

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



Fakulta
tělesné kultury

**VYUŽITÍ PLAVECKÉHO ERGOMETRU PRO TESTOVÁNÍ SOUBORU
SYNCHRONIZOVANÝCH PLAVKYŇ**

Bakalářská práce

Autor: Adéla Půčková

Studijní program: Tělesná výchova - přírodopis

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

Olomouc 2023

Bibliografická identifikace

Jméno autora: Adéla Půčková
Název práce: Využití plaveckého ergometru pro testování souboru synchronizovaných plavkyň

Vedoucí práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.
Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii
Rok obhajoby: 2023

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá možnostmi využití plaveckého ergometru pro testování anaerobních předpokladů horních končetin u souboru synchronizovaných plavkyň. Do měření bylo zapojeno 21 dívek. Průměrný věk testovaných byl 15 let. Při testování byl použit plavecký ergometr – Biometer Isokinetic Trainer. Hlavním cílem bylo ověření možností testování plaveckého ergometru v tréninkovém procesu v oblasti plavkyň trénovaných na estetický výkon (synchronizované plavání). Dalšími cíli bylo porovnání velikosti momentu síly v jednotlivých částech měření a zjišťování rozdílů mezi měřenými aspekty. Výsledky dosažené na plaveckém ergometru jsme korelovali s plaveckým výkonem.

Největší moment síly byl produkován na začátku testu 20 záběrů (mezi druhým a čtvrtým záběrem). Z hlediska doby trvání testu na 20 záběrů i na 10 záběrů dominantní horní končetinou a 10 záběrů nedominantní horní končetinou pozorujeme u všech měřených pokles výkonu.

Klíčová slova:

synchronizované plavání, plavání, testování, moment síly, výkon

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author: Adéla Půčková
Title: Using a swimming ergometer to test a sample of synchronized female swimmers

Supervisor: Mgr. Filip Neuls, Ph.D..
Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology
Year: 2023

Abstract:

The bachelor thesis deals with the possibilities of using a swimming ergometer for testing anaerobic conditions of upper limbs in a group of artistic female swimmers. The measurements involved 21 girls. The mean age of the subjects was 15 years. During the testing a swimming ergometer - Biometer Isokinetic Trainer was used. The main objective was to verify the possibility of testing the swimming ergometer in the training process of female swimmers trained for aesthetic performance (artistic swimming) at medium resistance. Other objectives were to compare the magnitude of the moment of force in different parts of the measurement. Identifying differences and correlations between the measured aspects.

The test subjects achieved the greatest results at the beginning between the second and fourth stroke. In terms of the duration of the test for 20 strokes and 10 strokes with the dominant upper limb and 10 shots with the non-dominant upper limb, we observe a decrease in performance for all measured partial tests.

Keywords:

artistic swimming, swimming, testing, moment of force, performance

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

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Filipa Neulse, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. června 2023

Adéla Půčková

Děkuji Mgr. Filipu Neulsovi, Ph.D., za odborné vedení, připomínky, rady a pomoc při zpracování této bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat závodnicím SK UP Olomouc za účast v terénních a laboratorních testech.

OBSAH

Obsah.....	1
1 Úvod.....	10
2 Přehled poznatků.....	11
2.1 Plavání – nedílná součást tréninkové přípravy v synchronizovaném plavání.....	11
2.1.1 Plavecké způsoby	11
2.2 Synchronizované plavání.....	13
2.3 Tělesné parametry v plaveckých sportech.....	15
2.4 Metabolismus a energetické systémy.....	17
2.5 Tréninkové cíle a jejich vliv na růst výkonnosti v plaveckých sportech	18
2.5.1 Přístupy ke zlepšování výkonnosti v synchronizovaném plavání.....	18
2.6 Specifičnost výkonu v synchronizovaném plavání	19
2.6.1 Vztlak a těžiště	20
2.6.2 Hydrostatický tlak	20
2.6.3 Hypoxie a hypoxemie.....	20
2.6.4 Plicní a autonomní fyziologické adaptace.....	21
2.6.5 Vzhled a výživa	21
2.6.6 Flexibilita těla	22
2.6.7 Vnímání polohy těla a rovnováhy	22
2.6.8 Bezpečnostní rizika v synchronizovaném plavání.....	22
2.7 Sportovní diagnostika.....	23
2.7.1 Sportovní diagnostika a její vlastnosti	23
2.7.2 Testy, testové systémy a jejich příklady.....	24
2.8 Zátěžové testy aplikovatelné pro plavecké sporty.....	26
2.8.1 Plavecký ergometr	27
2.8.2 Test vertikálního skoku	27
2.8.3 Plavecký trenažér	27
2.8.4 Wingate test.....	28
2.8.5 Handgrip test	28
3 Cíle	29

3.1	Hlavní cíl.....	29
3.2	Dílčí cíle	29
3.3	Výzkumné otázky	29
4	Metodika.....	30
4.1	Výzkumný soubor.....	30
4.2	Metody sběru dat.....	31
4.3	Statistické zpracování dat	31
4.4	Postup	31
5	Výsledky	33
5.1	Test AN20.....	33
5.2	Test AN10 (dominantní horní končetina).....	36
5.3	Test AN10 (nedominantní horní končetina)	37
5.4	Korelační analýza mezi proměnnými	39
5.5	Komparace a korelace dominantní a nedominantní horní končetiny	45
6	Diskuse.....	46
7	Závěry	48
8	Souhrn.....	50
9	Summary.....	51
10	Referenční seznam.....	52
11	Přílohy	56
11.1	Ukázka informovaného souhlasu pro zákonného zástupce.....	56
11.2	Ukázka informovaného souhlasu.....	57

1 ÚVOD

Ve své bakalářské práci jsem se zaměřila na výzkum v oblasti synchronizovaného plavání, ke kterému mám opravdu velice blízko. Tomuto sportu se totiž aktivně věnuji již téměř 16 let, zpočátku jako svěřenkyně olomouckého oddílu SK UP Olomouc, později zároveň také jako členka českého reprezentačního výběru. V současnosti vykonávám především roli trenérky mladších zákyň ve zdejších klubu, ale několikrát do roka jsem součástí seniorského týmu závodnic a mám tak možnost účastnit se soutěží napříč republikou i v zahraničí. Během posledních let jsem získala trenérskou i rozhodcovskou licenci. Troufám si tedy říci, že jsem za ta léta dopodrobna obeznámena se specifiky tohoto sportu.

Synchronizované plavání se řadí k vůbec nejmladším plaveckým sportům a není mu věnována příliš velká mediální pozornost. O jeho existenci většinou ví pouze lidé, kteří jsou v něm i nějak osobně zainteresováni – trenéři, závodnice, jejich rodiče, příbuzní, kamarádi. Z řad širší laické veřejnosti má dle mého názoru o něm přesnější představu jen velmi mizivé procento populace.

Závodním sportem můžeme synchronizované plavání nazývat až od 60. let dvacátého století. V průběhu posledních desetiletí se zpočátku pouhé jednoduché obrazce, prováděné na hladině vody, proměnily ve velice technicky i kondičně obtížné sestavy.

Za ladnými pohyby a přirozeně vyhlížejícím výkonem však stojí roky dřiny a tvrdého tréninku, během kterého musí být kladen důraz na všechny jeho jednotlivé, nezbytné a stejně důležité složky. Tyto pak tvoří podobu komplexního výkonu.

K novinkám poslední doby patří zařazení nové kategorie duo mix do soutěžních programů, která umožňuje start mužům. Změna nastala i v oficiálním názvu této sportovní disciplíny, kdy Mezinárodní plavecká federace FINA užívá sousloví „artistic swimming“ (do češtiny překládáno jako „umělecké plavání“). Vzhledem k tomu, že v České republice momentálně probíhá diskuze ohledně této změny a že obecně je zažito spíše užívání starších označení, se i v této práci nejčastěji objevují termíny známější, tedy synchronizované plavání a akvabely.

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi začlenění sportovní diagnostiky do tréninkové přípravy akvabel se zaměřením na diagnostiku pomocí plaveckého ergometru. A to především z důvodu nedostatku poznatků a standardizované metodiky v oblasti způsobů diagnostiky kondičních a fyziologických parametrů u plavkyň synchronizovaného plavání a také kvůli obecnému opomíjení jakékoliv diagnostiky během tréninkového procesu akvabel.

Pro co nejpřesnější nastavení tréninkového plánu musí každý trenér co nejlépe znát a poznat své svěřence. Proto by měla být nedílnou součástí tréninkového procesu i sportovní diagnostika, na kterou bych ráda touto prací poukázala.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Plavání – nedílná součást tréninkové přípravy v synchronizovaném plavání

Plavání provází lidstvo od počátku jeho vývoje. Je to způsob transportu, díky němuž se lidé a zvířata dokáží přesunout z místa na místo ve vodě, a to pohyby vlastního těla, a aniž by byli v kontaktu se dnem. Výraznou měrou přispívá k rozvoji tělesné zdatnosti a zdraví, pozitivně ovlivňuje činnost kardiovaskulární a dýchací soustavy, zvyšuje kloubní pohyblivost, pomáhá při rehabilitaci a podporuje regeneraci. Plavání může člověk provozovat v jakémkoliv věku, a to i při jistých zdravotních omezeních (Motyčka et al., 2001).

Nejstarší zmínky o plavání nacházíme již ve starověkém Egyptě a v antickém Řecku, kde bylo součástí základního vzdělání. Ve středověku bylo plavání žádoucí zpočátku pouze u rytířů, u ostatních vrstev obyvatelstva plavání nebylo podporováno. Vrátili se k němu až humanisté, kteří se o něm více dověděli ze starověkých spisů. První učebnici plavání sepsal Nicolas Wynman roku 1538. Plavecké soutěže se začaly pořádat v 19. století, ve kterém byly rovněž zakládány průkopnické plavecké sportovní kluby a byl také kapitánem Matthewem Webbem prvně plavecky pokořen kanál La Manche (1875). První novodobé olympijské hry, konané roku 1896 v Aténách, proběhly za účasti plavců. Mezinárodní plavecká federace FINA byla založena na počátku dvacátého století (1908) a dodnes sdružuje všechny národní svazy plaveckých sportů. Do FINA bylo přijato v roce 1919 i tehdejší Československo (Neuls, Viktorjeník, Dub, Kunický, & Svozil, 2018).

Plavání je cyklický sport. Jeden celek opakujících se plaveckých pohybů se nazývá plaveckým cyklem. Na jeden cyklus pohybu horních končetin může připadat i několik cyklů pohybů končetin dolních. Plavec pohybem svých končetin vytváří hydrodynamické síly, které pak slouží ke vzniku hnací síly a zároveň způsobují brzdění. Během speciálních plaveckých technik jsou pravidelně a stále opakovány poměrně snadné pohyby, nicméně jako celek je plavání sportem fyzicky náročným a tím pádem je synchronizované plavání se svými specifickými (gymnastickými, akrobatickými) prvky disciplínou ještě obtížnější (Bartlet, 2007).

2.1.1 Plavecké způsoby

Plavecký způsob je pravidly vymezený způsob pohybu subjektu ve vodním prostředí. V technice plavání rozlišujeme čtyři základní plavecké způsoby: prsa, volný způsob (kraul), motýlek a znak. Účinnost určité plavecké techniky je definována podílem plaveckého výkonu a stupně rozvoje určité pohybové schopnosti (či schopností), jež souvisí s výkonem (Hofer, Felgrová, Jasan, & Smolík, 2016).

Dle Havlíčkové et al. (1993) je plavecká rychlost závislá na optimalizaci vztahu mezi frekvencí jednotlivých záběrů a vzdáleností uplavanou za jeden pohybový cyklus (plavecký krok).

A. Prsa

Plavecký způsob prsa je nejstarší a nejpoužívanější plaveckou technikou. Využívají ho zejména rekreační plavci z řad běžné veřejnosti. Je tomu tak z vícera důvodů, nejčastěji proto, že je v porovnání s ostatními způsoby méně fyzicky náročný a jako jediný se může plavat s hlavou nad vodou (Reguli & Ševčíková, 2011). Poprvé byl závod v „prsním způsobu“ zařazen na programu letních olympijských her v roce 1904.

Technika způsobu prsa byla od té doby do současnosti dosti pozměněna, ať už polohou hlavy, tak v samotné práci končetin (Čechovská & Miller, 2008).

Technika plaveckého způsobu prsa je dle Giehrla a Hahna (2000) charakteristická symetrickým záběrem horních i dolních končetin v poměru 1:1 (jeden záběr horních končetin na jeden kop končetin dolních). Prsa jsou v současnosti považována za nejpomalejší a nejméně technicky efektivní způsob.

B. Volný způsob (kraul)

Kraul je považován za nejrychlejší plavecký způsob. Tím, že jsou horní končetiny přenášeny vzduchem, dochází totiž k minimálnímu odporu vody (Hofer, Felgrová, Jasan, & Smolík, 2016). Zároveň však z pohledu obtížnosti techniky dýchání je tento způsob náročný. Motýčka et al. (2001) uvádí, že je to disciplína, ve které nejsou pravidla přesného technického provedení jasně definována. Například v polohové štafetě je ale tímto označením myšlen jakýkoliv způsob jiný, než jsou prsa, motýlek nebo znak. V běžně zavedené praxi plavání volným způsobem tedy znamená vždy plavání kraulem.

C. Motýlek

Motýlek je nejmladším a druhým nejrychlejším plaveckým způsobem. Fyzicky se jedná o velmi náročný způsob. Do plaveckého výcviku se zařazuje až po kvalitním zvládnutí ostatních plaveckých technik. Vyvinul se v třicátých letech minulého století z plaveckého způsobu prsa a závodníci – motýlkáři se pak ještě po několik desetiletí účastnili závodů společně se závodníky – prsaři (Hofer, Felgrová, Jasan, & Smolík, 2016). K prvním samostatným závodům ve způsobu motýlek došlo v padesátých letech dvacátého století.

D. Znak

Znak se postupně vyvinul z polohy na zádech, která sloužila díky usnadněnému dýchání zpočátku spíše k odpočinku než k podání rychlostního výkonu. Tělem se začalo pohybovat pomocí záběrů rukou

a nohou až později. V olympijském programu se znak objevil na počátku dvacátého století. Tehdy se takto plavalo soupaž a sounož (tj. pohyby rukou byly souběžné s pohyby nohou). Nyní se pohyb nohou podobá kraulovému a pohyb paží se změnil ve střídavý (Hofer, Felgrová, Jasan, & Smolík, 2016).

