaerobního testu na 20 záběrů a jeden záběr. Dále na sledování doby trvání anaerobního testu na 20 záběrů a jeden záběr, a nakonec na sledování výkonu v průběhu testu na jeden záběr. Pro naše měření byly stanoveny 3 hlavní odpory: 3 – velký, 5 – střední, 7 – malý. Pro získání dat posloužil k těmto účelům plavecký ergometr Biometer Isokinetic Trainer. Somatické charakteristiky výzkumného souboru jsou prezentovány v Tabulce 1.

Tabulka 1. Charakteristika výzkumného souboru

	<b>M</b>	<b>SD</b>
<b>Věk</b>	28,545	9,873
<b>Hmotnost (kg)</b>	89,455	13,981
<b>Výška (cm)</b>	187	8,21
<b>BMI</b>	25,473	3,101

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka; BMI – body mass index



## 4.2 Postup

Výzkumné měření probíhalo v průběhu jednoho měsíce. Dny, kdy se mohli dostavit probandi k testování, byly stanoveny podle dostupnosti laboratoře. Toto testování bylo pod záštitou Fakulty tělesné kultury. Probíhalo v laboratořích aplikačního centra Baluo, pod kontrolou pověřené osoby. Zkoumal se moment síly a délka trvání testu. Z důvodu pandemie Covid-19, byla stanovena a dodržována patřičná opatření.

- 1) Probandi před vstupem do laboratoře byli informováni o celém průběhu testování. Souviselo s tím i nasazení roušky v průběhu pohybu v laboratoři (při výkonu testování, se mohla rouška odložit).
- 2) Dále probandi podepsali souhlas o bezinfekčnosti a také informovaný souhlas o zpracování osobních údajů.
- 3) Před samotným testem proběhlo měření a vážení. Hodnoty se zaznamenaly do systému a poté následoval samotný popis testu na plaveckém ergometru.
- 4) Proband si lehl na lavici ergometru a proběhlo zkušební testování, kdy bylo možné zjistit, zdali funguje komunikace mezi ergometrem a ukazatelem hodnot.
- 5) Poté následovalo řádné testování, které se skládalo ze tří měření a každé z nich obsahovalo 20 soupažných záběrů maximálním úsilím při daném odporu. Byly stanoveny tři typy odporu (3 – velký, 5 – střední, 7 – malý) u každého probanda stejně, pouze v náhodném pořadí. To znamená, že testování dopředu nevěděli, na jakém odporu budou provádět měření.
- 6) Po prvním i druhém měření následovala 10minutová přestávka, během které bylo možné zapsat naměřená data do systému.
- 7) Testování se ukončilo po naměření a zapsání všech potřebných dat.

### 4.3 Metody sběru dat

Pro zjištění svalové síly byly využity objektivní metody měření. Mezi tyto metody patří Test AN20, který je definován jako anaerobní test, z důvodu krátkého trvání maximálního úsilí (doba trvání 20-30 vteřin). Tento test se využívá ve vrcholovém plavání, účastní se ho např. plavecká reprezentace ČR.

Navrhovaný test byl realizován na plaveckém ergometru Biometer Isokinetic Trainer, který se skládal z lavice s isokinetickými táhly. Tento přístroj byl vyrobený společností Otto Otto GmbH v Německu. Toto zařízení se běžně používá pro diagnostiku sportovního výkonu v plavání. Základní data jsou generována za pomoci vestavěného integrovaného snímače, díky kterému je možné vyhodnotit např. sílu, práci, výkon, frekvenci nebo délku prodloužení záběru. Za pomoci volitelného softwaru, lze zobrazit, uložit či porovnat silový profil jedince přenesený do počítače (Swimspotec, n.d.).

Zjišťovali jsme moment svalové síly v daném kloubu, u kterého se nepřihlíží pouze k velikosti a směru působící síly, ale důležitá je také velikost otáčivého účinku této síly, která je ovlivněna vzdáleností vektoru síly od okamžitého středu otáčení. Pomocí součinu velikosti síly a této vzdálenosti lze určit velikost otáčivého účinku neboli moment síly (M). Naměřené hodnoty se poté zaznamenávaly v jednotkách newtonmetry (Nm).



Obrázek 5. Biometer Isokinetic Trainer

#### **4.4 Statistické zpracování**

Pro statistické zpracování výsledků byl použit software Statistica 13.4 (Tibco Software, 2018). Charakteristiky sledovaných proměnných byly popsány pomocí deskriptivní analýzy (aritmetický průměr, směrodatná odchylka, jednotlivé kvartály testu). Vnitroskupinové komparace jsme vypočítali pomocí párového T-testu a mezi vybranými proměnnými byly vypočítány Pearsonovy korelační koeficienty. Hladina statistické významnosti byla stanovena na  $p < 0,05$ .

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Popisná charakteristika naměřených dat

V Tabulce 2 jsou znázorněny průměrné hodnoty třech naměřených odporů. Tyto odpory se hodnotily z pohledu síly a doby trvání na 20 záběrů a jednoho záběru. Posledním parametrem bylo měření výkonu na 20 záběrů a jeho přepočítání na kilogram hmotnosti. Z tabulky vyplývá, že nejvyšších hodnot z pohledu momentu síly bylo dosaženo u velkého odporu ( $M = 6604 \text{ Nm}$ ). Na druhou stranu nejvyšších hodnot z pohledu výkonu bylo dosaženo u středního odporu ( $M = 256,09 \text{ watt}$ ), tudíž lze předpokládat, že tento odpor je z pohledu našich naměřených hodnot tím nejeftektivnějším pro daný typ testu (AN20).

