

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Transfer silových předpokladů do provedení záběrových pohybů
plaveckého způsobu kraul**

Školitel a vedoucí práce:
prof. Ing. Václav Bunc, CSc.

Vypracoval:
Mgr. Daniel Jurák

Obor: Kinantropologie

Pracoviště:
UK FTVS Laboratoř sportovní motoriky, Katedra plaveckých sportů

Praha 2018

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracoval samostatně a použil jsem pouze literaturu uvedenou v seznamu bibliografických citací.

V Praze, dne

podpis

Souhlasím se zapůjčením své disertační práce ke studijním účelům. Prosím, aby byla vedena evidence vypůjčovateli, kteří musí řádně citovat prameny převzaté literatury.

Jméno a příjmení: Fakulta/katedra: Datum vypůjčení: Podpis:

.....

Tímto bych chtěl poděkovat svému školiteli prof. Ing. Václavu Buncovi, CSc. za odborné a trpělivé vedení při zpracování disertační práce. Dále bych chtěl poděkovat PaedDr. Josefovi Horčicovi, PhD., a panu Karlu Zelenkovi, bez kterých bych nebyl schopen realizovat testování na Biokineticu a rovněž kolegům z Laboratoře sportovní motoriky a kolegyním z Katedry plaveckých sportů UK FTVS.

Abstrakt

Název: Transfer silových předpokladů do provedení záběrových pohybů plaveckého způsobu kraul

Cíl: Cílem práce bylo ověřit, zda řízená intervence, jejímž obsahem je nespecifické a specifické posilování horních končetin na suchu a ve vodě, pozitivně ovlivní transfer svalové síly do plavecké techniky a plaveckého výkonu.

Metody: K zjištění síly horních končetin jsme použili plavecký тренаžér Biokinetic.

K zajištění maximálního plaveckého výkonu jsme provedli test na 50 m, ze kterého jsme dále vypočítali frekvenci a délku záběru. Data byla zpracována v programu SPSS 21,0, s využitím analýzy rozptylu (ANOVA), párový t-test jsme využili k vyhodnocení rozdílu mezi sledovanými parametry.

Výsledky: Ve skupině, která intervenovala na suchu, jsme zjistili, že síla horních končetin statisticky významně ovlivnila celkový výkon, frekvenci záběru, délku záběru a rovněž i sílu horních končetin. Velkou míru věcné významnosti jsme zaznamenali u frekvence a v testu síly horních končetin. Délka záběru vykazala střední míru věcné významnosti. Ve skupině, která intervenovala na suchu a poté ve vodě, jsme zjistili, že rozvoj síly statisticky významně ovlivnil celkový výkon. Výsledky ostatních sledovaných proměnných nevykázaly statistickou významnost, míra věcné významnosti byla nízká.

Ve skupině, která intervenovala ve vodě, jsme zjistili, že rozvoj silové vytrvalosti statisticky významně ovlivnil celkový výkon a sílu horních končetin. Tyto výsledky byly potvrzeny i vysokou mírou věcné významnosti. Další výsledky již nebyly statisticky významné, ale míra věcné významnosti potvrdila pozitivní posun v technice plaveckého způsobu kraul. Frekvence záběru byla o 2,7 % nižší než v pretestu a délka záběru se prodloužila o 5,6 %. V porovnání výsledků skupiny Voda s výsledky skupiny Sucho a Sucho/Voda vyplývá, že z podmínek posilování, které jsme v našem výzkumu zvolili, posilování ve vodě vykazovalo největší míru pozitivního transferu, a to jak do plaveckého výkonu, tak i do plavecké techniky.

Klíčová slova: transfer, síla horních končetin, plavecký výkon, plavecká technika

Abstract

Topic: The Transfer of Strength Prerequisites to Execution of Crawl Swimming Technique Movements

Goals: The aim of the work was to verify whether the controlled intervention, which contains nonspecific and specific strengthening of the upper limbs in the dry and in the water, positively affects the transfer of the muscular force into the swimming technique and the swimming performance.

Methods: To determine the strength of the upper limbs, we used the Biokinetic device. To ensure maximum swim performance, we performed a 50-m test, from which we calculated the frequency and length of the swimming stroke. The data was processed in SPSS 21.0 program using the variance analysis (ANOVA), the pair t-test was used to evaluate the difference between the monitored parameters.

Results: We found that the Dry Group which did the strength exercises on dry land significantly influenced the overall performance, the swimming frequency, the length of the stroke and the strength of the upper limbs of swimmers without swimming career.

The Dry/Water Group that exercised in water and also on land significantly influenced the overall performance of the upper limbs of swimmers without swimming career. Results of the other controlled variables were not statistically significant.

We also found that the W Group which did the strength exercises only in the water significantly influenced the overall performance and strength of the upper limbs. These results were confirmed by a high degree of effect size. Other results were not statistically significant, but the degree of size effect confirmed a positive shift in crawl technique. The frequency of the stroke was 2.7% lower than in the pretest, and the length of the stroke was extended by 5.6%. When comparing the Water Group results with the Dry Group and Dry/Water Group results, we found that the Water Group had the highest positive transfer rate, both in swimming performance and in swimming technique of swimmers without swimming career.

Keywords: transfer, upper limb strength, swimming performance, swimming technique

Obsah

1 Úvod	9
2 Teoretická východiska	14
2.1 Vznik plavecké propulze	14
2.1.1 Výzkum Holta a Holta	17
2.1.2 Ferrellův výzkum	17
2.1.3 Bixlerův výzkum	18
2.1.4 Výzkum Toussainta	18
2.2 Charakteristika plaveckého výkonu	23
2.2.1 Obecné modely předpokladů ovlivňujících plavecký výkon	23
2.2.2 Specifické modely předpokladů ovlivňujících plavecký výkon	30
2.3 Plavecká technika	33
2.3.1 Kraulařská technika	34
2.3.1.1.1 Pohyb horních končetin	35
2.3.1.1.2 Přípravná fáze	38
2.3.1.1.3 Přejídná fáze	38
2.3.1.1.4 Záběrová fáze	39
2.3.1.1.5 Fáze přenosu	40
2.3.1.2 Dolní končetiny	41
2.3.1.3 Dýchání	42
2.3.1.4 Rotace těla a souhra	44
2.4 Rozvoj svalové síly v plaveckém pohybu	46
2.4.1 Svalová síla obecně	46
2.4.2 Svalová síla v plaveckém výkonu	48
2.4.4 Rozvoj svalové síly v režimu posilování na suchu	51
2.4.5 Rozvoj svalové síly v režimu posilování ve vodě	56
2.4.6 Rozvoj svalové síly v etapách plaveckého tréninku	60
2.5 Specifičnost a transfer síly	62
2.5.1 Problematika specifičnosti a transferu v pohybovém tréninku	62
2.5.2 Specifičnost cvičení a transfer v plaveckém tréninku	67
2.5.3 Dělení tréninkového cvičení podle míry specifičnosti	68
2.6 Bioenergetika plavání	71
2.6.1 Energetická spotřeba v plaveckém pohybu	71
2.6.2 Anaerobní a aerobní hrazení energie v plaveckém výkonu	73
2.6.3 Energetický výdej a aerobní/anaerobní kapacita	74

2.7	Kontrola trénovanosti a stanovení intenzity tréninkového zatížení	75
2.7.1	Invazivní metody zjišťování úrovně anaerobního prahu v plavání	77
2.7.2	Neinvazivní metody zjišťování úrovně ANP v plavání	78
2.8	Metody diagnostiky plavecké techniky	83
2.8.1	Plavecký krok	84
2.8.2	Výpočet délky a frekvence záběru	85
2.8.4	Dynamometrie a tachografie	86
2.8.5	Kinematografické vyšetřovací metody	88
2.8.7	3D analýza ve vodním prostředí	89
3	Cíl, vědecké otázky, hypotézy, úkoly práce	92
3.1	Cíl	92
3.2	Hypotézy	92
3.3	Úkoly práce	92
4	Soubor a metodika	93
4.1	Metody sběru dat	96
4.2	Organizace výzkumu	98
4.3	Charakteristika intervenčního silového programu	100
4.4	Zpracování dat	101
5	Výsledky	102
5.1	Pilotní studie	102
5.2	Změny v pohybové intervenci a typu posilovacího cvičení	108
5.3	Hlavní studie	108
6	Diskuse	113
6.1	Vliv tříměsíční intervence k rozvoji síly horních končetin na skupinu S a S/V	113
6.2	Vliv tříměsíční intervence rozvoje síly horních končetin na skupinu V	117
6.3	Hodnocení výsledků ve vztahu k hypotézám	120
6.3.1	Hodnocení nulové hypotézy a hlavních hypotéz	120
7	Závěr	120
8	Doporučení pro teorii a praxi	122
9	Seznam použité literatury	123
10	Seznam obrázků, grafů, tabulek a použitých zkratk	133
11	Přílohy	135

1 Úvod

V teorii didaktiky sportu, ale i ve sportovním tréninku se setkáváme s pojmem transfer, který odborná veřejnost vnímá jako přenos dříve naučené formy chování, vědomostí, dovedností do specificky zaměřeného chování, rozšíření vědomostí nebo využití dovedností ve složitějších koordinacích (Lehnert et al., 2014; Cronin et al., 2007). V etapě plavecké přípravy tuto skutečnost využíváme například ve výuce základních plaveckých dovedností, po jejichž zvládnutí dochází k postupné výuce plaveckých způsobů, obrátek a startů. V plaveckém sportovním tréninku transfer rovněž spojujeme i s procesy přenosu pohybových předpokladů, které sice lze realizovat na suchu, ale parametry cvičení nebudou zcela odpovídat parametrům pohybu a výkonu daného plaveckého způsobu a disciplíny. Transfer pohybových dovedností, ale i schopností v plaveckém tréninku úzce souvisí se specifickými podmínkami vodního prostředí.

Podmínky, které vodní prostředí poskytuje, mohou vést k různým cílům v jejich využití. Například závodní plavci, triatlonisté a pětibojaři se zaměřují na zlepšení maximálního výkonu ve zvolené plavecké disciplíně nebo plavecké části víceboje. Výkonnostní plavci se zaměřují na udržení nebo zvýšení tělesné kondice, s cílem zlepšit svůj individuální výkon. Část populace je vedena k naučení se základním plaveckým dovednostem a technikám, které vedou k bezpečnému zvládnutí vodního prostředí a k využití vodního prostředí k relaxaci a zábavě.

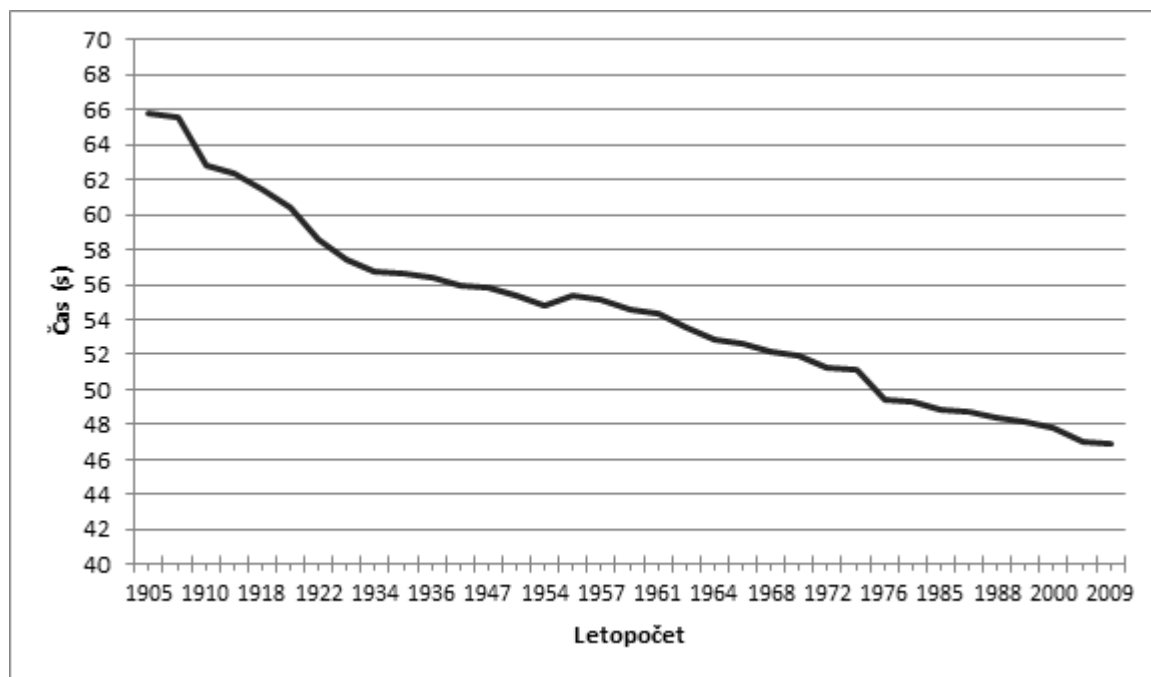
Ve vodním prostředí musí plavec opakovaně překonávat odpor vody, který pohybem těla ve vodě vzniká. Odpor vody plavec překonává svalovou silou v záběrových pohybech, které se pravidelně opakují. Velikost svalové síly vynakládané během záběru souvisí s měnícími se hydrodynamickými a biomechanickými podmínkami v průběhu pohybu plavce vodou a vytváří různě velkou hnací sílu, která přímo ovlivňuje úroveň a rychlost plavání.

Jedním z hlavních kritérií plaveckého výkonu je rychlost plavání, proto je zřejmé, že rozvoj schopností, které ovlivní tvorbu hnacích sil, hraje ve sportovní přípravě plavců prvořadou úlohu. K dosažení výkonu tedy potřebujeme zdokonalovat pohybové dovednosti, které souvisí se správnou koordinací provedení záběrových pohybů (techniku plavání) v souvislosti s hydrodynamickými zákonitostmi záběru, a zdokonalovat úroveň silově vytrvalostních schopností, které souvisí s opakovaným překonáváním odporu vody.

Hlavním cílem plaveckého tréninku je zvyšování tělesné kondice, jejíž úroveň je předpokladem k zlepšování maximálního výkonu. Zřetelný posun výkonu plavců v průběhu

100 let vidíme v grafu č. 1. Z výkonové křivky lze vysledovat postupné zlepšení plavecké techniky a zvýšenou úroveň pohybových předpokladů k plaveckému výkonu.

Graf č. 1 Výkon plavců v disciplíně 100 m volný způsob (FINA, 2016)



Schopnost zvýšit mechanickou práci v plaveckém výkonu je determinována množstvím energie, které jsou svalové buňky schopny uvolnit pracujícímu svalu. Zvýšení energetické poptávky vede ke zrychlené reakci několika úrovní metabolického systému, která je hrazena uvolňováním energie z ATP, CP bez účasti anaerobní glykolýzy (anaerobně alaktátový způsob), z ATP, CP s účastí anaerobní glykolýzy (anaerobně laktátový) a s účastí aerobní fosforylace glycidů a lipidů, která souvisí s výkonem v disciplínách plavaných na vzdálenost 50 až 1500 m (Maglischo, 2003).

Tvorba energie pro svalovou činnost v plaveckém pohybu souvisí s aktivací centrální nervové soustavy (CNS), která zároveň ovlivňuje techniku provedení plaveckého způsobu a celkovou koordinaci pohybu. CNS jako řídicí orgán zajišťuje přes periferní nervovou soustavu nejen realizaci a koordinaci pohybu, ale též interakci s vnějším prostředím. Během pohybu člověka ve vodě je důležitá propriorecepce, která pomáhá člověku vnímat jeho tělo, jeho polohu, pohyb a prostor, ve kterém se pohybuje. Proto je žádoucí, aby vzorec aktivace CNS během maximálního výkonu co nejvíc odpovídal charakteristice zatížení pohybového cvičení v tréninku. Vliv nervové soustavy je pro rozvoj síly nejdůležitější. Je pravděpodobné, že zvýšení síly může být dosaženo bez morfologických změn, ale již ne bez nervové adaptace (Enoka, 1988; Costa et al., 2012, 2013).

Silová vytrvalost je jednou z dominantních složek plaveckého výkonu, kterou definujeme jako schopnost opakovaně překonávat nebo brzdit nemaximální odpor, případně jej po delší dobu udržovat, bez snížení efektivity pohybové činnosti. Úroveň silové vytrvalosti závisí na úrovni maximální síly, na energetickém zásobení svalu a aktivaci CNS (Lehnert et al., 2018).

Koncepce rozvoje svalové síly v plaveckém tréninku se v posledních 50 letech příliš významně nezměnila. Ve většině tréninkových modelů se setkáváme s rozvojem všeobecné svalové síly, která je prováděna na suchu, a s rozvojem speciální svalové síly, která se uskutečňuje ve vodě. Rozvoj všeobecné a speciální svalové síly je ovlivněn specifickým a nespecifickým účinkem cvičení a jeho transferem do plaveckého výkonu (Counsilman a Counsilman, 1994; Olbrecht, 2000; Maglischo, 2003; Bottom, 2012).

Zvyšování svalové síly tréninkem ve vodě je omezené, protože podmínky vodního prostředí neumožňují dostatečně efektivně ovlivňovat obecnou silovou kapacitu plavce. Je to způsobeno vlastním odporem vodního prostředí, které má nižší efekt na rozvoj svalové síly než cvičení na suchu. Z těchto důvodů se část „specifického“ silového tréninku realizuje mimo vodní prostředí, i když víme, že tréninkem na suchu ztrácí své specifické podmínky (Juřina, 1984).

Manipulace s objemem a intenzitou cvičení na suchu je jednodušší a má větší efekt než v rozvoji síly ve vodě. Silová příprava na suchu může být velmi intenzivní a není omezována žádným jiným faktorem, který ve vodě rychlost plavání, a tím i odpor vody, vytváří (Clarys et al., 1974).

Přenos získané svalové síly posilovacím tréninkem na suchu do plaveckého výkonu ale není jednoznačný. Silově disponovaný plavec nemusí být nejrychlejší. Svalová síla je nutná, nikoliv postačující podmínka k dosažení maximálního výkonu. Výzkumy se zmiňují o tom, že test maximální svalové síly vztahované k plaveckému výkonu není významným prediktorem plaveckého výkonu (Stager, Tanner, 2005; Aspenes a Karlsen, 2012).

U plavce, který po dobu tří měsíců pravidelně posiluje a zlepší svůj maximální výkon o 0,4 s na 100m trati, přesně nevíme, v jakém poměru měla silová příprava na plavecký výkon rozhodující vliv.

Rovněž se můžeme setkat i s opačným efektem, který se u plavců objevuje. Velký důraz na rozvoj svalové síly v plaveckém tréninku může negativně ovlivnit techniku plavání a tím i výsledný maximální výkon. Nesprávně realizované posilování na suchu i ve vodě může vést k hypertrofii, k narušení rozsahu pohybu, ke snížení senzomotorického vnímání vodního

prostředí a tím i ke změně plavecké techniky. Tedy jde o stanovení minimálního objemu tréninku, který zajistí požadovanou úroveň svalové síly, která negativně neovlivní parametry techniky a výkonu. Ztráta senzomotorického vnímání vodního prostředí je nenahraditelná. Do určité míry sice může silová příprava na suchu probíhat pomocí imitovaných cvičení, nicméně vždy stojíme před problémem, jak tyto získané dovednosti a předpoklady využít v přirozených podmínkách plavání. Jedná se o problém přenosu (transferu) pohybových schopností a trénovanosti do zlepšení plaveckého výkonu (Maglischo, 2016, Zatsiorsky a Kraemer, 2014).

Rozvoj motorických dovedností se neobejde bez správné činnosti gnosticko-percepčních funkcí, které ovlivňují přenos motorických dovedností do výkonu (Kolář, 2018). To znamená, že nejsou-li podmínky tréninku stejné s prostředím, ve kterém je výkon realizován, tak například proprioceptivní funkce nebudou na vodní prostředí adaptovány.

Již v roce 1960 Zatsiorsky rozdělil přenos trénovanosti do výkonu na přenos přímý a nepřímý. Přímý přenos nastává tehdy, když účinek tréninku v jednom cvičení vede bezprostředně k příslušnému zlepšení výsledků v jiném cvičení. Nepřímý (zprostředkovaný) přenos nevyvolává zlepšení výkonu v jiném cvičení ihned, ale vytváří potenciální možnosti pro toto zlepšení (Zatsiorsky, 1960).

Přenos silových předpokladů do plaveckého výkonu se týká přenosu mechanické síly, tvořené pracujícím svalstvem, do plaveckého kroku (délka záběru, frekvence záběru, rychlost pohybu), který je generován převážně pohybem dolních a horních končetin. V momentě reakce záběrových ploch paží a nohou s vodou proti směru lokomoce dochází k tzv. propulzi (hnací síla, která vzniká oporou záběrových ploch horních a dolních končetin o vodu, a která se přenáší přes klouby na trup plavce), (Juřina, 1984; Colwin, 2002; Maglischo, 2003; Hofer et al., 2012).

V odborné literatuře (Counsilman a Counsilman, 1994) se setkáváme s principem „dynamické shody“. Tento princip říká, že silový trénink se musí shodovat s časovými a silovými charakteristikami závodního výkonu, co nejvíc je to možné. Rozvoj speciálních a obecných silových předpokladů v plavání se začal spojovat s rozvojem specifických a nespecifických posilovacích cvičení. Toto rozdělení souvisí s mírou shody průběhu a velikosti svalového zapojení při cvičení ve vodním prostředí (specifické) a na suchu (nespecifické). Při provádění cvičení jak ve vodním prostředí, tak i na suchu rovněž hovoříme o míře specifičnosti. To znamená, že do této kategorie bychom mohli zařadit i cvičení na suchu, která se budou svým průběhem, délkou trvání, mírou úsilí přibližovat provedenému pohybu ve

vodě, ale stále o něm budeme referovat jako o cvičení nespecifickém, tedy cvičení, které není uskutečňováno ve vodě (Costill, 2011).