Z hlediska náročnosti energetického krytí považujeme za nejefektivnější techniku plavání volný způsob. Při srovnatelné rychlosti vyžaduje kraul v porovnání s plaveckým způsobem prsa asi 71 % energie, kdy celková účinnost (poměr mezi výdejem energie a výkonem) je u prsou 5 %, zatímco u kraulu je to kolem 15 % (Hofer, Felgrová, Jasan, & Smolík, 2016).

2.2 Synchronizované plavání

Synchronizované plavání (umělecké plavání, vodní balet, akvabely, krasoplavání) je nejmladší druh plaveckého sportu. První plavecké kluby zabývající se vodním baletem zahájily svoji činnost kolem roku 1891, přičemž debutová soutěž se konala v Berlíně téhož roku. Obecně se za průkopnici synchronizovaného plavání považuje australská plavkyně Annette Kellerman, která roku 1907 předvedla „podvodní balet“ ve skleněné vodní nádrži v New Yorku (Kovařovic, Felgerová, & Peslová, 2009). Jeden z prvních, čistě vodních baletních klubů, byl založen Catherine Curtis na Chicagské univerzitě. A právě při jejich vystoupení použil moderátor poprvé v historii termín „synchronizované plavání“. Tento výraz přesně vyjadřoval princip tohoto sportu – pohyby jedné či více plavkyň jsou synchronizovány (sladěny), a to většinou s hudebním doprovodem. Počátky „synchronizovaného plavání“ lze nicméně pozorovat mnohem dříve – již před více než čtyřmi tisíci lety staří Egypťané do povinné tělesné výchovy dívek zahrnovali taneční pohyby ve vodě.

Název „synchronizované plavání“ se překládá z anglického pojmenování tohoto sportu - „synchronized swimming“. Podle úpravy pravidel ovšem FINA (Mezinárodní plavecká federace) oficiální označení pozměnila na „artistic swimming“, v českém jazyce „umělecké plavání“ (FINA, 2017).

Všechny plavecké sporty zaštiťuje Mezinárodní plavecká federace World Aquatics (přejmenovaná FINA), ta roku 1954 uznala akvabely jako sport závodní. Vznik první skupiny synchronizovaného plavání v naší vlasti se podle Faltusové a Klečkové (1972) datuje do roku 1956 v Brně. Druhým nejstarším klubem republiky se stal oddíl olomoucký, ten byl založen roku 1965 právě Jindrou Klečkovou. Počátek samostatné sekce synchronizovaného plavání v Českém plaveckém svazu se datuje do roku 1970.

Do povinného programu olympijských her byly akvabely začleněny roku 1984. V současnosti jsou součástí olympijského programu dvě soutěže – dua a týmy. Od roku 1973 je synchronizované

plavání na programu mistrovství světa, zde mohou plavkyně soutěžit ještě v kategoriích sólo a kombinovaná volná sestava (Pyne & Sharp, 2014). „Pravidla World Aquatics“, podle kterých probíhají všechny soutěže v synchronizovaném plavání, jsou závazná pro všechny zúčastněné oddíly.

Teprve roku 2015 byla poprvé na světový šampionát v Kazani zařazena kategorie duo mix – jedna žena a jeden muž. Do této doby bylo synchronizované plavání totiž považováno za výlučně ženský sport (FINA, 2017). Od roku 2022 mají muži svou vlastní kategorii a můžou tak plavat i jiné sestavy, než je duo mix (World Aquatics, 2022).

Synchronizované plavání je komplexem několika sportovních odvětví, a to plavání, baletu, gymnastiky a tance ve vodě. Dále sestává z velkého množství plaveckých pohybů, různých poloh a figur, z volných i povinných kompozic. Tyto jsou vykonávány ve vodě, v přesně daných útvarech a na hudbu (Viana et al., 2019).

Velmi náročný sportovní výkon, při kterém jsou jednotlivé prvky prováděny v prostředí vody, kde je vysoký odpor, a bez stabilní opory (odraz ode dna a dotek jsou podle pravidel zakázány), je nutno spojit s divácky působivou celkovou choreografií (Stankovič, Milanovič, & Markovič, 2015).

Dle Kovačoviče, Felgrové a Peslové (2009) je synchronizované plavání charakterizováno přesným a optimálně provedeným technicko-estetickým výkonem, jehož fyziologická a pohybová obtížnost je nesmírně náročná. Pravidla tohoto sportu jsou nejnáročnějšími, nejpracovanějšími a nejrozsáhlejšími mezi ostatními plaveckými disciplínami. Akvabely se řadí ke sportům kolektivním a esteticko-koordinačním. K tomu, aby plavkyně získaly potřebné dovednosti, je nezbytný široký rozsah pohybových schopností a automatizace – oboje na vysoké úrovni (polohy, přesuny, přechody, obraty atd). Současně je neméně důležitý i cit pro rytmus a vodu a jisté nadání pro umělecký projev.

Synchronizované plavání se skládá z disciplín – sólo, párů, týmů, kombinované sestavy a akrobatických sestav. Soutěží se také v povinných figurách, volné a technické sestavě. Na každou jednotlivou disciplínu je stanoven počet sportovců a délka jejího trvání. Povinné figury jsou technické prvky prováděné pod vodou a bez hudby, které se závodnice snaží provést tak, aby se co nejpřesněji shodovaly s prvky předepsanými v pravidlech World Aquatics. Technická sestava musí obsahovat předepsané prvky, kterou jsou však na rozdíl od figur zakomponované do další choreografie a prováděné na hudbu. Žádná předepsaná pravidla pro choreografii nemá volná sestava. Díky tomu v ní může trenér plně vyjádřit svou tvořivost a fantazii (Cibulka & Vostárková, 2014).

Bodovací rozhodovací systém, pomocí kterého jsou výkony akvabel hodnoceny, není vůbec jednoduchý. Zahrnuje vyhodnocení opravdu značného množství jednotlivých komponentů – například provedení, synchronizaci, obtížnost, umělecký dojem (Robertson, Bernadot, & Mountjoy, 2014). Rozhodčí u figur udělují sportovcům výsledné body od 0 do 10, a to s přesností na jedno desetinné místo (výsledná známka je např. 6,8). Desítkou bývá ohodnocen výkon absolutně dokonalý a

bezchybný, nulou pak sestava provedená v rozporu s pravidly nebo zcela nepovedená (FINA, 2017).

Hodnocení sestav se v roce 2022 trochu změnilo, rozhodčí udělují body od 0 do 10, s přesností za desetinou čárkou na 0,25, 0,5 nebo 0,75 (výsledná známka je např. 6,25), (World Aquatics, 2022).

Trénink a příprava sportovců synchronizovaného plavání jsou velmi složité a až překvapivě komplexní. Obsahují nejen přípravu ve vodě, ale i tzv. „suchý“ trénink, který zahrnuje zejména rozvoj vytrvalosti (například běh) a síly (například posilování). Součástí přípravy "na suchu" je i gymnastika a balet. Příprava ve vodě se na jednu stranu podobá průběhu tréninku „klasického“ plavání, na stranu druhou má však svá specifika, která jsou typická pouze pro synchronizované plavání, jako jsou různé technické a akrobatické prvky (Lukáčová, 2018).

Synchronizované plavání a plavání klasické si jsou vzájemně podobné v důležitých predispozicích pohybových schopností sportovce, ve funkčních kapacitách a ve stavbě těla. Liší se ve vzorcích jednotlivých pohybů a také druhem pohybového výkonu (Dodigovič & Sindig, 2015).

Plavání je v přípravě plavkyň synchronizovaného plavání podstatnou částí kondiční přípravy a součástí každé tréninkové jednotky. U začínajících akvabel je perfektní zvládnutí a osvojení všech základních plaveckých způsobů nejpodstatnějším a nejdůležitějším předpokladem pro pozdější úspěšné provádění složitých prvků typických pro synchronizované plavání (Dodigovič & Sindig, 2015).

Plavecká příprava hraje nezastupitelnou roli v synchronizovaném plavání i v tzv. přechodném období, kdy se plavkyně vrací zpět do vrcholného tréninku a potřebují zvýšit svou kondici a také musí adaptovat jednotlivé systémy na zátěž. Téměř veškerý čas je v tuto dobu při každém tréninku věnován klasickému plavání. Uplavaná vzdálenost bývá mezi 3 až 4 kilometry (u pokročilých závodnic) s tím, že tréninkové jednotky mají délku maximálně dvě hodiny (Hrbáčová, 2011).

Technické prvky a polohy specifické pro plavání synchronizované se ke klasickému plavání začleňují postupně a jsou prováděny na délku bazénu. Doba strávená plaveckou přípravou se během přípravného období snižuje na asi polovinu celkového tréninkového času (Lukáčová, 2018).

Základním cílem akvabel není rychlost. Tato veličina slouží (především trenérům) jako kontrolní mechanismus, který vypovídá o momentální úrovni kondice a výkonnosti jedince (Fendrichová, 2021).

V předzávodním a závodním období se důležitost a doba plaveckého tréninku snižuje. Z celého tréninku je mu věnováno pouze 30 až 40 minut a uplavaná vzdálenost tak klesá maximálně na 2 kilometry (Lukáčová, 2018).

2.3 Tělesné parametry v plaveckých sportech

Typická postava plavce je podle odborné literatury většinou vysoká a s velkým rozpětím paží. Napříč všemi plaveckými disciplínami je nicméně rozmanitost somatických charakteristik jednotlivých

plavců značná. Například pro krátké tratě je důležitější rozměr dlaně a chodidla, menší postavy s kratšími pažemi mívají zase specialisté na volný způsob, motýlkáři se pyšní největším rozpětím paží, znakaři se vyznačují delším trupem a kratšími dolními končetinami. Fyzické parametry mužů a žen se také liší. Ženy dostaly do vínků menší fyzickou sílu, používají tudíž při plavání více i sílu dolních končetin (Grasgruber & Cacek, 2008).

Také dle Pynea a Sharpa (2014) patří vysoká a štíhlá postava k základním antropometrickým rysům sportovců závodících v plaveckých sportech, protože těmito parametry dochází k minimalizaci odporu vody. Zejména pro plavce v synchronizovaném plavání je nesmírně důležité si vzhledem k charakteru výkonu udržovat velmi malé procento tělesného tuku. Dále je nezbytné zamezit příliš vysoké hypertrofii svalové hmoty a jedním z klíčových předpokladů zajištění kvalitního estetického dojmu je management tělesné hmotnosti.

Faktor podkožního tuku je pro sportovce zabývající se plaváním dvojsečný. Ve vodním prostředí pomáhá na jedné straně tuk nadnášet, na straně druhé však vysoké procento tuku snižuje výkon. Se zvětšením objemu těla a se zvyšuje odpor vody (Grasgruber & Cacek, 2008). Ženy většinou mívají více tuku méně svalové hmoty v porovnání s muži. Množství podkožního tuku se u plavců pohybuje kolem 7 %, zatímco u plavkyň okolo 19 %.

Pro plavecké disciplíny jsou doporučeny tyto parametry: lehce nadprůměrná výška, která je důležitá hlavně při startu a na obrátkách, a k jejímu poměru odpovídající hmotnost. BMI index by měl být rovněž nízký. Složení svalových vláken je u plavců velmi variabilní a pro plaveckou výkonnost se neukazuje být významným ukazatelem (Grasgruber & Cacek, 2008).

K podstatným parametrům řadíme délku končetin a velikost plochy dlaně. Délka horních a dolních končetin má vliv na techniku záběru – delší končetina vyvine menší sílu, aby měla stejnou rychlost jako končetina kratší. U synchronizovaného plavání jde spíše o dosažení co nejvyšší úrovně, ve které se končetina objevuje nad hladinou vody. Primárně je to především kvůli lepšímu celkovému estetickému dojmu, zároveň to ale napomáhá vytvoření větší síly pro specifické prvky synchronizovaného plavání, jako jsou výpichy a výšlapy nad vodní hladinu (Lundy, 2011).

Plaveckým svalem, který bývá nejvyvinutějším i u akvabel, je musculus deltoideus (sval deltový, objímá ramenní kloub), (Havlíčková et al. 1993).

V synchronizovaném plavání markantnější, ovšem typická i pro další plavecké sporty, je relativně vysoká úroveň kloubní hypermobility, a to zejména u ramenních kloubů, kyčlí, kotníků a trupu (Dodigovič & Sindik, 2015).

2.4 Metabolismus a energetické systémy

Téma této kapitoly je z velké části zpracováno dle Bartůňkové et al. (2013), Botka et al. (2017), Lehnerta et al. (2014).

A. Metabolismus

Základní pojem, který přímo souvisí s oblastí fyziologie jakéhokoliv sportovního výkonu, je metabolismus neboli energetická a látková přeměna, rovněž také příjem a zpracování živin. Tato přeměna je ve své podstatě soubor chemických reakcí probíhajících v živých organismech a udržujících jejich život. Metabolismus vyjadřujeme dvěma protichůdnými chemickými ději – anabolismem (skladné, výstavbové, obnovné procesy, biosyntéza) a katabolismem (rozkladné procesy, odbourávání). Účelem rozkladu látek je energii poskytnout, při skladných procesech musíme energii naopak dodat. V každém okamžiku probíhá v každé buňce živého organismu velké množství chemických reakcí, které uvolňují nebo spotřebovávají energii. Během zátěže převládají děje katabolické, ve fázi odpočinku děje anabolické (Davies, Donaldson & Joels, 1995).

Výzkum prokázal, že akvabely jsou vystaveny značným metabolickým nárokům vlivem kombinace zadržetí dechu a intenzivní svalové práce (Davies, Donaldson & Joels, 1995). Lze odhadovat, že 40 % energetických nároků jejich organismu při sportovním výkonu může být produkováno anaerobně (Rodríguez & Mader, 2011).