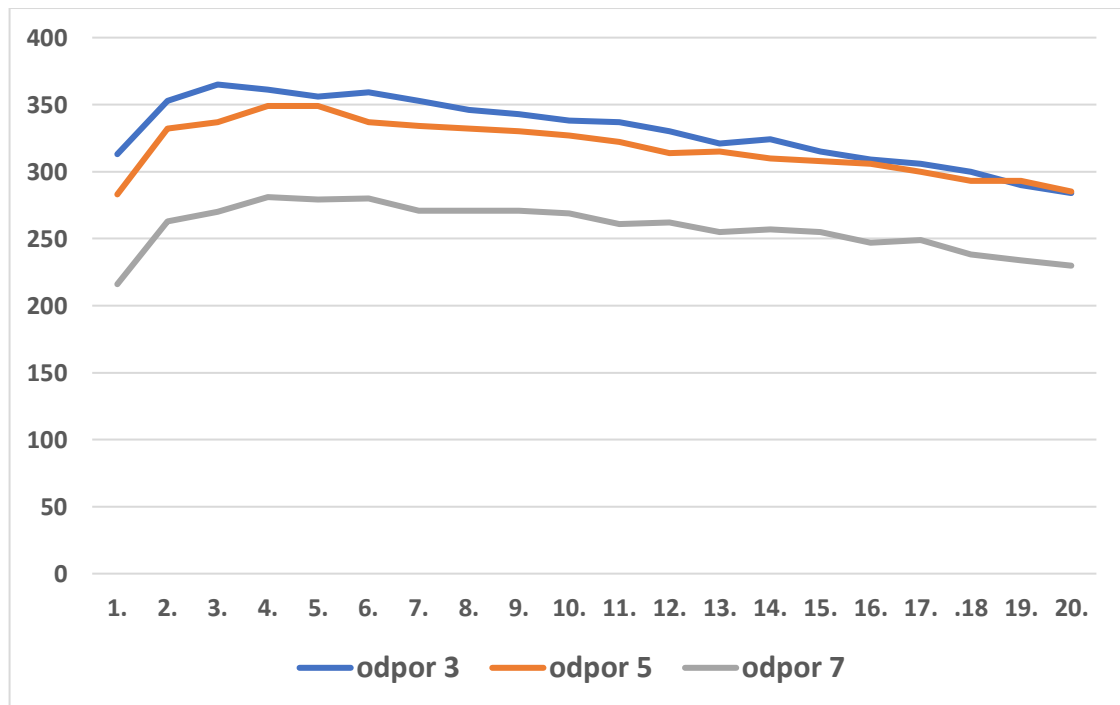
Tabulka 2. Popis souhrnných výsledků

Proměnná	n = 11			
	M	min	max	SD
<b>3 sum Nm</b>	6604,27	4214	9798	1418
<b>3 M Nm</b>	330,27	211	490	70,89
<b>3 time (s)</b>	26,62	19,6	34,8	4,94
<b>3 M time/stroke (s)</b>	1,33	0,98	1,74	0,25
<b>3 M watt</b>	254,82	154	384	66,62
<b>3 M W/kg</b>	2,88	2	3,8	0,68
<b>5 sum Nm</b>	6363,18	4947	8663	1053,52
<b>5 M Nm</b>	318,09	247	433	52,79
<b>5 time (s)</b>	25,14	18,4	31,2	3,79
<b>5 M time/stroke (s)</b>	1,26	0,92	1,56	0,19
<b>5 M watt</b>	256,09	194	348	44,14
<b>5 M W/kg</b>	2,95	2,1	5,1	0,85
<b>7 sum Nm</b>	5160,46	3845	6593	747,04
<b>7 M Nm</b>	258	192	330	37,39
<b>7 time (s)</b>	22,8	16,8	27,9	3,43
<b>7 M time/stroke (s)</b>	1,14	0,84	1,39	0,17
<b>7 M watt</b>	229,82	155	298	42,31
<b>7 M W/kg</b>	2,66	1,7	4,2	0,74

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor, sum Nm – celkový součet Nm na 20 záběrů, M Nm – průměrné Nm na jeden záběr, times – čas (s), M time/stroke – průměrná doba trvání jednoho záběru (s), M watt – průměrný výkon na jeden záběr, M W/kg – průměrný výkon na jeden záběr/kg hmotnosti

## 5.2 Vývoj momentu síly v průběhu testu AN20

Z Obrázku 6 lze vyčíst, že u všech odporů dochází v prvních 2-3 záběrech k velkému nárůstu momentu síly. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány mezi 3. až 6. záběrem, poté nastává pozvolný pokles až do konce testu u všech odporů.



Obrázek 6. Křivka vývoje momentu síly

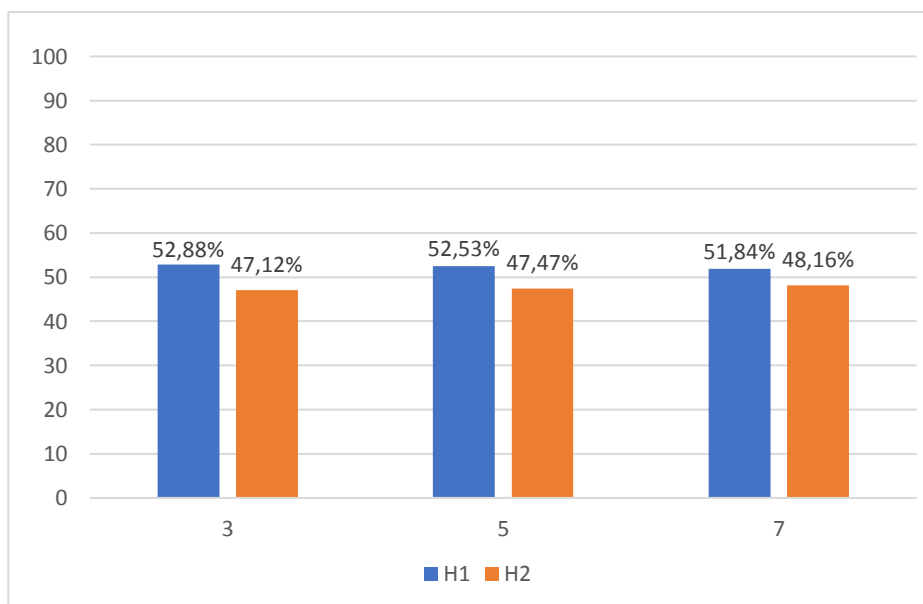
## 5.3 Rozdíl momentu síly v 1. a 2. polovině testu AN20

Z Obrázku 7 je zřejmé, že v druhé polovině testu dochází k poklesu momentu síly u všech třech odporů. Z Tabulky 3 vyplývá, že momenty sil v první a druhé polovině testu spolu velmi úzce korelují ve všech třech odporech. Dochází k absolutní (funkční) závislosti, kde hodnota korelačního koeficientu  $r$  je téměř 1,0. Z tohoto poznatku vyplývá, že pokud moment síly v první polovině testu klesá, v závislosti na tom klesá i moment síly v druhé polovině.

Tabulka 3. Porovnání momentu síly v 1. a 2. polovině testu

	3		5		7	
	M	SD	M	SD	M	SD
<b>H1</b>	376	119,5	353,33	90,69	265,42	34,93
<b>H2</b>	335,08	102,35	319,33	70,03	246,58	38,04

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, r – korelační koeficient, H1 – 1-10. záběr, H2 – 11-20. záběr, 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor



Obrázek 7. Procentuální vyjádření momentu síly v 1. a 2. polovině testu

#### 5.4 Rozdíly momentu síly v jednotlivých kvartálech testu AN20

Z Obrázku 8 lze vyčíst, že u velkého a středního odporu křivka vývoje v 1. a 2. kvartále je konzistentní a ve 3. a 4. kvartále dochází k postupnému poklesu momentu síly. K největšímu poklesu však dochází u hodnot spojenými s lehkým odporem.

Z Tabulky 5 vyplývá, že momenty sil mezi jednotlivými kvartály spolu velmi úzce korelují ve všech třech odporech. Také jako v případě polovin i u kvartálů dochází k absolutní závislosti, kde hodnota korelačního koeficientu  $r$  je téměř 1,00.

Tabulka 4. Porovnání momentů síly v jednotlivých kvartálech testu

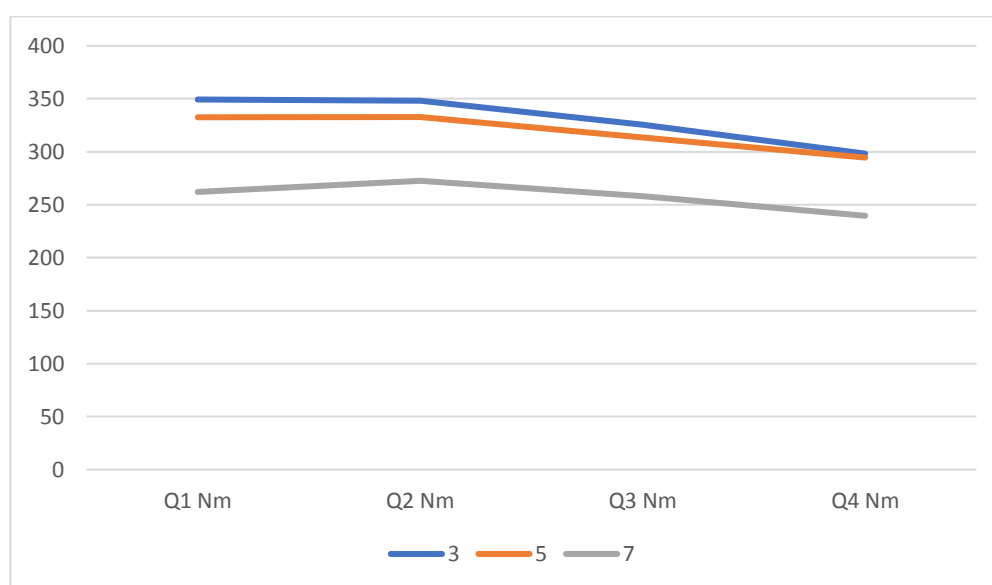
	3		5		7	
	M	SD	M	SD	M	SD
<b>Q1</b>	377,08	120,28	355,17	96,81	260,67	31,33
<b>Q2</b>	374,83	118,8	351,67	85,51	270,25	39,93
<b>Q3</b>	351,42	112,1	327,42	68,72	255,08	39,11
<b>Q4</b>	319,08	92,72	310,83	72,11	237,17	37,53