Pro představu uvádíme cvičení na suchu s využitím speciálního trenažéru – Biokineticu. Parametry cvičení na Biokineticu, především co se týká svalového zapojení během záběru, frekvenci záběru, rychlosti záběru, budou podobné s plaveckým výkonem na 100 m kraul, ale v porovnání s výkonem ve vodě jsou rozdíly v jednotlivých parametrech záběru velmi významné. Jiná situace nastane v případě, kdy využijeme Biokinetic v rozvoji maximální síly horních končetin plaveckého způsobu prsa. Míra specifčnosti bude v této situaci vyšší pro cvičení na Biokineticu, než když plavec prsař sprinter poplave motiv kraulem s ploutvemi (Maglischo, 2003).

Řešením problematiky transferu svalové síly a jejího vlivu na celkový výkon plavce se zabývá mnoho odborníků. Jejich výzkum byl zaměřen především na měření specifické síly plavce během plavání nebo na vliv specifických posilovacích cviků na suchu a na jejich transfer do plaveckého výkonu (Cronin et al., 2007; Vorontsov et al., 2006; Gambetta, 1999; Klauck et al., 1997; Tanaka et al., 1994; Ciccone a Lyons, 1987; Schleihauf, 1983).

Některé z těchto studií ale naznačují, že posilovací trénink na suchu nemá vztah k plaveckému výkonu ve všech disciplínách. Trénink na suchu má významný vztah jen s výkonem na velmi krátkou vzdálenost, ale již ne na vzdálenosti, které vyžadují větší míru zapojení aerobního hrazení energie (Crowe et al., 1999; Trappe a Person, 1994; Sharp et al., 1982).

Další studie potvrdily, že účinek silového tréninku, který byl prováděn na suchu, je nižší než účinek silového tréninku uskutečňovaného ve vodě. Předmětem těchto výzkumů bylo zjistit míru specifčnosti jednotlivých cvičení na suchu a ve vodě na rozvoj svalové síly, a jejich vliv na plavecký výkon (Cronin et al., 2007; Breed a McElroy, 2000; Cossor, Blanksby, Elliott, 1999; Tanaka a Swensen, 1998; Bulgakova, Vorontsov, Fomichenko, 1990).

Z výsledků dlouhodobého výzkumu výše prezentovaných autorů a Tanaky et al., (1994) vyplývá, že nejúčinnější ze zkoumaných modelů posilování na suchu a ve vodě, je kombinace tréninku síly v semi-specifickém a specifickém modelu posilování, který má tendenci pozitivně ovlivnit plavecký výkon v disciplínách do 200 m.

2 Teoretická východiska

2.1 Vznik plavecké propulze

Plavecká lokomoce je charakteristická přerušovaným působením propulzních sil, jejichž velikost musí být dostatečná k překonání odporu vodního prostředí. Propulzní síly jsou tvořeny střídavými pohyby horních a dolních končetin, které způsobují kolísání rychlosti plavce. Nejčastěji používané plavecké způsoby využívají různých kombinací záběrových pohybů horních i dolních končetin a jsou charakteristické odlišnou frekvencí záběrů, odporem vodního prostředí a rychlostí pohybu, který přispívá k variabilnímu výkonu v plavání. Plavecká technika je tedy efektivnější, je-li kolísání okamžité rychlosti nejmenší (Motyčka, 1979; Pendergast et al., 2006).

Hydrodynamická poloha plavce je ovlivněna fyzikálními vlastnostmi vodního prostředí, rychlostí pohybu a hustotou lidského těla. Polohu těla při plavání ovlivňuje odpor těla, společně s hydrostatickým tlakem a hydrodynamickým vztlakem na trupu a horních i dolních končetinách. Hydrodynamická poloha a adaptace na mechaniku nádechu a výdechu do vody umožňuje efektivně provádět záběrové pohyby. Oporná plocha záběrových pohybů a svalová síla vytváří propulzní síly, které pomáhají plavci k pohybu vpřed. Plavecká technika je tedy ovlivněna specificitou vodního prostředí, biomechanickými a hydrodynamickými faktory (Hofer a kol., 2012; Juřina, 1984).

Významnou hnací složkou při plavání jsou síly vytvářené pohyby horních končetin, z nich nejúčinnější jsou pohyby ruky a předloktí. Na počátku 60. let minulého století plavečtí odborníci hledali způsob, jak teoreticky vysvětlit pohyb člověka ve vodě. Stále přetrvával názor, že pohyby paží plavců pod hladinou jsou stejné, jako pohyby hnacího kola u říčních parníků (Maglischo, 2003). Změna v názoru na plaveckou propulzi nastala až zveřejněním prací Counsilmana a Counsilmana, (1968) a Silvia (in Maglischo, 2003), kteří nezávisle na sobě potvrdili, že plavci nezabírají horními končetinami po přímce vzad, ale že záběrový pohyb horních končetin pod hladinou je veden po esovité křivce proti směru plavání, k podélné ose těla, a který je ukončen vytažením horní končetiny z vody, v první třetině stehů plavce. Oba tito odborníci navrhli, že k vysvětlení plaveckého záběru pod hladinou je vhodnější využít Newtonův třetí zákon akce a reakce. Newtonův třetí pohybový zákon vysvětluje, že každá akce, v našem případě opora ruky o hmotu vody, vytvoří stejnou reakci, tedy pohyb těla v opačném směru působení opory ruky.

“Reakce odporu vody na dlaň definovaná jako „reakce opory“ je dominantní hnací silou plavce a prostřednictvím celého řetězce segmentů horní končetiny se přenáší na trup plavce a vede jej do pohybu vpřed” (Hofer et al., 2012).

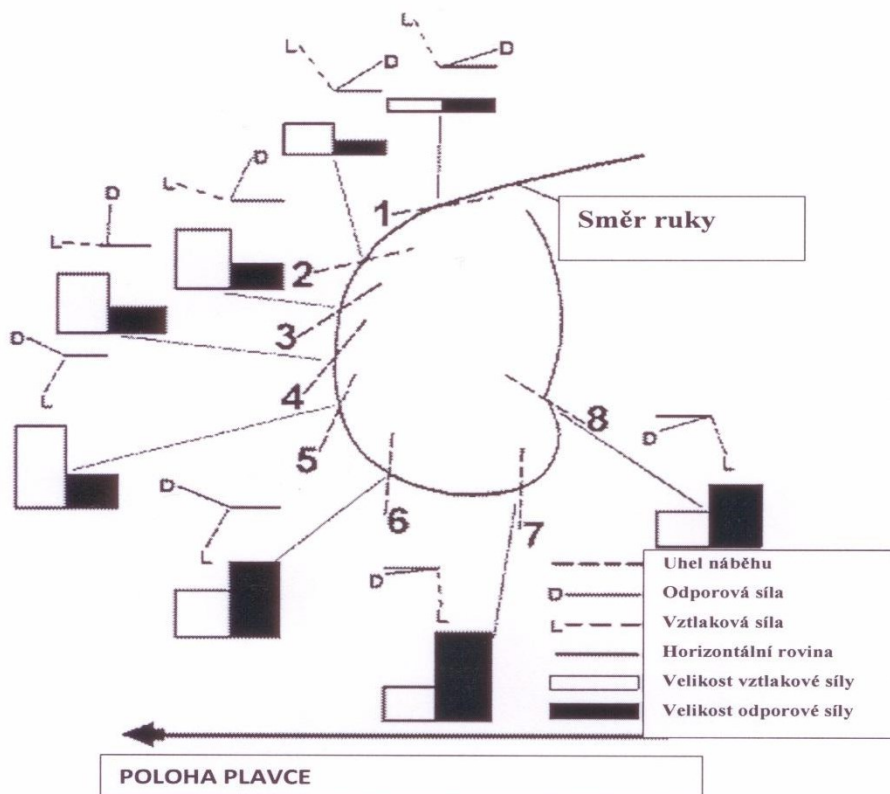
V 80. letech minulého století Brown a Counsilman (1971) pomocí filmové kamery natočili reálný průběh záběru horních končetin u kraulu. Ke znázornění pohybu použili zatemněný bazén s prosklenou stěnou. Plavec měl na distálních částech ruky připevněno malé světlo, které pod hladinou vykreslovalo průběh i směr pohybu prstů. Z analýzy záběrů Browna a Counsilmana (1971) vyplynulo, že kromě pohybu záběru rukou po diagonále se ruka i paže pohybuje laterálně a vertikálně. Analýza trajektorie záběrů u kraulové a motýlkové techniky ukázala, že plavci vedou záběr po třidimenzionální křivce, která vypadá jako písmeno (S). Záběr po esovité křivce zajišťuje větší propulzní síly, protože ruka plavce neustále přechází do oblasti klidné vody, která není zrychlována pohybem dlaně vzad, a tím je zajištěna maximální opora a propulze těla plavce vpřed (Obrázek č. 1).



Obr. č. 1 Průběh pohybu ruky po esovité dráze během záběru podle Counsilmana (1974).

Velikost hnací síly plavce při kraulu lze ovlivnit kromě „reakcí opory“ (hydrodynamickým odporem) ještě další hydrodynamickou silou, vznikající při pohybu ruky vodou. Tato síla, kolmá na směr odporu, byla pojmenována hydrodynamickým vztlakem v souladu s technickým názvoslovím, používaným v hydrodynamice tekutin (Hofer et al., 2012). Výsledná hydrodynamická síla, vzniklá vektorovým součtem odporu a

hydrodynamického vztlaku působící na ruce při vhodném vedení ruky vodou, byla schopná vytvořit ve směru pohybu plavce složku, jejíž velikost se přiblížila, případně byla větší, než reakce opory (Obrázek č. 2), (Wood, 1978; Hofer et al., 2012).



Obr. č. 2 Úhel ruky během záběrového pohybu podle Wooda (1978). D a L udávají směr působení odporové a vztlakové síly. Boxy ukazují relativní velikost jednotlivých sil v průběhu záběru.

V souvislosti s novým popisem techniky se hledal způsob, jak vysvětlit tvar trajektorie pohybu ruky. Z fyzikálních zákonů, které by vysvětlily diagonální pohyby paží, byla jako nejvhodnější shledána práce fyzika Daniela Bernoulliho z 18. století. Daniel Bernoulli vysvětlil vztah rychlosti proudícího vzduchu kolem křídlového profilu s různou délkou náběhových hran, přičemž výsledkem těchto různých délek byl rozdílný statický tlak mezi horní a spodní částí profilu (například křídla). Máme-li dostatečný rozdíl tlaků mezi horní a spodní částí křídlového profilu, dochází ke vzniku vztlakových sil, jejichž směr je dán tlakovým spádem za předpokladu, že proudění vzduchu je stálé. Nepřerušované proudění vzduchu kolem profilu vytváří mezní vrstvu, která má jasně daný směr a velikost (Maglischo, 2003).

Bernoulliho princip byl akceptován odbornou veřejností po dobu 30 let, protože poskytoval vědecky podložená fakta, která vysvětlovala trajektorii záběrového pohybu při

plavání (Schleihauf, 1979; Juřina, 1984, Maglischo, 2003; Colwin, 1992). Nicméně od roku 1990 někteří experti začali pochybovat o správnosti použití Bernoulliho principu na plaveckou propulzi, protože naměřené hodnoty hydrodynamického vztlaku neodpovídaly reálným hodnotám plavecké lokomoce (Colwin, 1992; Berger, Groot, Hollander, 1995; Bixler, Schoder, 1996; Sanders, 1999; Bixler, Riewald, 2002; Maglischo, 2003). Ve zkratce představíme čtyři studie, které svými výsledky vyvracejí platnost Bernoulliho principu vzniku vztlakových sil během plavecké propulze. Jsou to práce Holta a Holta in Maglischo (2003), Ferrella (1991), Bixlera a Riewalda (2002) a Toussainta, Van Den Berga a Beeka, (2002).

2.1.1 Výzkum Holta a Holta

Změna ve vnímání Bernoulliho principu odbornou veřejností byla postupná a souvisela s fyzikálními zákony aplikovaných ve vodním prostředí a s možnostmi kontroly proudění vody kolem dlaně a předloktí během záběrové fáze. Výzkum Holta a Holta (in Maglischo, 2003) řešil problematiku plavecké propulze přímo za pohybu plavce ve vodě. Skupina plavců plavala jedním plaveckým způsobem vzdálenost 100 yd, s použitím a bez použití plaveckých destiček připevněných ke hřbetu ruky. Účelem těchto plaveckých destiček bylo narušovat obtékání vody kolem hřbetu ruky tak, aby nedocházelo ke vzniku vztlakových sil. Zaznamenané časy plavců s upravenou plochou hřbetu ruky byly pouze o 2 % pomalejší než časy plavců plavajících bez úpravy. Tyto výsledky vedly autory k tvrzení, že Bernoulliho princip nehraje tak velkou roli v propulzi plavce, jak se původně předpokládalo.

2.1.2 Ferrellův výzkum

Ferrell (1991), použil tři sklolaminátové modely plavecké ruky. K těmto modelům připevnil krátké latexové proužky v délce 2,54 cm a s nimi pak pohyboval vodou. Proužky byly upevněny na dorsální straně ruky tak, aby se jejich druhý konec mohl volně pohybovat. Pro test byla zvolena rychlost proudění vody od 0,3 až k 3,0 m.s⁻¹, pod náběhovým úhlem od 0° do 40° ve dvou směrech. Všechny pokusy simulovaly záběr směřující k ose těla s palcovou náběhovou hranou. Bylo provedeno 45 pokusů, které zaznamenaly pohyb proužků v různých rychlostech a náběhových úhlech. Hypotéza vycházela z předpokladu, že existence mezní vrstvy, která je pro Bernoulliho princip nezbytná, povede k přitlačení proužků latexu k hřbetu ruky ve směru k malíkové hraně. A naopak, absence mezní vrstvy na náběhové hraně ruky povede k nepravidelnému pohybu proužků latexu.

Na základě rozboru těchto dat bylo zjištěno, že během pohybu ruky vodou dochází k turbulentnímu proudění vody kolem ruky. Vrstva vody kolem modelu byla neustále narušována i v případě, že se model pohyboval pomalu a pod různými úhly náběhu.

Z výsledků vyplývá, že během záběru paže vodou nedochází k tvorbě vztlakových sil na základě Bernoulliho principu, ale na základě Newtonova zákona akce a reakce nebo jiného principu, který zatím nebyl přesně definován (Ferrel, 1991).

2.1.3 Bixlerův výzkum

Bixler a Riewald (2002) vytvořili počítačový model (pomocí metody CFD – Computational Fluid Dynamics – simulace proudění tekutin) povrchu plavcovy ruky a paže, a matematickou analýzou vypočítal směr a rychlost tekutiny, změny tlaků v tekutině a jejich výsledný efekt na vztlakové a odporové síly během plaveckého záběru. Výsledky analýzy ukázaly, že voda se odtrhne od modelu ruky, aniž dojde k jeho obklopení a vytvoření mezní vrstvy. Nedochází-li tedy během pohybu ruky a paže vodou ke vzniku mezní vrstvy, pak ani Bernoulliho princip nelze k vysvětlení vzniku vztlakových sil použít.

2.1.4 Výzkum Toussainta

Toussaint, Van Den Berg a Beek, (2002) použili ke zjištění směru proudící vody kolem plavcovy ruky podobnou metodu jako Ferrel, (1991). Proužky ale nebyly připevněny na model ruky, ale na dorzální straně rukou a předloktí závodních plavců. Kamera zaznamenávala změny v proudění vody, k nimž docházelo v nízkých, středních a vysokých rychlostech. Výsledky analýzy ukázaly, že obtékající voda kolem předloktí a hřbetu ruky směřuje v průběhu záběru dolů, směrem ke špičkám prstů. Což neodpovídalo závěrům Bernoulliho principu. Rovněž vyšlo najevo, že „odtékající voda“ by měla mít opačný směr k pohybu předloktí a ruky během záběru. Na základě výsledků Toussainta, Van den Berga, Beeka, (2002), byla tekoucí voda, která směřovala po vnější straně horní končetiny, pojmenována jako axiální síla. Toussaint, Van Den Berg, Beek, (2002) se domnívají, že tato axiální síla by mohla být odpovědná za vznikající turbulenci kolem vnější části celé horní končetiny, v jejímž důsledku dochází k porušení mezní vrstvy, která je pro působení Bernoulliho principu nezbytná.

Výzkum Bernoulliho principu v nestálých podmínkách vodního prostředí

Na základě snahy vysvětlit vznik propulze v plaveckém pohybu byly použity různé metody. Nejcennější jsou experimenty, které probíhají v prostředí a za podmínek, které odpovídají skutečnosti. Naopak kritice byla podrobena metoda rovinné „2D“ analýzy, která byla použita k hledání velikosti vztlakové síly na vytvořeném modelu ruky a předloktí. Kritika směřovala především k náročnosti sběru dat a hlavně k vlastní metodě. S modelem ruky bylo vždy manipulováno v tzv. (steady state) ustáleném stavu, zatímco podmínky

propulze ve vodním prostředí odpovídají (quasi state) nestálému stavu. Poukazovalo se na výzkumy letu ptáků, hmyzu a pohybu ryb (Rushall et al., 1994; Colwin, 1992, 1999, 2002; Maglisho, 2003). V souvislosti s problematikou vzniku vztlakových sil se zájem odborníků přesunul na oblast spojenou s reakcí vodního prostředí na záběr ruky a předloktí (Toussaint, Van Den Berg, Beek, 2002; Colwin, 2002, Ungerechts, Persyn, Colman, 2000). Odborníky začalo zajímat, co indikují některé viditelné stopy v podobě vírů, které vznikají na začátku a na konci záběrů horních končetin (Colwin, 2002, Ungerechts, Persyn, Colman, 2000). Nebo jak vysvětlit nové skutečnosti týkající se proudění vody kolem předloktí a ruky během záběru (Toussaint, Van Den Berg, Beek, 2002).

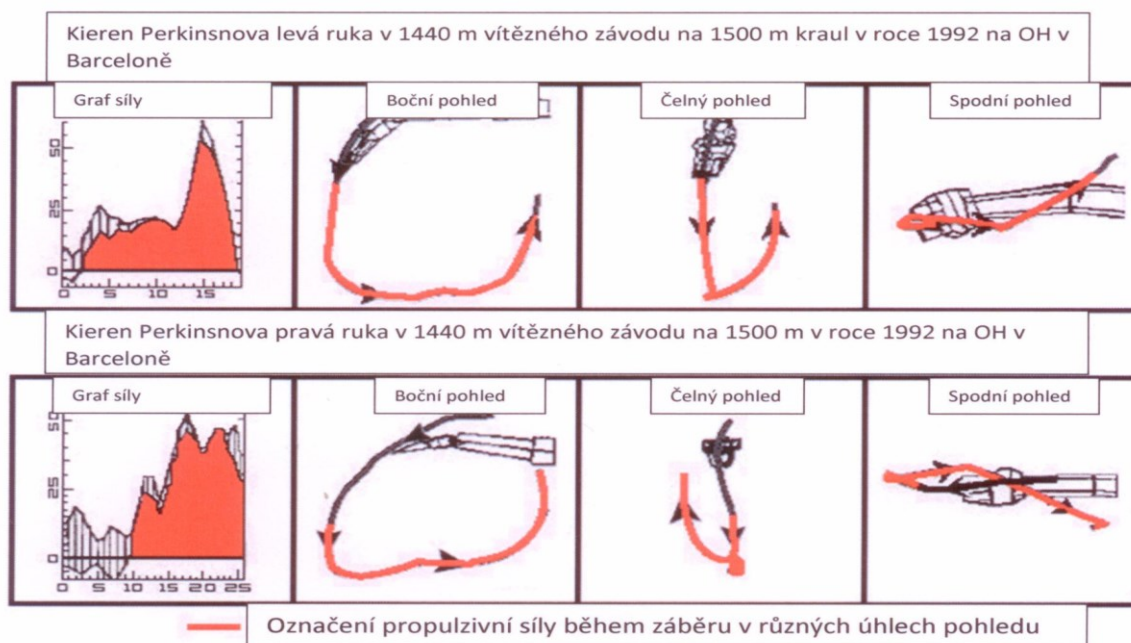
Souhrn k problematice vzniku plavecké propulze

V současné době plavečtí odborníci opustili verzi vysvětlení principu vzniku propulze na základě hydrodynamického vztlaku podle Daniela Bernoulliho. Největším argumentem pro zamítnutí této teorie bylo zjištění, že v průběhu záběru horní končetiny je proud vody kolem prstů a dlaně ruky nestabilní, neudrží konstantní směr a rychlost. Proud vody se pohybuje chaoticky a nevytváří mezní vrstvu proudění, která je pro vznik tlakového spádu nezbytná. V současnosti se odborná veřejnost přiklání k staronové variantě vzniku plavecké propulze, která uvádí, že dominantní silou v plaveckém záběru je hydrodynamický odpor vody a následně hydrodynamický vztlak.

V souvislosti s hledáním principu vzniku plavecké propulze by bylo zajímavé zjistit, jaký je přesný poměr hydrodynamického vztlaku a odporu v dalších plaveckých způsobech než jen u plaveckého způsobu kraul. Poslední navržené vysvětlení vzniku hydrodynamického vztlaku během záběrových pohybů ruky souvisí s působením tlakového spádu nebo teorií vírů (Toussaint, Van Den Berg, Beek, 2002; Colwin, 1999). Obě navržené teorie jsou předmětem dalšího zkoumání. Pro plaveckou veřejnost sice není tak důležité, jakým způsobem hydrodynamický odpor a vztlak vzniká, ale v odborné praxi se s touto problematikou setkáváme v procesu plavecké výuky. Teprve na základě porozumění plaveckému pohybu je možné volit efektivní způsob výuky daného plaveckého způsobu.