B. Energetické systémy

V lidském organismu buňky využívají tři základní energetické zdroje: cukry (sacharidy), tuky (lipidy) a bílkoviny (proteiny). Sacharidy jsou majoritně využívaným zdrojem energie při sportovním výkonu. Při metabolismu jsou všechny sacharidy, od těch nejjednodušších až po polysacharidy, rozloženy na glukózu. Ta je použita jako zdroj energie, ke stavbě vlastních látek organismu nebo jako zásobárna energie ve formě zásobního polysacharidu glykogenu. Ten je uložen především ve svalových vláknech, ale taktéž například v játrech. Lipidy živé organismy přijímají v potravě a je v nich uchovávána většina energetického potenciálu (asi 80 % z celkových zásob). Využití proteinů při tělesné práci je spíše minoritní. Všechny se při látkové přeměně rozloží na aminokyseliny, které se pak syntetizují do vlastních bílkovin, enzymů a hormonů (Rodríguez & Mader, 2011).

Výkon plavce je výsledkem metabolické (energetické) přeměny na mechanickou sílu, která je většinou užita na překonání odporu vody. V metabolismu hrají klíčovou roli molekuly ATP (adenosintrifosfátu), a to hlavně v přenosu energie uvnitř buněk. Pro jakoukoliv svalovou práci, tedy i pro synchronizované plavání, je přímým zdrojem energie ve formě ATP. Zásoby ATP ve svalech začínají klesat už v počátečních vteřinách pohybové aktivity. Proces resyntézy zabraňuje vyčerpání zásob ATP

ve svalu. Náš organismus disponuje třemi základními energetickými drahami, které resyntézu zajišťují. Tyto systémy vždy pracují současně. Mění se jen jejich dominance, podle doby trvání a podle charakteru výkonu. ATP–CP systém a anaerobní glykogenolýza fungují bez přístupu kyslíku (anaerobně), za přístupu kyslíku operuje oxidativní fosforylace. Celková energie výkonu v synchronizovaném plavání je součtem okamžitých (ATP–CP systém), krátkodobých (anaerobní glykogenolýza) a dlouhodobých (oxidativní fosforylace) systémů resyntézy ATP (Rodríguez & Mader, 2011).

2.5 Tréninkové cíle a jejich vliv na růst výkonnosti v plaveckých sportech

Adaptace organismu na zatížení vede ke zvýšení výkonnosti plavce. V rámci tréninkových programů je nutno zátěž pečlivě naplánovat. Ke zvýšení výkonu sportovce dochází tak, že se jeho organismus postupně přizpůsobí a získá vůči zátěži určitou odolnost. Vztah mezi sportovním výkonem a tréninkovou zátěží se v posledních desetiletích pokoušely objasnit mnohé vědecké publikace. Jednu z prvních recenzí o významu tréninkových intervencí vydali roku 1986 Lavoie and Montpetit. Popisovali v ní vliv tréninkové zátěže na kardiovaskulární, dýchací a energetický systém. Další faktory, na které má vliv zátěž, jako je například adaptace endokrinního systému a změny ve složení svalů a krve se objevují až ve studiích novějšího data (Costa, Balasekaran, Vilas–Boas, & Barbosa, 2015).

Mezi základní tréninkové cíle (efekty), které mají přímý vliv na růst výkonnosti, zařazují Neuls, Svozil, Viktorjeník, & Dub (2013):

- efekt techniky – zdokonalení úrovně specifických pohybových dovedností,
- efekt síly záběru – pomocí zvýšení svalové síly a rychlosti kontrakce, taktéž zlepšení nervosvalové koordinace mezi pracujícími svaly a CNS,
- efekty anaerobního metabolismu – zvyšování jeho kapacity v důsledku nárůstu množství ATP resyntetizovaného pomocí anaerobních cest, zvýšení aktivity anaerobních enzymů,
- efekty aerobního metabolismu – pomocí redukce negativních vlivů acidózy (zvýšení kapacit pro odbourávání laktátu a snížení jeho produkce),
- tréninkové efekty zvyšující výdrž při tréninku – zajistit, aby plavci mohli trénovat intenzivněji a častěji.

2.5.1 Přístupy ke zlepšování výkonnosti v synchronizovaném plavání

Kombinace aerobního a anaerobního metabolismu, vysoce technicky a choreograficky náročných pohybů, to vše ve vodním i podvodním prostředí, způsobuje extrémní fyziologickou zátěž.

Je proto nezbytné v tréninku uplatňovat a vymýšlet inovativní přístupy (Rodríguez-Zamora, 2014). Kvantifikace tréninkové zátěže je vzhledem k povaze tréninku a soutěží obtížná. Optimální tréninkový přístup pro zlepšení sportovní výkonnosti akvabel nebyl dosud přesně definován. Trénink plavkyň by měl splňovat specifické požadavky dané soutěže. Zároveň by měl být zaměřen na rozvoj schopností obecně nezbytných pro tento sport, jako je například trénování dovednosti déle zadržet dech (Lavin et al., 2015). Zlepšení maximální apnoe by mohlo umožnit trenérům naplánovat složitější technické prvky i choreografii sestavy. Důležitý je taktéž rozvoj dalších plicních funkcí a zlepšení techniky plavání. Odolnost vůči únavě u technicky složitých pohybů by mohla vést k celkovému zefektivnění a zlepšení výkonu (Vašíčková, Neumannová, & Svozil, 2017).

Metabolická odezva během soutěží akvabel ukazuje výrazně kyselé prostředí jejich organismu, i to může jistou měrou ovlivnit výkonnost. Látky jako beta-alanin a hydrogenuhličitan sodný kyselé prostředí neutralizují, tím sportovní výkon zefektivňují (Brisola et al., 2017).

Trénink v mírné či vyšší nadmořské výšce vede ke zvýšené tvorbě červených krvinek, tím dochází k pozitivní změně oběhových ukazatelů i výkonu (Millet et al., 2010).

V neposlední řadě se v současnosti začíná užívat simulované hypoxie (Faiss, Girard, & Millet, 2013).

2.6 Specifičnost výkonu v synchronizovaném plavání

Genetické předpoklady, systematičnost tréninku, a i sociokulturní kontext okolí, v němž sportovec vyrůstal – to jsou jen příklady některých důležitých faktorů, na kterých je přímo závislý výkon a úspěch plavce či plavkyně úrovní (Pyne & Sharp, 2014).

V porovnání s klasickým plaváním je synchronizované plavání sportem více technicky orientovaným. Plavkyně musí být schopny zvládat rozsáhlý a obtížný trénink a taktéž fyzicky velmi náročné závodní sestavy – to všechno vyžaduje fyzickou výkonnost na velice vysoké úrovni (Pyne & Sharp, 2014).

Sportovní výkon v synchronizovaném plavání závisí na síle, koordinaci, vysoké aerobní a anaerobní kapacitě a na flexibilitě (Peric, Zenic, Mandic, Sekulic, & Sajber, 2012). Bylo také naznačeno, že umělecké plavání je sport, který vyžaduje jak aerobní, tak anaerobní výkon (Robertson, Benardot, & Mountjoy, 2014) a to zejména kvůli dlouhým apnoickým úsekům stráveným pod vodou při výkonu namáhavých pohybů (Davies, Donaldson, & Joels, 1995). Specifické podmínky vodního prostředí mají výrazný dopad na sportovní výkon ve všech plaveckých disciplínách, tedy i v synchronizovaném plavání. Při pobytu a pohybu ve vodě je sportovec vystaven působení celé řady mechanických, chemických a tepelných vlivů (Neuls, Svozil, Viktorjeník, & Dub, 2013).

2.6.1 Vztlak a těžiště

Mezi hlavní činitele v plavání patří vztlak, který ve vodě tělo nadlehčuje. Vztlak je závislý na hustotě a objemu těla plavce. Zde se jeví jako zásadní poloha těžiště těla, které se u akvabel opakovaně a postupně nachází v různých místech. Těžiště určíme ve třech rovinách – frontální, horizontální a sagitální, přičemž horizontální poloha je nejvíce labilní, protože při ní dochází k poklesu nohou a k přetáčení celého těla (Hoch et al., 1968).

2.6.2 Hydrostatický tlak

Na povrch těla plavce působí také hydrostatický tlak vodního sloupce, který s hloubkou roste. To má vliv například na dýchání. Dýchací svaly musí tento tlak překonat, tím se ztěžuje nádech, naopak výdech se zlehčuje. Při dlouhodobém systematickém tréninku se zvyšováním vitální kapacity plic rozvíjí ventilační schopnosti plavce, prohloubí se dýchání a rozvíjí se hrudní svalstvo. Se zvýšením rychlosti plavání současně roste odpor vody (Neuls, Svozil, Viktorjeník, & Dub, 2013).

2.6.3 Hypoxie a hypoxemie

Fyzický stres akvabel podporuje časté a poměrně dlouhé zadržení dechu v rámci sestav, při němž je současně prováděn náročný sportovní výkon a výrazná svalová práce (Bante, Bogdanis, Charopoulou, & Maridaki, 2007). Odborně se tento stav nazývá hypoxie. Hypoxie je stav organismu, kdy je tělo nedostatečně okysličeno a může dojít k potížím v jeho klíčových orgánech. Úseky akutní hypoxemie (snížení obsahu kyslíku v krvi) jsou pravidelně a systematicky zařazovány do tréninku synchronizovaného plavání a jsou i v závodních sestavách. Hypoxemie je střídána s úseky nad vodou, během kterých se tento stav vyrovnává (Cama, Figura, & Guidetti, 1993).

Zadržení dechu v synchronizovaném plavání má při sportovním výkonu řadu důsledků. Zejména se snižuje výměna plynů a zvyšuje se fyziologická zátěž organismu. Kombinace podvodního prostředí a intenzivních rychlých svalových kontrakcí vytváří fyziologické prostředí, ve kterém je výměna plynů velmi omezena, protože převážná většina energie potřebné během apnoických období musí být vytvořena při omezené dostupnosti kyslíku. Za normálních fyziologických podmínek je dýchání řízeno chemoreceptory citlivými na zvýšení koncentrace CO₂, proto se nutkání k nadechnutí řídí spíše nárůstem CO₂, než poklesem O₂. CO₂ nemůže být během zadržení dechu vyloučen. Hromadění CO₂ v krvi a ve svalové tkáni může mít za následek zhoršení výkonnosti prostřednictvím změny kognitivních funkcí a následně rozhodování, což vede ke zvýšenému počtu chyb, jako je vybočení z předepsané polohy nebo její úplná ztráta (Rodríguez-Zamora, 2012).

Doba strávená pod vodou při mezinárodních soutěžích byla nejvyšší v sólové sestavě (62,2 %), následovala dua (56,1 %) a poté týmy (51,2 %), (Homma, 1994).

2.6.4 Plicní a autonomní fyziologické adaptace

Akvabely jsou často vystaveny opakovanému působení apnoe během tréninku a závodů. Souhrnně se fyziologické změny v dýchací a kardiovaskulární soustavě nazývají ponořovacím (potápěčím) reflexem (diving reflex). Aby bylo tělo v apnoi schopno fungovat co nejdéle a nejlépe, je při ní snaha o snížení momentální spotřeby kyslíku (Naranjo et al., 2006).

V počáteční fázi je ponořovací reflex charakterizován bradykardickou odpovědí způsobenou parasympatikem. Za ní následuje sympatikem spuštěná vazokonstrikce v periferních částech těla a v těch orgánech, které nezajišťují momentální přežití. V této fázi dochází k redistribuci okysličené krve do životně důležitých orgánů (Elia, Barlow, Deighton, Wilson, & O'Hara, 2019).

Zdá se, že synchronizované plavkyně mají v důsledku opakovaného vystavení apnoe vyvinuté jedinečné fyziologické vlastnosti. Alentejano et al. (2012) prokázali, že tyto sportovkyně byly v porovnání s jinými plavci schopni zadržet dech po delší dobu. Akvabely se také dokázaly lépe zotavit z apnoe než kontrolní skupiny díky rychlejšímu poklesu srdeční frekvence a minutové ventilace, taktéž vykazovaly méně laktátu v krvi. Naranjo et al. (2006) zjistili, že akvabely v době zadržení dechu snášely lépe cyklickou zátěž a vykazují účinnější plicní funkce a větší bradykardickou odezvu na cvičení ve vodě ve srovnání s netrénovanými jedinci, což naznačuje, že elitní sportovkyně synchronizovaného plavání mohou při zátěži účinněji hospodařit kyslíkem. Rovněž si tréninkem vytvořily plicní adaptace, jako je větší vitální kapacita plic, celková kapacita plic, vyšší usilovný nádechový a výdechový objem. V odborné literatuře se můžeme setkat s teoriemi, které předkládají myšlenku, že akvabely mají otupenou respirační chemosenzitivitu (schopnost mozku detekovat změny CO₂ a měnit fyziologické systémy tak, aby regulovaly jeho hladinu v rámci přísně kontrolovaných parametrů), (Feldman, Mitchell, & Nattie, 2003).

2.6.5 Vzhled a výživa

U plavkyň synchronizovaného plavání je vzhledem k nutnosti udržení jistých tělesných proporcí dalším důležitým faktorem výživa (Mandic, Peric, Krzelj, Stankovic, & Zenic, 2013). V estetických sportech, jako je krasobruslení, gymnastika či právě synchronizované plavání, je často kladen značný důraz na fyzické vzezření. Tento tlak může u sportovkyň mnohdy vést k opoždění růstu, k posunutí začátku puberty a nejednou i k poruchám příjmu potravy – mentální anorexii, bulimii. Sportovkyně

se začínají účastnit vrcholných soutěží v relativně nízkém věku (kolem třinácti až patnácti let), což tyto fenomény dosti podporuje (Lundy, 2011).

2.6.6 Flexibilita těla

Velmi vysoká úroveň flexibility celého těla je dalším typickým znakem synchronizovaného plavání. Pružnost akvabel je vyšší než pružnost klasických závodních plavců, kteří ovšem zase mají lepší kloubní pohyblivost v porovnání s jinými sporty. Jedním z hlavních bodů tréninku, který má nepopíratelný vliv na flexibilitu na suchu i ve vodě, je u synchronizovaného plavání strečink. Nejvíce přetěžovanými kloubními spojeními jsou z důvodu vysoké úrovně flexibility především ramenní a kolenní kloub a dále pak bederní páteř (Mountjoy, 2009).