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, Q1 – 1-5. záběr, Q2 – 6-10. záběr, Q3 – 11-15. záběr, Q4 – 16-20. záběr, 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor

Tabulka 5. Korelace mezi jednotlivými kvartály

	3	5	7
	<b>r</b>		
<b>Q1 vs Q2</b>	0,9955	0,9848	0,9266
<b>Q1 vs Q3</b>	0,9908	0,9666	0,9453
<b>Q1 vs Q4</b>	0,9853	0,9709	0,9305
<b>Q2 vs Q3</b>	0,9974	0,991	0,99
<b>Q2 vs Q4</b>	0,9953	0,979	0,9704
<b>Q3 vs Q4</b>	0,9982	0,9819	0,9739

Vysvětlivky: Q1 – 1-5. záběr, Q2 – 6-10. záběr, Q3 – 11-15. záběr, Q4 – 16-20. záběr, 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor, r – korelační koeficient



Obrázek 8. Křivka vývoje momentu sil v jednotlivých kvartálech

## 5.5 Ověření momentu síly na 20 záběrů a jeden záběr

### *Moment síly na 20 záběrů*

Z Tabulky 6 je zřejmé že, jediná významná korelace se nachází mezi velkým a středním odporem ( $p = 0,003$ ). Korelace mezi velkým a malým odporem a mezi středním a malým odporem se neprokázaly být významné.

Z Tabulky 7 lze vyčíst, že rozdíl mezi velkým a malým odporem ( $p = 0,024$ ) a středním a malým odporem ( $p = 0,011$ ) je staticky významný. Rozdíl mezi velkým a středním odporem se signifikantně nelišil. Nejlepší výsledek z pohledu momentu síly je zaznamenán u velkého odporu, který vidíme na Obrázku 9. Malý odpor z hlediska celkového výsledku nedoporučujeme.

Tabulka 6. Korelace momentu síly na 20 záběrů

	<b>r</b>	<b>p</b>
<b>3 vs 5</b>	0,7826	0,003*
<b>3 vs 7</b>	-0,4769	0,117
<b>5 vs 7</b>	-0,1206	0,709

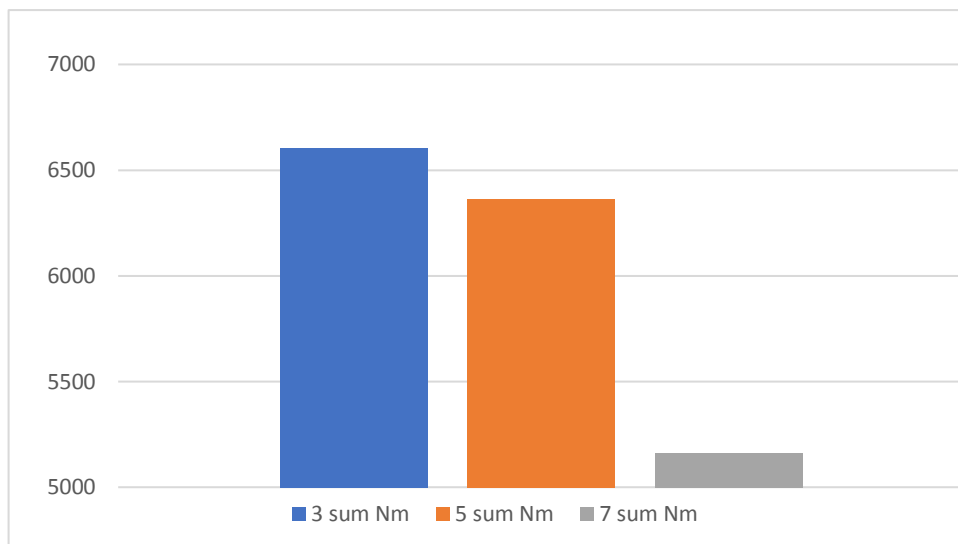
Vysvětlivky: r – korelační koeficient, \* $p < 0,05$ , 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor

Tabulka 7. Komparace momentu síly na 20 záběrů

	<b>t</b>	<b>p</b>
<b>3 vs 5</b>	0,97	0,354
<b>3 vs 7</b>	2,62	0,024*
<b>5 vs 7</b>	3,03	0,011*

Vysvětlivky: t – hodnota párového t-testu, \* $p < 0,05$ , 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor





Obrázek 9. Průměrné hodnoty momentu síly na 20 záběrů

#### *Moment síly na jeden záběr*

Z Tabulky 8 a 9 vidíme, že korelace i komparace se shodují s výsledky na 20 záběrů. Významná korelace je u velkého a středního odporu. Téměř bez korelace jsou hodnoty mezi středním a malým odporem ( $r = -0,1214$ ).

Výsledky mezi odpory velkým a malým ( $p = 0,024$ ) a mezi středním a malým ( $p = 0,012$ ) byly statisticky významné, to vidíme z Tabulky 10. Z Obrázku 10 vidíme, že nejmenší moment síly byl u lehkého odporu a největší u velkého odporu.

Tabulka 8. Korelace momentu síly na jeden záběr

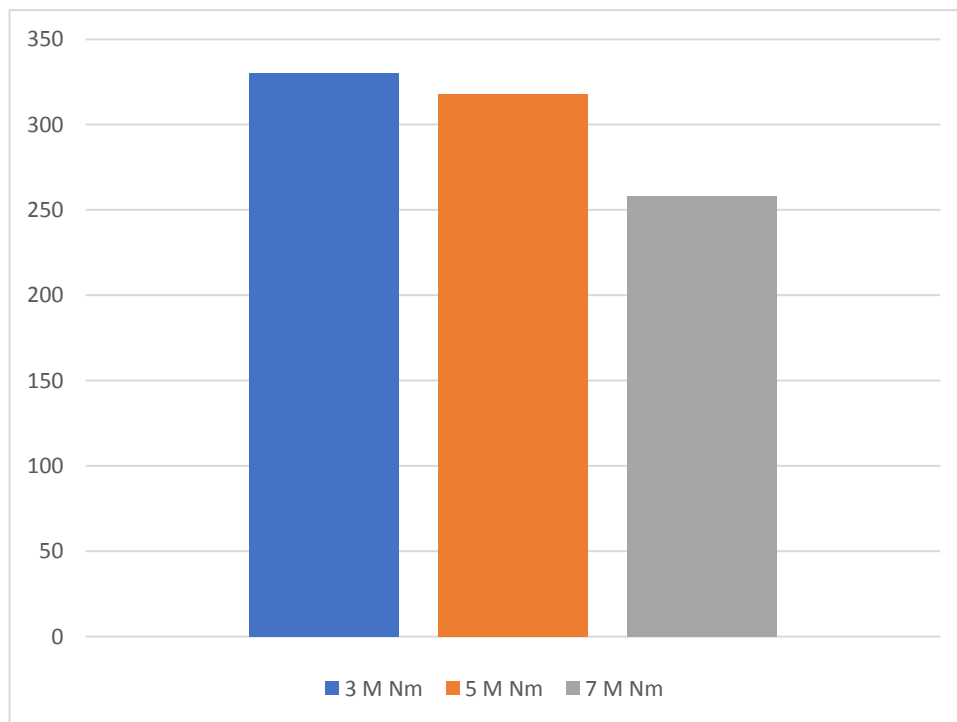
	<b>r</b>	<b>p</b>
<b>3 vs 5</b>	0,78	0,003*
<b>3 vs 7</b>	-0,48	0,115
<b>5 vs 7</b>	-0,12	0,707

Vysvětlivky: r – korelační koeficient, \* $p < 0,05$ , 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor

Tabulka 9. Komparace momentu síly na jeden záběr

	<b>t</b>	<b>p</b>
<b>3 vs 5</b>	0,97	0,355
<b>3 vs 7</b>	2,62	0,024*
<b>5 vs 7</b>	3,02	0,012*

Vysvětlivky: t – hodnota párového t-testu, \* $p < 0,05$ , 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor



Obrázek 10. Průměrné hodnoty momentu síly na 1 záběr

## 5.6 Celková doba trvání testu na 20 záběrů a jeden záběr

### *Doba trvání testu na 20 záběrů*

Korelace byly významné mezi všemi typy odporů. To znamená, že všechny odpory se navzájem ovlivňují. Z Obrázku 11 vidíme, že nejrychleji byl test proveden u lehkého odporu, naopak nejpomaleji u velkého odporu.