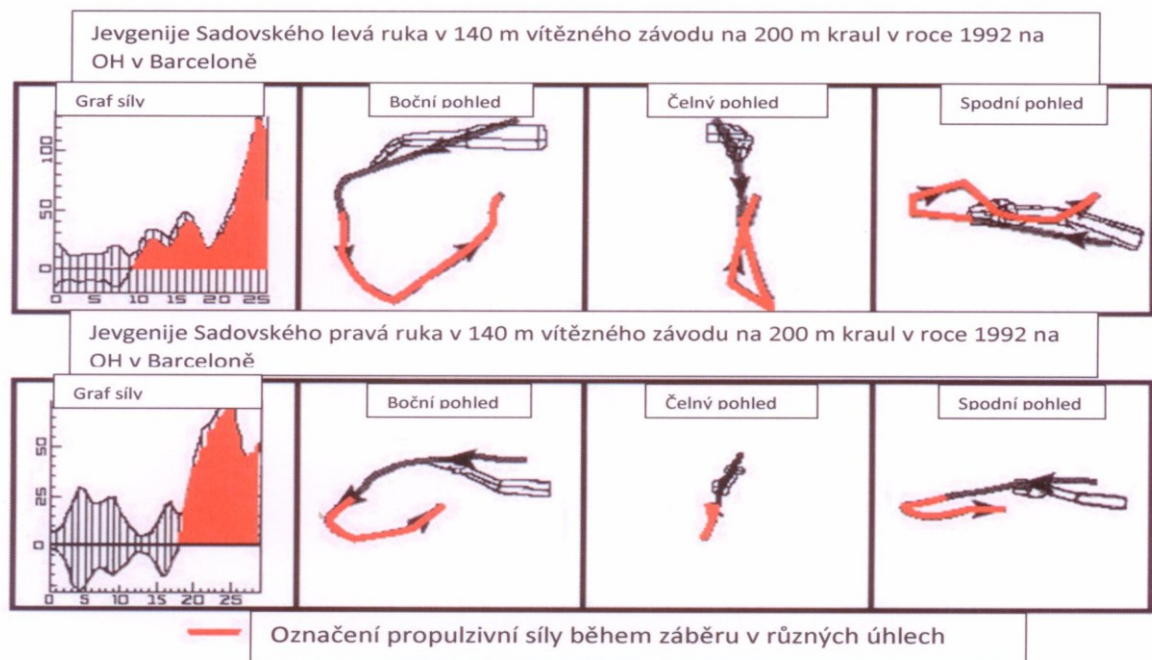
V současné praxi se ve výuce techniky kraulu stále zdůrazňuje průběh záběru po esovité křivce a to na základě dřívějších doporučení Counsilmana (1974). Dnes ale víme, že esovitý pohyb horních končetin během záběru je způsoben především pravidelným vytáčením trupu do stran. V průběhu záběrových pohybů horních končetin by mělo dojít k mírné abdukci a následně addukci, která je efektivnější než záběr vedený víc do stran a pod trup plavce. Analýza digitalizovaných snímků závodů v disciplínách 1500, 200 a 50 m kraul na OH

v Barceloně ukázala, že průběh záběrové fáze horních končetin je velice individuální. Z videozáznamů je patrné, že pravá i levá záběrová horní končetina se v průběhu záběrové fáze mohou od sebe lišit a to ve směru pohybu, vynaloženém úsilí a i délce záběrové fáze (obr. č. 3 a, b, c). V průběhu nácviku kraulové technik by se k těmto závěrům mělo přihlížet.



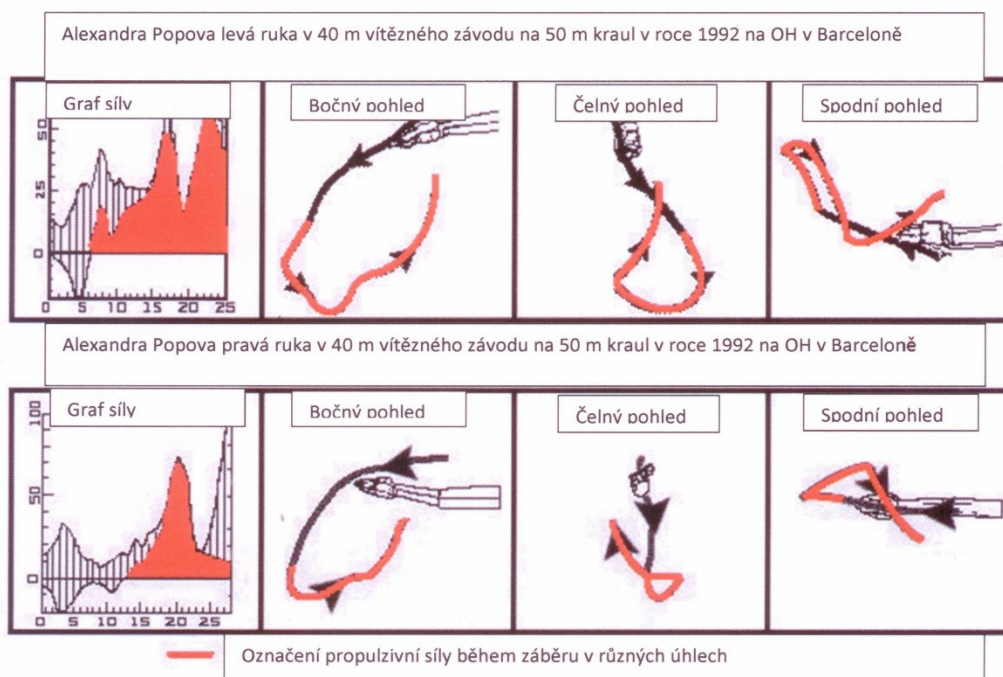
Obrázek č. 3a Rozdíly v trajektorii pohybu HK v průběhu záběrové fáze Kierena Perkinsna v disciplíně 1500 m kraul (Rushall, 2018).

Z grafu síly levé horní končetiny (HK) Kierena Perkinsna je patrné dřívější působení propulzivních sil. Fáze přechodu je zahájena v menší hloubce než u pravé HK (obr. č. 3a). Z grafu dále můžeme vyčíst, že fáze přitažení záběru je provedena menším svalovým úsilím, které se postupně zvyšuje v průběhu fáze odtlačení a rychle stagnuje ve fázi dokončení záběru. Záběr levou HK je charakteristický svalovým úsilím, které je rozloženo do jednoho vrcholu. Záběr pravé HK ukazuje, že s posunutím přechodné fáze, která je provedena později, se posouvá i svalové úsilí v průběhu fáze přitažení. Svalové úsilí v průběhu fáze přitažení a odtlačení je u pravé HK větší a je rozloženo do tří menších vrcholů. Z křivky záběru z čelního a spodního pohledu můžeme vyčíst větší vychýlování trupu v celkové koordinaci pohybu.



Obrázek č. 3b Rozdíly v trajektorii pohybu HK v průběhu záběrové fáze Jevgenije Sadova v disciplíně 200 m kraul (Rushall, 2018).

Z grafu síly levé horní HK Jevgenije Sadova je patrné pozdější působení propulzních sil (obr. č. 3b). Fáze přechodu je zahájena ve větší hloubce než u pravé HK. Z grafu můžeme vyčíst, že fáze přitažení a odtlačení má celkem tři vrcholy, kdy fáze přitažení je provedena menším svalovým úsilím s dvěma vrcholy a fáze odtlačení větším svalovým úsilím s jedním vrcholem až do fáze ukončení záběrového pohybu. Záběrová fáze levé HK je charakteristická svalovým úsilím, které je rozloženo do jednoho velkého a jednoho menšího vrcholu. Záběrová fáze pravé HK ukazuje, že přechodná fáze je provedena v menší hloubce, zajímavá je velice krátká a rychlá fáze přitažení a odtlačení, ve které Jevgenij vynakládá veliké svalové úsilí. Při porovnání křivek záběru Perkinsna a Sadova je patrný rozdíl ve směru záběrového pohybu z čelního a spodního pohledu, přípravná fáze Perkinsna směřuje vně od osy ramenní, Sadového HK směřuje dovnitř od osy ramenní.



Obrázek č. 3c Rozdíly v trajektorii pohybu HK v průběhu záběrové fáze Alexandra Popova v disciplíně 50 m kraul (Rushall, 2018).

Z grafu síly levé horní HK Alexandra Popova vidíme přiměřeně rozložené svalové úsilí ve třech nestejně velkých vrcholech (obr. č. 3c). Fáze přechodu je zahájena v menší hloubce než u pravé HK. V porovnání s grafem vynaloženého úsilí u Perkinsna a Sadova dokáže Popov vyvinout velké svalové úsilí v průběhu fáze přitažení a odtlačení. Průběh záběrové fáze levé HK je charakteristický délkou působení svalového úsilí, Popov je schopen udržet propulzní sílu po velkou část záběrové fáze pohybového cyklu. Záběrová fáze pravé HK ukazuje, že přechodná fáze je provedena ve větší hloubce. Při porovnání realizované síly obou HK vidíme, že pravá HK vynakládá velkou záběrovou sílu v kratším časovém úseku.

Rushall (2018) zhodnotil techniku kralu tří prezentovaných plaveckých disciplín a plavců následovně:

1. Dráha pohybu levé a pravé HK se u každého plavce liší, záběrové fáze jsou asymetrické.
2. Záběrová dráha pohybu HK se liší mezi plavci.
3. Velikost vynaložené síly HK je různá jak u jednotlivých plavců, tak i mezi plavci.
4. Směr pohybu ruky v průběhu záběrové fáze není stejný a „ideální“, ale zahrnuje fáze náhlých změn směru vlivem rotace trupu v průběhu celkové koordinace.

2.2 Charakteristika plaveckého výkonu

Dovalil (2009) definuje sportovní výkon jako souhrn vlivu vrozených dispozic, vlivu prostředí a záměrného tréninku, který vytváří psychofyzické předpoklady k různým typům sportovních činností. Chápe jej jako celek složený z dílčích vzájemně propojených částí (faktorů), které vytvářejí koncept struktury sportovního výkonu. Každý sportovní výkon je ovlivněn určitým počtem základních faktorů, do kterých řadíme: kondici, techniku, psychiku, taktiku, rámcové podmínky a další vnější podmínky.

2.2.1 Obecné modely předpokladů ovlivňujících plavecký výkon

První rozbor problematiky předpokladů ovlivňujících plavecký výkon u nás zpracoval Juřina (1978). Vymezil plavecký výkon do dvou samostatných rovin, ve kterých je měřítkem sportovního výkonu maximální rychlost, jakou je závodní trať plaváním překonána. Plavecký výkon je popisován jednak:

- v rovině individuálně maximálních možností každého plavce, která je charakteristická pro výkonnostní sport,
- v rovině absolutně nejvyšších výkonů, která je charakteristická pro sport vrcholový.

Juřina (1978) dále uvádí, že specifická sportovního tréninku plavce vychází z podstaty plaveckého výkonu a zvláštností prostředí, v němž výkon probíhá. Fyzikální vlastnosti vody ovlivňují polohu těla, která má vliv na činnost oběhového systému, dýchání a další analyzátoři, jako je sluch, zrak a hmat. Hydrostatický tlak vody mění obvyklé podmínky plynové výměny (ztěžuje výdech a nádech). Zvyšuje se energetický výdej, jelikož tepelná vodivost vody je až 25 x vyšší než na vzduchu. Vyřazení oporné funkce chodidla vede ke snížení statické rovnováhy a ke změnám v činnosti vestibulárního aparátu. Zvýšené nároky jsou kladeny na činnost proprioreceptorů a hmatového vnímání.

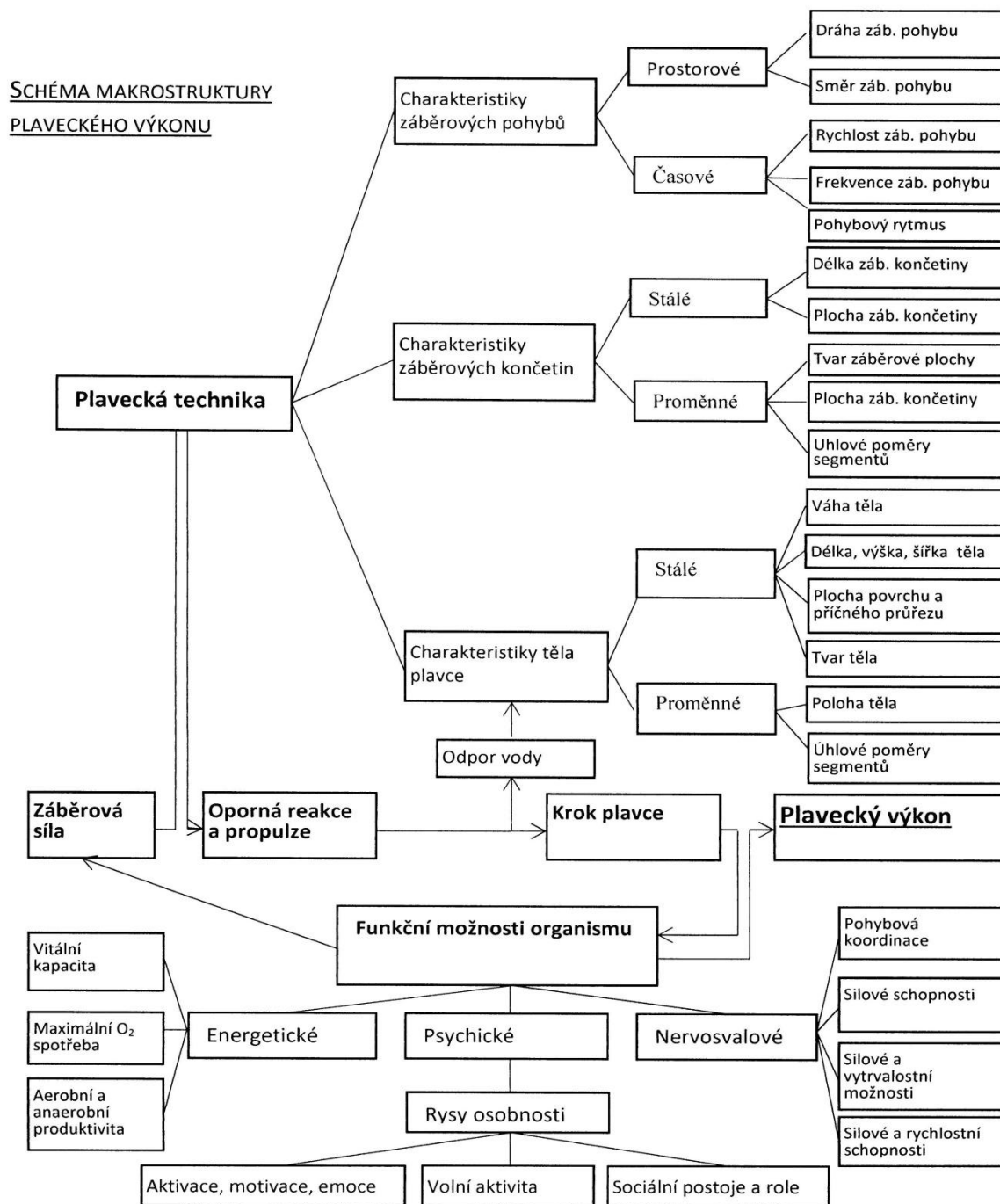
Na základě výše uvedených skutečností Juřina (1978) odvodil komplex faktorů, který podmiňuje plavecký výkon. Hovoří o specifické struktuře plaveckého výkonu, která má pro racionální řízení tréninku význam. Uvádí, že v plavání jde více méně o tři základní druhy faktorů, které podmiňují výkon plavce:

- první skupinu tvoří faktory antropometrické povahy. Jsou to váhové, délkové, objemové a plošné rozměry těla a končetin;
- druhou skupinu tvoří faktory, které vystupují jako získané vlastnosti, nebo jako výsledky dílčího adaptačního tréninkového působení. Zhruba je dělí na pohybové dovednosti, jejichž základ tvoří nervosvalové koordinace a pohybové schopnosti

(komplex silových, rychlostních, vytrvalostních a dalších kvalit), které jsou výrazem fyziologických změn v činnosti organismu;

- do třetí skupiny faktorů patří psychické, mentální a rozumové vlastnosti a schopnosti jedince.

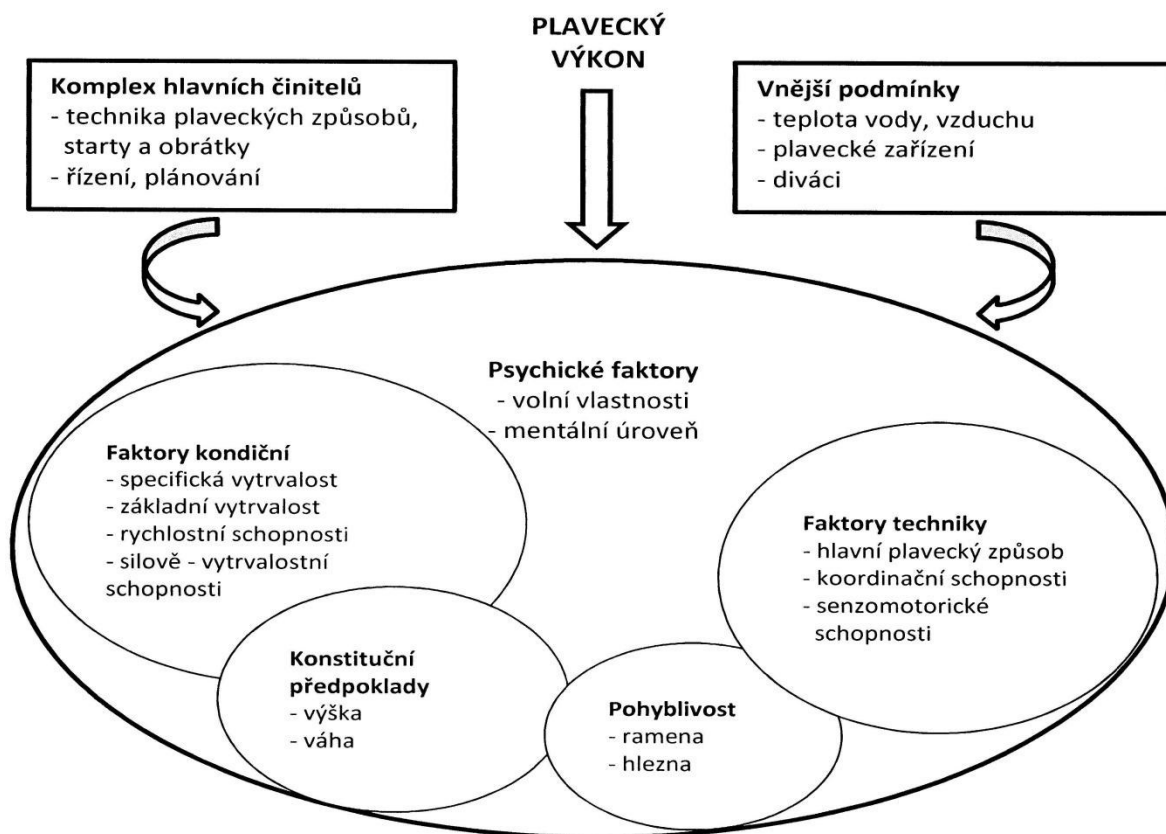
Juřina (1978) v rozboru struktury plaveckého výkonu vychází ze čtyř na sebe navazujících základních faktorů (záběrová síla, oporná reakce, plavecká propulze a plavecký krok), které propojuje do vztahů s dalšími faktory sportovního výkonu (obr. č. 4).



Obr. č. 4 Předpoklady ovlivňující plavecký výkon (Juřina, 1978).

Juřina (1978) v předpokladech ovlivňujících plavecký výkon upřednostňuje plaveckou techniku, která je ovlivňována záběrovou silou, opornou reakcí a propulzí, a má konečný vliv na plavecký krok. Všechny tyto proměnné jsou ovlivněny antropometrickými parametry a vlastnostmi vodního prostředí. Plavecký krok je dále ovlivňován funkčními možnostmi organismu a společně ovlivňují plavecký výkon.

Z dřívějších zahraničních prací, zabývajících se charakteristikou předpokladů, ovlivňujících plavecký výkon, jsme vybrali Schramma et al., (1987), který na rozdíl od Juřiny (1978) ovlivňuje plavecký výkon dvěma vnějšími a pěti vnitřními faktory. Do vnějších faktorů řadí Schramm et al., (1987) další podmínky, které mohou ovlivnit plavecký výkon a techniku všech plaveckých způsobů, startů a obrátek, s plánováním a řízením tréninku. Ve vnitřních faktorech preferuje vliv psychiky, který ovlivňuje všechny ostatní faktory související přímo s plaveckým výkonem (obr. č. 5).