2.6.7 Vnímání polohy těla a rovnováhy

Vnímání vlastního těla, jeho polohy a rovnováhy, je u akvabel ovlivněno vodním prostředím, v němž se pohybují. Ze smyslových orgánů přicházejí do mozku informace, které jsou zkreslené a značně se odlišují od běžné situace mimo vodu. Za sítnicí se tvoří rozmazané zrakové vjemy, tím se k akvabele přenáší méně poznatků o okolí. Vnímání tělesné hmotnosti, narušení proprioreceptivních a somatosenzorických vjemů je vlivem zanoření do vody také zkreslené. V případě synchronizovaného plavání, kdy neexistují normální sensorické zpětné vazby a kde je pohyb ve vodě dosti komplexní, je tělo nuceno spolehnout se na jiné zdroje informací. Plavkyně jsou zcela běžně hlavou dolů směrem ke dnu. V orientaci jim pomáhají například receptory v kůži, které reagují na tlak vody a pomáhají v orientaci. Sportovkyně také cítí svoji přesnou polohu ve vodě i bez řádné zrakové kontroly, a to díky centrálnímu nervovému systému, který neustále analyzuje rozdíly v tlaku mezi ponořenými a neponořenými částmi těla (Counil, 2015).

2.6.8 Bezpečnostní rizika v synchronizovaném plavání

Z bezpečnostního hlediska řadíme synchronizované plavání ke sportům s menším rizikem. Mountjoy (2009) uvádí, že procento možnosti vzniku zranění je v tomto sportu asi 1,9 %. U ostatních olympijských sportů je toto procento téměř pětkrát vyšší. Bezpečnostním rizikem a zdrojem výjimečných úrazů jsou akrobatické prvky, kterých se účastní více závodnic a které jsou součástí všech sestav. Dochází při nich často k vyzvednutí jedné či více plavkyň nad vodní hladinu. Ke zranění pak dochází buď v důsledku kontaktu s vodou (například při nepovedeném dopadu na břicho nebo na

záda), nebo vinou kontaktu s jinou závodnicí nebo okrajem bazénu. Protože jsou akrobatické prvky divácky velmi vítané a oblíbené a tlak na jejich obtížnost narůstá, rostou přímou úměrou také počty úrazů.

2.7 Sportovní diagnostika

Posouzení fyziologických předpokladů jedince a jeho připravenost k uskutečnění výkonu se dle Botka, Neulse, Klimešové a Vyhnánka (2017) řadí k hlavním cílům sportovní diagnostiky. Výsledkem má být nejen zkvalitnění a zefektivnění procesu tréninku a zároveň kontrola organismu sportovce s odhalením případných zdravotních problémů, dysfunkcí a poškození, ale i vyhledávání sportovních talentů. Pro trenéra a jeho svěřence znamená diagnostika v průběhu procesu sportovního tréninku důležitou zpětnou vazbu. Umožňuje analyzovat nejen aktuální stav sportovce, ale i jeho připravenost k podání výkonu maximálního. Součástí sportovní diagnostiky jsou zátěžové i motorické testy (Botek, Neuls, Klimešová & Vyhnánek, 2017).

Základním krokem při přípravách na jakékoliv testování je stanovení základních veličin. Nejprve si musíme ujasnit, co chceme sledovat a podle čeho budeme později výsledky daného testu vyhodnocovat. Abychom mohli provést kvalitní zátěžové a motorické testování, je nezbytně nutné se s jednotlivými ukazateli seznámit. Dle Bartůňkové et al. (2013), Botka, Neulse, Klimešové a Vyhnánka (2017) řadíme mezi základní veličiny: srdeční frekvenci (SF), minutovou ventilaci (MV), respirační kvocient (RQ), maximální spotřebu kyslíku (VO_2max), koncentraci laktátu v krvi, anaerobní práh a výkon (P).

2.7.1 Sportovní diagnostika a její vlastnosti

Ve sportovní diagnostice nejčastěji využíváme tzv. standardizované testy, neboť jsou hodnověrné a časem prověřené. Také jejich metodika a postupy jsou ověřené tak, aby byl původní záměr užití testu co nejvíce naplněn. Pro určitou situaci je nesmírně důležité správně vybrat vhodný test nebo testovou soustavu (Hájek, 2001). Všechny prováděné testy by měly splňovat tyto vlastnosti: reliabilitu, validitu a objektivitu. Dle Botka, Neulse, Klimešové a Vyhnánka (2017) patří do vlastností sportovní diagnostiky také bezpečnost, jednoduchost, reprodukovatelnost a specifičnost.

Dělení sportovní diagnostiky můžeme uchopit podle nejrůznějších kritérií. Na praktický účel testování se zaměřuje Hájek (2001), který vymezuje tři základní skupiny testů:

A. Testy tělesné zdatnosti a základní motorické výkonnosti

Tyto testy umožňují zjistit úroveň motorických schopností jedince. Znamená to vlastně zjištění určitého předpokladu lidského organismu přiměřeně reagovat na tělesnou zátěž. Testování jakékoliv pohybové dovednosti by nemělo být součástí těchto testů.

B. Testy tělocvičné a sportovní výkonnosti

Cílem těchto testů je zjištění odpovědi organismu na tréninkové zatížení. Prověřujeme při nich míru pohybových dovedností jedince. Každý sport má svá specifika, která se testují. U jednotlivých sportovních disciplín se tudíž tyto testy odlišují.

C. Testy pohybového nadání neboli testy pohybové inteligence

Testy pohybové inteligence nám pomáhají zjistit úroveň schopnosti motorického učení jedince. Obsahují koordinačně složitější pohyby.

Bartůňková et al. (2013) doplňuje členění zátěžových testů o rozdělení dle převažujícího typu energetické úhrady (aerobní, anaerobní a kombinované testy), dle druhu zatížení (statické, dynamické a polohové), dle typu zatížení jednotlivých svalových skupin a dle typu práce (různé druhy laboratorních zařízení – sportovních trenažérů a ergometrů).

Botek, Neuls, Klimešová a Vyhnánek (2017) uvádí dva druhy testování:

1) Terénní testování

Bývá častou součástí běžného tréninkového procesu, většinou je méně náročné na přípravu a provedení a také větší měrou odpovídá reálné zátěži v daném sportovním odvětví, nicméně proměnlivé podmínky „terénu“ ztěžují standardizaci výsledků

2) Laboratorní testování

Jeho výhodou je možnost vytvoření standardních podmínek, umožňuje tím kvalitnější interpretaci a přesnější srovnání dosažených výsledků

2.7.2 Testy, testové systémy a jejich příklady

Nejznámější motorické testy, které jsou obecně nepoužívanější ve sportovní i pedagogické praxi, se pokusíme shrnout v této části bakalářské práce.

Nejsnadněji a nejčastěji realizovatelné testy se nazývají funkční zkoušky. Tyto testy jsou málo

náročné na přípravu a také na provedení. Dle Botka, Neulse, Klimešové a Vyhnánka (2017) k nim patří například:

A. Cooperův test

Cooperův test je nejběžnějším testem tělesné zdatnosti. Cílem je za dobu 12 minut uběhnout co nejdelší vzdálenost. V ideálních podmínkách se testování provádí na atletickém ovále s přesně vyměřenou trasou. Díky poměrně jednoduché tabulce pak zjistíme podle uběhnuté vzdálenosti úroveň kondice testovaného subjektu.

B. Jacikův test

K provedení tohoto testu si vystačíme pouze se stopkami. Testování je založeno na střídání tří poloh – leh na zádech, stoj a leh na břiše. Testovaný jedinec střídá tyto tři polohy po dobu dvou minut a testující započítá každou správně provedenou polohu. Cílem testu je dosažení co největšího počtu bodů (poloh).

C. Ruffierova zkouška

Ruffierova zkouška je vlastně testem tělesné zdatnosti, který je založen na měření srdeční frekvence (SF) na zápěstí po dobu 15 vteřin. Nejprve se tak děje vsedě před zátěží, poté bezprostředně po zátěži a naposledy po uplynutí jedné minuty po skončení zátěže. Za zátěž je v případě tohoto testu považováno 30 dřepů za 30 vteřin. Úroveň kondice testované osoby pak získáme dosazením třech naměřených hodnot do výpočtu tzv. Ruffierova indexu zdatnosti.

Ve vrcholovém a výkonnostním sportu je však nutné pro přesnější diagnostiku testovaného subjektu použití testů laboratorních. K těmto testům se využívají různé typy tzv. ergometrů, což jsou obecně stroje s možností volby měnit (dávkovat) zatížení podle potřeby. Ergometrů existuje několik druhů, například veslařský, bicyklový, plavecký atd. Mnohdy se k měření používá běžecký pás (Botek, Neuls, Klimešová & Vyhnánek, 2017).

Na speciálně upraveném bicyklovém ergometru se provádí například Wingate test, který cyklicky testuje anaerobní kapacitu organismu. Testovaný se v tomto případě snaží vyvinout maximální úsilí, při předem daném odporu a trvání 30 sekund (Šimonek, 2015). Ergometry se u plavců i u všech dalších sportovců také používají při metodách testování subjektu zvaných ergometrie a spirometrie. Ergometrie testuje práci srdce, spirometrie zkoumá dechové plyny, oboje při zátěži (Novotný, Struhár, Bernaciková, & Kapounková, 2019).

K vyhodnocení základní motorické výkonnosti a tělesné zdatnosti sportovců slouží ve sportovní

diagnostice nejčastěji nejnámější testová baterie (soubor testů) s názvem UNIFITTEST. Toto testování se provádí pomocí následujícího souboru jednotlivých testů: sed/leh po dobu šedesáti vteřin, vytrvalostní běh/chůze, skok daleký z místa (alternativami mohou být: vytrvalostní člunkový běh, chůze na 2 km, Cooperův běh), (Hájek, 2001).

2.8 Zátěžové testy aplikovatelné pro plavecké sporty

Jedním ze zásadních činitelů v tréninkovém procesu je hodnocení zdatnosti a výkonnosti svěřence, bez ohledu na sportovní odvětví. Nejběžněji jsou sportovci testováni na začátku přípravného období a v předsoutěžní fázi (Gore, 2000).

Pro vyhodnocení fyziologických parametrů, které mají pozitivní vliv na plavecký výkon a díky nimž plavci vykazují lepších výsledků, byla v průběhu posledních let vyvinuta řada laboratorních testovacích metod (Dalamiros, Manou, & Pelarigo, 2014).

Plavci mohou být testováni nejen v laboratorních, ale i v terénních podmínkách. V laboratorních podmínkách se využívá například plavecký ergometr, v terénních například voděodolné telemetrické přístroje se šnorchem, či podvodní videoanalýzy – tento způsob testování je však finančně a časově náročný a není k nim ani zcela běžný přístup (Dalamiros, Manou, & Pelarigo, 2014).

Výkon je ve všech plaveckých sportech vázán na specifické fyziologické adaptace, které jsou způsobeny systematickým a pravidelným tréninkem. Následné zkvalitnění tréninkové přípravy je možné díky poznatkům ze správného vyhodnocení informací o dílčích komponentech těchto adaptací (Anderson, Hopkins, Roberts, & Pyne, 2006).

Uzpůsobení tréninkových metod výrazně ovlivňují energetická a biochemická data, která byla zjištěna pomocí zátěžového testování. V praxi se nejvíce můžeme setkat s pozorováním reakcí a adaptací velkých svalových skupin na zatížení. Změny nastávají i v kardiovaskulární a dýchací soustavě. Výstupem by mělo být maximální možné zvýšení výkonnosti sportovce. Každý jedinec i jeho organismus reaguje na tréninkovou zátěž a pobídky unikátně a nepřenositelně, závěry diagnostik by měly vést k největší možné míře individualizace tréninku (Costa, Bragada, Marinho, Lopes, Silva, & Barbosa, 2013).

K jednoduše proveditelným testům řadíme v plaveckém tréninkovém prostředí, tedy v bazénu, tyto testy: měření srdeční frekvence a určení množství krevního laktátu. Laktátový práh je praktickým ukazatelem míry tréninkové adaptace pracujících svalů (Costa, Bragada, Marinho, Lopes, Silva, & Barbosa, 2013).

Vzhledem k tomu, že dojde k ekonomizaci cirkulace a diving reflexu, nedosahují plavci ve

vodním prostředí ani při maximálním výkonu tak vysoké srdeční frekvence, jako je tomu při využití bicyklového či běžeckého ergometru v laboratorních podmínkách. Výsledky tudíž mohou být ze spiroergometrie provedené na suchu zkreslené (Havlíčková et al., 1993). Ke stejným závěrům došel také vědecký výzkum Olstada, Bjorlykkeho a Daniely Olstadové (2019). Aby se mohly závěry testování použít k efektivní kontrole a monitorování tréninkového zatížení, je důležité používat pro každý jednotlivý sport vhodné specifické testování (Olstad, Bjørlykke, & Olstad D., 2019).

2.8.1 Plavecký ergometr

Využívá se k diagnostice plaveckého výkonu. Pro zjištění spotřeby kyslíku (VO_2) v plaveckých sportech se využívá upravená cyklická ergometrie. Plaveckou pozici simuluje plavecký ergometr (plavecká lavice), na němž se dá provádět záběr soupažný (prsá, motýlek) i střídavý (volný způsob). Tento přístroj je jedním z nejpoužívanějších způsobů testování zátěže a tréninku plavců na suchu. Měřený sportovec má ruce umístěny ve dvou táhlech, které tyto záběry umožňují. V průběhu popisovaného vyšetření může probíhat i analýza respiračních plynů, spirometrie, ta celkové výsledky upřesňuje. Plavecká lavice bývá užívána taktéž pro zjištění hodnot dynamické síly horních končetin a míry silové vytrvalosti nebo k rehabilitaci. Plavecký ergometr má výhodu rychlé zpětné vazby od trenéra nebo od jiného měřícího (Scott, 2018). Vnější zpětná vazba je u tohoto přístroje buď slovní, která je neúčinnější nebo vizuální (videozáznam, zrcadlo, fotografie), ta může zlepšit pohyb a polohy těla ve vodě (Zatoń, Cześniewicz, & Szczepan, 2018).