Statisticky významné hodnoty byly mezi velkým a malým odporem ( $p = 0,002$ ) a středním a malým odporem ( $p = 0,022$ ).

Tabulka 10. Korelace doby trvání testu na 20 záběrů

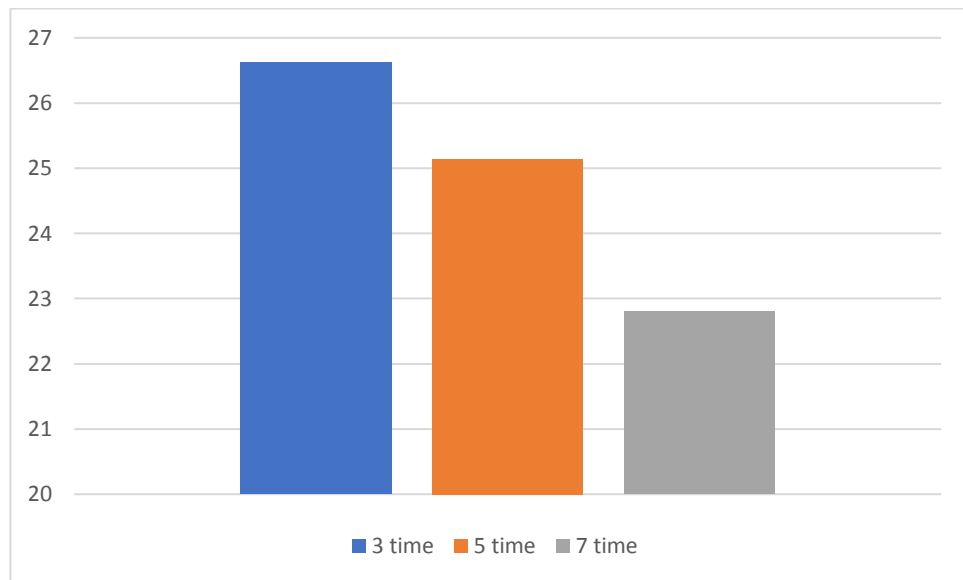
	<b>r</b>	<b>p</b>
<b>3 vs 5</b>	0,85	>0,001*
<b>3 vs 7</b>	0,8	0,002*
<b>5 vs 7</b>	0,74	0,006*

Vysvětlivky: r – korelační koeficient, \* $p < 0,05$ , 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor

Tabulka 11. Komparace trvání testu na 20 záběrů

	<b>t</b>	<b>p</b>
<b>3 vs 5</b>	1,92	0,08
<b>3 vs 7</b>	4,13	0,002*
<b>5 vs 7</b>	2,66	0,022*

Vysvětlivky: t – hodnota párového t-testu, \*p<0,05, 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor



Obrázek 11. Průměrné hodnoty trvání testu na 20 záběrů

Tyto výsledky vycházejí z naměřených hodnot 20 záběrů, tudíž se nám shodují jak ve statistické významnosti, tak v korelacích. Významné korelace byly mezi všemi odpory (Tabulka 12). Z pohledu výsledků komparace, které vidíme v Tabulce 13, byly statisticky významné hodnoty mezi velkým a malým odporem a mezi středním a malým odporem.

Tabulka 12. Korelace doby trvání testu na jeden záběr

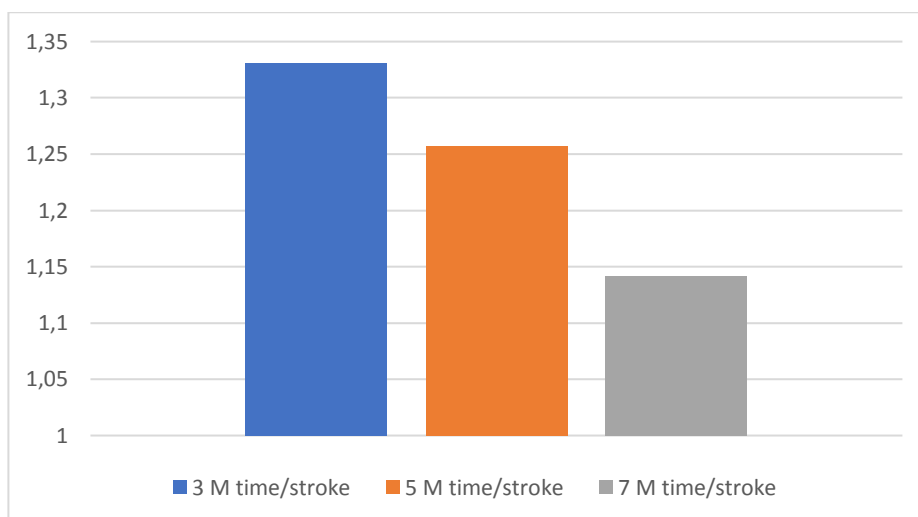
	<b>r</b>	<b>p</b>
<b>3 vs 5</b>	0,85	>0,001*
<b>3 vs 7</b>	0,8	0,002*
<b>5 vs 7</b>	0,74	0,006*

Vysvětlivky: r – korelační koeficient, \*p<0,05, 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor

Tabulka 13. Komparace doby trvání testu na jeden záběr

	<b>t</b>	<b>p</b>
<b>3 vs 5</b>	1,92	0,082
<b>3 vs 7</b>	4,12	0,002*
<b>5 vs 7</b>	2,66	0,022*

Vysvětlivky: t – hodnota párového t-testu, \*p<0,05, 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor



Obrázek 12. Průměrná hodnota doby trvání jednoho záběru

### 5.7 Ověření výkonu na jeden záběr

Z pohledu výkonu na jeden záběr se významná korelace potvrdila mezi velkým a středním odporem (Tabulka 14). Výsledky se neprokázaly být signifikantní, ani v jednom z odporů. Z Obrázku 13 vidíme, že nejlepšího výkonu dosáhli probandi na středním odporu, oproti tomu nejhoršího výkonu dosáhli na lehkém odporu. Lehký odpor se oproti střednímu a velkému odporu sice odchyľuje více, ale i přesto není signifikantní.

Tabulka 14. Korelace výkonu na jeden záběr

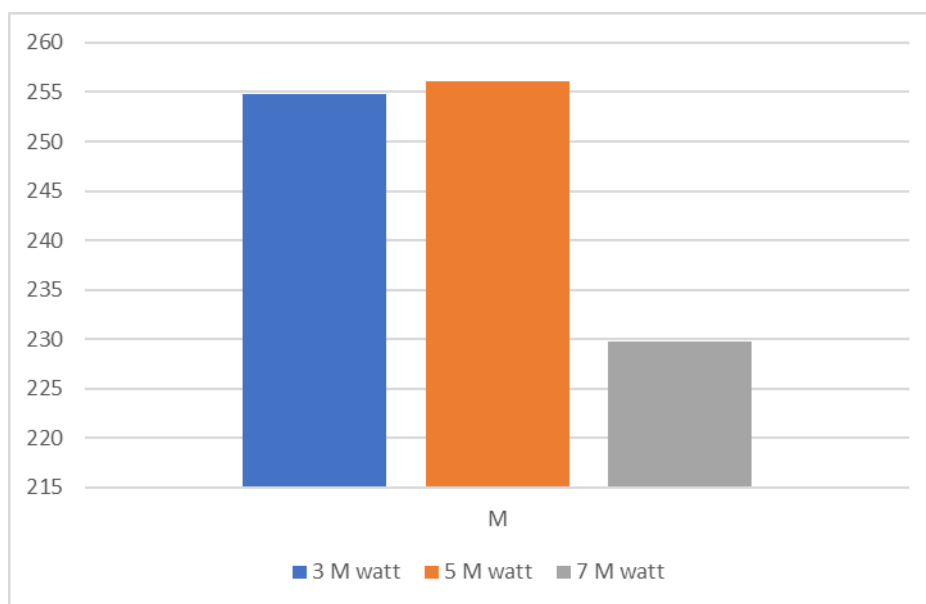
	<b>r</b>	<b>p</b>
<b>3 vs 5</b>	0,88	>0,001*
<b>3 vs 7</b>	0,37	0,234
<b>5 vs 7</b>	0,47	0,119