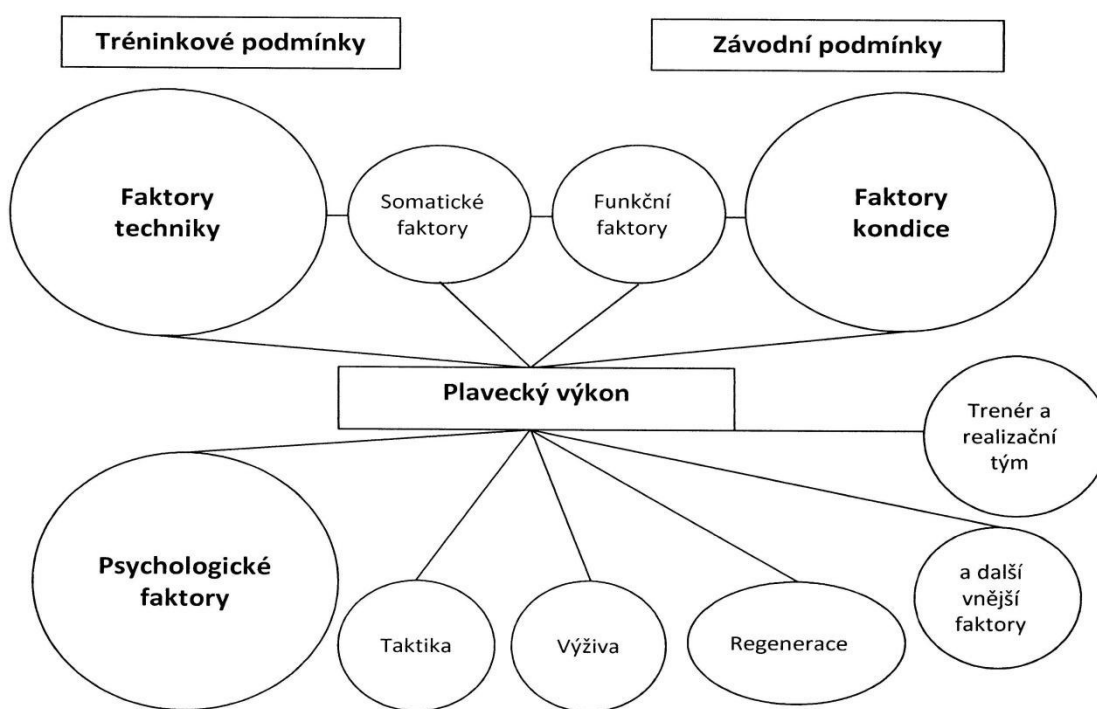


Obr. č. 5 Předpoklady ovlivňující plavecký výkon (Schramm et al., 1987).

V porovnání s Juřinou (1978), Schramm et al., (1987) představuje obecnější model struktury plaveckého výkonu. Juřina velice podrobně analyzuje faktory, které ovlivňují techniku plaveckého způsobu v daném plaveckém výkonu. Domníváme se, že k prezentaci obecných faktorů ovlivňujících plavecký výkon je Schrammův model vhodnější. Naopak

v prezentaci specifických faktorů, které ovlivňují přímo plaveckou techniku, je Juřinův model podrobnější.

Čechovská (1994) v charakteristice plaveckého výkonu zdůrazňuje důležitost vazeb mezi jednotlivými faktory. Píše, že “ *Vzájemná kompenzace nízké úrovně jednoho faktoru může být kompenzována extrémně vysokou úrovní faktoru jiného. Faktory plaveckého výkonu bývají chápány pro svou složitost velmi často pouze schematicky nebo se zaměřením na jen určitou oblast*”. Později vidí Čechovská (2001) problém v nedostatečné představě, jak řídit směřování tréninkové přípravy do individuálních modelů vrcholových plavců. Rovněž poukazuje na důležitost interakce mezi trenérem a plavcem v tvořivém přístupu při vytváření tréninkové koncepce. Na základě problematiky tvorby plaveckého výkonu dělí plavecký výkon na faktory techniky a kondice, se somatickými, funkčními a osobnostními předpoklady. Do struktury plaveckého výkonu dále řadí oblast taktiky, výživy, regenerace, vnější faktory a trenéra s realizačním týmem (obr. č. 6).

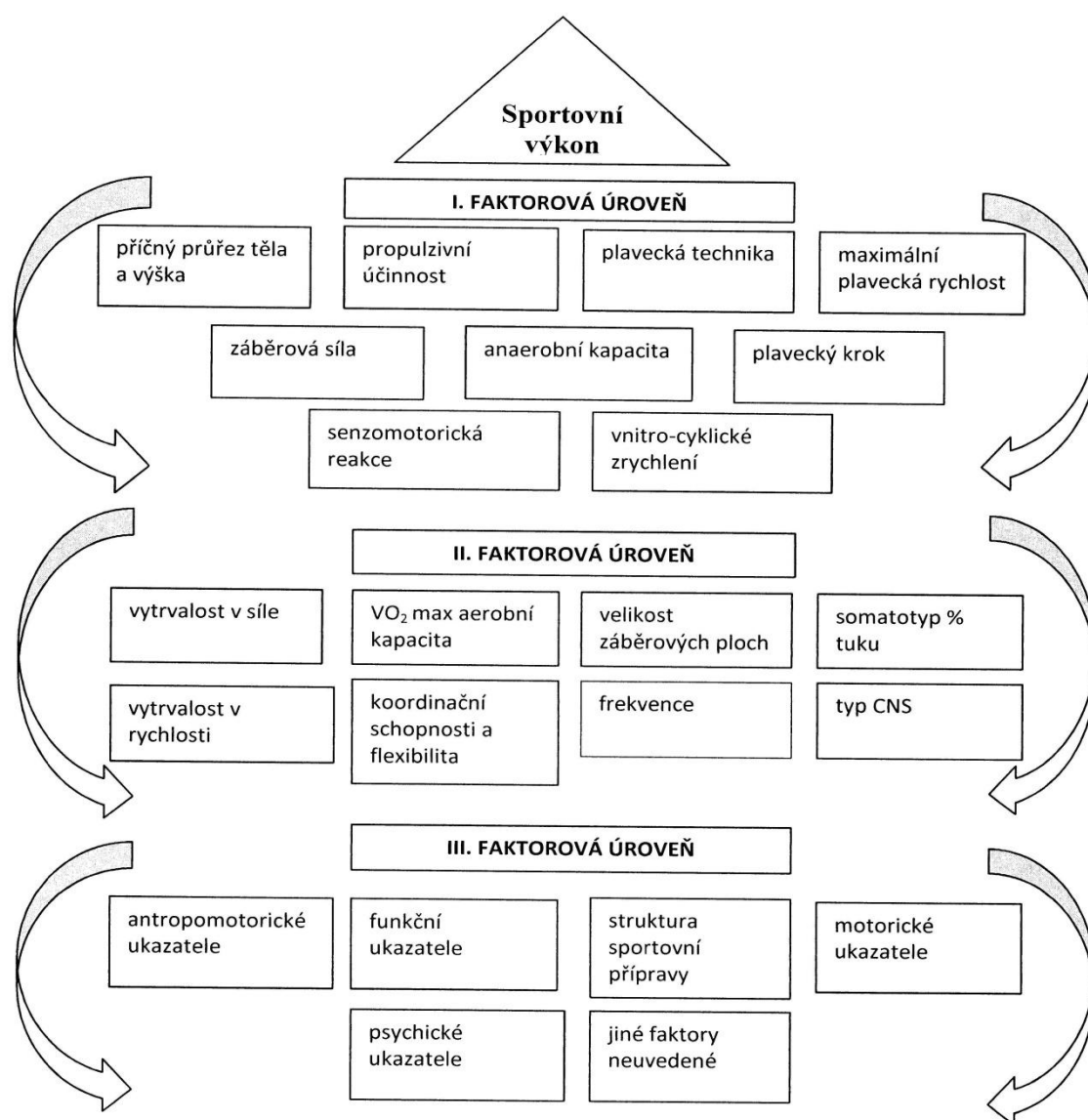


Obr. č. 6 Schéma předpokladů ovlivňujících plavecký výkon (Čechovská, 2001).

Procházka a Macejková (2003) představili další model předpokladů k výkonu. Vycházejí z předpokladu, že zaměření tréninku plavce na maximální výkon není nejlepší řešení. Zdůrazňují, že realizace maximálního výkonu v tréninkové zátěži může odhalit nedostatky v úrovni jednotlivých faktorů výkonu, ale takovýto tréninkový model se v týdenním plaveckém tréninku nedá realizovat. Domnívají se, že v tréninku je důležité

nejdříve vymezit prakticky i teoreticky faktory předpokladů k plaveckému výkonu a následně je posuzovat v souvislosti s konečným plaveckým výkonem.

I když se model předpokladů ovlivňujících plavecký výkon podle Procházky a Macejkové (2003) více vztahuje k plaveckému výkonu do vzdálenosti 50 m, přesto si myslíme, že jeho prezentace je důležitá (obr. č. 7).

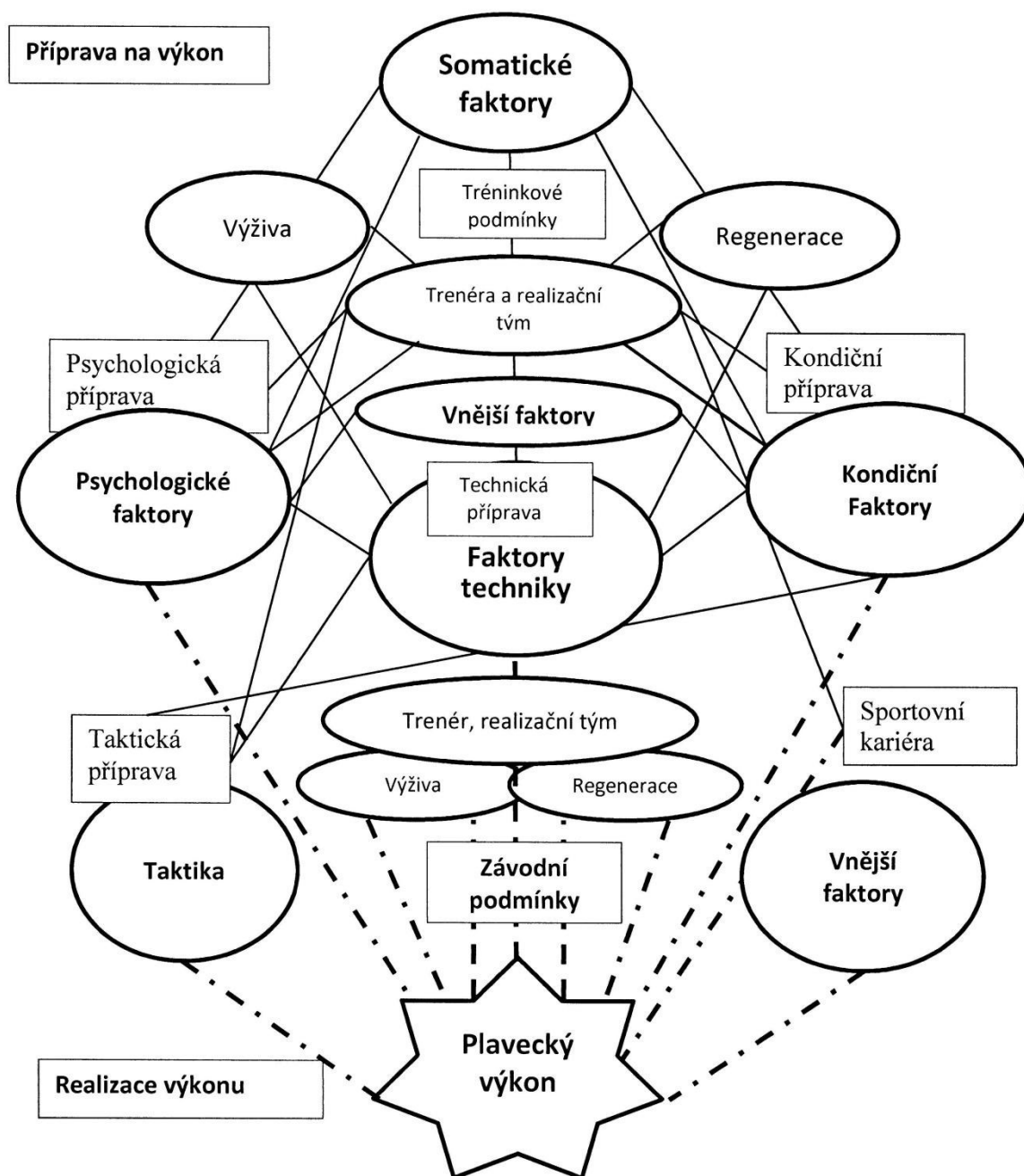


Obr. č. 7 Předpoklady ovlivňující plavecký výkon (Procházka, Macejková, 2003).

Ve schématu Procházky a Macejkové (2003) vidíme předpoklady ke sportovnímu výkonu, které jsou rozděleny do tří faktorových úrovní. Jednotlivé úrovně jsou sobě podřízené a obsahují soubor obecných i specifických faktorů ovlivňujících plavecký výkon. Každá úroveň více či méně obsahuje skupinu somatických, funkčních, motorických a psychických

znaků, které jsou účinné jen v určité kombinaci potřebné pro konkrétní výkon v konkrétní plavecké disciplíně a zřejmě i v konkrétní fázi plavecké kariéry a etapě plaveckého tréninku.

Faktory ovlivňující plavecký výkon podle Pokorné a Čechovské (2009) vycházejí z publikovaných schémat Juřiny (1978), Čechovské (2001), Procházky a Macejkové (2003). Autorky k analýze faktorů plaveckého výkonu využily sportovní disciplíny, ve kterých je plavání součástí výkonu dané disciplíny. Upravený model plaveckého výkonu použili k základní charakteristice předpokladů k výkonu jednotlivých sportů, které se realizují ve vodním prostředí (obr. č. 8).



Obr. č. 8 Předpoklady plaveckého výkonu (Pokorná, Čechovská, 2009)

V článku se autorky zaměřují na popis charakteristik jednotlivých výkonů v souvislosti:

- s místem realizace výkonu,
- v jakých podmínkách se výkon realizuje (například v 25m nebo 50m bazénu, vnitřním či venkovním, v tekoucí vodě, jezeře, přehradě, jaká byla teplota vody, provedení startu atd.),
- ve kterém ročním období dochází k realizaci výkonu,
- s plavanou vzdáleností (50 m, 100 m, 200 m, 1500 m, 3,8 km, 5 km, nebo 25 km),
- s dobou trvání výkonu,
- s počtem soutěžních vrcholů v sezóně,
- s jakými specifickými nároky na výkon je nutno počítat (vysoká úroveň techniky, funkční připravenost, psychická odolnost, schopnost opakovaně podávat maximální výkon, adaptace na chlad, atd.).

V roce 1994 Čechovská řešila problém verifikace komplexního modelu plaveckého výkonu. Konstatovala, že dostupná literatura nabízí jen komplexní model struktury plaveckého výkonu, který není exaktně ověřený (Juřina, 1978; Schramm et al., 1987, Čechovská, 1994, 2001; Procházka a Macejková, 2003; Pokorná a Čechovská, 2009).

Modely prezentovaných předpokladů k plaveckému výkonu Pokorné, Čechovské (2009) a Procházky, Macejkové (2003) jsou příliš schematické a složité. Jednotlivé faktory se navzájem ovlivňují nebo na sebe navazují, ale v tak složitých kombinacích, že se stávají nepřehlednými. Z uvedených schémat není jasné, jaký vliv daný faktor na plavecký výkon v dané disciplíně a vzdálenosti má.

Model Juřiny (1978) je v tomto případě přehlednější. Jednotlivé faktory lépe vystihují vliv na plavecký výkon. Uvedené předpoklady jsou sice prezentovány obecně, ale na rozdíl od modelů Macejkové, Procházky (2003) a Pokorné, Čechovské (2009) schéma přehledně prezentuje charakteristiky plavecké techniky, která může být aplikována na všechny známé plavecké způsoby a disciplíny.

Charakteristika předpokladů u Čechovské (2001) je jednodušší a svým schématem řeší především problematiku podmínek, které plavecký výkon ovlivňují. V českém prostředí je to nedostatek vhodných bazénů (od roku 1989 se výstavba zaměřuje na aquaparky) a tréninkových hodin (plavci musí plavat ráno a v odpoledních hodinách, což jsou komerčně nejvyužívanější časy). Dalším problémem je nedostatečně finančně ohodnocená práce trenérů, který se projevuje v přijímání osob s nedostatečným trenérským vzděláním. Čechovská

(2001) zdůrazňuje spolupráci mezi trenérem a plavcem, kde by společně měli vytvářet koncepci tréninku, která ale není v žádném ze schémat popsána. Složitá je i organizace výuky, která není nikde zohledněna. Plavci ve většině případů trénují ve skupině, ale vlastní plavecký výkon je ryze individuální záležitost. Proto je velice důležitá role trenéra a jeho týmu, který by měl vést plavce k individuálnímu maximálnímu výkonu.

Plavecký trénink je psychicky velice náročný vlivem prostředí, které plavce izoluje od ostatních a objemem tréninku, který plavec v průběhu jednotlivých výkonnostních etap musí zvládnout. Proto souhlasíme se Schrammem et al., (1987), který pod faktor psychiky zahrnuje ostatní faktory ovlivňující plavecký výkon. Domníváme se, že jedině mentálně silná osoba je schopná zvládnout nároky dlouhodobého tréninku a transformovat je do plaveckého výkonu. Myslíme si, že model Schramma et al., (1987) a Čechovské (2001) z uvedených obecných modelů nejhodněji vystihují problematiku faktorů, které plavecký výkon ovlivňují.

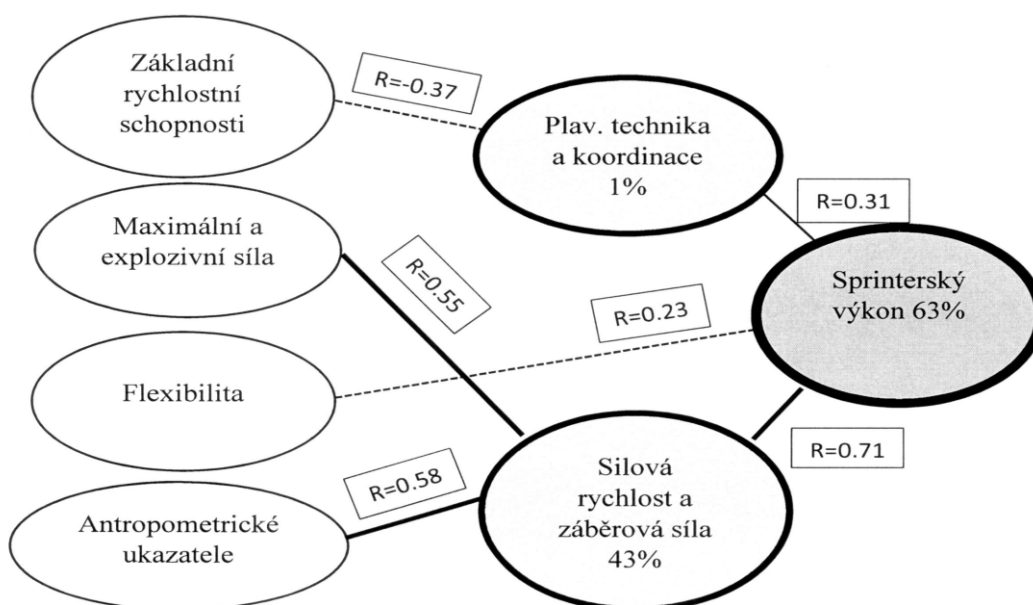
2.2.2 Specifické modely předpokladů ovlivňujících plavecký výkon

Většina výše uvedených schémat pouze popisuje faktory, které mohou ovlivňovat plavecký výkon, ale nevíme, v jaké míře jednotlivé faktory uvedený výkon v dané disciplíně opravdu ovlivňují. Domníváme se, že schémata předpokladů k plaveckému výkonu je nutné objektivizovat.

Podle Toussainta (1992) mohou být faktory kondice a techniky plavce tréninkem zlepšovány, avšak přímo v tréninkovém procesu nejsou dominantní. Zdůrazňuje, že jedině v realizaci maximálního výkonu v tréninku vidí možnost, jak odhalit vliv jednotlivých faktorů, které zvyšují či snižují plavecký výkon, což je v protikladu s tvrzením Procházky a Macejkové (2003). To znamená, že úroveň jednotlivých faktorů a jejich kooperace představuje fázi procesu, ve kterém je výkonnostní složka v tréninku omezena a tím se celý systém stává nedostatečným. Například chceme-li zlepšit plavecký výkon v dané disciplíně, je v tréninku vhodné vycházet z parametrů, které jsme schopni kontrolovat a řídit. V maximálním plaveckém výkonu na 100 m kraul plavec udržuje stejnou frekvenci záběrů v průběhu 50 m, v druhé 50m vzdálenosti stoupne frekvence záběrů o tři záběry. V tomto případě se nabízí, aby plavec v tréninku plaval cvičení, která ho budou adaptovat na udržení žádané frekvence v druhé polovině 100m tratě.