2.8.2 Test vertikálního skoku

Test vertikálního skoku je považován za základní pro stanovení explozivní síly dolních končetin, která je součástí plaveckého výkonu například v okamžiku startu či na obrátkách (Dalamiros, Manou, & Pelarigo, 2014). Nevýhodou testu je použití velmi drahého zařízení (silové plošiny, počítače, speciálního softwaru). Výhodami jsou minimální nároky na prostor a jednoduché provedení. Vertikální skok může být konán s pomocí paží i bez pomoci paží (Šimonek, 2015).

2.8.3 Plavecký trenážér

Plavecký trenážér neboli „flum“ je vlastně menší bazén. Jeho průhledné stěny umožňují sledovat každý pohyb pod hladinou vody (Astrand & Englesson, 1972). Kolem plavce se pohybuje voda, zatímco on plave na místě – v přirozeném vodním prostředí je tomu právě naopak. Mezi

nevýhody patří to, že v něm vzniká víření a bubliny vzduchu (Bátorová, Šťastný, Motyčka, & Janura, 2015).

2.8.4 Wingate test

Test, který zmiňuje tato práce již dříve, je dalším testem vhodným pro plavecké sporty. Můžeme díky němu předvídat maximální rychlost plavání, a to především na krátkých tratích. Limitem testu je, že tím, že sportovec ho provádí v laboratoři na bicyklovém ergometru, pochází síla spíše z dolních končetin. Většina síly při pohybu ve vodě je ale vytvářena končetinami horními (Stager & Tanner, 2005). Existuje i modifikace Wingate testu pro paže, který je vhodný i pro plavce-(Dalamatros, Manou, & Pelarigo, 2014).

2.8.5 Handgrip test

Tento test určuje sílu stisku ruky testované osoby. Test vychází z předpokladu, že síla tělesná se může odrážet v síle stisku ruky. K provádění testu se používá ruční dynamometr (Dalamatros, Manou, & Pelarigo, 2014). Stejní badatelé se zabývají také isokinetickými testy, které jsou zacíleny na abdukci, addukci a na vnější a vnitřní rotaci ramenních kloubů. Potíže s ramenem chronického rázu řeší ze všech sportovců nejčastěji právě plavci.

3 CÍLE

3.1 Hlavní cíl

Hlavním cílem bylo ověření možností testování plaveckého ergometru u tréninkového procesu v oblasti plavkyň trénovaných na estetický výkon (synchronizované plavání).

3.2 Dílčí cíle

- 1) Sledování momentu síly v průběhu anaerobního testu na 20 záběrů.
- 2) Pozorování času, po který trvá anaerobní test na 20 záběrů.
- 3) Sledování momentu síly v průběhu anaerobního testu na 10 záběrů dominantní horní končetinou a na 10 záběrů nedominantní horní končetinou.
- 4) Pozorování změn ve sledovaných kritériích v průběhu testu.

3.3 Výzkumné otázky

- 1) Jaký je moment síly při záběru soupaž při měření na plaveckém ergometru?
- 2) Jaké je moment síly dominantní a nedominantní horní končetiny?
- 3) Jaké jsou korelace mezi jednotlivými naměřenými proměnnými?

4 METODIKA

4.1 Výzkumný soubor

Ve výzkumném souboru bylo zapojeno $n = 21$ synchronizovaných plavkyň ve věku od 13 do 18 let. Testované byly v dobrém zdravotním stavu a byly sportovně aktivní. Měření bylo dobrovolné a zúčastněné byly seznámeny s celým průběhem měření. Pokud by některá z měření chtěla odstoupit, měla na to plné právo. Z 21 probandů mělo 19 dominanci pravé ruky a 2 dominanci levé ruky, což bylo zohledněno při zpracování výsledků jako dominantní/ nedominantní končetina.

Testování probíhalo na plaveckém ergometru Biometer Isokinetic Trainer. Jednalo se nejprve o anaerobní test na 20 záběrů soupaž (test AN20), který časově odpovídal zhruba vzdálenosti na 50 metrů a simuloval sprint, poté byly plavkyně testovány na 10 záběrů dominantní horní končetinou (test AN10) a na 10 záběrů nedominantní horní končetinou (test AN10). Dále byly akvabely testovány v 25metrovém bazénu na 50 metrů prsa a 50 metrů kraul. Hodnocení výsledků bylo zaměřeno na korelaci testů ve vodě s testy měřenými na plaveckém ergometru a na sledování momentu síly v průběhu anaerobního testu na 20 záběrů a 2 x 10 záběrů. Pro měření byl na plaveckém ergometru stanoven jeden hlavní odpor: 5 – střední. Somatickou charakteristiku výzkumného souboru nalezneme v tabulce 1. Pro další statistické i grafické zpracování byl použit program Microsoft Excel.

Tabulka 1

Charakteristika výzkumného souboru ($n = 21$)

	M	SD
Věk (roky)	15,05	1,77
Hmotnost (kg)	55,86	7,63
Výška (cm)	163,52	3,50
BMI	20,84	2,46

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

4.2 Metody sběru dat

Pro sběr dat v této práci jsme využívali test AN20. Jedná se o test anaerobní, trvání maximálního úsilí je tedy krátké (do 20-30 sekund). Tento test využívají vrcholoví plavci, účastní se ho například plavecká reprezentace ČR.

Test byl proveden na plaveckém ergometru Biometer Isokinetic Trainer, který je složen z lavice s isokineticými táhly. Tento přístroj vyrobila v Německu společnost Otto Otto GmbH a používá se obvykle pro diagnostiku sportovního výkonu v plavání. Vestavěný integrovaný snímač generuje základní data, která je poté možno vyhodnotit, např. výkon, práci, sílu, frekvenci nebo délku záběru.

4.3 Statistické zpracování dat

Ke statickému zpracování výsledků byl použit software Statistica 13.4 (Tibco Software, 2018). Vlastnosti zkoumaných proměnných byly objasněny pomocí deskriptivní analýzy (směrodatná odchylka, aritmetický průměr, jednotlivé kvartály testu). Komparaci (rozdíl) jsme vypočítali za pomoci párového T-testu a mezi určenými proměnnými byly vypočítány Pearsonovy korelační koeficienty. Hladina statické významnosti byla stanovena na $p < 0,05$.

4.4 Postup

Výzkumné měření probíhalo v průběhu dvou měsíců na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Odehrávalo se v laboratořích a v bazénu aplikačního centra Baluo, za přítomnosti pověřené osoby. Zkoumaly se korelace testů v bazénu a v laboratoři, a také se zkoumala délka trvání testu a moment síly. Veškerá měření proběhla na jaře roku 2023, a to vždy ve dnech, které nenásledovaly po náročném tréninkové přípravě nebo po závodech.

- 1) Před začátkem testování byli všichni probandi informováni o celém průběhu měření.
- 2) Probandi nebo zákonní zástupci dále podepsali informovaný souhlas o zpracování osobních údajů.
- 3) Než samotné měření začalo, uskutečnilo se měření a vážení, hodnoty byly zaznamenány do tabulek a následoval popis s ukázkou práce na plaveckém ergometru.
- 4) Proband si lehl na plavecký ergometr a nejprve si vyzkoušel práci na ergometru, poté přišlo na řadu řádné měření, které bylo složeno ze dvou měření, kdy každé z nich

- obsahovalo 20 soupažných záběrů v maximálním úsilí při středním odporu. Po prvním i druhém měření byla 10-15 minut přestávka, během které si měřená mohla odpočinout.
- 5) Následovalo testování složené ze dvou měření, a to po 10 záběrech. Nejprve jedenkrát 10 záběrů dominantní horní končetinou a podruhé 10 záběrů nedominantní horní končetinou.
 - 6) Mimo ergometr proběhlo měření na bazéně v aplikačním centru Baluo v 25metrovém bazéně, kdy ve 4 drahách plaval v každé dráze vždy jeden proband. První se plavalo 50 metrů prsa sprint, poté, až odplavaly všechny testované, přešlo se na 50 metrů kraul sprint. Mezi první 50 a druhou 50 byl časový odstup přibližně 15 minut.
 - 7) Testování bylo ukončeno po změření a zapsání všech potřebných dat.

5 VÝSLEDKY

5.1 Test AN20

Tabulka 2 zobrazuje souhrnné výsledky testu AN20, tedy 20 soupažných záběrů. Do analýz byl zahrnut lepší ze dvou pokusů. Průměrná doba trvání testu činila necelých 25 s, průměrný čas na jeden záběr byl 1,24 s a bylo při něm dosaženo momentu síly 136 Nm. Průměrný výkon na jeden záběr činil cca 111 W, resp. 1,98 W/kg.

Tabulka 2

Souhrnné výsledky testu AN20 na plaveckém ergometru u souboru akvabel ve věku 13–18 let (n = 21)

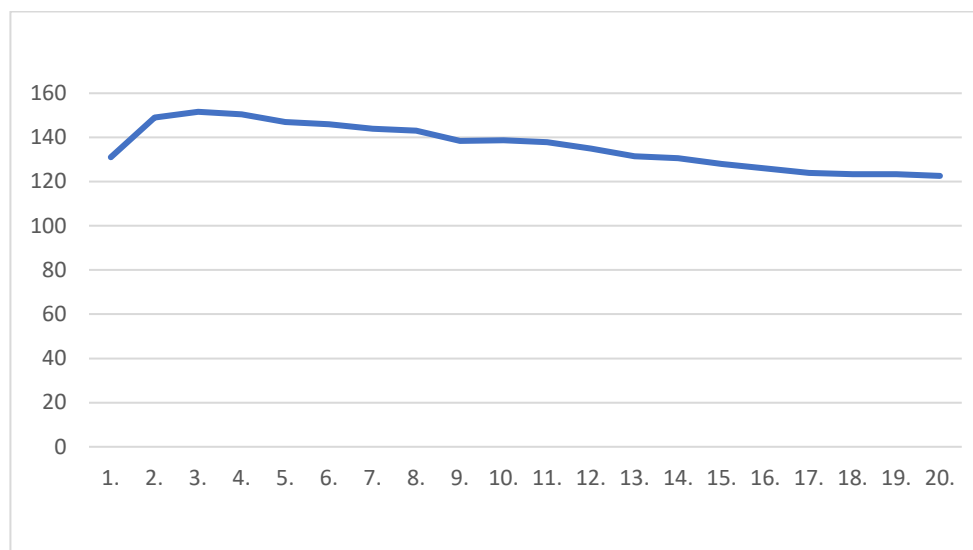
Proměnná	M	min	max	SD
sum Nm	2723,14	1975	3321	435,88
M Nm	136,16	98,75	166,1	21,79
M čas (s)	24,8	21,5	28,2	1,72
M čas/záběr (s)	1,24	1,07	1,4	0,08
M výkon (W)	110,64	76,55	152,8	21,24
M výkon (W/kg)	1,98	1,54	2,35	0,25

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, min – minimum, max – maximum, SD – směrodatná odchylka, sum – suma 20 záběrů, čas – doba trvání testu, čas/záběr – doba trvání jednoho záběru.

Z obrázku 1 lze vyčíst, že při použití daného odporu dochází v prvních 3 záběrech k velkému nárůstu momentu síly a nejvyšší hodnoty byly zaznamenány mezi 2. až 4. záběrem (průměrně okolo 150 Nm). Poté následuje pomalý pokles u všech záběrů až do konce, kdy zaznamenáváme hodnoty cca 123 Nm.

Obrázek 1

Křivka vývoje momentu síly na 20 záběrů soupaž



Vysvětlivky: jde o jednotlivé záběry 1 až 20 v Nm.

Z tabulky 3 vyplývá, že ve 2. polovině testu (H2 – 11.-20. záběr) moment síly signifikantně klesá v porovnání s první polovinou testu (H1 – 1.-10. záběr), ($t = 10,20$; $p = 0,001$). Mezi první a druhou polovinou testu byla nicméně zjištěna velmi vysoká korelace $r = 0,95$ ($p = 0,001$).

Tabulka 3

Komparace a korelace momentu síly v 1. a 2. polovině testu

	$r = 0,95$	
	M	SD
H1	1439,86	229,40
H2	1283,27	211,77

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, r – korelační koeficient,

H1 – 1.-10. záběr – první polovina, H2 – 11.-20. záběr – druhá polovina.

Tabulka 4 porovnává momenty síly v jednotlivých čtvrtinách testu. Moment síly je nejvyšší v 1. čtvrtině testu a v dalších třech čtvrtinách postupně klesá.

Z obrázku 2 je zřejmé, že křivka vývoje momentu síly již od 1. čtvrtiny testu postupně klesá a že mezi 2. a 4. kvartálem pokles dosahuje ještě větších hodnot a je konstantní.

Tabulka 4

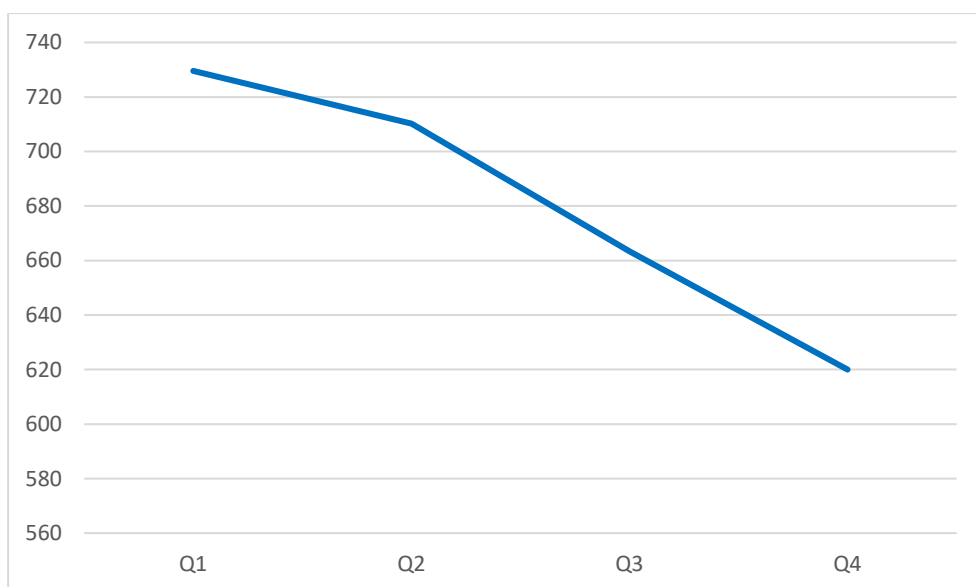
Porovnání momentů síly v jednotlivých čtvrtinách testu

	M	SD
Q1	729,57	113,8
Q2	710,28	118,53
Q3	663,38	112,8
Q4	620	101,23

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

Obrázek 2

Křivka vývoje momentu síly v jednotlivých čtvrtinách testu



Vysvětlivky: jde o jednotlivé záběry 1 až 20 v Nm.