Vysvětlivky: r – korelační koeficient, \*p<0,05, 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor

Tabulka 15. Komparace výkonu na jeden záběr

	<b>t</b>	<b>p</b>
<b>3 vs 5</b>	0,14	0,891
<b>3 vs 7</b>	1,55	0,15
<b>5 vs 7</b>	1,85	0,091

Vysvětlivky: t – hodnota párového t-testu, \*p<0,05, 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor



Obrázek 13. Průměrné hodnoty výkonu na jeden záběr

### 5.8 Ověření relativního průměrného výkonu na jeden záběr

Výkon na jeden záběr byl přepočítán na kilogram hmotnosti (W/kg) a z Tabulky 16 lze vyčíst, že významné korelace se projevily mezi velkým a středním odporem ( $r = 0,86$ ) a také mezi středním a malým odporem ( $r = 0,66$ ). Na druhou stranu z pohledu komparací se statistická významnost neprojevila mezi žádným ze stanovených odporů.

Tabulka 16. Korelace relativního průměru výkonu na jeden záběr

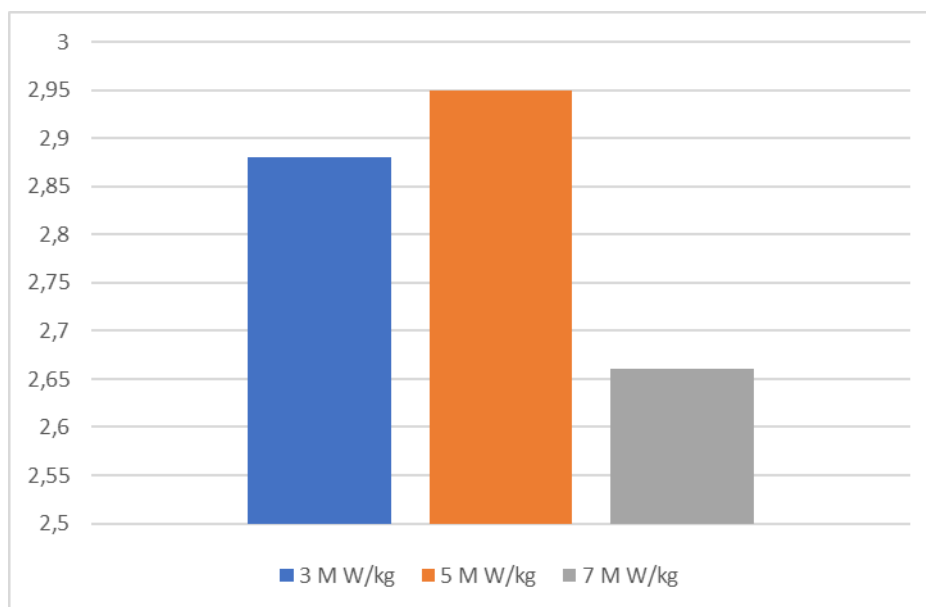
	<b>r</b>	<b>p</b>
<b>3 vs 5</b>	0,86	>0,001*
<b>3 vs 7</b>	0,38	0,221
<b>5 vs 7</b>	0,66	0,018*

Vysvětlivky: r – korelační koeficient, \*p<0,05, 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor

Tabulka 17. Komparace relativního průměru výkonu na jeden záběr

	<b>t</b>	<b>p</b>
<b>3 vs 5</b>	0,03	0,975
<b>3 vs 7</b>	1,34	0,206
<b>5 vs 7</b>	1,74	0,110

Vysvětlivky: t – hodnota párového t-testu, \*p<0,05, 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor



Obrázek 14. Průměrné hodnoty relativního výkonu

### 5.9 Ověření vzájemného vztahu mezi parametry testu a tělesnou hmotností

Ukazuje se, že tělesná hmotnost nekoreluje s výsledkem sumy 20 záběrů (Nm) ani u jednoho odporu. U středního odporu je záporná korelace na hranici významnosti. Signifikantní záporná korelace ( $r = -0,77$ ) se projevila ve výkonu na kg u malého odporu. Záporná korelace vyjadřuje, že relativní výkon se se zvyšující tělesnou hmotností zhoršuje.

Tabulka 18. Vzájemný vztah mezi parametry testu a tělesnou hmotností

	<b>3</b>		<b>5</b>		<b>7</b>	
	r	P	r	p	r	p
<b>sum Nm</b>	0,12	0,699	-0,29	0,359	-0,07	0,818
<b>M watt</b>	-0,05	868	-0,29	0,361	-0,24	0,456
<b>M W/kg</b>	-0,3	0,334	-0,57	0,052	-0,77	0,004*

Vysvětlivky: sum Nm – celkový součet Nm na 20 záběrů, M watt – průměrný výkon na jeden záběr, M W/kg – průměrný výkon na jeden záběr/kg hmotnosti, \*p<0,05, 3 – velký odpor, 5 – střední odpor, 7 – malý odpor

## 6 DISKUZE

Hodnocení výkonnosti plavců patří mezi základní činnosti v tréninkovém procesu, jak pro přesnější sledování výkonu, tak k identifikaci talentů (Smith et al., 2002). V průběhu let byla vyvinuta řada laboratorních metod pro hodnocení fyziologických parametrů, které ovlivňují plavecký výkon (Gullstrand, 2000). Trénink na suchu za pomoci plavecké lavice využívá většina elitních plavců, jak k diagnostice výkonu, tak obecně k měření mechanické síly (Shoulberg, 2012).

Tato práce se zabývá využitím plaveckého ergometru pro zátěžové testování. Byl aplikován test AN20, pro ověření účinnosti stanovených parametrů. Se souhlasem trenéra plavecké reprezentace bylo možné porovnání výzkumného souboru se souborem plavecké reprezentace juniorů (kontrolní soubor).

Tabulka 19. Porovnání výsledků výzkumného a kontrolního souboru

	Výzkumný soubor (n = 11)		Kontrolní soubor (n = 7)	
	M	SD	M	SD
<b>5 sum Nm</b>	6363,18	1053,52	5780,57	603,65
<b>5 M Nm</b>	318,09	52,79	289,04	30,18
<b>5 time (s)</b>	25,14	3,79	23,30	1,98
<b>5 M time/stroke (s)</b>	1,26	0,19	1,17	0,1
<b>5 M watt</b>	256,09	44,14	248,57	27,47
<b>5 M W/kg</b>	2,95	0,85	3,31	0,40
<b>5 H1 Nm</b>	332,46	57,39	301,14	31,63
<b>5 H2 Nm</b>	304,18	48,63	276,86	30,15
<b>5 Q1 Nm</b>	332,27	58,23	304,43	32,43
<b>5 Q2 Nm</b>	332,73	57,52	297,86	31,50
<b>5 Q3 Nm</b>	313,46	51,20	283	32,25
<b>5 Q4 Nm</b>	294,46	46,67	270,71	28,91