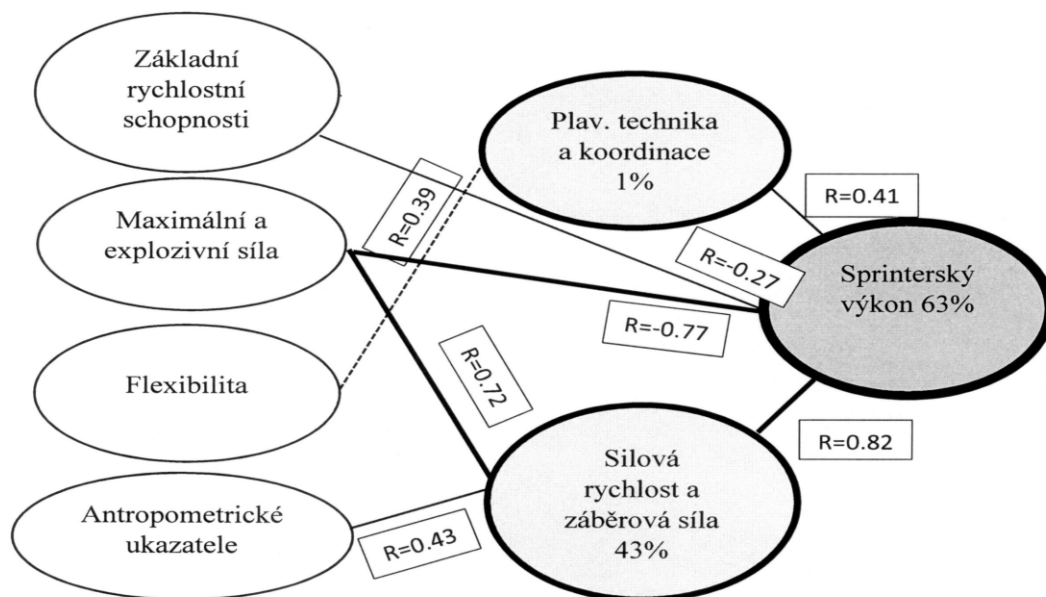
Autoři Hohmann et al., (1999) se zaměřili na analýzu vlivu svalové síly, rychlosti, koordinace a techniky na výkon v disciplíně 50 m volný způsob. Výzkumem dospěli k názoru, že struktura pohybových předpokladů k výkonu na 50 m volný způsob je determinována dvěma hlavními faktory - plaveckou technikou a koordinací, a rychlostí a

záběrovou silou. Obě skupiny hlavních faktorů jsou dále ovlivňovány vedlejšími faktory, jako je flexibilita, antropometrické parametry a maximální síla v rámci rychlostně silových schopností. Výsledky výzkumu, kromě vlivu jednotlivých faktorů na výkon, porovnávaly i vliv mužského a ženského pohlaví. Bylo zjištěno, že mužský i ženský sprinterský výkon v kategorii seniorů a juniorů je v první řadě ovlivněn kondičními faktory (rychlostí a svalovou silou) a v menší míře plaveckou technikou a pohybovou koordinací ve vodě. U obou pohlaví je plavecký výkon ovlivněn i antropometrickými ukazateli, především tělesnou výškou a rozpětím horních končetin, které vykazují vysokou míru korelace s rychlostí a svalovou silou během záběrové fáze (obr. č. 9). Z výsledků je rovněž patrné, že flexibilita ramenních kloubů u mužů má sice nízký, ale na rozdíl od žen, přímý vliv na plavecký výkon.



Obr. č. 9. Schéma vlivu čtyř základních a dvou komplexních faktorů na výkon mužů (Hohmann et al., 1999). R - koeficient vícerozměrné korelace.

U žen bylo zjištěno, že nespecifická maximální výbušná síla negativně souvisí se sprinterským výkonem. Z toho vyplývá, že rozvoj nespecifické svalové síly na suchu u žen snižuje celkový výkon, a že pro získání svalové síly je důležitá specifická daného posilovacího cvičení. Z výsledků je rovněž patrné, že na rozdíl od mužů, má flexibilita u žen větší souvislost s plaveckou technikou a pohybovou koordinací ve vodě (obr. č. 10).



Obr. č. 10 Schéma vlivu čtyř základních a dvou komplexních faktorů na výkon žen (Hohmann et al., 1999). R - koeficient vícerozměrné korelace.

Z výsledků dále vyplývá, že základní pohybové dovednosti (kliky s odrazem, reakční rychlost, tapping (test rukou a nohou) nemají významný vliv na sprinterský výkon, jak u mužů, tak i žen.

Souhrn k problematice předpokladů ovlivňujících plavecký výkon

Z množství návrhů, které jsme v textu citovali, je patrné, že model sportovního plaveckého výkonu je závislý na vodním prostředí, aktuální úrovni tělesné kondice plavce a na délce plavané tratě. Délka plavané tratě vyžaduje odlišnou přípravu po stránce technické i funkční, kdy strukturu výkonu lze charakterizovat dle trvání výkonu a příslušných charakteristik odezvy zátěže v organismu plavce.

Do konceptu předpokladů ovlivňujících plavecký výkon můžeme zařadit i další faktory, jako je:

1. taktika, se kterou řešíme způsob realizace plaveckého výkonu před, v průběhu a na konci plavané disciplíny. Před výkonem trenér s plavcem rozebírá klíčové body závodu a psychicky jej připravuje na problémy, které mohou nastat po startu, obrátkách a při dokončení závodu.
2. výživa, která by měla směřovat k podpoře správného tělesného růstu a sportovního výkonu,
3. regenerace, s jejíž pomocí regulujeme tělesnou zátěž, čímž aktivně ovlivňujeme proces superkompenzace,

4. sociální vztah a vzdělání trenéra s jeho zkušenostmi (Čechovská, 2001; Schramm et al., 1987).

Z rešerše literatury věnující se struktuře plaveckého výkonu je zřejmé, že autoři měli problém i jen s teoretickou konstrukcí modelu. K ověření faktorů podmiňujících plavecký výkon např. faktorovou analýzou, tak jako u jiných výkonů v 70. letech minulého století, nedošlo (Choutka, 1976).

Schémata Juřiny (1978), Schramma et al., (1987), Čechovské (1994), Procházký a Macejkové (2003), Pokorné a Čechovské (2009) jsou z výše uvedených důvodů zařazeny do obecného modelu předpokladů ovlivňujících plavecký výkon. Schémata a názory Toussainta (1992), Hohmanna et al., (1999), Neumana, Pfütznera, Hotenrotta (2005) představují užší, specifickou vazbu k výkonu, proto jsou zařazeny do skupiny specifického modelu předpokladů ovlivňujících plavecký výkon.

Hlavním cílem plaveckého tréninku je příprava na realizaci individuálně maximálního výkonu. Proto se domníváme, že je nutné vnímat předpoklady k plaveckému výkonu ve dvou rovinách, a to v rovině obecného a v rovině specifického tréninku. Pro dosažení individuálně maximální výkonnosti by trenér a jeho tým měl kromě ostatních faktorů rozvíjet ty faktory předpokladů, které jsou u plavce nejslabší. Vrcholné výkony vyžadují vysokou úroveň všech podstatných faktorů podmiňujících výkon (optimální somatické i funkční parametry sportovce, vysoká úroveň technických i kondičních parametrů) o vítězství v konkrétním závodě pak rozhodují faktory jako aktuální zdravotní a psychický stav – např. jak dobře se sportovec vyspal, najedl, jak je psychicky vyladěn k závodě. Čím je souvislost mezi tréninkem jednotlivých faktorů a plaveckým výkonem užší, tím je transfer jednotlivých předpokladů do plaveckého výkonu efektivnější.

2.3 Plavecká technika

Sportovní technika je *“způsob řešení daného pohybového úkolu člověkem, na základě jeho všeobecných anatomicko-fyziologických a psychologických předpokladů v soulase s mechanickými zákony platnými v průběhu pohybu a v souladu s mezinárodními pravidly závodění”* (Novák, 1965). Technika plavání vychází z pravidel, která v současnosti vymezují plavecké způsoby, a pod tímto pojmem definujeme plavecký způsob jako pravidly vymezený pohyb člověka ve vodě (Hofer et al., 2012).

Podle Toussainta a Beeka (1992) účinnost plavecké techniky souvisí s prostorovými a časovými parametry, účinností propulzních sil a velikostí odporu. Důležitá je rovnováha mezi výdejem energie, která je nutná k pokrytí plavané vzdálenosti v daném čase a celkovou

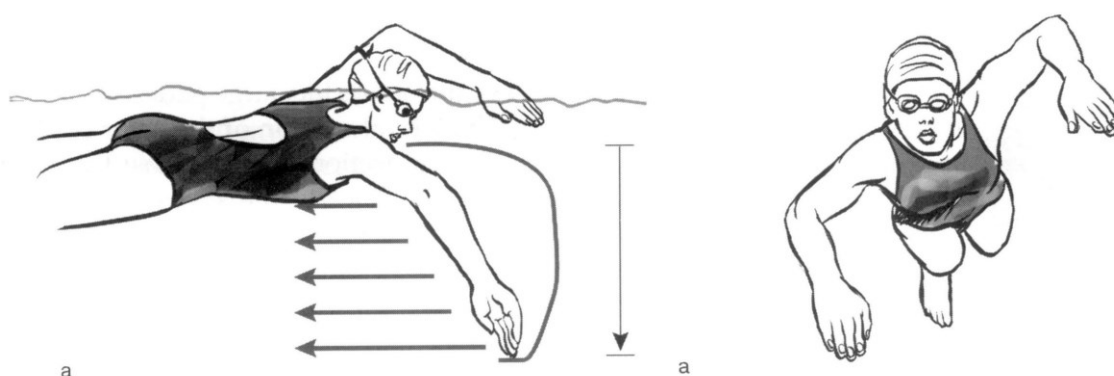
energií, která je během pohybu dostupná z energetických systémů. Pro optimální využití tréninkového času a pro optimální využití energetických zdrojů plavce je důležité stanovit jak parametry popisující produkci energie, tak i mechanické parametry, jako je plavecká technika.

Pro popis nebo charakteristiku plavecké techniky je často nebo vesměs využíváno biomechaniky, která zpracovává pohyb segmentů těla v jednotlivých plaveckých způsobech (Counsilman, 1974; Colwin, 1999; Maglischo, 2003; Hofer et al., 2012; Maglischo, 2016). V těchto analýzách je zpracován podrobný popis časových a úhlových rychlostních křivek záběrových pohybů a přenosů horních a dolních končetin a to jak vzhledem k rychlosti pohybu trupu, tak i jednotlivých segmentů horních a dolních končetin vůči trupu a stěnám bazénu (Hofer et al., 2012; Maglischo, 2016).

Maglischo (2016) při popisu techniky řeší nejen polohu plavce, ale i pohyby a směr pohybu horních a dolních končetin vůči prostředí a vůči trupu, na kterém jsou končetiny upevněny. Část hlavy, trupu i dolních končetin jsou vždy v určité fázi záběrových pohybů v poloze vodorovné. V podélné ose dochází k rotaci hlavy během nádechu, rotaci trupu během záběrové fáze a fáze přenosu horních končetin, a k rotaci dolních končetin a pánve. Ve vertikální ose následně dochází k rotaci horních končetin během záběrové fáze a fáze přenosu a vertikálnímu střídání pohybu dolních končetin ve fázi přípravy na kop a v jeho realizaci.

2.3.1 Kraulařská technika

Výkony v kraulařských disciplínách vyžadují určitou míru modifikace vzhledem k plavaným vzdálenostem. Někteří autoři rozlišují dvě, někteří až tři úrovně techniky, která je spojena s vynaloženým maximálním úsilím plavané vzdálenosti (Maglischo, 2003).



Obr. č. 11 Efektivní pozice paží v záběru horních končetin (Maglischo, 2003)

Pro efektivní provedení záběrového pohybu platí, že obě paže musí být v takové poloze, aby se jak zabírající paže, tak i paže ve fázi přenosu nacházely v první čtvrtině

pomyslného kruhu (obr. č. 11). Zjednodušeně můžeme napsat, že čím je plavaná trať kratší, tím je míra dobíhání pravé a levé paže od sebe v záběrové fázi větší (50 a 100 m kraul). A naopak, čím je plavaná trať delší, tím je míra dobíhání pravé a levé paže od sebe v záběrové fázi menší (200, 400 m a více).

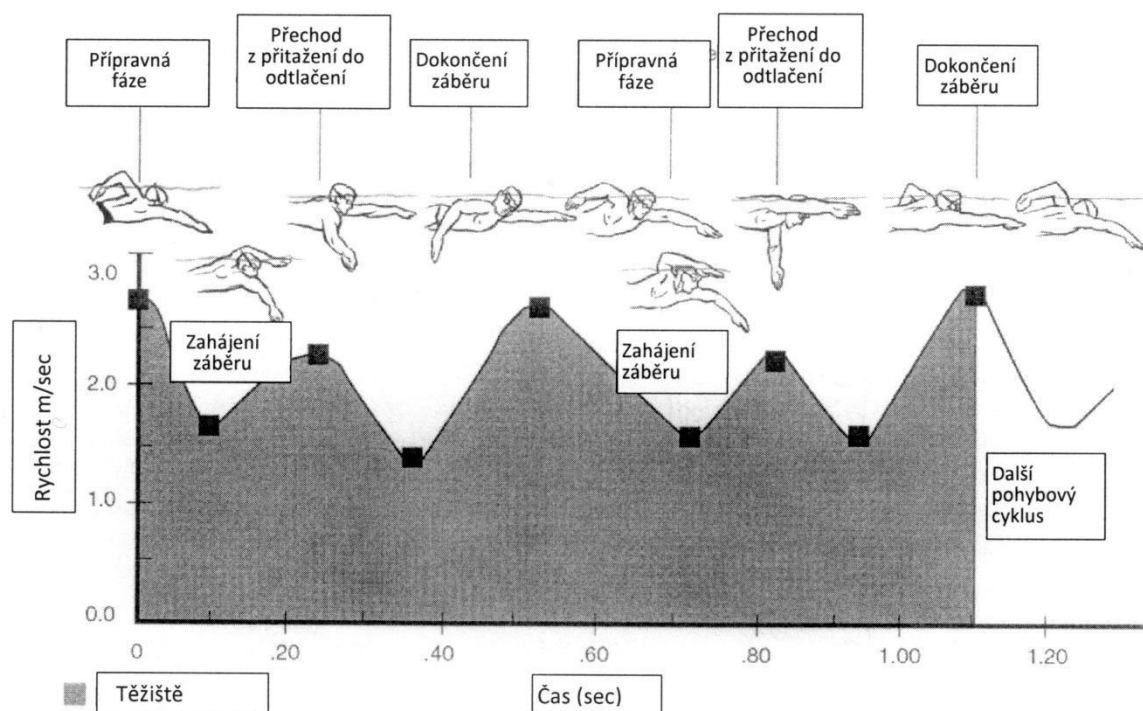
Odlišně problematiku rozlišení způsobů kraulařské techniky popisuje Bottom (2012). V publikaci se setkáváme s definicí tří kraulařských technik, které spojuje s délkou plavané tratě. Bottom (2012) specifikuje tři kraulařské techniky:

1. Kraul řízený pohybem pánve (Hip-Driven Freestyle).
2. Kraul řízený pohybem ramen (Shoulder-Driven Freestyle).
3. Kraul řízený pohybem těla (Body-Driven Freestyle).

V technice kraulu řízeného pohybem pánve je důraz kladen na rotační pohyby trupu. Záběrové pohyby horních končetin navazují na rotaci, čímž dochází k nižší spotřebě energie než u ostatních kraulařských modifikací. Nižší spotřeba energie je výhodná jak v plaveckém tréninku, tak i v disciplínách 200 m kraul a delších. Technika je charakteristická mírným dobíháním horních končetin, kdy se jedna paže nachází v první části fáze přitažení a druhá dokončuje fázi přenosu. V technice provedení kraulu řízeného pohybem ramen je důraz kladen na rotaci horní části trupu. Pánev zůstává v relativním klidu. Plavec využívá velké množství kinetické energie z rotace ramen a addukce lopatek. Technika rotace ramen je klíčová pro tratě do 100 m. Provedení pohybu souvisí s koordinací horních končetin, při které se jedna paže nachází v konečné části fáze přitažení a v první části fáze odtlačení, druhá paže dokončuje fázi přenosu. V technice provedení kraulu řízeného pohybem těla je důraz kladen na ty svalové skupiny, které během plavání nebyly zapojovány. Před dokončením závodu je plavec unavený, kumulace laktátu vysoká a účinnost techniky velice nízká. Provedení techniky podle Bottoma (2012) a Yanai (2001a) pak není podstatné, důležitá je kumulace energie k udržení intenzity záběrových pohybů před dohmatem.

2.3.1.1.1 Pohyb horních končetin

Během jednoho pohybového cyklu horních končetin dochází ke kolísání rychlosti plavce. Pokles a vzestup rychlosti je propojený s nádechem, s polohou paže, a se zapojením svalové síly horních končetin v průběhu záběrové fáze a fáze přenosu (obr. č. 12.). V průběhu



Obr. č. 12 Graf rychlosti plavce v průběhu jednoho záběrového cyklu horních končetin PZ kraul (Maglischo, 2003)

pohybového cyklu horních končetin se postupně zapojují všechny svaly ramene, které umožňují krouživý pohyb paže. Jde tedy o svaly, které zvedají a podmiňují pokles pletence ramenního a ovlivňují vnitřní rotaci předloktí. S přenosem paže do přípravné fáze současně dochází k vychýlení trupu do stran. Tento komplexní pohyb vyžaduje aktivaci dalších svalů spojených s vnitřní rotací předloktí, vykonávajících krouživý pohyb pletence ramenního a rotační pohyb v oblasti bederní páteře (Maglischo, 2003).

Za výchozí bod v popisu záběrového pohybu v pohybovém cyklu horních končetin plaveckého způsobu (PZ) kraul budeme považovat moment, ve kterém horní končetina ukončuje fázi přenosu a prsty protínají hladinu vody (obr. č. 12), (Colwin, 1999; Hofer et al., 2012; Maglischo, 2003, 2016).

V momentu přechodu prstů, dlaně, zápěstí a lokte pod hladinu celá paže přechází do extenze, jejíž trvání je časově vymezeno technikou provedení plaveckého pohybu, rychlostí plavání a velikostí úhlu vychýleného trupu v podélné ose. Plnou extenzi paže ve vychýlené pozici tvoří nahoru směřující rotace lopatky. Po úplné extenzi se paže pohybuje směrem dolů a dopředu, kde nastává fáze fixace prstů a zápěstí. Ruka a předloktí se začínají pohybovat proti směru pohybu plavce, čímž je zahájena propulzní fáze záběru, tzv. „chycení vody“.

Horní končetiny vytvářejí v kraulové technice hlavní hnací sílu. Pohyb horních končetiny je cyklický s pravidelným střídáním pravé a levé končetiny a dělí se na fáze, jejichž počet se liší podle preference autorů na tři až šest. Counsilman a Counsilman (1994), Hofer et al., (2012), Maglischo (2016) dělí pohybový cyklus horních končetin na:

1. vstup a natažení nebo přípravná fáze,
2. pohyb dolů a chycení vody nebo přechodná fáze,
3. záběrovou fázi a přitažení,
4. záběrovou fázi a odtlačení,
5. fázi vytažení,
6. fázi uvolnění a přenosu.

Přípravná fáze je charakteristická průnikem prstů do vody, za nimiž následuje zápěstí, předloktí, loket a rameno. Pohyb paže směřuje ve směru lokomoce a vždy vytváří negativní odpor, který plavec eliminuje postupným pronikáním paže pod hladinu s uvolněným svalstvem (Hofer et al., 2012).

Z grafu rychlosti (v obr. č. 12) lze z těžiště plavce během jednotlivých fází záběrů vyčíst kritickou fázi, která je vymezena přechodem prstů do vody a zahájením záběru. Po průniku prstů pod hladinu se celá horní končetina natahuje ve směru lokomoce a rychlost plavce se postupně snižuje až do bodu, kdy se horní končetina začne pohybovat proti směru lokomoce plavce (Maglischo, 2016).

Hofer et al., (2012) nerozlišuje, pod jakým úhlem prsty do hladiny proniknou, zdůrazňuje jen návaznost jednotlivých segmentů na pozici dlaně, která je otočená směrem dolů ke dnu. Maglischo (2016) rovněž popisuje postupný průnik prstů, dlaně, zápěstí a dalších částí horní končetiny pod hladinu, ale v jeho popisu je dlaň v momentě průniku v pronaci.

Maglischo (2016) uvedený postup hodnotí jako nejčastěji používaný i když připouští, že jiný úhel průniku prstů do hladiny u vynikajících plavců nemá na rychlost plavání zásadní vliv. Dále zdůrazňuje, že opačné, supinační vytočení dlaně těsně před průnikem prstů pod hladinu může pozitivně ovlivňovat polohu horní končetiny v průběhu přípravné fáze. Paže, která proniká pod hladinu, má určitou rychlost, na kterou působí předozadní, ale i boční síly, které mají tendenci vychylovat paži z daného směru. Mírným vytočením dlaně palcovou stranou nahoru těsně před jejím průnikem do vody můžeme eliminovat negativní působení těchto sil.

Na základě praktických zkušeností ze sledování techniky jiných plavců se domníváme, že mírné otočení dlaně v podélné ose během průniku prstů pod hladinu

neovlivňuje rychlost plavání. K zvýšení odporových sil ale dojde v momentě, kdy úhel dlaně i předloktí směřuje mimo ramenní osu a to jak směrem k ose těla, tak i mimo ni. Takto patrné snížení rychlosti lze sledovat u méně zkušených plavců.

2.3.1.1.2 Přípravná fáze

Přípravná fáze je v celkovém pohybovém cyklu horních končetin nejvariabilnější a trvá od 0,1 až po 0,3 s. Časová prodleva mezi průnikem prstů pod hladinu a zahájením záběru umožňuje plavci ovlivňovat velikost tvarového odporu. Přípravná fáze pomáhá optimalizovat hydrodynamickou polohu, čímž dochází k snížení odporu a k maximálnímu využití propulze druhé paže (Hofer, 2012; Sanders, McCabe, 2015; Maglischo, 2016).

Sprinteři mají přípravnou fázi kratší a to z důvodů rychlejšího provedení záběrové fáze. Celkový počet záběrů na 50m vzdálenosti plavané kraulem dosahuje u mužů $57,61 \pm 4,67$ záběrů, u žen $56,39 \pm 3,49$ záběrů. U plavců na střední a dlouhé tratě je přípravná fáze delší. Například v disciplíně 200 m kraul se průměrný počet záběrů pohybuje od $45,49 \pm 4,75$ záběrů u mužů k $45,56 \pm 3,34$ záběrům u žen. V disciplíně 1500 m kraul se hodnoty pohybují od $42,45 \pm 2,95$ záběrů u mužů k $45,40 \pm 2,73$ záběrů u žen (Pelayo et al., 1996).