5.2 Test AN10 (dominantní horní končetina)

Tabulka 5 zobrazuje souhrnné výsledky testu AN10, tedy 10 záběrů dominantní horní končetinou. Průměrná doba trvání testu činila 12,5 s, průměrný čas na jeden záběr byl 1,25 s a bylo při něm dosaženo momentu síly 78 Nm. Průměrný výkon na jeden záběr byl 63 W, resp. 1,13 W/kg.

Tabulka 5

Souhrnné výsledky testu AN10 (dominantní horní končetina)

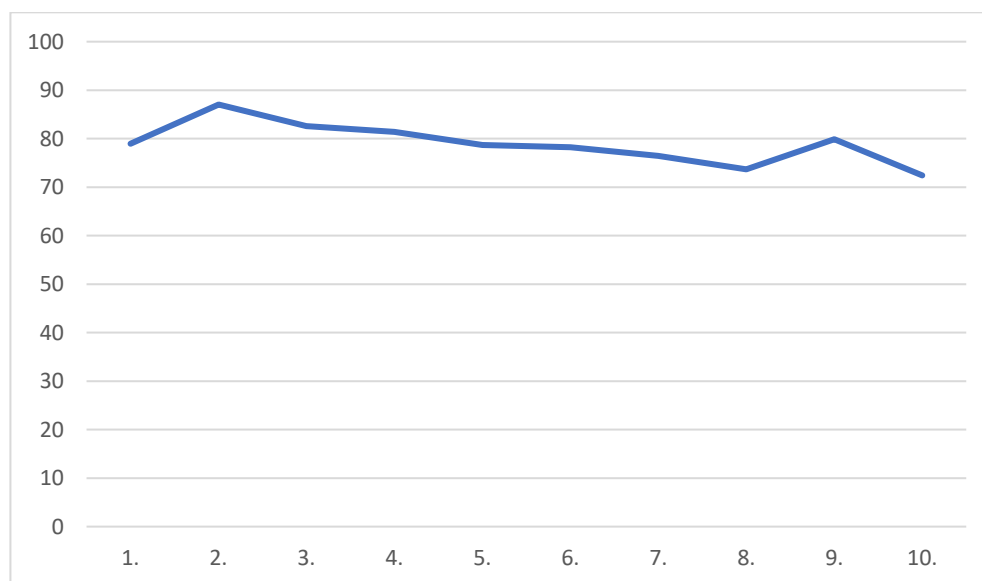
Proměnná	M	min	max	SD
sum Nm	783,3	527	1044	137,8
M Nm	78,33	52,7	104,4	13,8
M čas (s)	12,5	10,9	14,9	1,07
M čas/záběr (s)	1,25	1,09	1,5	0,11
M výkon (W)	63,22	39,5	88,5	13,13
M výkon (W/kg)	1,13	0,78	1,48	0,17

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, min – minimum, max – maximum, SD – směrodatná odchylka, sum – suma 10 záběrů, čas – doba trvání testu, čas/záběr – doba trvání jednoho záběru.

Obrázek 3 ukazuje, že vývoj momentu síly u dominantní horní končetiny je největší ve 2. záběru, poté postupně klesá a v 9. záběru mírně narůstá a v 10 zase klesá.

Obrázek 3

Křivka vývoje momentu síly u testu AN10 (dominantní horní končetina)



Vysvětlivky: jde o jednotlivé záběry 1 až 10 v Nm.

V tabulce 6 vidíme, že moment síly byl v první polovině (H1-záběry 1.-5.) statisticky významně lepší než ve druhé (H2-záběry 6.-10.) ($t = 6,54$; $p = 0,001$). Zjištěná korelace dosahovala opět velmi vysokých hodnot ($r = 0,95$; $p = 0,001$).

Tabulka 6

Porovnání momentu síly v 1. a 2. polovině testu AN10 (dominantní horní končetina)

$r = 0,95$		
	M	SD
H1	408,7	75,4
H2	374,6	64,02

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, r – korelační koeficient, H1 – 1.-5.záběr, H2 – 6.-10., záběr.

5.3 Test AN10 (nedominantní horní končetina)

V tabulce 7 vidíme souhrnné výsledky testu AN10, tudíž 10 záběrů nedominantní horní končetinou. Test trval průměrně necelých 13 s, průměrný čas jednoho záběru činil 1,3 s a bylo při něm dosaženo momentu síly 74,5 Nm. Průměrný výkon na jeden záběr činil 59,3 W, respektive 1,06 W/kg.

Tabulka 7

Souhrnné výsledky testu AN10 (nedominantní horní končetinou)

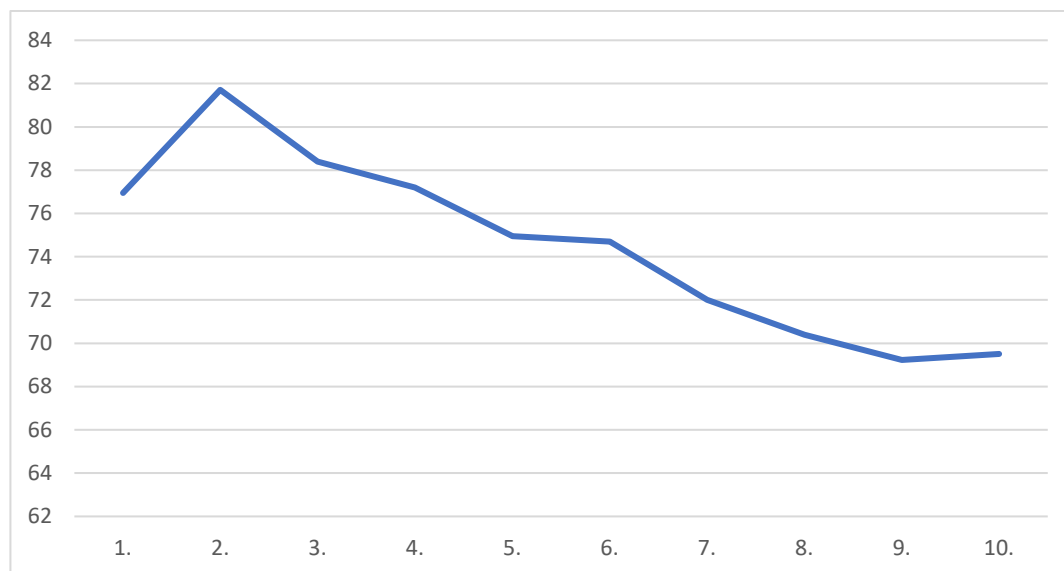
Proměnná	M	min	max	SD
sum Nm	745	544	980	112,11
M Nm	74,5	54,4	98	11,21
M čas (s)	12,7	11,2	15	1,02
M čas/záběr (s)	1,3	1,12	1,5	0,1
M výkon (W)	59,3	41,93	81	10,71
M výkon (W/kg)	1,06	0,83	1,34	0,15

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, min – minimum, max – maximum, SD – směrodatná odchylka, sum – suma 10 záběrů, čas – doba trvání testu, čas/záběr – doba trvání jednoho záběru.

Z obrázku 4 můžeme vyčíst, že vývoj momentu síly u nedominantní horní končetiny prudce naroste při 1. záběru, ve 2. dosahuje nejvyšších hodnot. Poté křivka pozvolna klesá.

Obrázek 4

Křivka vývoje momentu síly u testu AN10 (nedominantní horní končetina)



Vysvětlivky: jde o jednotlivé záběry 1 až 10 v Nm.

V tabulce 8 můžeme vidět, že v průměru byl moment síly první poloviny (H1-záběry 1.-5.) statisticky lepší než ve druhé (H2-6.-10. záběr) ($t = 6,76$; $p = 0,001$). Zjištěná korelace vykazovala vysoké hodnoty ($r = 0,92$; $p = 0,001$).

Tabulka 8

Porovnání momentu síly v 1. a 2. polovině testu AN10 (nedominantní horní končetina)

$r = 0,92$		
	M	SD
H1	389,2	58,25
H2	355,8	56,09

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, r – korelační koeficient, H1 – 1.-5.záběr, H2 – 6.-10. záběr.

5.4 Korelační analýza mezi proměnnými

Tabulka 9 ukazuje souhrn plaveckých výsledků. Průměrný čas byl 48,23 s u způsobu prsa, 38,13 s u kraulu. Nejrychlejší plavkyně zaplavala 50 metrů prsa za 42,45 s, plaveckým způsobem kraul za 33,48 s. Maximální čas na stejné délce byl u prsou 54,05 s a 48,47 s volným způsobem. Z tabulky tedy vyplývá, že plavecký způsob kraul je rychlejší než prsa, a to ve všech měřeních.

Tabulka 9

Souhrn plaveckých výsledků na 50 metrů prsa a 50 metrů kraul

	50 P	50 K
M	48,23	38,13
min (s)	42,45	33,48
max (s)	54,05	48,47
SD	2,59	3,51

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, min – minimum, max – maximum, 50 P–50 metrů prsa, 50 K–50 metrů kraul, SD – směrodatná odchylka.

V tabulce 10 vidíme, že u plaveckého způsobu kraul koreluje věk ($p = 0,003$), hmotnost ($p = 0,018$) a BMI ($p = 0,025$). Výška zde nehraje roli.

Tabulka 10

Korelace tělesných rozměrů a plaveckého výkonu

	50 P		50 K	
	r	p	r	p
Věk (roky)	- 0,46	0,04*	- 0,62	0,003*
Hmotnost (kg)	- 0,15	0,527	- 0,51	0,018*
Výška (cm)	- 0,24	0,302	- 0,35	0,12
BMI	- 0,09	0,695	- 0,49	0,025*

50 K–50 metrů kraul, BMI – body mass index, r – korelační koeficient, * $p < 0,05$.

Významná korelace mezi tělesnými rozměry a testem na 20 záběrů se projevila vždy v závislosti na hmotnosti ($p = 0,001$), výšce ($p < 0,001$) nebo BMI ($p = 0,015$), a to jak u celkového součtu momentu síly na 20 záběrů (sum Nm), a průměrného momentu síly na jeden záběr (M Nm), tak u průměrného výkonu na jeden záběr. Z tabulky 11 je viditelné, že věk nemá zásadní vliv na výsledek testu.

Tabulka 11

Korelace tělesných rozměrů a testu AN20

		Věk	Hmotnost	Výška	BMI
sum Nm	r	0,21	0,65	0,69	0,53
	p	0,123	0,001*	0,001*	0,015*
M Nm	r	0,21	0,65	0,69	0,53
	p	0,352	0,001*	0,001*	0,015*
M čas (s)	r	0,81	-0,14	-0,08	-0,14
	p	0,727	0,55	0,741	0,555
M čas/záběr	r	0,081	-0,14	-0,08	-0,14
	p	0,727	0,547	0,741	0,555
M výkon (W)	r	0,13	0,6	0,61	0,5
	p	0,579	0,004*	0,004*	0,021*
M výkon (W/kg)	r	-0,23	-0,2	0,19	-0,3
	p	0,31	0,384	0,379	0,186

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, r – korelační koeficient, * $p < 0,05$, sum Nm – celkový součet Nm na 20 záběrů, M Nm – průměrné Nm na jeden záběr, čas – doba trvání testu, M čas/záběr – průměrná doba trvání jednoho záběru (s).

Z tabulky 12 je patrné, že korelace mezi plaváním a testem AN20 byla významná pouze u 50 metrů kraul, a to u celkového součtu momentu síly na 20 záběrů ($p = 0,046$), u průměrného momentu síly na jeden záběr ($p = 0,046$) a u průměrného výkonu na jeden záběr ($p = 0,018$). Na 50 metrů prsa je korelace zanedbatelná.

Tabulka 12*Korelace plaveckého výkonu a testu AN20*

	50 P		50 K	
	r	p	r	p
sum Nm	-0,13	0,567	-0,44	0,046*
M Nm	-0,13	0,567	0,44	0,046*
M čas	0,31	0,171	-0,34	0,137
M čas/ záběr	-0,31	0,171	-0,34	0,137
M výkon (W)	-0,24	0,293	-0,51	0,018*
M výkon (W/kg)	-0,17	0,454	-0,14	0,558

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr r – korelační koeficient, *p <0,05, 50 P–50 m prsa, 50 K – 50 m kraul, sum – suma 20 záběrů, čas – doba trvání testu, čas/záběr – doba trvání jednoho záběru.

V tabulce 13 můžeme vidět korelaci mezi tělesnými rozměry a plaváním. Na 50 metrech kraulem je významným činitelem věk (p = 0,003), hmotnost (p = 0,018) a BMI (p = 0,025). U způsobu prsa hraje roli věk (p = 0,036).

Tabulka 13*Korelace tělesných rozměrů a plavání na 50 m kraul a 50 m prsa*

	50 P		50 K	
	r	p	r	p
Věk (roky)	-0,46	0,036*	-0,62	0,003*
Hmotnost (kg)	-0,15	0,527	-0,51	0,018*
Výška (cm)	-0,24	0,30	-0,35	0,121
BMI	-0,91	0,695	-0,49	0,025*

Vysvětlivky: 50 P – 50 m prsa, 50 K – 50 m kraul, BMI – body mass index, r – korelační koeficient, *p <0,05.

Z tabulky 14 vidíme, že statisticky významná korelace vyšla u hmotnosti (p = 0,001), výšky (p = 0,002) a BMI (p = 0,008), a to u celkového součtu momentu síly na 10 záběrů (sum Nm), u průměrného momentu síly na jeden záběr (M Nm) a u průměrného výkonu na jeden záběr (M W). Věk nehraje podstatnou roli u měření vzájemné souvislosti mezi tělesnými rozměry a testem na 10 záběrů dominantní horní končetinou.