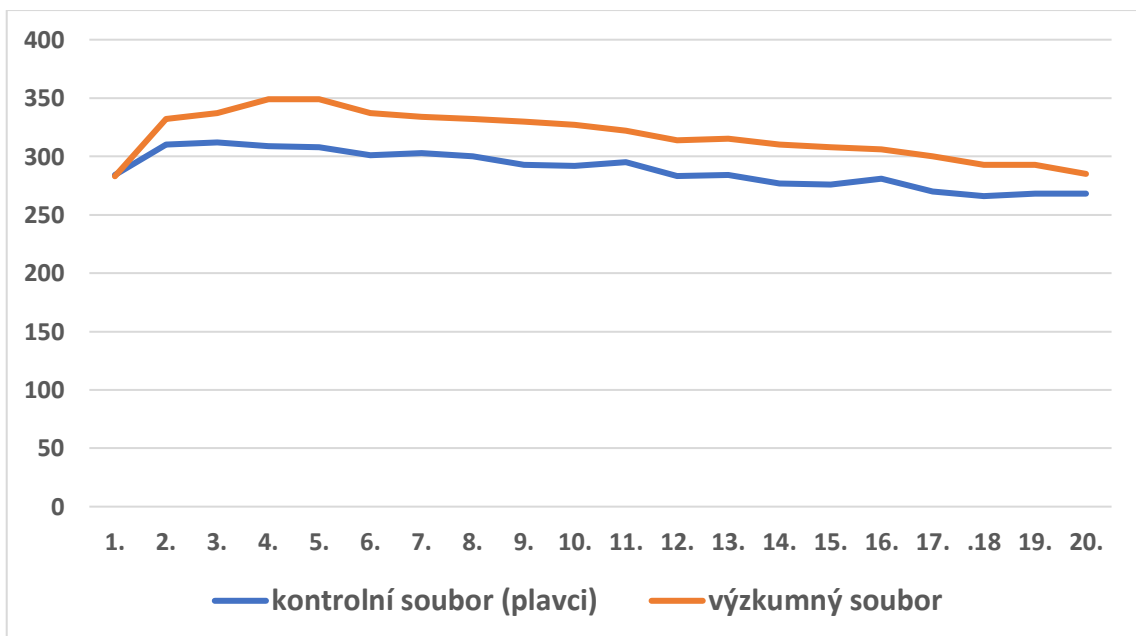
Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, 5 – střední odpor, sum Nm – celkový součet Nm 20 záběrů, M Nm – průměrné Nm na jeden záběr, M time/stroke – průměrné trvání jednoho záběru, M watt – průměrný výkon na jeden záběr, M W/kg – průměrný výkon na jeden záběr/kg hmotnosti, H1 Nm – 1. až 10. záběr, H2 Nm – 11. až 20. záběr, Q1 Nm – 1. až 5. záběr, Q2 Nm – 6. až 10. záběr, Q3 Nm – 11. až 15. záběr, Q4 Nm 16. až 20. záběr

V Tabulce 19 vidíme hodnoty naměřené u výzkumného a kontrolního souboru. Tyto hodnoty se liší především z pohledu momentu síly a jednotlivých kvartálů testu.



Z pohledu síly byly naměřeny nejvyšší hodnoty u výzkumného souboru ( $M = 6363,18$ ), oproti kontrolnímu souboru ( $M = 5780,57$ ). Na druhou stranu hodnoty naměřené u kontrolního souboru vykazaly lepší stabilitu výkonu (Q1, Q2, Q3, Q4) než u výzkumného souboru.

Pokud se zaměříme na porovnání momentu síly v průběhu testu AN20, tak z Obrázku 15 vyplývá, že nejvyšších hodnot z pohledu momentu síly dosáhl kontrolní soubor rychleji (2-3. záběr) než výzkumný soubor (4-5. záběr). U kontrolního souboru je v průměru nejsilnější 3. záběr (312 Nm) a nejslabší 18. záběr (266 Nm). Rozdíl momentu síly mezi těmito záběry činí 14,7 %. U výzkumného souboru je v průměru nejsilnější 4-5. záběr (349 Nm) a nejslabší poslední 20. záběr (285 Nm). Rozdíl těchto průměrů činil 18,3 %. Z Obrázku 15 můžeme vidět rozdíl v průběhu vývoje v druhé polovině testu. Vývoj u výzkumného souboru plynule klesá, oproti tomu kontrolní soubor má nepravidelný pokles a stoupání výkonu. Z toho důvodu vyplývá, že trénování plavci dokážou lépe odolávat únavě a vyprodukovat více síly i v druhé polovině testu.



Obrázek 15. Křivka vývoje momentu síly výzkumného a kontrolního souboru

Sprinterský trénink má za následek zlepšení anaerobního výkonu a anaerobní svalové vytrvalosti. Existují tři druhy tréninků: 1. trénink tolerance laktátu, 2. trénink na produkci laktátu a poslední 3. trénink plavecké síly (Maglischo, 2003). Test AN20, lze zahrnout do tréninku plavecké síly. Tento typ tréninku může pouze doplňovat, nikoliv nahradit pohyb ve vodě. Odporový trénink na suchu může být efektivnější než trénink ve

vodě pro přetížení mnoha svalových skupin. Výhodou tréninku na suchu je přesnost, se kterou je možné přetížení aplikovat a monitorovat (Maglischo, 2003).

Z našich výsledků vyplývá, že v průběhu testu dochází v druhé polovině k výraznému poklesu momentu síly. Tento jev lze vysvětlit tím, že z metabolického hlediska dochází k postupnému tvoření laktátu. Energetické krytí při krátkém výkonu do 50 s probíhá dvěma na sebe navazujícími systémy. V prvních 6 s dominuje ATP-CP systém, poté postupně začíná převažovat anaerobní glykolýza, kdy se bez dostatečného okysličení svalů přeměňuje pyruvát na laktát, a ten se dostává do krevního řečiště (Botek et al., 2017). Aby nedocházelo k rychlému poklesu výkonu, je zapotřebí zlepšení pufrovací kapacity. Pufrovací kapacita je největší příspěvek pro anaerobní svalovou vytrvalost, zejména ve sprinterských závodech (Maglischo, 2003).

Test AN20 lze tudíž využít k trénování pufrovací kapacity. Tento test přibližně odpovídá krátkému sprintu na 50 m. Pomocí správně nastaveného intervalu odpočinku a počtu opakování by mohlo docházet ke zlepšení pufrovací kapacity, a tudíž k udržení vyšší síly v průběhu testu (Maglischo, 2003). Je také možné navrhnout test na 10 záběrů (AN10) u kterého by nedocházelo k únavě z důvodu laktátu, a který by se především zaměřil na maximální rychlost a sílu.

Plavecké ergometry se využívají jak k diagnostice, trénování ale také jako součást rehabilitačních cvičení (Stott, 2018). V průběhu sezónního plánování můžeme zátěžové testování na ergometru zařadit před přípravné období, kdy zjistíme výkon jedinců, a můžeme podle toho uzpůsobit tréninkový proces (Heller, 2018). Dále by se test AN20 mohl využít ve střední části tréninkové sezóny ke zlepšení pufrovací kapacity a oddálení nástupu laktátu.

Pro ověření využití plaveckého ergometru v souvislosti s výkonem podaným ve vodě je zapotřebí dalších výzkumů, které potvrdí či vyvrátí efektivitu využití zátěžového testování v suché přípravě.

## **6.1 Limity práce**

Za limity práce můžeme považovat nízký počet probandů z důvodu provádění výzkumu v době nouzového stavu a výskytu nemoci Covid-19. Za další limity práce se dá považovat nespécifický vzorek probandů s velkým věkovým rozpětím.

## 7 ZÁVĚRY

Tato bakalářská práce se zabývala využitím plaveckého ergometru pro zátěžové testování.

Z práce vyplývají tyto závěry:

- Nejvyšších hodnot z pohledu momentu síly bylo dosaženo u velkého odporu a nejvyšších hodnot z pohledu výkonu bylo dosaženo u středního odporu.
- V průběhu vývoje momentu síly dochází u prvních tří záběrů k vysokému nárůstu momentu síly. Mezi 3. až 6. záběrem dosahují hodnoty maxima a posléze sledujeme pozvolný pokles až do ukončení testu.
- Z pohledu momentu síly dochází v druhé polovině k poklesu u všech tří odporů. Dochází zde k významné korelaci mezi všemi odpory.
- Statisticky významné rozdíly byly zjištěny mezi velkým a malým odporem a středním a malým odporem u momentu síly na 20 záběrů.
- Rozdíl mezi velkým a malým odporem a středním a malým odporem z pohledu celkové doby trvání testu na 20 záběrů byl statisticky významný. Nejrychleji byl test proveden u lehkého odporu.
- U parametru W/kg hmotnosti na jeden záběr se projevila signifikantní záporná korelace u malého odporu.