Současná technika provedení kraulového záběru na základě analýzy přípravné fáze vypadá následovně:

1. Pravá paže přechází z fáze přenosu do fáze přípravy - levá paže se nachází v záběrové fázi v části přitažení.
2. Pravá paže je těsně pod hladinou, svalstvo je relaxované, ale paže napjatá a pohybuje se vpřed ve směru plavání - levá paže se nachází v záběrové fázi v části odtlačení, dochází k postupné rotaci trupu.

2.3.1.1.3 Přechodná fáze

Přechodná fáze je podle Hofera (2012) v celkovém pohybovém cyklu horních končetin nejrychlejší (0,09-0,1 s). Hofer ale na rozdíl od jiných autorů vymezuje přechodnou fázi jen na bod, kdy se mění směr pohybu prstů a dlaně a jejich svalové napětí.

U Maglischa (2016) a jiných autorů (Sanders, McCabe, 2015) zaznamenali u plavců přechodnou fázi delší. Přechodnou fázi vymezují pohybem horní končetiny z polohy ve vzpažení do zahájení záběrové fáze. Přesněji je vymezena ukončením přípravné fáze, kdy paže je stále natažená s prsty směřujícími vpřed a momentem, kdy začíná převládat pohyb paže směrem dozadu, proti směru lokomoce plavce.

U plavců ovládajících na vysoké úrovni techniku kraulu je při zahájení této fáze viditelná flexe zápěstí a následně flexe v lokti. Ostatní plavci zahajují fázi pohybem HK směrem dopředu a dolů. HK, a především předloktí, se pohybuje vně od podélné osy a postupně se ohýbá až do bodu tzv. chycení vody (catch), kdy viditelně mění směr pohybu a překonává odpor okolního prostředí. Průměrná rychlost plavání se v přechodné fázi snižuje přibližně o 1 m/s z 2,5 m/s na 1,5 m/s a doba trvání se pohybuje okolo 0,15 s (Maglicho, 2016; Sanders, McCabe, 2015).

Poloha a pozice dlaně je v této fázi velice důležitá. Flexe zápěstí se pohybuje do 20° a celé předloktí se posouvá do tzv. polohy vysokého lokte.

2.3.1.1.4 Záběrová fáze

Záběrovou fázi dělíme na dvě části. První část záběru označujeme jako **fázi přitažení**, která začíná polohou vysokého lokte. Ruka, zápěstí a předloktí se pohybují směrem vzad, dolů, po polokruhové dráze k podélné ose těla, loket fixuje pohyb předloktí a v první části přitažení udržuje téměř horizontální polohu s hladinou vody. Následně se celá horní končetina pohybuje směrem dolů, kde prsty dosahují nejnižší polohy celého záběrového cyklu. Pohyb předloktí vzad s fixací lokte způsobuje velký nárůst rychlosti plavání. V druhé části přitažení celková rychlost plavce mírně klesá, což je způsobeno posunem ruky a předloktí pod hrudník, blíže k podélné ose těla plavce (Maglicho, 2016).

Fáze přitažení vykazuje vysokou míru variability. Rozdíly jsou patrné mezi plavci různé úrovně a plavaných disciplín. Podle výzkumů Prinse, Murata, Allena (2010) by měli sprinteři, nejen ve fázi přitažení, udržovat úhel mezi nadloktím a předloktím menší než je 90°, a to z důvodů vytváření větších propulzních sil než při pokrčeném lokti v úhlu 90° až 130°. Velký nárůst propulzních sil ale vede k velké únavě svalů, k přetěžování ramenního kloubu a vysokým energetickým nárokům, proto se toto doporučení týká jen sprinterů. Úhel pokrčení bude souviset jak s délkou, tak i s rychlostí plavané disciplíny. Výzkum Prinse, Murata, Allena (2010) ukázal, že plavci, kteří plavali stejnou rychlostí 1 m/s, vykazovali vyšší hodnoty v úhlu pokrčení lokte (121°- 134°), než je obecně známo.

Maglischovo (2016) doporučení pro provedení přípravné fáze vychází ze zjištění, že málo současných plavců je schopno udržet pozici vysokého lokte se zahájením záběrové fáze. Problém s udržením vysokého lokte se nachází v dovednosti provést vnitřní rotaci a addukci ramenního kloubu v přechodné fázi pohybu paže pod hladinou. Doporučení Maglischa (2016) můžeme shrnout do několika bodů:

1. fáze přitažení je zahájena v pozici, při které se loketní kloub nachází ve flexi a dlaň a předloktí jsou vytočeny vzad a co nejvíc kolmo na směr lokomoce plavce,
2. plavec zabírá paži vzad a do strany po polokruhové dráze převážně v horizontálním směru, místo směrem dolů a nahoru.

V druhé části záběru nastává **fáze odtlačení**. Maglischo (2016) popisuje, že v této fázi dochází k rychlému otočení dlaně vně a k odtlačení paže vzad proti působení vody. Oporná plocha dlaně a spodní část předloktí směřují šikmo ven, vzad a nahoru k hladině. Prsty směřují ke dnu, aby plocha dlaně vytvářela maximální propulzi.

Svalová činnost během pohybu paže vzad je charakteristická excentrickou činností, protože hydrodynamické síly působí ve směru extenze. Naopak funkční svalové skupiny, které ovládají paži, vzniklé hydrodynamické síly přemáhají a pracují koncentricky. Zatímco koncentrická práce je prováděna s velkou intenzitou, je pohyb v zápěstním kloubu jemně diferencovaný (Hofer et al., 2012).

Maglischo (2016) zdůrazňuje, že v průběhu ukončování záběru se plavec musí snažit udržet předloktí a dlaň co nejvíce kolmo na vodu. Jakmile se dlaň přibližuje k ukončení záběru, což je za osou kyčelního kloubu, loket se přibližuje k hladině. Fáze odtlačení je ukončena v momentě změny napětí svalů předloktí, kdy plavec jakoby “dosekne” záběr s paží mírně pokrčenou v lokti (plavec nedokončuje záběr v plné extenzi). V tomto momentu plavec využívá 1. Newtonova zákona setrvačnosti. Následně paže mění směr a plynule přechází do fáze přenosu.

Záběrová fáze patří mezi nejstabilnější fáze pohybového cyklu a trvá přibližně od 0,4 do 0,5 s, v závislosti na plavané disciplíně (Hofer et al., 2012; Maglischo, 2016).

2.3.1.1.5 Fáze přenosu

Fáze přenosu je zahájena okamžitě po dokončení záběru. Vlivem rotace trupu a dokončení záběru se paže postupně přesouvá nad hladinu, ale přenos začíná ještě v momentě, kdy je část paže zanořena pod hladinou (Sanders a McCabe, 2015; Maglischo, 2016). Loket se zvedá ve směru lokomoce plavce nahoru a vpřed po polokruhovitě dráze, kdy se v nejvyšším bodě ocitá vně od boku trupu plavce. Svaly předloktí a zápěstí jsou uvolněné, dlaň je z vody vysunována ve směru lokomoce a je v mírném otočení malíkové hrany nahoru (dlaní ke stehnu). Po vysunutí celé horní končetiny z vody se paže pohybuje v poloze “vysokého lokte” (Maglischo, 2016).

Poloha vysokého lokte ale není preferována všemi plavci. Odlišná je především část ukončení záběru a první část fáze přenosu, kdy většina sprinterů vysouvá paži nataženou a až

v průběhu přenosu se paže pokrčí v loketním kloubu. Někteří plavci, příkladem může být Francouz Florent Manaudou, který paži během fáze přenosu vůbec nepokrčí. Hofer et al., (2012), uvádí, že natažená horní končetina je důsledkem menšího rozsahu pohyblivosti v pletenci ramenním. My bychom doplnili, že technika přenosu horních končetin souvisí s délkou plavané tratě a s rozsahem rotace trupu.

Maglischo (2016) zdůrazňuje, že efektivita kraulového záběru je spojena s úhlem nastavené dlaně vůči vodě. Na základě výzkumu Bixlera a Riewalda in Maglischo (2016) víme, že efektivní záběr vznikne jedině v případě, kdy součet záběrových a náběhových úhlů dlaně se rovná 90° . Maglischo (2016) doporučuje, aby v průběhu záběrové křivky dlaň a předloktí plavce směřovalo vzad, k prstům dolních končetin. Dále doporučuje, aby plavci v průběhu záběrového pohybu paží měnili úhel náběhu dlaně, zároveň se zápěstím a předloktím. Dlaň a předloktí musí pracovat jako jedna jednotka, pak je záběr efektivní a nedochází ke snížení jeho efektivity. Tím, že dlaň, zápěstí a předloktí pracuje současně pod stejným úhlem, společně vytváří velkou opornou plochu, která pozitivně ovlivňuje velikost propulze v průběhu záběru.

2.3.1.2 Dolní končetiny

Kraulařský kop se skládá ze střídavého pohybu dolních končetin. Mechanika kopů, jejich efekt na propulzi a způsob koordinace s pohybem horních končetin je jednou z nejméně pochopené oblasti kraulové techniky (Maglischo, 2016).

Přesný popis pohybu dolních končetin se od roku 1974 nezměnil. Pohyb dolních končetin vychází z kyčelního kloubu, postupně přechází kloubem kolenním, hlezenním, kde je ukončen rychlým pohybem chodidla (Counsilman, 1974). Další autoři jako Colwin (1999), Hofer et al., (2012) a Maglischo (2003, 2016) přirovnávají pohyby dolních končetin k vlnovitému pohybu ryb. Hofer et al., (2012) kraulařský kop dále specifikuje následovně: kop je zahájen flexí v kyčelním kloubu, pokračuje flexí v kolenním kloubu a končí extenzí hlezenního kloubu. Kraulařský kop je ukončen v momentě, kdy kinetická energie vznikající svalovým stahem přechází přes propriocepci k reakci s vodním prostředím.

Maglischo (2016) přesněji dělí jeden kop jednou dolní končetinou na dvě fáze: v první fázi se pohybuje dolní končetina směrem nahoru, v druhé fázi se pohybuje dolní končetina směrem dolů. Jeden pohybový cyklus se tedy skládá ze dvou fází kopu jednou dolní končetinou. Nicméně v textu se budeme držet standardního popisu, který preferuje jak Maglischo (2016), tak i Hofer et al., (2012). Jeden pohybový cyklus dolních končetin je vymezen pohybem stejné končetiny směrem nahoru a dolů.

V odborné literatuře byl diskutován problém, zda pohyb dolní končetiny směrem nahoru má pozitivní vliv na celkovou propulzi. Podle Maglischa (2016) je propulzní fáze kraulového kopu uskutečňována především v momentě kopu směrem dolů, což vysvětluje tím, že v momentě pohybu dolní končetiny nahoru se dolní končetina pohybuje ve směru pohybu plavce, čímž dochází k aplikaci brzdivých sil.

Sledování rychlosti plavce na základě pravidelného střídání končetin během kraulového kopu je problematické. Proto Maglischo (2016) a Von Loebbecke et al., (2009) k získání relevantních dat využili delfínový kop, který tímto střídáním není narušován. Z výsledků sledování vyplynulo, že rychlost a velikost propulzních sil u delfínového kopu narůstá v pohybu dolních končetin směrem dolů.

U propulzní fáze kopu je svalstvo ovládající bérce a nohu uvolněné a směřuje nahoru vlivem pokrčení dolní končetiny v kolenním kloubu. Následuje mohutná extenze v kolenním kloubu, která je příčinnou bičovitého pohybu. Relaxovaný nárt se otáčí vlivem tlaku vody dovnitř (inverze). Rozsah pohybu v hlezenním kloubu je omezen jeho pohyblivostí. Hnací sílu (propulzi) vytváří plocha nártu a dolní část bérce. Vertikální složka síly se následně projevuje v reakci stehna při pohybu nahoru. Při pohybu dolní končetiny směrem nahoru se noha natáčí vlivem tlaku proudící vody do everzní polohy, při které klade co nejmenší odpor. Svaly ovládající bérce a nohu jsou relaxované. Končetina je natažená v kolenním kloubu, protože česka již další pohyb nedovoluje. Pohyb nahoru je prováděn s relativně malým úsilím (Hofer et al., 2012).

Pro provedení efektivního kopu je směrodatná míra uvolnění hlezenního kloubu. Stává se, že někteří plavci při kraulovém kopu couvají, což je způsobeno nedostatečnou relaxací (extenzí) v kotníku. Efektivní kop se skládá z koordinace zapojení svalových skupin dolních končetin a trupu, z hloubky zanoření dolní končetiny pod hladinou a rovněž z úhlu natočení nártu a prstů během prováděného kopu. Čím víc a déle během kopu je nárt otočen (vlivem flexibility) proti směru pohybu plavce, tím větší oporu vyvolává. Maglischo (2016) uvádí, že kraulařský kop je efektivní za předpokladu, že úhel extenze bérce v průběhu kopu dosahuje minimálně 70°.

2.3.1.3 Dýchání

Nádech a výdech v kraulové technice je koordinován se záběrem horních končetin. V průběhu fáze odtlačení, trup a hlava plavce rotuje na stranu. Druhá paže se nachází v přípravné fázi a pomáhá stabilizovat rotační pohyb trupu a hlavy. Hlava se nachází ve vodorovné poloze, neuklání se, nepředklání a ani nezaklání. Nádech je proveden těsně nad

hladinou, v sestupující části vlny, která je tvořena rychlostí plavce a tlakem vody na temeno hlavy (Hofer et al., 2012; Maglischo, 2016).

Nádech je zahájen v první části fáze přenosu a je ukončen v průběhu přechodu předloktí a lokte kolem osy ramenní. Trup a hlava plavce pokračují ve své rotaci zpět do výchozí polohy. Trup se postupně přetáčí na druhou stranu, hlava zůstává fixovaná obličejem směrem ke dnu. Přechodem pod hladinu plavec zadržuje dech, a to až do druhé části záběrové fáze (odtlačení) souhlasné paže. Výdech je proveden najednou (Hofer et al., 2012; Maglischo, 2016).

Způsob výdechu souvisí s intenzitou plavání. Při nižší intenzitě je výdech proveden především nosem a následně ústy, při vyšší intenzitě plavání je výdech proveden ústy a nosem. Po dokončení výdechu plavec na velmi krátký okamžik zadrží dech, než se přemístí do vhodné polohy pro provedení nového dýchacího cyklu (Maglischo, 2016).

Provedení nádechu v mezizáběrové přestávce má své opodstatnění. Plavec využívá setrvačných sil, pohybu dolních končetin a protilehlé polohy paží, čímž sice snižuje rychlost plavání, ale udržuje vodorovnou polohu těla. Plavecké dýchání je spojeno s přípravnou a přechodnou fází a jak jsme se již zmiňovali, rychlost plavání se snižuje přibližně o 1 m/s (Maglischo, 2016).

Frekvence dýchání u kraulu souvisí s délkou plavané tratě. Sprinteři na 50 m dýchají nepravidelně a v omezené míře. Jedním z důvodů je aktuální úroveň síly během záběrové fáze. Hofer et al., (2012) píše, že největší sílu může plavec vyvinout při zatajeném dechu, menší při výdechu a nejmenší při vdechu. Proto se domnívá, že zadržovaný nádech v 50m úseku pozitivně ovlivňuje fixaci hrudníku, která vytváří oporu pro záběrové svalstvo. Maglischo (2016) uvádí, že snížená frekvence dýchání snižuje rotaci hlavy, čímž pozitivně ovlivňuje záběrový rytmus a polohu těla na krátkou vzdálenost. Rušení polohy těla nádechem může mít negativní vliv na dosažený čas, kde setiny sekundy hrají velkou roli (Maglischo, 2016).

Frekvence dýchání na tratích delších než 50 m se řídí pohybovými cykly. Nádech může být proveden na jeden, jeden a půl nebo i dva pohybové cykly. Ve většině případů plavci dýchají na jeden záběrový cyklus, a to v disciplínách na 200 m a delších. U 100m trati je variabilita nádechu vyšší, což znovu souvisí s délkou tratě. 50m trať plavci umožňuje doplnit nedostatečný přísun kyslíku po dokončení závodu. Omezené dýchání v disciplíně 100 m kraul ale není vhodné. Spotřeba kyslíku stoupá k maximum v 75 m a pak mírně klesá (Jalab et al., 2011). Z těchto důvodů většina nejlepších plavců v disciplíně 100 m kraul nadechuje na

jeden záběrový cyklus. Přesto se ale můžeme setkat s plavci, kteří nadechují jednou na dva záběrové cykly (Maglischo, 2016).

Přísun kyslíku má vliv na udržení intenzity plavání v daném způsobu, a kromě 50m trati, je vhodné frekvenci dýchání udržovat v režimu nádechu na jeden záběrový pohybový cyklus (Maglischo, 2016). Myslíme si, že s frekvencí nádechu můžeme manipulovat během tréninku, při kterém plavce adaptujeme na nepříjemné pocity spojené s nedostatečným přísunem kyslíku. Rovněž je vhodné učit nadechovat na jeden a půl cyklu plavce v dětském věku, pravidelné střídání nádechu na obě strany nevede k jednostrannému svalovému přetížení. Cílem je, aby plavec co nejdéle udržel převažující aerobní hrazení energetických požadavků v průběhu maximálního výkonu.

2.3.1.4 Rotace těla a souhra

V popisu kraulové techniky kromě charakteristiky horizontální roviny řešíme i rovinu sagitální, ve které se uskutečňuje pravidelné vychylování (rotace) trupu z pravé na levý bok a zpět. Rotace pánve a ramen ze strany na stranu v rytmu s horizontálním a laterálním pohybem horních končetin je důležitou součástí udržení polohy těla. Tělo následuje pohyb HK, rotaci ramen, trupu, pánve a nohou na stranu, při kterém dochází k záběru a přenosu HK v pohybovém cyklu. Skutečný kontakt plavce s vodní hladinou není v přední části hrudníku a břicha, ale více na pravém a levém boku. Bylo zjištěno, že rotace trupu přispívá k medio-laterálním pohybům ruky během fáze záběru (Liu, Hay, Andrews, 1993; Yanai, 2001b; Payton, Sanders, 2011), což pravděpodobně vede k nárůstu odporu na zabírajících plochách ruky. Tento otáčivý pohyb se často uvádí jako amplituda úhlové transpozice trupu. Rovněž bylo zjištěno, že zvýšená rotace trupu nejen zlepšuje výkon plavců, ale i snižuje riziko rozvoje syndromu bolavého ramene (Beekman, 1986; Liu, Hay, Andrews, 1993; Yanai, 2001b; Sanders, Psycharakis, 2009;). Counsilman a Counsilman (1968) navrhl, že rotace trupu:

- zjednodušuje fázi přenosu paže a zkracuje poloměr otáčení ramene,
- pozitivně ovlivňuje silový účinek záběru horní končetiny přímo pod těžištěm těla v přechodu z fáze přitažení do fáze odtlačení,
- ovlivňuje pozici chodidel, které mohou provádět kop částečně do strany, čímž vyrovnávají opačnou rotaci trupu a protilehlé paže,
- usnadňuje dýchání.

Maglischo (2003) a Hofer et al. (2012) uvádějí, že úhel vychýlení u nenádechové strany se pohybuje od 40° do 45° a přibližně od 50° do 60° u strany nádechové. Podle Paytona a Sanderse, (2011) můžeme u některých plavců ve fázi nádechu naměřit až 66° a Castro et al.

(2003) a McCabe a Sanders (2012) zjistili, že rozdíly v rotaci pánve a ramen jsou patrné především u plavců na střední a dlouhé tratě. Některé studie ukázaly, že rozdíl mezi rotací ramen a pánve byl nižší u vytrvalců (57°) než u sprinterů (68°), což znamená, že úhlové rozdíly mezi pávní a rameny ve vodě u vytrvalce jsou nižší, vytrvalci se přizpůsobují delší vzdálenosti efektivní splývavou polohou. Nižší a vyšší frekvence záběrů v různých disciplínách ovlivňuje dobu trvání záběru. Nižší frekvence záběrů, pomalejší rotace pánve a ramen způsobuje delší přípravnou fázi. Vyšší frekvence záběrů, rychlejší rotace pánve a ramen způsobuje krátkou přípravnou fázi (Cappaert, Pease, a Troup, 1995).

Jinak vnímá rozdíl v rotaci trupu pozorovatel ze břehu, protože rotace ramen je u vytrvalců větší než u sprinterů. Větší rotace ramen je umožněna delším časovým rozdílem mezi fází přechodu na záběr a zahájením záběru (Cappaert a Rushall 1994, Castro et al., 2003). Příprava na záběr, délka záběru a snížená frekvence záběrů je spojena s vyšší ekonomikou plavání v porovnání s plavci sprintery. Snížený ekonomický efekt sprinter nahrazuje vyšší frekvencí a zvýšenou propulzní silou záběrů (Costill, Maglischo a Richardson, 1992; Cappaert a Rushall, 1994; Chollet, Chalties, Chatard 2000; Seifert, Chollet a Brady 2004; Costill, 2011). Z výzkumů vyplývá, že celková rotace trupu snižuje čelní průmět plavce ve vodě a tím snižuje brzdivé síly působící na plavce, rotační pohyb pánve a ramen je ekonomicky velice výhodný.