Tabulka 14*Korelace tělesných rozměrů s testem AN10 (dominantní horní končetina)*

		Věk	Hmotnost	Výška	BMI
sum Nm	r	0,29	0,67	0,65	0,56
	p	0,209	0,001*	0,002*	0,008*
M Nm	r	0,29	0,67	0,65	0,56
	p	0,209	0,001*	0,002*	0,008*
M čas (s)	r	-0,11	-0,19	0,52	-0,23
	p	0,641	0,421	0,823	0,310
M čas/záběr (s)	r	-0,11	-0,19	0,52	-0,23
	p	0,641	0,421	0,823	0,310
M výkon (W)	r	0,29	0,65	0,52	0,58
	p	0,194	0,001*	0,015*	0,005*
M výkon (W/Kg)	r	0,02	-0,01	0,19	-0,07
	p	0,922	0,980	0,417	0,766

Vysvětlivky: M – průměr, r – korelační koeficient, *p < 0,05, sum Nm – celkový součet Nm na 20 záběrů, M Nm – průměrné Nm na jeden záběr, čas – doba trvání testu, M čas/záběr – průměrná doba trvání jednoho záběru.

Tabulka 15 ukazuje vzájemnou souvislost mezi plaváním a testem na 10 záběrů na plaveckém ergometru. Korelace vyšla významná u 50 metrů kraul, a to u celkového součtu momentu síly na 10 záběrů (p = 0,017), u průměrného výkonu na jeden záběr (p = 0,004) a u průměrného momentu síly na jeden záběr (p = 0,017).

Tabulka 15*Korelace plavání a testu AN10 (dominantní horní končetina)*

	50 P		50 K	
	r	p	r	p
sum Nm	-0,19	0,421	-0,52	0,017*
M Nm	-0,19	0,421	-0,52	0,017*
M čas (s)	0,24	0,302	-0,36	0,113
M čas/záběr (s)	-0,24	0,302	-0,36	0,113
M výkon (W)	-0,27	0,236	-0,59	0,004*
M výkon (W/kg)	-0,23	0,317	-0,34	0,132

Vysvětlivky: M-aritmetický průměr, 50 P–50 m prsa, 50 K–50 m kraul, sum – suma 20 záběrů, čas – doba trvání testu, čas/záběr – doba trvání jednoho záběru.

V tabulce 16 vidíme korelaci mezi tělesnými rozměry a plaváním nedominantní horní končetinou. Signifikantně významná je u plaveckého způsobu kraul, u věku ($p = 0,003$), hmotnosti ($p = 0,018$) a BMI ($p = 0,025$). U prsou se jeví jako důležitá proměnná taktéž věk. Z toho plyne, že čím jsou závodnice starší, tím jsou rychlejší.

Tabulka 16*Korelace tělesných rozměrů a testem AN10 (nedominantní horní končetina)*

	50 P		50 K	
	r	p	r	p
Věk	-0,46	0,036*	-0,62	0,003*
Hmotnost (kg)	-0,15	0,527	-0,51	0,018*
Výška (cm)	-0,24	0,30	-0,35	0,121
BMI	-0,09	0,695	-0,49	0,025*

50 K – 50 metrů kraul, věk-věk, hmotnost (kg) – hmotnost uvedena v kilogramech, Výška (cm)- výška uváděna v centimetrech, BMI – body mass index, r – korelační koeficient, * $p < 0,05$.

Z tabulky 17 můžeme vyčíst korelaci mezi plaveckým výkonem a testem AN10 nedominantní horní končetiny na plaveckém ergometru. Významnou korelaci vidíme u plaveckého způsobu kraul u souhrnného momentu síly na 10 záběrů ($p = 0,046$), u průměrného momentu síly ($p = 0,046$) i u průměrného výkonu na jeden záběr ($p = 0,018$).

Tabulka 17*Korelace plavání a testu AN10 (nedominantní horní končetina)*

	50 P		50 K	
	r	p	r	p
sum Nm	-0,13	0,567	-0,44	0,046*
M Nm	-0,13	0,567	-0,44	0,046*
M čas (s)	0,31	0,171	0,34	0,137
M čas/záběr (s)	0,31	0,171	0,34	0,137
M výkon (W)	-0,24	0,293	-0,51	0,018*
M výkon (W/kg)	-0,17	0,454	-0,14	0,558

50 K – 50 metrů kral, věk-věk, hmotnost (kg) – hmotnost uvedena v kilogramech, Výška (cm)- výška uváděna v centimetrech, BMI – body mass index, r – korelační koeficient, *p < 0,05.

5.5 Komparace a korelace dominantní a nedominantní horní končetiny

Z výsledků v tabulce 18 vyplývá, že komparace záběrů dominantní a nedominantní horní končetiny vykazují signifikantní rozdíl v součtu momentu síly ($p = 0,003$) a v průměrném momentu síly ($p = 0,003$). Dále v průměrném výkonu ($p = 0,004$) i průměrném relativním výkonu na kilogram hmotnosti ($p = 0,004$).

Tabulka 18

Komparace záběrů dominantní a nedominantní horní končetiny

	t	p
sum Nm P vs sum Nm L	3,42	0,003*
M Nm P vs M Nm L	3,42	0,003*
čas P vs čas L	-1,22	0,235
čas/ záběr P vs čas/ záběr L	-1,22	0,235
M W P vs M W L	3,3	0,004*
M W/ Kg P vs M W/ Kg L	3,27	0,004*

Vysvětlivky: t – hodnota párového t-testu, * $p < 0,05$, M – aritmetický průměr, * $p < 0,05$, sum Nm – celkový součet Nm, M Nm – průměrné Nm na jeden záběr, čas/záběr – doba trvání jednoho záběru (s), M watt – průměrný výkon na jeden záběr, M W/kg – průměrný výkon jednoho záběru na kg hmotnosti, P – pravá ruka, L – levá ruka, vs – porovnání.

V tabulce 19 můžeme vidět, že korelace mezi dominantní a nedominantní horní končetinou je signifikantně významná ve všech proměnných ($p < 0,001$).

Tabulka 19

Korelace záběrů dominantní a nedominantní horní končetiny

	r	p
Nm	0,94	< 0,001*
čas	0,83	< 0,001*
W	0,91	< 0,001*
W/Kg	0,84	< 0,001*

Vysvětlivky: r – korelační koeficient, * $p < 0,05$, Nm – newton metr, W – výkon, W/Kg – výkon na jeden záběr dělen kilogramem hmotnosti. Čas – čas trvání.

6 DISKUSE

Posuzování výkonnosti synchronizovaných plavkyň patří mezi zásadní činnosti v tréninkovém procesu. Využívá se jak pro přesnější sledování výkonu, tak k odhalování talentů. Během několika let byla vytvořena řada laboratorních metod pro vyhodnocování fyziologických parametrů, ovlivňující plavecký výkon. Fyziologický výzkum, který se zaměřuje na synchronizované plavání, je značně omezený. Od roku 1999 do roku 2023 bylo nalezeno cca 21 studií. Proto není základní limit metodiky u synchronizovaného plavání žádným způsobem normován nebo standardizován. Trénink na suchu s použitím plaveckého ergometru používá většina prvotřídních plavců, jak ke změření mechanické síly, tak k diagnostice výkonu (Smith et al., 2002).

Tato práce zkoumá využití plaveckého ergometru pro testování synchronizovaných plavkyň. Využity byly pro ověření aplikovatelnosti a použitelnosti pro dané parametry test AN20 a test AN10.

Měření během našeho výzkumu ukazují, že korelace mezi plaváním a testem AN20 byla významná pouze u 50 m kraul, a to u souhrnného momentu síly na 20 záběrů ($p = 0,046$), u průměrného momentu síly na jeden záběr ($p = 0,046$) a u průměrného výkonu v jednom záběru ($p = 0,018$). Na 50 m způsobu prsa byla korelace zanedbatelná. Korelace mezi plaváním a testem AN10 vyšla významně také u 50 m kraul, a to u celkového součtu momentu síly ($p = 0,017$), u průměrného výkonu na jeden záběr ($p = 0,004$) i u průměrného momentu síly na jeden záběr ($p = 0,017$).

Z výsledků této práce plyne, že během testování ve 2. polovině moment síly výrazně klesá, neboť dochází k nárůstu únavy, a to pravděpodobně vlivem zakyselení pracujících svalů. Během krátkého výkonu do 50 s je energetické krytí pokryto dvěma na sebe navazujícími systémy. Po dobu začínajících 2-3 sekund dominuje ATP-CP systém, následně dominanci přebírá anaerobní glykolýza (Botek et al., 2017). Zlepšením pufrovací kapacity lze zlepšit tento typ výkonu, a tím nebude docházet k poklesu výkonu hned ze začátku. K trénování pufrovací kapacity a větší síly můžeme použít test AN20 na plaveckém ergometru, který odpovídá sprintu na 50 m. Plavecký ergometr můžeme dále využít k trénování síly, k diagnostice a také k rehabilitaci (Maglischo, 2003).

V synchronizovaném plavání můžeme plavecký ergometr využít v průběhu předpřípravného i přípravného období ke zjištění výkonu svěřenkyň, v rámci zátěžového testování, posilování, oddálení nástupu acidózy, ke zlepšení pufrovací kapacity, nácviku a trénování horních končetin, potřebných pro udržení se ve vodě, jak ve svislých polohách hlavou dolů, tak při horizontální poloze na hladině.

Použitelnost plaveckého ergometru ve spojitosti s výkonem ve vodě bude potřeba zkoumat v dalších výzkumech, které budou brát v úvahu i samotný výkon v synchronizovaném plavání, čímž bych ráda popsala možné asociace mezi anaerobním testem a výkonem plavkyň přímo při svém typickém pohybovém projevu.

Pro porovnání naměřených hodnot u probandů v této práci s jinou byla použita studie Matúše a Labudové (2010). Ti měřili také na plaveckém ergometru, test AN10 soupaž (10 maximálních záběrů soupaž). Do jejich výzkumného souboru bylo zapojeno 10 synchronizovaných plavkyň, v rozmezí od 16 do 20 let.

Kritériem, sledovaným u obou měření, byl průměrný výkon ve wattch. Ke vzájemnému porovnání nám z této bakalářské práce posloužila pouze první polovina testu (H1). U probandů Matúše a Labudové (2010) byla průměrná hodnota 111,6 W. Průměrná hodnota v této bakalářské práci byla 110,64 W, průměrný výkon první poloviny testu (H1) byl asi o 0,9 % nižší v porovnání s prací Matúše a Labudové (2010).

7 ZÁVĚRY

Tato bakalářská práce se zabývala testováním synchronizovaných plavkyň na plaveckém ergometru a korelací výsledků z ergometru a plaváním na 50 m kraul a prsa.

- Průměrný výkon v testu AN20 (soupažný záběr na plaveckém ergometru) činil u testovaného souboru synchronizovaných plavkyň 1,98 W/kg na jeden záběr, průměrný moment síly byl 136 Nm.
- Největší moment síly je v testu AN20 vyvíjen ve 2.-4. záběru, poté kontinuálně klesá, což je patrné i při rozdělení záběrů do jednotlivých čtvrtin. Při rozdělení testu na 10 a 10 záběrů je mezi první a druhou polovinou testu statisticky významný rozdíl ($p = 0,001$), zároveň ale také velmi vysoká korelace ($r = 0,95$; $p = 0,001$).
- Průměrný výkon v testu AN10 (záběr jednou paží) činil 1,13 W/kg u dominantní končetiny a 1,07 W/kg u nedominantní. Odpovídající moment síly byl 78,33 Nm, resp. 74,50 Nm.
- Moment síly v testu AN10 postupně klesá u dominantní horní končetiny z 87 Nm na 72 Nm a u nedominantní z 81 Nm na 69 Nm, přičemž shodně se dosahuje největšího momentu síly v 2. záběru. I zde je v obou případech mezi polovinami testu statisticky signifikantní rozdíl ($p = 0,001$) i korelace ($p = 0,001$).
- Statisticky významné korelace mezi tělesnými rozměry a plaváním na 50 m byly zjištěny u BMI ($p = 0,025$) a plaveckého způsobu kraul.
- Významná korelace mezi tělesnými rozměry a testem na 20 záběrů soupaž se projevila u hmotnosti/výšky nebo BMI v celkovém součtu momentu síly na 20 záběrů, průměrného momentu síly na jeden záběr a u průměrného výkonu na jeden záběr.
- U tělesných rozměrů a testu na 10 záběrů dominantní horní končetinou vyšly signifikantně významné korelace u věku ($p < 0,003$), hmotnosti ($p = 0,018$) a BMI ($p = 0,025$) na 50 m kraul.
- Při testování na 10 záběrů levou horní končetinou na plaveckém ergometru s tělesnými rozměry, vyšla signifikantně významná korelace na 50 m kraul s hmotností/věkem a BMI, z toho vyplývá, že čím jsou závodnice starší, tím jsou rychlejší.
- Při porovnání deseti záběrů dominantní a nedominantní horní končetinou zjišťujeme signifikantní rozdíl v momentu síly ($p = 0,003$) a v absolutním i relativním výkonu ($p = 0,004$) ve prospěch dominantní končetiny. V době trvání testu rozdíl zjištěn nebyl.

- Zároveň spolu výsledky deseti záběrů dominantní a nedominantní paží úzce korelují v momentu síly ($r = 0,94$; $p = 0,001$), trvání testu ($r = 0,83$; $p = 0,001$) absolutním ($r = 0,91$; $p = 0,001$) i relativním ($r = 0,84$; $p = 0,001$) výkonu.
- Souvislosti mezi využitím plaveckého ergometru a synchronizovaným plaváním můžeme nacházet především u záběru soupaž, který se používá například při dynamickém výpichu ve vodě nebo při udržení svislé polohy ve vodě. Propojení testu AN10 záběrem jednou horní končetinou a synchronizovaným plaváním by se dalo použít při učení a nácviku jednotlivých pohybů rukou jak na suchu, tak i ve vodě, popř. při sledování souměrnosti mezi silou pravé a levé horní končetiny.