## 8 SOUHRN

Hlavním cílem bylo ověření využitelnosti plaveckého ergometru v oblasti kontroly tréninkového procesu. Mezi dílčí cíle patří analýza průměrné síly na 20 záběrů, na jeden záběr, doba trvání testu na 20 záběrů, jednoho záběru, průměrný výkon na jeden záběr, a také výkon na jeden záběr v přepočtu na kg hmotnosti.

Výzkumu se zúčastnilo 16 probandů. Jednalo se o anaerobní test na 20 záběrů (test AN20), který se realizoval v laboratoři fyziologie AC Baluo. K hodnocení nám posloužil přístroj Biometer Isokinetic Trainer. Následně byla data statisticky vyhodnocována za pomoci párového T-testu a Pearsonova korelačního koeficientu.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část je zaměřena především na plavecký výkon a plavecké způsoby, biomechaniku plavání, fyziologické a anatomické aspekty plavání, silové schopnosti, a nakonec na zátěžové testování.

Praktická část zahrnuje výsledky a interpretace výsledků. Zabývá se především velikostí momentu síly a jeho vývojem. Dále se vyhodnocují stanovené parametry jako doba trvání testu na 20 záběrů a jeden záběr, výkon na jeden záběr, relativní průměr výkonu na jeden záběr a vztah mezi parametry testu a tělesnou hmotností. Všechny tyto parametry se porovnávají mezi malým, středním a velkým odporem.

Z výsledků vyplývá, že nejvyšších hodnot z pohledu momentu síly bylo dosaženo u velkého odporu a nejvyšších hodnot z pohledu výkonu bylo dosaženo u středního odporu. Z pohledu momenty síly dochází v druhé polovině k poklesu u všech tří odporů. Rozdíl mezi velkým a malým odporem a středním a malým odporem z pohledu celkové doby trvání testu na 20 záběrů byl statisticky významný.

## **9 SUMMARY**

The main objective was to verify the usability of a swimming ergometer in the area of training process control. Sub-objectives included the analysis of an average strength per 20 measurements, per one measurement, the total duration of the test per 20 measurements, the total duration of the test per one measurement, the average performance per measurement, as well as the performance per one measurement per one kilogram of weight.

Sixteen research participants took part in the research. This was an anaerobic test including 20 measurements (test AN20), which was performed in the physiology laboratory of AC Baluo. The Biometer Isokinetic Trainer was used for evaluation. Subsequently, the data were statistically evaluated using paired T-test and Pearson correlation coefficient.

The thesis is divided into theoretical and practical part. The theoretical part mainly focuses on swimming performance and swimming methods, biomechanics of swimming, physiological and anatomical aspects of swimming, strength, and finally on stress testing.

The practical part includes results and their interpretation. It deals mainly with the magnitude of the moment of force and its development. Furthermore, the determined parameters are evaluated, such as the duration of the test for 20 measurements as well as one measurement, the performance per measurement, the relative average performance per measurement, and the relationship between the test parameters and body weight. All of these parameters are compared between low, medium, and high resistance.

The results conclude that in terms of moment of force, the highest values were achieved at high resistance, and in terms of performance, the highest values were achieved at medium resistance. In terms of moment of force, there is a decline in performance in the second half of the test at all three types of resistance. In terms of the total duration of the test for 20 measurements, the difference between high versus low resistance and medium versus low resistance was statistically significant.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Abernethy, P. J., & Quigley, B. M. (1993). Concurrent strength and endurance training of the elbow extensors. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 7(4), 234-240.
- Aspenes, S., Kjendlie, P. L., Hoff, J., & Helgerud, J. (2009). Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8(3), 357.
- Astrand, P. O., & Englesson, S. (1972). A swimming flume. *Journal of Applied Physiology*, 33(4), 514. doi:10.1152/jappl.1972.33.4.514.
- Barbosa, T. M., Marinho, D. A., Costa, M. J., Coelho, J., Cruz, A. M., Marques, M. C., ... & Silva, A. J. (2009). Path-flow analysis model for anthropometric, hydrodynamic and biomechanical variables in age-group swimmers. In *6th European Sports Medicine Congress*. Bragança: Instituto Politécnico.
- Bartůňková, S. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže: učební texty pro studenty tělovýchovných oborů*. Praha: Univerzita Karlova.
- Bátorová, M., Šťastný, J., Motyčka, J. & Janura, S. (2015). Development of an analysis of swimming techniques using instrumentation and the development of a new measurement method. *Jurnal of Human Sport and Excercise*, 11(1).
- Bernaciková, M., Cacek, J., Dovrtělová, L., Hrnčíříková, I., Kapounková, K., Kopřivová, J., ... & Ulbrich, T. (2013). *Regenerace a výživa ve sportu*. Brno: Masarykova Univerzita.
- Bishop, C., Cree, J., Read, P., Chavda, S., Edwards, M., & Turner, A. (2013). Strength and conditioning for sprint swimming. *Strength & Conditioning Journal*, 35(6), 1-6.
- Bolek, E., Ilavský, J., Soumar, L. (2007). *Běh na lyžích: trénujeme s Kateřinou Neumannovou*. Praha: Univerzita Karlova.
- Botek, M., Neuls, F., Klimešová, I., & Vyhnánek, J. (2017). *Fyziologie pro tělovýchovné obory: Vybrané kapitoly, část I*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Counsilman, J. E. (1968). *Závodní plavání*. Praha: Olympia.
- Čechovská, I., Jurák, D., & Pokorná, J. (2018). *Plavání: pohybový trénink ve vodě*. Praha: Univerzita Karlova.
- Čechovská, I., & Miller, T. (2001). *Plavání*. Praha: Grada.

- Čechovská, I., & Miller, T. (2008). *Plavání: druhé, přepracované vydání*. Praha: Grada.
- Čechovská, I., & Miler, T. (Eds.). (2019). *Didaktika plavání: Vybrané kapitoly*. Praha: Univerzita Karlova.
- Čechovská, I., Novotná, V., & Milerová, H. (2003). *Aqua-fitness*. Praha: Grada.
- Dalamitros, A. A., Manou, V., & Pelarigo, J. G. (2014). Laboratory-based tests for swimmers: Methodology, reliability, considerations and relationship with front-crawl performance. *Journal of Human Sport and Exercise*, 9(1), 172-187.
- Dargatz, T., & Kochová, A. (2003). Bodytrainer akvafitnes. *Praha: Ivo Železný*, 118.
- Dovalil, J., & Perič, T. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 44-45.
- Dudley, G. A., & Djamil. (1985). Incompatibility of endurance-and strength-training modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 59(5), 1446-1451.
- Emil, B., Ján, I., & Libor, S. (2007). *Běh na lyžích: trénujeme s Kateřinou Neumannovou*. Praha: Grada.
- Flemer, L. (Ed.). (2014). *Pohybové aktivity ve vědě a praxi*. Praha: Univerzita Karlova.
- Garrido, N., Marinho, D. A., Reis, V. M., van den Tillaar, R., Costa, A. M., Silva, A. J., & Marques, M. C. (2010). Does combined dry land strength and aerobic training inhibit performance of young competitive swimmers?. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(2), 300.
- Gore, C.J. (2000). *Physiological tests for elite athletes*. Champaign: Human Kinetics.
- Havel, Z., Hnízdil, J., Černá, L., Horkel, V., Horklová, H., Kresta, J., ... & Žák, M. (2009). *Rozvoj a diagnostika silových schopností*. Ústí nad Labem: Pedagogická fakulta UJEP.
- Havlíčková, L. (1993). *Fyziologie tělesné zátěže II.: speciální část–1. díl*. Praha: Univerzita Karlova.
- Havlíčková, L. (1997). *Fyziologie tělesné zátěže: 2nd ed*. Praha: Univerzita Karlova.
- Heller, J. (2018). *Zátěžová funkční diagnostika ve sportu: východiska, aplikace a interpretace*. Praha: Univerzita Karlova.
- Hennessy, L. C., & Watson, A. W. (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 8(1), 12-19.
- Hirofumi, T., Costill, D. L., Thomas, R., Fink, W. J., & Widrick, J. J. (1993). Dry-land resistance training for competitive swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(8), 952-959.