Podrobněji se rotacemi v kraulu zabývá Sanders a McCabe (2015), kteří zdůrazňují důležitost časové a pohybové koordinace mezi trupem a končetinami. Podle nich má časová křivka rotace ramen zkušeného plavce během záběrového pohybu vypadat jako sinusoida. Udržet stejnou amplitudu sinusoidy se ale nedaří, jelikož je rotační pohyb neustále narušován fází nádechu. Při správně provedeném nádechu dochází k minimálnímu zpoždění rotace, při špatně provedeném nádechu dochází k narušování rotačního pohybu a ke zvýšení brzdících sil plavce. Sanders a McCabe (2015) doporučují, aby během rozvoje plavecké techniky trenéři dbali na výuku dýchání na obě strany. Dovednost pravidelně dýchat na obě strany následně pozitivně ovlivňuje dovednost udržet dolní končetiny, trup a hlavu ve splývavé poloze. Dysbalance v nádechu na obě strany následně způsobuje:

- zvýšenou rotaci na jednu stranu,
- asymetrii v pohybu - hlava, horní část trupu,
- zvýšenou aktivitu svalstva na jedné polovině těla během záběrové fáze,
- rozdíl v rovnováze a časování koordinace levé a pravé paže.

V souvislosti s rotací trupu kraulařů byl proveden výzkum, který se zaměřil na zjištění vzniku rotace pánve a ramen. Yanai (2001b) zjistil, že hlavní složkou, která se podílí na rotaci trupu u kraulu, je vztlaková síla. Rovněž zjistil, že vynikající plavci využívají vztlaku jako hlavní síly k provedení rotace trupu v porovnání s méně zkušenými plavci.

Maglischo (2016) zaujímá poněkud odlišný postoj k vlivu rotace na kraulovou techniku. Souhlasí, že rotace trupu přiměřeně pomáhá ve snižování pasivního odporu, ale nesouhlasí s tím, že rotace trupu má zásadní vliv na tvorbu propulzních sil. Rotace trupu plavce ze strany na stranu navazuje na krouživý pohyb horních končetin, které se v průběhu pohybového cyklu nacházejí pod a nad hladinou.

Maglischo (2016) se domnívá, že na rozdíl od pohybu na suchu plavec nemá ve vodě dostatečnou oporu. Tělo plavce podléhá vlivu odstředivých a dostředivých sil, proto v pořadí ramena, pánev a dolní končetiny mají tendenci následovat pohyby horních končetin. Laterální (boční) pohyby dolních končetin minimalizují efekt odstředivé síly, napomáhají k přechodu z jedné záběrové fáze do druhé a udržují směr plavání během rotace trupu.

Souhrn k problematice techniky plaveckého způsobu kraul

Kraulová technika je sice ze všech plaveckých způsobů nejrychlejší, ale domníváme se, že i nejsložitější. Vysoká rychlost plavání je zajištěna polohou těla, která je téměř vodorovná s hladinou. Při vyšších rychlostech se poloha u kraulu mění, ale stále vytváří méně brzdících sil než ostatní plavecké způsoby. Největší změny kraulové techniky jsou patrné ve fázi dýchání, při které má koordinace nádechu a výdechu největší vliv jak na polohu, tak i na vytáčení kolem podélné osy těla. Při nádechu se trup vytáčí ve větším úhlu než při výdechu, což ovlivňuje nejen prostorové parametry, ale i působení svalové síly během záběrových pohybů (obr. č. 3 a, b, c).

Pohyb dolních končetin je střídavý, ale ne pravidelný. V souvislosti s plavanou vzdáleností se počet kopů mění. V disciplínách na krátkou vzdálenost je nezbytné použít dolní končetiny v požadované frekvenci šesti kopů, ale u větších vzdáleností je výhodnější počet kopů regulovat.

2.4 Rozvoj svalové síly v plaveckém pohybu

2.4.1 Svalová síla obecně

Svalovou sílu definujeme jako schopnost vyvinout maximálně maximální sílu F_{mm} . Nebo v jiném smyslu můžeme sílu popisovat jako schopnost pomocí svalového úsilí překonávat vnější odpor nebo s ním spolupůsobit (Zatsiorsky a Kraemer, 2014).

Při používání pojmu “síla” je ale potřeba rozlišovat mezi silou jako fyzikální veličinou, která slouží k určení vzájemného působení mezi dvěma tělesy, a silou jako fyziologickou veličinou. V praxi se s tímto problémem můžeme setkat při všech pohybech lidského těla, kdy síla má vlastnosti vektoru a charakterizuje ji velikost, směr a působiště. V druhém případě musíme sílu vnímat z hlediska fyziologického – síla svalového stahu člověka (síla = schopnost svalové kontrakce při nenulovém odporu). Sílu v tomto případě vnímáme jako zdroj pohybu člověka, která se podílí na realizaci tělesné aktivity k přemístění těla či jeho částí (Dovalil, 2002; Zatsiorsky a Kraemer, 2014).

Zatsiorský a Kraemer (2014) z biomechanického hlediska člení sílu na základě jejího vnitřního a vnějšího působení. Působí-li síla mezi jednotlivými segmenty těla, hovoříme o tzv. vnitřní síle, působí-li mezi tělem sportovce a okolním prostředím, hovoříme o tzv. vnější síle. Z hlediska působení síly mezi jednotlivými částmi lidského těla, při svalové kontrakci nedochází k opakovaným pohybům, hovoříme o **statické síle** (výdrž ve dřepu, vzporu, visu). Pokud svalová kontrakce způsobuje pohyb částí těla prodlužováním (excentrická svalová kontrakce) nebo zkracováním svalu (koncentrická svalová kontrakce), hovoříme o **dynamické síle** (např. vzájemný pohyb předloktí a nadloktí při kraulovém záběru). Podle Zahradníka a Korvase (2012); Zatsiorského a Kraemera (2014) dynamickou sílu dělíme na:

- **Maximální sílu**, která se projevuje překonáváním vysokých vnějších odporů malou rychlostí konkrétní svalovou skupinou svalů zpravidla v jednom opakování.
- **Explozivní sílu**, která se projevuje překonáváním nízkých vnějších odporů nebo hmotností těla maximálním zrychlením při jednorázovém (acyklickém) pohybu zúčastněných segmentů.
- **Reaktivní sílu**, při kterých je člověk schopen realizovat svalový výkon v pohybových činnostech využívající cyklus protažení a následného zkrácení svalů v době trvání do 200 ms od zahájení.
- **Vytrvalostní sílu**, která se projevuje opakovaným překonáváním relativně nízkých odporů malou rychlostí při cyklických pohybech (plavání, veslování atd.).

Seliger, Vinařický, Trefný (1980) vzhledem k potřebám sportovního tréninku sílu pracovně definují jako schopnost překonávat či udržovat vnější odpor svalovou kontrakcí. Svalová kontrakce je mechanická odpověď, která nastává v průběhu svalového vzruchu a která je provázána souborem změn chemických a četnými průvodními jevy fyzikálně chemickými. Činnost svalstva můžeme chápat jako změnu napětí svalu, která se projevuje autonomním výkonem nebo pravidelnou interakcí člověka s vnějším prostředím.

Zatsiorsky a Kraemer (2014) se domnívají, že je potřeba rozlišovat mezi absolutní a relativní svalovou silou. Absolutní sílu definujeme jako nejvyšší hodnotu svalové kontrakce. Relativní síla představuje poměr mezi realizovaným silovým výkonem a tělesnou hmotností, kdy vydělíme maximální sílu hmotností těla. Praktický význam rozlišování maximální a relativní síly spočívá v tom, že v jednotlivých typech sportu používáme v rozvoji svalové síly různých prostředků a metod.

2.4.2 Svalová síla v plaveckém výkonu

Ve sportech, jako je plavání, veslování a jízda na kajaku, se setkáváme s prostředím, které v interakci s pohybem končetin vytváří hydrodynamický odpor, který je úměrný druhé mocnině rychlosti pohybu. To znamená, že při nízkých rychlostech je těleso obtékané laminárně a odporová síla pokládána za přímo úměrnou rychlosti pohybu. Při vyšších rychlostech je proudění turbulentní a odporovou sílu obvykle považujeme za úměrnou druhé mocnině rychlosti, Zatsiorsky a Kraemer (2014):

$$F = k_2 \cdot V^2$$

kde F je síla, V^2 je rychlost v poměru k vodě a k_2 je koeficient hydrodynamického odporu.

Sharp (1986) a Hofer et al. (2012) se shodují, že odpor pozitivně koreluje s druhou mocninou rychlosti, a že k dosažení nízké rychlosti je zapotřebí relativně málo propulzních sil. K dosažení vyšší rychlosti a k udržení propulzní síly v průběhu závodu je již nutné počítat s vysokými nároky na překonávání hydrodynamického odporu svalovou silou.

Pravidelně opakující se záběrové pohyby kladou velké nároky na svalovou sílu. Plavec, který naplave 8000 m za den, provede mezi 3200 až 4000 záběrových cyklů. Jestliže stejný plavec trénuje 6 dnů v týdnu, každá jeho paže provede 1 000 000 záběrů za rok. V souvislosti s dlouhodobě se opakujícím střídavým pohybem končetin je zřejmé, že silový trénink je důležitý nejen k vlastnímu výkonu, ale i jako prevence zranění (Scott a Scott 2015).

Svalovou sílu můžeme zvýšit téměř jakýmkoliv způsobem, za předpokladu, že frekvence a intenzita cvičení je vyšší než běžná aktivace svalového vlákna. Složitější je však proces, při kterém dochází k zvýšení svalové síly nebo výkonu (Komi, 1986).

S rozvojem svalové síly v tréninku na suchu vzniká problém, který se týká přenosu silových předpokladů do plaveckého výkonu a jejich objektivizace. Výzkum sice probíhá od roku 1980, ale nesystematicky. Dovednostní úroveň zkoumaných plavců v existující literatuře zahrnuje celé spektrum výkonnosti. Do výzkumu byli zahrnuti plavci nízké a vysoké výkonnostní úrovně, proto je obtížné výsledky výzkumu srovnávat. Ukázalo se, že korelace svalové síly s plaveckým výkonem je vyšší u plavců mladších a plavců s nižší úrovní

plavecké techniky. Z výsledků výzkumu vyplývá, že při nízké úrovni tělesné kondice člověka dochází k velkému nárůstu svalové síly. Ve skupinách vysoké výkonnostní úrovně s ohledem na vysokou úroveň pohybových schopností a homogennost souboru byla korelace mezi silou a plaveckým výkonem nižší (Sharp, Troup a Costill, 1981; Miyashita a Kanehisa, 1983; Tanaka et al., 1994; Trappe a Person, 1994; Garrido et al., 2010).

Výsledky výzkumů dokazují, že svalová síla je nezbytným předpokladem k plaveckému výkonu, který ale není postačující. Silový trénink v plavání neslouží k tomu, aby měl plavec velkou svalovou sílu, ale aby získal určitou prahovou úroveň, která mu zajistí maximální výkon. Tato prahová úroveň se vztahuje jak k obecnému, tak i specifickému rozvoji svalové síly. Obecný základ rozvíjí silové předpoklady, které jsou dále využity k realizaci specifického silového tréninku (Kondraske, 2010).

Zaměříme-li se na vztah mezi silovými testy realizovanými na suchu a výkonem ve vodě, jsou výsledky studií neprůkazné. Určitý vztah byl ale nalezen mezi maximální isokinetickou torzí v ramenním kloubu a plaveckým časem na 100 m kraul a mezi silovým výkonem horních končetin na plavecké lavici a výkonem na 25 m sprint (Sharp, Troup a Costill, 1981). Rovněž bylo zjištěno, že síla měřená v záběrové fázi při maximálním úsilí na plavecké lavici byly jediné proměnné, které souvisely s výkonem na 50m a 100m trati u vybrané skupině plavkyň (Vorontsov et al., 2006). Girolid et al., (2007) zjistili, že plavci významně zvýšili sílu a rychlost plavání po 12 týdenním silovém tréninku na suchu, který byl zaměřen na posilování horních končetin, ale také dolních končetin a trupu.

Silový trénink (v rámci suché přípravy) zvyšuje plavecký výkon (Girolid et al., 2007; Toussaint a Vervoorn, 1990; Trappe a Pearson 1994) a pozitivně ovlivňuje parametry, které vztahujeme k plaveckému výkonu, jako je zvýšení délky záběru (Toussaint a Vervoorn, 1990) a snížení frekvence záběru (Girolid et al., 2007). Silový trénink také pozitivně ovlivňuje nervosvalovou koordinaci a následně adaptaci, která má přímou vazbu na ekonomiku pracujícího svalu (Hoff, Gran, Helgerud, 2002), a to na zlepšení reflexního potenciálu, změnách synergistů, změnách kontrakce antagonistů a zvýšené elektromyografické aktivity svalů (Rouard, Quezel, Billat, 1992; Kiselev, 1991).

Stager a Tanner (2005) se domnívají, že vliv svalové síly na plavecký výkon v rozmezí od 50 do 1500 metrů nemusí být dominantní. Silově disponovaný plavec ještě nemusí být nejrychlejší. Síla je nutná, nikoliv postačující podmínka k dosažení maximálního výkonu a to především v souvislosti s kvalitou výkonu. Čím vyšší je úroveň trénovanosti, tím menší změny ve výkonu můžeme vyvolat. V tomto případě je zřejmé, že není-li svalová síla

v plaveckém výkonu dominantní, bude plavecký výkon ovlivňován řízením pohybu, tedy úrovní techniky daného plaveckého způsobu.

Z výzkumů vyplývá, že pro praxi je podstatnější sledovat a kontrolovat svalový výkon, než sledovat a kontrolovat maximální svalovou sílu. Proto svalový výkon můžeme vnímat jako jednu z hlavních determinant plaveckého výkonu, která koreluje se silou horních končetin (Sharp, Troup a Costill, 1981; Hawley a Noakes, 1992).

Jednou z hlavních proměnných, ovlivňujících plavecký výkon, je hydrodynamický odpor, který vzniká jako důsledek pohybu těla ve vodním prostředí. Odpor vody je překonáván opakujícími se záběrovými pohyby, do nichž plavec vkládá příslušnou záběrovou sílu, nejde tedy o jednorázový silový výkon, ale o opakované silové úsilí v čase. Z toho vyplývají dva obecné závěry:

1. s podstatou plaveckého výkonu se nejvíce shodují silové a silově vytrvalostní předpoklady,
2. hodnota vynaložené svalové síly je sice maximální, ale její působení je ovlivněno délkou plavané vzdálenosti (Juřina, 1984).

V průběhu záběrové fáze dochází k aktivaci svalových vřetének a šlachových tělísek, které vysílají informace o poloze končetin, trupu, napětí ve svalech a pohybech svalových skupin. Údaje o posouzení okamžité polohy těla se scházejí převážně v jádrech retikulární formace. Úmyslné, cílené, volní „chtěné“ pohyby jsou vyvolány impulsy vycházejícími z mozkové kůry, které zpětně řídí nervosvalovou regulaci pohybu horních a dolních končetin a přes kooperaci se senzitivními systémy zpětně ovlivňuje napětí svalů a rychlost pohybu (Bernačiková, Kalichová, Beránková, 2010). Záběrová síla je spouštěcím elementem výkonu, je výsledkem kontrakce všech svalových skupin, které realizují záběrový pohyb (Bernačiková, Kalichová, Beránková, 2010; Juřina, 1984).

Juřina (1984) rovněž uvádí, že plavecká lokomoce se uskutečňuje s relativně nízkým odporem v mnohonásobně se opakujících pohybech dolních i horních končetin, s jemnými pohybovými koordinacemi záběrových ploch, jehož účinnost se projevuje v udržení silového úsilí a v odolávání únavy vegetativních a vytrvalostních funkcí. Plavání tedy řadíme mezi sporty s vysokou mírou využití silové vytrvalosti v maximálním výkonu.

Podle Scotta a Scotta (2015) silová vytrvalost umožňuje dlouhodobé opakování pohybu bez známek větší únavy či vyčerpání. Úroveň síly během silové vytrvalosti není maximální, ale je využívána s vysokým podílem plavcovy maximální silové kapacity. Rozvoj

svalové vytrvalosti představuje zlepšení silového projevu konkrétních svalových skupin v činnostech po relativně dlouhou dobu bez snížení její kvality (Zahradník a Korvas, 2012).

Z dlouhodobého výzkumu vlivu svalové síly (posilování) na celkový výkon plavce, na měření specifické síly plavce během plavání nebo na vliv specifických posilovacích cviků na suchu víme, že se transfer uskutečňuje nejen do plaveckého výkonu na dlouhé, ale i krátké tratě, ve kterých se maximální síla projevuje nejvíce (Cronin et al., 2007; Vorontsov et al., 2006; Gambetta, 1999; Klauck et al., 1997; Tanaka et al., 1994; Ciccone, Lyons, 1987; Schleihau, 1983). Je známo, že vrcholoví plavci, kteří dosahují maximálního plaveckého výkonu ve své disciplíně, jsou schopni plavat krátký 25m úsek rychleji, než ostatní plavci soutěžící ve stejné disciplíně. Z toho můžeme vyvodit, že slabší výkon ve sprintu v porovnání s plavci plavajícími stejnou disciplínu indikuje nízkou svalovou sílu a výkon na suchu (Costill, 2011).

Rozvoj silových předpokladů plavce ve vodě není jednoduchý. Vodní prostředí svou hustotou sice umožňuje rozvoj svalové síly především horních i dolních končetin, ale z důvodů nízké velikosti odporu (záběrové plochy) a horizontální polohy nemá plavecký pohyb takový účinek na rozvoj svalové síly dominantních i podpůrných svalových skupin, jak v dynamickém, tak i ve statickém režimu. Proto je žádoucí, aby silový trénink probíhal jak ve vodě, tak i na suchu. V procesu plaveckého tréninku a dlouhodobého vývoje plavce je potřeba si uvědomit, že podíl rozvoje svalové síly realizovaný ve vodě a na suchu se mění s věkem a úrovní trénovanosti (Maglischo, 2003).

2.4.4 Rozvoj svalové síly v režimu posilování na suchu

Voda plavce v pohybu brzdí a zároveň mu napomáhá pohyb realizovat, proto je proces rozvoje síly v tréninku a aplikace síly ve výkonu mnohem složitější než na suchu. Jedním z nejtěžších úkolů v plaveckém tréninku je naučit plavce aplikovat svalovou sílu způsobem, který maximalizuje výslednou propulzi (Scott a Scott, 2015).

Při klasickém tréninku ve vodě odpor vody napomáhá rozvoji silových předpokladů jedince, ale ne na takovou úroveň, která je nezbytná k dosažení maximálního výkonu. Opakující se pohyb horních a dolních končetin a rotace trupu se uskutečňuje v prostředí, jež nutí člověka neustále vyhledávat rovnováhu. Toto nestabilní prostředí je v úzkém vztahu s funkčními poruchami pohybového systému, které často způsobuje svalové a strukturální disproporce především v přední rovině plavcova těla. Nedostatečná silová příprava na suchu může negativně ovlivnit jak výkon, tak i zdraví plavce (Juřina, 1984; Scott a Scott, 2015).

Svalovou sílu vztahujeme k předpokladům jednotlivce generovat sílu nebo odolávat síle. V základu to znamená, že silový trénink směřuje k tréninku proti odporu, který můžeme generovat na suchu i ve vodě (Scott a Scott, 2015). Rozvoj svalové síly ale významně ovlivňuje i techniku provedení plaveckého pohybu. Svalovou sílu musíme vnímat jako předpoklad ke správné koordinaci záběrových pohybů.

Silový trénink na suchu může mít několik forem. V posilování na suchu plavci využívají vlastní hmotnost, odpor elastického lana, odpor břemene a posilovací stroje s přidavným zatížením. Silový trénink by měl logicky vést ke zvýšení silových předpokladů a ke zvýšení záběrové síly ve vodě. V plaveckém tréninku ale tato přímá úměra neplatí. Zlepšení silových předpokladů tréninkem na suchu ne vždy vede ke zvýšení záběrové síly ve vodě, ani se automaticky netransformuje do zlepšení plaveckého výkonu (Scott a Scott, 2015).

Zatziorsky a Kraemer (2006) dospěli k názoru, že cílem sportovního tréninku je vyvolat specifickou adaptaci na pravidelnou tělesnou činnost, a že především vlivem sportovního tréninku dochází k vyvolání adaptačních procesů za předpokladu, že tělesná cvičení obsahují tyto znaky:

1. tréninkový podnět je dostatečně veliký (velikost zatížení),
2. tréninkový podnět se mění (akomodace),
3. cvičení je specifické k danému výkonu (specifičnost) a
4. cvičení respektuje individuální zvláštnosti sportovce (individualita).

Při realizaci silového tréninku na suchu začínáme vždy rozcvičením. V této části tréninku svaly aktivujeme cvičením v nízké intenzitě. Následuje část dynamického rozcvičení v nízké a střední intenzitě, která by měla mít efekt na kardiovaskulární systém. V poslední části „rozcvičky“ provádíme statická cvičení k přípravě svalů na vysokou kontrakci, která bude následovat (Olbrecht, 2000).

Zpevňováním svalů kolem páteře, pánve, lopatek a hrudníku se plavec během posilování na suchu vyhne poškození svalů, vazů či kloubů. Poškozený svalový aparát může přerušit nebo zpomalit tréninkový proces jak na suchu, tak i ve vodě. V prvních lekcích posilování je žádoucí se zaměřit na nácvik korektní techniky, která nevyvolává velké svalové napětí. Z těchto důvodů se velikost zátěže pohybuje kolem 60 % z opakovacího maxima (OM), kterou plavec zvedne, 12x po sobě s frekvencí cvičení 2x až 3x týdně (Tlapák, 2014).