8 SOUHRN

Hlavním cílem bylo ověření možností využití plaveckého ergometru v tréninkovém procesu plavkyň trénovaných na estetický výkon (synchronizované plavání). Mezi jednotlivé cíle jsme zařadili rozbor průměrné síly a času na 20 záběrů (test AN20), na 10 záběrů dominantní horní končetinou a na 10 záběrů nedominantní horní končetinou (test AN10). Měření se zúčastnilo 21 probandů a testy byly provedeny v laboratořích a v bazénu aplikačního centra Baluo na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. K testování nám sloužil přístroj Biometer Isokinetic Trainer. Získaná data byla poté statisticky vyhodnocována pomocí Pearsonova korelačního koeficientu a párového T-testu.

Práce se dělí na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsme se zabývali především historií plavání, synchronizovaného plavání, plaveckými způsoby, fyziologickými a anatomickými aspekty plavání, sportovním výkonem a zátěžovým testováním.

Praktická část obsahuje výsledky našeho výzkumu a jejich interpretaci. Nejvíce jsme se zaměřili na zkoumání velikost momentu síly a jeho vývoj. Dále se tato práce zabývá parametry jako je doba trvání testu na 20 a 10 záběrů. Také nás zajímaly vzájemné vztahy mezi parametry testu a tělesnou hmotností, mezi parametry testu a plaváním a mezi plaváním a tělesnými rozměry. Všechny zmíněné parametry se na plaveckém ergometru měřily se středním odporem.

Z výsledků výzkumů vyplývá důležité zjištění, a to, že u nedominantní horní končetiny je daleko výraznější pokles momentu síly než u končetiny dominantní. Pro schopnost dodržet souměrnost pohybu v uměleckém plavání je tudíž nezbytné nedominantní končetinu více posílit. Nejvyšších hodnot z pohledu momentu síly bylo dosaženo ve 2. záběru, zároveň u všech měření dochází v jeho 2. polovině k poklesu sil. Možnosti využití testování synchronizovaných plavkyň na plaveckém ergometru se tedy ukázaly především u záběru soupaž, který se nejvíce shoduje se specifickým záběrem tohoto sportu, s „barracudou“ neboli s dynamickým vyražením z vody. Záběr soupaž se zároveň podobá ploutvovému pohybu rukou (tzv. scullingu) nebo americkým rukám (tzv. support scull).

9 SUMMARY

The main objective was to verify the possibility of using a swimming ergometer in the training process of female swimmers trained for aesthetic performance (synchronized swimming). The individual objectives included the analysis of average power and time for 20 strokes (AN20 test), for 10 strokes with the dominant upper limb and for 10 strokes with the non-dominant upper limb (AN10 test). 21 probands participated in the measurements and the tests were performed in the laboratories and in the pool of the Baluo application centre at the Faculty of Physical Culture of Palacky University in Olomouc. The Biometer Isokinetic Trainer was used for testing. The obtained data were then statistically evaluated using Pearson correlation coefficient and paired T-test.

The work is divided into theoretical and practical parts. In the theoretical part, we mainly discussed the history of swimming, synchronized swimming, swimming methods, physiological and anatomical aspects of swimming, sports performance and stress testing.

The practical part contains the results of our research and their interpretation. We focused most on investigating the magnitude of the moment of force and its evolution. Furthermore, this work deals with parameters such as the duration of the test for 20 and 10 strokes. We were also interested in the correlations between test parameters and body weight, between test parameters and swimming, and between swimming and body measurements. All of the mentioned parameters were measured on the swimming ergometer with moderate resistance.

An important finding from the research results is that the non-dominant upper limb has a much more pronounced decrease in moment of force than the dominant limb. Therefore, to be able to maintain symmetry of movement in artistic swimming, the non-dominant limb must be strengthened more. The highest values in terms of moment of force were achieved in the 2nd stroke, at the same time all measurements show a decrease in force in the 2nd half of the stroke. Therefore, the possibilities of using the synchronized swimmer ergometer testing were especially evident in the push-up stroke, which most closely matches the specific stroke of the sport, the „barracuda" or dynamic lunge out of the water. At the same time, the backstroke is similar to the sculling or support scull.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Alentejano, T. C., Bell, G. J., & Marshall, D. (2012). A comparison of the physiological responses to underwater arm cranking and breath holding between synchronized swimmers and breath holding untrained women. *Journal of Human Kinetics*, 32, 147–156.
- Anderson, M., Hopkins, W., Roberts, A., & Pyne, D. B. (2006). Monitoring seasonal and long-term changes in test performance in elite swimmers. *European Journal of Sport Science*, 6(3), 145–154.
- Astrand, P. O., & Englesson, S. (1972). A swimming flume. *Journal of Applied Physiology*, 33(4), 514. doi:10.1152/jappl.1972.33.4.514.
- Bante, S., Bogdanis, G., Chairopoulou, C., & Maridaki, M. (2007). Cardiorespiratory and metabolic responses to a simulated synchronized swimming routine in senior (>18 years) and comen (13-15 years) national level athletes. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 47(3), 291-299.
- Bartlet, R. (2007). *Introduction to sports biomechanics: Analysing human movement patterns* (2nd ed.). New York: Taylor & Francis e-Library.
- Bartůňková, S., Heller, J., Kohlíková, E., Petr, M., Smitka, K., Šteffl, M., & Vránová, J., (2013). *Fyziologie pohybové zátěže*. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- 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. *Journal of Human Sport and Exercise*, 11(1), 148.
- Botek, M., Neuls, F., Klimešová I., & Vyhnánek, J. (2017). *Fyziologie pro tělovýchovné obory (vybrané kapitoly, část I.)*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Brisola, G. M. P., et al. (2017). Effects of 4 weeks of β -alanine supplementation on swim-performance parameters in water polo players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 12(7), 43–950.
- Cibulka, O., & Vostárková, K. (2014). *Pravidla synchronizovaného plavání*. Praha: Český svaz plaveckých sportů.
- Costa, M. J., Balasekaran G., Vilas-Boas J. P., & Barbosa T. M. (2015). Physiological adaptations to training in competitive swimming: A systematic review. *Journal of Human Kinetics*, 49(1), 179–194.

- Costa M. J., Bragada J. A., Marinho D. A., Lopes V. P., Silva A. J., & Barbosa T. M. (2013). Longitudinal study in male swimmers: A hierarchical modeling of energetics and biomechanical contributions for performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(4), 614–622.
- Counil, L. (2015). Field dependence and orientation of upside-down posture in water. *Perceptual & Motor Skills*, 120(1), 15–24.
- Čechovská I., & Miler, T. (2008). *Plavání* (2nd ed.). Praha: Grada.
- Dalamitros 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.
- Davies B, Donaldson G, Joels N. (1995). Do the competition rules of synchronized swimming encourage undesirable levels of hypoxia? *British Journal of Sports Medicine*, 29(1), 16–19.
- Dodigović, L., & Sindik, J. (2015). Comparison of selected health and morphological parameters between classic swimming and synchronized swimming. *Sport Scientific & Practical Aspects*, 12(2), 5–9.
- Faltusová, H., & Klečková, J. (1972). *Základy uměleckého plavání*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- FINA (2018). FINA Artistic swimming manual for judges and coaches & referees. FINA. Retrieved 20. 05. 2021 from the World Wide Web: https://resources.fina.org/fina/document/2021/02/03/4d9cd6d0-5146-44ae-bf94-4ac757eaf34b/fina_as_manual_-_updated_august_2018_0.pdf.
- FINA (2017). *FINA Artistic Swimming Rules*. FINA. Retrieved 25. 02. 2021 from the World Wide Web: https://www.fina.org/sites/default/files/2017-2021_as_rules_-_16032018_full.pdf.
- Fendrichová, P. (2021). *Kondiční příprava v synchronizovaném plavání*. Brno: Masarykova univerzita.
- Giehl, J., & Hahn, M. (2000). *Plavání*. České Budějovice: KOPP.
- Gore, C. J. (2000). *Physiological tests for elite athletes*. Champaign: Human Kinetics.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press.
- Hájek, J. (2001). *Antropomotorika*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.
- Havlíčková, L., Bartůňková, S., Brandejský P., Hájková, M., Havlíčková, L., Heller, J., Matolín, S., Melichna, J., Nohejl, J., Vránová, J., & Zelenka, V. (1993). *Fyziologie tělesné zátěže II. Speciální část -1. díl*. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- Hofer, Z., Felgrová, I., Jasan, L., & Smolík, P., (2016). *Technika plaveckých způsobů*. Praha: Univerzita Karlova.
- Hoch, M., et al. (1968). *Plavání*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.

- Homma, M. (1994). *The components and the time of 'face in' of the routines in synchronized swimming, in Medicine and science in aquatic sports*. Karger Publishers. p. 149–154.
- Hrbáčová, T. (2011). *Sportovní příprava českých reprezentantek synchronizovaného plavání v sezóně 2009/2010*. Diplomová práce, Masarykova Univerzita, Fakulta sportovních studií, Brno.
- Kovařovic, K., Felgrová, I., & Peslová, E. (2009). *Plavání. Plavecké sporty a plavání ve vícebojích*. Praha: Karolinum.
- Lavin, K. M. et al. (2015). Controlled-frequency breath swimming improves swimming performance and running economy. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 5(1), 16–24.
- Lehnert, M., Botek, M., Sigmund, M., Smékal, D., Šťastný, P., Malý, T., Háp, P., Bělka, J., & Neuls, F. (2014). *Kondiční trénink*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Lukáčová, V. (2018). *Chronografická analýza tréninkových jednotek v synchronizovaném plavání u mladších zákyň*. Diplomová práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Lundy, B. (2011). Nutrition for synchronized swimming: A review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 21, 436–445.
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fastest*. Human Kinetics.
- Mandic, G. F., Peric, M., Krzelj, L., Stankovic, S., & Zenic, N. (2013). Sports nutrition and doping factors in synchronized swimming: parallel analysis among athletes and coaches. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(4), 753–760.
- Matúš, I., & Labudová, J. (2010). Analýza úrovně silových schopností synchronizovaných plavkyň. *Studia Sportiva*, 4(1), 43–52.
- Millet G. P. et al. (2010). Combining hypoxic methods for peak performance. *Sports Medicine*, 40(1), 1–25.
- Motyčka, J. et al. (2001). *Teorie plaveckých sportů*. Brno: Masarykova univerzita.
- Mountjoy, M. (2009). Injuries and medical issues in synchronized olympic sports. *Current Sports Medicine Reports*, 8(5), 255-261.
- Neuls, F., Svozil, Z., Viktorjeník, D., & Dub, J. (2013). *Plavání: (Příručka pro studující tělovýchovné obory)*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Neuls, F., Viktorjeník, D., Dub, J., Kunicki, M., & Svozil, Z., (2018). *Plavání (teorie, didaktika, trénink)*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Olstad, B. H., Bjørlykke, V., & Olstad, D. S. (2019). Maximal heart rate for swimmers. *Sports*, 7(11), 235

- Peric, M., Zenic, N., Mandic, G. F., Sekulic, D., & Sajber, D. (2012). The reliability, validity and applicability of two sport-specific power tests in synchronized swimming. *Journal of Human Kinetics*, 32, 135–145.
- Polívková, M. (2001). *Antropometrické charakteristiky a motorické předpoklady u závodnic synchronizovaného plavání*. Diplomová práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Reguli, Z., & Ševčíková, L. (2011). Teorie a didaktika plavání. Retrieved 20. 5. 2023 from [https://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/didaktika plavání](https://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/didaktika%20plavani).
- Robertson, S., Benardot, D., & Mountjoy, M. (2014). Nutritional recommendations for synchronized swimming. *International Journal Of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 24(4), 404-413.
- 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.
- Smith, D. J., Norris, S. R., & Hogg, J. M. (2002). Performance evaluation of swimmers. *Sports Medicine*, 32(9), 539-554.
- Stager, J.M., & Tanner, D. (2005). *Swimming. Handbook of sports medicine and science* (2nd ed.). Bloomington: Blackwell Science.
- Stanković, S., Milanović, S., Marković Ž. (2015). Use of basic synchronized swimming techniques in non-swimmers trainings. *Activities in Physical Education and Sport*, 5(1), 82-85.
- Struhár, I., Novotný, J., Bernaciková, M., Kapounková, K., Pospíchal, V., & Tomášková, I. (2019) *Zátěžová diagnostika v tělovýchovné a sportovní praxi*. Brno: Masarykova univerzita.
- Šimonek, J. (2015). *Testy pohybových schopností*. Nitra: Pandan.
- TIBCO (2018). *TIBCO Statistica™ Statistica - R integration: features and options*. Retrieved 20. 05. 2021 from the World Wide Web: https://docs.tibco.com/pub/stat/13.4.0/doc/pdf/TIB_stat_13.4_R_Integration.pdf?id=2.
- Vašíčková J, Neumannová K, Svozil Z. (2017). The effect of respiratory muscle training on fin-swimmers' performance. *Journal of Sports Science in Medicine*, 16(4), 521–526.
- World Aquatics. (2022). *Artistic swimming manual for judges, technical controllers, referees and coaches*. Retrieved 20. 05 .2023 from the World Wide Web: Microsoft Word-AQUA AS MANUAL_15 JUNE 23.docx (fina.org).

11 PŘÍLOHY

11.1 Ukázka informovaného souhlasu pro zákonného zástupce

Obrázek 5

Informovaný souhlas pro zákonného zástupce

Informovaný souhlas
(pro zákonného zástupce)

NÁZEV STUDIE (PROJEKTU): Využití plaveckého ergometru pro testování souboru synchronizovaných plavkyň

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s účastí mé dcery ve výzkumné studii.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se od mé dcery očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumným dotazníkovým šetřením.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že účast ve studii může má dcera kdykoliv přerušit či od šetření odstoupit. Její účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s výslovným souhlasem účastníka.
5. Porozuměl jsem tomu, že jméno dcery se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis rodiče účastníka:

Podpis výzkumníka pověřeného touto studií:

Půžhová

Datum: 30.5.2023

Datum: 30.5.2023

11.2 Ukázka informovaného souhlasu

Obrázek 6

Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

NÁZEV STUDIE (PROJEKTU): Využití plaveckého ergometru pro testování souboru synchronizovaných plavkyň

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Pokud je studie randomizovaná, beru na vědomí pravděpodobnost náhodného zařazení do jednotlivých skupin lišících se léčbou.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl(a) jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Podpis výzkumníka pověřeného touto studií:

Pízková

Datum: 30.5.2023

Datum: 30.5.2023