- Hofer, Z., & Felgrová, I. (2011). *Technika plaveckých způsobů*. Praha: Univerzita Karlova.
- Hofer, Z., et al. (2000). *Technika plaveckých způsobů*. Praha: Univerzita Karlova.
- Hoch, M., et al. (1968). *Plavání*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Hoch, M. et al. (1983). *Plavání (teorie a didaktika)*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Horčic, J., & Formánek, J. (2002). *Sledování výkonnosti a trénovanosti v triatlonu [Metodický dopis]*, Praha: Český svaz triatlonu.
- Janura, M., & Janurová, E. (2007). *Fyzikální základ biomechaniky*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Jursík, D., et al. (1990). *Plavanie*. Bratislava: Šport.
- Juřina, K. (1984). Mechanika kraulové propulze. *Praha: Univerzita Karlova*, 20(1).
- Keskinen, O. P., Keskinen, K. L., & Mero, A. A. (2007). Effect of pool length on blood lactate, heart rate, and velocity in swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 28(05), 407-413.
- Lehnert, M., Kudláček, M., Háp, P., Bělka, J., Neuls, F., Ješina, O., & Šťastný, P. (2014). *Sportovní trénink I*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B. K., & Logan, P. A. (1999). Concurrent strength and endurance training. *Sports Medicine*, 28(6), 413-427.
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fastest*. Human Kinetics.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- McLeod, I. (2014). *Plavání – Anatomie*. Brno: CPress.
- Morouco, P. G., Marinho, D. A., Amaro, N. M., Pérez-Turpin, J. A., & Marques, M. C. (2012). Effects of dry-land strength training on swimming performance: a brief review. *Journal of Human Sport and Exercise*, 7(2), 553-559.
- Motyčka, J. et al. (2001). *Teorie plaveckých sportů*. Brno: Masarykova univerzita.
- Neuls, F., & Viktorjeník, D. (2017) *Technická příprava v plavání: cvičení pro rozvoj a zdokonalení techniky plaveckých způsobů*. Praha: Český svaz plaveckých sportů.
- Neuls, F., Viktorjeník, D., Dub, J., Kunicki, M., & Svozil, Z. (2018). *Plavání (teorie, didaktika, trénink)*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Neuls, F., Svozil, Z., Viktorjeník, D., & Dub, J. (2013). *Plavání–příručka pro studující tělovýchovné obory*. Olomouc: Univerzita Palackého.



- Novotný, J., Struhár, I., Bernaciková, M., & Kapounková, K. (2019). *Zátěžová diagnostika v tělovýchovné a sportovní praxi*. Brno: Masarykova univerzita.
- Petersen, C. J., Mason, T., & Porter, C. (2018). *Correlation of strength and swim ergometer performance with maximal short course swimming*. Retrieved 25. 10. 2020 from <https://ir.canterbury.ac.nz/bitstream/handle/10092/17298/ECSS%20EPOSTER%20-%20Petersen%202018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- Pokorná, J., & Čechovská, I. (2009). Struktura sportovních výkonů založených na plavecké lokomoci. In Čechovská, I., Tůma, M. (Eds.) *Pohybové aktivity v biosociálním kontextu*, (pp. 203-210). Praha: Univerzita Karlova.
- Powers, S. K., Howley, E. T., & Exercise Physiology, (1997). Theory and application to fitness and performance. *The Effects of water or sport drink ingestion prior to exercise on the performance of middle distance, amateur runners in thermoneutral environment*. New York: McGraw-Hill.
- Reguli, Z., & Ševčíková, L. (2011). *Teorie a didaktika plavání*. Retrieved 18. 4. 2020 from <https://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/didaktika-plavani>.
- Rodríguez, F. A., & Mader, A. (2010). Energy systems in swimming. In L. Seifert, D. Chollet, I., & Mujika (Eds.), *World Book of Swimming: From Science to Performance 2010*, New York: Nova.
- Schramm, E. (1987). *Sportschwimmen: Hochschullerbuch*. E. Schramm. Berlin: Sportverlag.
- Smith, D. J., Norris, S. R., & Hogg, J. M. (2002). Performance evaluation of swimmers. *Sports Medicine*, 32(9), 539-554.
- Swimsportec division. (n.d.). *Bio Meter*. Retrieved from [swimsportec.com/biometer01.html](http://swimsportec.com/biometer01.html).
- Torres-Ronda, L., & i del Alcázar, X. S. (2014). The properties of water and their applications for training. *Journal of Human Kinetics*, 44.
- Zahradník, D., & Korvas, P. (2012). *Základy sportovního tréninku*. Brno: Masarykova Univerzita.
- Zatoń, K., Cześniewicz, I., & Szczepan, S. (2018). Effects of verbal feedback on movement efficiency during swimming ergometry. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 25(3), 5-9.

- Zoretić, D., Leko, G., & Grčić-Zubčević, N. (2010). The influence of specific functional-motor abilities on freestyle swimming performance time. *Acta Kinesiologica*, 2, 69-72.
- Zvonař, M., Pavlík, J., Sebera, M., Vespalec, T., & Štochl, J. (2010). *Vybrané kapitoly z antropomotoriky*. Brno: Masarykova Univerzita.

## 11 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Charakteristika výzkumného souboru .....	32
Tabulka 2. Popis souhrnných výsledků .....	36
Tabulka 3. Porovnání momentu síly v 1. a 2. polovině testu.....	38
Tabulka 4. Porovnání momentů síly v jednotlivých kvartálech testu.....	39
Tabulka 5. Korelace mezi jednotlivými kvartály.....	39
Tabulka 6. Korelace momentu síly na 20 záběrů.....	40
Tabulka 7. Komparace momentu síly na 20 záběrů.....	40
Tabulka 8. Korelace momentu síly na jeden záběr .....	41
Tabulka 9. Komparace momentu síly na jeden záběr .....	41
Tabulka 10. Korelace doby trvání testu na 20 záběrů.....	42
Tabulka 11. Komparace trvání testu na 20 záběrů.....	43
Tabulka 12. Korelace doby trvání testu na jeden záběr.....	43
Tabulka 13. Komparace doby trvání testu na jeden záběr .....	44
Tabulka 14. Korelace výkonu na jeden záběr .....	44
Tabulka 15. Komparace výkonu na jeden záběr .....	45
Tabulka 16. Korelace relativního průměru výkonu na jeden záběr .....	45
Tabulka 17. Komparace relativního průměru výkonu na jeden záběr .....	46
Tabulka 18. Vzájemný vztah mezi parametry testu a tělesnou hmotností.....	47
Tabulka 19. Porovnání výsledků výzkumného a kontrolního souboru .....	48

## 12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Faktory ovlivňující plavecký výkon (Schramm et al., 1987).....	11
Obrázek 2. Kinogram kraul (Čechovská & Miler, 2008). .....	12
Obrázek 3. Kinogram znak (Čechovská & Miler, 2008).....	14
Obrázek 4. Kinogram motýlek (Čechovská & Miler, 2008). .....	16
Obrázek 5. Biometer Isokinetic Trainer .....	34
Obrázek 6. Křivka vývoje momentu síly .....	37
Obrázek 7. Procentuální vyjádření momentu síly v 1. a 2. polovině testu .....	38
Obrázek 8. Křivka vývoje momentu sil v jednotlivých kvartálech .....	39
Obrázek 9. Průměrné hodnoty momentu síly na 20 záběrů.....	41
Obrázek 10. Průměrné hodnoty momentu síly na 1 záběr .....	42
Obrázek 11. Průměrné hodnoty trvání testu na 20 záběrů.....	43
Obrázek 12. Průměrná hodnota doby trvání jednoho záběru.....	44
Obrázek 13. Průměrné hodnoty výkonu na jeden záběr .....	45
Obrázek 14. Průměrné hodnoty relativního výkonu .....	46
Obrázek 15. Křivka vývoje momentu síly výzkumného a kontrolního souboru .....	49