Po fázi zpevňování je silový trénink zaměřen k hypertrofii svalového vlákna, která předchází rozvoji silové vytrvalosti. Pro hypertrofii svalu můžeme použít model zatěžování,

při kterém využíváme zátěž 75 % z jednoho opakovacího maxima, se kterou pracujeme po dobu 7 až 12 opakování. Uvedený model cvičení je vhodný ke zvýšení svalové síly trupu a k zlepšení nervosvalové koordinace mezi trupem a končetinami. Pro zvýšení silové vytrvalosti dolních a horních končetin je výhodnější pracovat s nižší zátěží a vyšším počtem opakování (Kraemer, Ratamess, 2004; Tlapák, 2014).

Trénink na suchu by měl zahrnovat jak cvičení k rozvoji svalové síly podílející se na plaveckém výkonu, tak i cvičení, které má terapeutický účinek, například strečink, uvolňování. Je žádoucí, aby oba typy tréninku na suchu byly v rovnováze. Svalové skupiny, které realizují plavecký pohyb, musí pracovat v dynamickém režimu (isotonicky), zatímco svaly zajišťující stabilizaci budou pracovat dynamicky během přípravné (objemové) fáze ročního cyklu a staticky (isometricky) během závodní fáze ročního cyklu (Olbrecht, 2015).

Podle Scotta a Scotta, (2015) by trenér do tréninkového programu měl zahrnout nejdříve cvičení pro hypertrofii svalu a posléze cvičení s dynamickou fází v hladině zatížení vypočtenou z jednoho opakovacího maxima. V průběhu tréninkového procesu by silová příprava měla obsahovat:

1. silový trénink s využitím těžších odporů, se zaměřením na zvětšení průřezu svalu – hypertrofii (velikost zátěže 80 % z OM),
2. výbušný silový trénink s využitím principu plyometrie, a
3. rychlostně silový trénink, ve kterém převažuje dynamické posilování s využitím lehčích odporů, v rychlém provedení a v co největším rozsahu – (velikost zátěže přibližně 50 % z OM).

Podle Scotta a Scotta (2015) se ve specializované a vrcholové etapě tréninkové přípravy postupně zvyšuje podíl speciální silové přípravy oproti všeobecné silové přípravě. V průběhu ročního tréninkového cyklu se jejich poměr mění, od všeobecného zaměření v začátku přípravného období ke speciální silové přípravě v období vyladování před závody. Z hlediska adekvátního rozvoje svalové síly na suchu doporučují použít následující metody cvičení a pomůcky.

1. Posilovací stroje a volné činky jsou vhodné k rozvoji svalové síly. U volných činek si plavci musí být vědomi větších nároků na kontrolu polohy kloubů a jejich stabilizaci během cvičení, protože pohyb během cvičení není omezen jako u cvičení na posilovacích strojích.

2. Trénink stabilizace zahrnuje cvičení, které obsahuje prvky rovnováhy. Taková cvičení využívají pozic ve stoje nebo vsedě na nestabilním podkladu s pohybem horních končetin s cílem udržet rovnováhu těla.
3. Suspenzní trénink je systém posilování na základě kontroly polohy těla v různých pozicích s využitím svalů trupu na TRX (Total body Resistance Exercises), ale i jiných stabilizačních svalů. Tento tréninkový systém poskytuje nestabilní podmínky k rozvoji síly s využitím tradičních cviků. Cvičení je vhodné praktikovat za účelem zvýšení stabilizace trupu a lopatek.
4. Olympijský trh a nadhoz svým charakterem cvičení ovlivňují statickou, dynamickou a výbušnou sílu celého těla. U cvičení jsou kladeny vysoké požadavky na zvládnutí techniky. Plavci mohou využít zjednodušených modifikací, které lze provádět jak na bazéně, tak i v posilovně. Součástí tréninku je nutná kontrola provedení cvičení zkušeným instruktorem.
5. Cvičení s elastickým odporem (expandery) - jsou používána již několik desítek let. Expandery se upínají do výšky pasu. Plavec pracuje v předklonu, což při delším cvičení přetěžuje svaly v oblasti beder. Pohyb horních končetin imituje záběrové pohyby plaveckých způsobů. Velikost odporu je úměrná délce natažení gumy.
6. Cvičení na plavecké lavici - tato cvičení se charakterem pohybu přibližují isokinetickému režimu posilování. Cvičení probíhá vleže na lavici, která se pohybuje na základě kontrakce svalů horních končetin. Váha těla slouží jako odpor, pohyb paží imituje záběrové pohyby horních končetin v plavání. Lavice bývá nakloněná, aby docházelo jak ke zkrácení, tak i protažení svalového vlákna.
7. V rozvoji svalové síly v plavání, ale i v dalších vodních sportech se využívají trenažéry, ve kterých se odpor vytváří viskozitou. V tomto případě je vyvinutá síla úměrná rychlosti pohybu. Takové tréninkové přístroje se používají hlavně jako náhrada přirozených podmínek (vodní prostředí) při tréninku vodních sportů na suchu (Juřina, 1984). Horčic (1996) trenažéry rozděluje na:
 - trenažéry sestavené na základě principu standardní zátěže,
 - trenažéry univerzální, s pevnými stanovišti,
 - trenažéry se setrvačником,
 - trenažéry s třecí spojkou,
 - trenažéry s elektromotorem (dynamem).

Trenažér s elektromotorem se přibližuje isokinetické kontrakci, která se při zvyšující se rychlosti pohybů přiměřeně zvyšuje i odpor. Svaly vyvíjejí v každém okamžiku napětí, konstantní rychlost pohybu je během záběru narušována.

Souhrn k problematice svalové síly v plaveckém výkonu

V konceptu LTAD (Long Term Athletes Development) autorů Ford et al., (2011) je realizace plaveckého výkonu podmíněna biologickým věkem a dlouhodobou plaveckou přípravou, která se zaměřuje na obecný a specifický rozvoj pohybových dovedností a předpokladů k výkonu. Na základě konceptu LTAD jsme seřadili jednotlivé metody posilování dle věku sportovce, při které se v počátku dlouhodobého tréninku snažíme podpořit především správný tělesný růst s postupným zpevňováním svalů trupu a svalových skupin. Domníváme se, že v obecném režimu posilování v plaveckém tréninku je vhodné využívat posilovací stroje, protože umožňují pohyb provádět technicky správně a s volitelnou zátěží, čímž nedochází k vytváření negativních pohybových stereotypů.

Další metody rozvoje svalové síly směřují ke stabilizaci síly trupu a kloubních spojení, které jsou již nezbytné pro udržení polohy těla na vodě a k fixaci záběrových pohybů horních i dolních končetin. Bez posílení a fixace například mezilopatkových svalů a svalů lopatky může dojít k svalovým dysbalancím, které následně narušují správnou funkci pohybu horních končetin.

Olympijský trh a nadhoz vyžadují správnou techniku provedení. Trenér může využít tento typ cvičení jedině v případě, že dobře ovládá její techniku nebo má k dispozici zkušeného kondičního trenéra, který vzpěračské techniky ovládá. U tohoto typu cvičení je nutné kontrolovat objem zatížení. Velká zátěž může narušit funkčnost svalového vlákna dolních i horních končetin vlivem hypertrofie svalu, což se následně může negativně projevit v plaveckém výkonu.

Cvičení s elastickým odporem (expandery) se provedením přibližuje záběrovým pohybům ve vodě. Výhodou elastických pomůcek je jednoduchá obsluha a manipulace, nevýhodou, že odpor není konstantní. Čím víc je gumové lano nataženo, tím větší odpor vzniká. Při optimálním natažení je odpor zátěže nižší. Při cvičení může být dynamika pohybu vyšší s vyšším počtem opakování. Před zahájením samostatného cvičení je rovněž nutné provést instruktáž se zácvikem korektního pohybu všech plaveckých způsobů.

Cvičení s elastickým odporem můžeme střídat se cvičením na lavici, kde je zátěž tvořena vahou těla plavce. Během cvičení plavec překonává mnohem větší odpor než při cvičení s expandery, proto je nutné kontrolovat jak techniku provedení, tak i počet opakování.

Nevýhodou tažení vlastní váhy na lavici vidíme v obtížnosti udržet parametry záběrového pohybu horních končetin, jako je frekvence a rychlost záběru. Z důvodů opakovaného překonávání velké zátěže se domníváme, že toto cvičení je vhodné k vytváření silových předpokladů pro rychlostní vytrvalost. Cvičení s expandery vytváří lepší podmínky k rozvoji silových předpokladů pro střední a dlouhodobou vytrvalost.

Vhodnou variantou rozvoje silových předpokladů na suchu je využití přístrojů s elektromotorem. U těchto přístrojů můžeme manipulovat s velikostí odporu (rychlostí záběrového pohybu), frekvencí i délkou záběrů a s dobou trvání cvičení. S těmito přístroji můžeme imitovat střídavý a současný pohyb horních končetin, což využijí plavci věkových kategorií od 10 let a starší. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena přístroje, údržba a nutnost nákupu většího množství přístrojů (Horčic, 2004).

V procesu rozvoje svalové síly na suchu upřednostňujeme cvičení, která bezpečně rozvíjejí obecnou a následně speciální svalovou sílu. Režim a parametry cvičení řídíme biologickým věkem a úrovní tělesné kondice plavce. V dětském věku preferujeme všeobecný rozvoj svalové síly pomocí různých cvičení s vlastní hmotností. V realizaci cvičení na suchu je k rozvoji svalové síly vhodné využít expandery, s kterými lze v určité míře ovlivňovat sílu i řízení pohybu (frekvenci a techniku). Při vhodných podmínkách k rozvoji svalové síly dále preferujeme využít posilovací stroje, které umožňují kontrolovat techniku a režim posilování vybraných svalových skupin, které jsou v pohybu ve vodě důležité. Domníváme se, že ze semi-specifických cvičení směřujících k plaveckému výkonu je nejvhodnější použít plavecké ergometry, jako je Biokinetic nebo Vasa trenažér.

2.4.5 Rozvoj svalové síly v režimu posilování ve vodě

Rozvoj svalové síly realizovaný na suchu může působit kontraproduktivně. Problém představuje velká hypertrofie svalů, která narušuje vlastní plavecký výkon a transfer svalové síly do plaveckého výkonu. Prvotní výzkum nespécifikoval vliv míry přenosu specifčnosti cvičení na suchu a získané úrovně svalové síly do plaveckého výkonu. Z těchto důvodů někteří trenéři odmítali silovou přípravu na suchu a zaměřovali se na rozvoj svalové síly ve vodě (Scott a Scott, 2015).

Z následujících výzkumů vyplynulo, že v procesu posilování na suchu by měl nad hypertrofií převažovat dynamický typ posilování, který je charakteristický maximálně rychlou produkcí velké síly (McDougall in Tlapák, 2014, Tlapák, 2014).

S rozvojem svalové síly ve vodě si musíme uvědomit, že velikost hydrodynamického odporu (nastavení plochy dlaně, předloktí, chodidel) a rychlost pohybu těla určuje velikost zatížení, která je ale omezena úrovní techniky provedení a výkonností plavce. Přístupujeme-li k přípravě silového tréninku ve vodě jako k přípravě silového tréninku na suchu, pak daný trénink pozitivně ovlivňuje rozvoj svalové síly. Doplnkové zvýšení odporu vody (např. přidavnými plochami) však významně mění hydrodynamické poměry při plavání. Z těchto důvodů v procesu sestavování tréninku s využitím dodatečných odporů ve vodě musíme přistupovat obezřetně. Výběr tréninkového motivu nebo metody je libovolný, avšak je nutné kalkulovat s tím, že technika provedení daného plaveckého způsobu se může s dodatečným odporem měnit. Plavání proti odporu sice snižuje počet a délku záběrů, velký objem tréninku však může způsobit negativní změny v technice. Podmínkou využití dodatečných odporů je nepřetržitá kontrola techniky. Cílem tréninku je udržet standardní stereotyp pohybu se zvýšenou zátěží (Juřina, 1984; Zatsiorsky a Kraemer, 2014; Scott a Scott, 2015).

Silový trénink realizovaný ve vodě vychází z teoretického konceptu využití přiměřených odporů během plaveckého pohybu, protože s nárůstem vyšší svalové síly (získané na suchu) může dojít k negativním změnám ovlivňujících techniku plavání. Tyto změny se mohou projevit ve snížení rozsahu kloubní pohyblivosti, ve zhoršeném vnímání vodního prostředí, v prostorových parametrech (změna trajektorie záběrových pohybů), časových parametrech (rychlost záběru, délka zátěže) a v dynamice uplatňovaného svalového úsilí.

Přístupů založených na zvýšení vnějšího odporu prostřednictvím různých prostředků (pomůcek) je v současnosti mnoho. Podle jejich zaměření dělíme pomůcky do tří skupin (Counsilman a Counsilman, 1994; Maglischo, 2003; Scott a Scott, 2015):

1. První skupina je zaměřena na využití pomůcek ke zvýšení odporu nebo váhy plavce a jeho končetin.
 - Do této kategorie odporových pomůcek patří: speciální oblečení, odporové pásy, zátěžový pás, odporový padáček různé velikosti, závaží upínající se nad kotníky a zápěstí.
 - Plavci rovněž využívají pomůcky, které jsou upevněny na horních nebo dolních končetinách. Do této kategorie pomůcek řadíme odporové desky (packy) různých velikostí, různé manžety na zápěstí nebo rukavice a plavecké ploutve pro zvýšení síly dolních končetin.

2. Druhá skupina pomůcek je zaměřená na využití elastického upevnění (upoutání, brzdění) plavce v jednom bodě. Plavec je upevněn na elastickém (gumovém) laně, které je fixováno na břehu bazénu. Jsou-li lana fixována na delší straně bazénu, může vedle sebe plavat více plavců najednou. Velikost odporu je řízena technickými parametry lana a frekvencí pohybu plavce.
3. Další technikou rozvoje svalové síly ve vodě je asistované plavání. Plavec je brzděn nebo zrychlován druhou osobou, která lano táhne nebo aktivně brzdí.
4. Třetí skupina kombinuje předchozí možnosti s využitím bazénu s protiproudem.

V plaveckém tréninku dětí je žádoucí plánovat trénink zajímavě, aby byl všestranně rozvíjející, se zaměřením na rozvoj všech pohybových dovedností, pohybových schopostí a dalších předpokladů k výkonu. Odporové destičky a plavecké ploutve zvyšují nepřiměřeně zátěž na pohybový aparát dítěte a z tohoto důvodu není vhodné je využívat. Jakákoliv plavecká pomůcka může negativně ovlivnit techniku plavání, je-li využívána nad míru potřeb daného jedince. V tomto případě je rozhodující zkušenost trenéra, který kontroluje využití pomůcek v tréninku. S přechodem dětí do puberty je možné s pomůckami manipulovat ve větší míře, trénink se stává pestřejším, ale stále klademe důraz na řízení pohybu a pak až na rozvoj síly. U plavců s dokončeným biologickým růstem je vhodné vybírat již osvědčená cvičení, která trenér individualizuje k potřebám plaveckého výkonu plavce. Stále by mělo platit, že po tréninku síly ve vodě s pomůckami by narušené vnímání vodního prostředí mělo být dostatečně dlouho „vyplaváno“ (Carroll, Riek a Carson, 2001).

Cvičení na rozvoj síly obecně musí vyvolávat nervosvalovou adaptaci na základě shody se silovým projevem v soutěžním výkonu. Silový trénink musí být specifický na základě následujících parametrů (Petr a Šťastný, 2012):

1. Trénink musí zahrnovat takový **druh kontrakce**, který se uplatňuje při dané sportovní činnosti. I když posilovací trénink obsahuje všechny druhy kontrakce (koncentrickou, excentrickou, izometrickou), v předzávodním období musí dominovat kontrakce, která je specifická pro daný výkon.
2. Různé sportovní činnosti kladou rozdílný požadavek na **silový projev**. V plavání je kraulařský pohyb charakteristický změnou a střídáním napětí a uvolnění svalových skupin. Rovněž rychlost pohybu paže se mění jak v průběhu záběru, tak i v průběhu přenosu horních končetin.
3. **Síla kontrakce**, která je charakteristická pro daný sport. V našem případě pro všechny plavecké způsoby.

4. **Pohybový vzorec** (technika plaveckých způsobů) je tvořen svalovými systémy, které se podílejí na pohybu během sportovního výkonu. Je důležité, aby sled zapojených svalů nebo svalových skupin odpovídal polohám segmentů a jednotlivých úhlů, při kterém je síla generována. Měla by odpovídat svalovému zapojení realizované techniky.

V rámci přípravy silového tréninku je nutné dodržovat výše zmíněné parametry, aby došlo k pozitivní fyziologické odezvě organismu. Například Tanaka et al., (1994) dospěli k názoru, že odporový a vytrvalostní trénink vyvolává různé svalové adaptace. Vytrvalostní trénink, například, snižuje aktivitu glykolytických enzymů, ale zvyšuje úroveň glykogenu jako zásobu energie (což je rovněž problém výživy), oxidativní aktivitu enzymů, kapilaritu svalového vlákna, počet mitochondrií a jejich hustotu ve svalové buňce. Na druhou stranu odporový trénink (s pomůckami) nebo také silový trénink snižuje hustotu mitochondrií a okrajově ovlivňuje hustotu kapilár, metabolickou aktivitu enzymů a intrasvalové ukládání substrátu mimo svalový glykogen.

Rozvoj svalové síly pomocí plaveckého pohybu se jeví jako velice výhodný, protože v průběhu cvičení dochází k procesu transferu mezi cvičením a plaveckými záběry (Tanaka et al., 1994; Giroid et al., 2007; Toussaint a Vervoorn, 1990).

Olbrecht (2015) se domnívá, že v tréninku síly je důležitá synchronizace silového tréninku na suchu s tréninkem ve vodě, aby nedocházelo k přetěžování pohybového aparátu. K předcházení problémů spojených s přetížením organismu Olbrecht (2015) doporučuje zahájit lehký silový trénink alespoň dva roky před zahájením regulérního silového tréninku. To znamená, že příprava na silový trénink (posilování na suchu v posilovně) je vhodné přesunout již do základní nebo dokonce přípravné etapy plaveckého tréninku. V přípravném tréninku (7-10 let) posilujeme s vlastní hmotností. V základním tréninku (11-15let) se řídíme biologickým věkem do puberty a i po ní. V obou případech posilujeme ve vodě bez posilovacích pomůcek, k rozvoji síly využíváme prvkové plavání a sprinty. Velikost zatížení by v tomto případě měla být nízká, forma tréninku na suchu směřuje ke kondiční gymnastice v prvním roce a k rozvoji explozivní síly v roce druhém.

Zatsiorsky a Kreamer (2014) se zmiňují o důležitosti silové přípravy v mladém věku (8-10 let). Zdůrazňují, že trenér musí vědět, jakým způsobem s touto věkovou skupinou lze pracovat a s jakou zátěží. Obecně by děti měly provádět pohyby bez zátěže nebo s velice nízkou zátěží, tak aby nastal proces koordinace mezi zapojovanými svalovými skupinami v daném pohybu.

2.4.6 Rozvoj svalové síly v etapách plaveckého tréninku

Rozvoj obecné síly na suchu je vhodné zařadit již do přípravné a základní etapy plaveckého tréninku. K rozvoji svalové síly v těchto etapách využíváme cvičení s vlastní vahou dítěte. Cílem etapy je stabilizovat sílu posturálních svalů, zpevnit a protáhnout svalové úpony. Cvičení na suchu vyvolává rychlejší změny ve vnitro-svalové koordinaci, pomáhá k posílení dynamické rovnováhy podpurných svalů a zabraňuje vzniku zranění. Obecné silové předpoklady (síla trupu, horních i dolních končetin, zádového svalstva atd.) následně pozitivně ovlivňuje rozvoj silových předpokladů v komplexních podmínkách plaveckého výkonu (Brandon, 2006; Čechovská, 2005).

Rozvoj síly na suchu v základní, specializované a vrcholové etapě plaveckého tréninku je vhodné zaměřit specificky k danému plaveckému pohybu a disciplíně. Cvičení probíhá v horizontální nebo částečně horizontální poloze a jeho náplní je kromě stabilizace síly trupu rozvoj síly především horních a částečně i dolních končetin pomocí plavecké lavice, speciálních ergometrů, expanderů a různých cviků s vahou vlastního těla (McLeod, 2010; Janík, 2004; Sharp et al., 1982).

Současně s rozvojem síly na suchu probíhá v základní, specializované a vrcholové etapě plaveckého tréninku i rozvoj síly ve vodě, který by měl být zaměřen zcela specificky a směřuje k maximálnímu výkonu. Rozvoj síly ve vodě ovlivňuje specifickou sílu v jakémkoliv věku, jen počet opakování nebo délku cvičení, je nutno upravovat vzhledem k aktuálnímu stavu tělesné kondice (Young, 2006; Čechovská, 2005; Sharp et al., 1982).

Souhrn k problematice rozvoje svalové síly v plaveckém tréninku

V souvislosti s rychlostí pohybu plavce ve vodě vzniká menší či větší negativní odpor, který plavec opakovaně, svými záběrovými pohyby a vynaloženou svalovou silou překonává. Na základě těchto zjištění vnímáme plavecký výkon jako silově vytrvalostní.

Silově vytrvalostní výkon plavec realizuje nejen během závodů, ale i v tréninku, proto je nutné, aby velká část plaveckého tréninku byla zaměřena na rozvoj obecné, ale také lokální svalové síly. Rozvoj obecné svalové síly řešíme v kontextu prevence zranění a přetížení plavce. V rámci rozvoje obecné svalové síly a vytrvalosti je rovněž důležité se zaměřit na funkčnost svalových systémů a jejich vnitrosvalovou koordinaci, která je základem pro rozvoj lokální svalové síly. Lokální svalovou sílu řešíme v kontextu zvyšování specifické rychlostně-vytrvalostní a vytrvalostní síly, kterou rozvíjíme plaveckými motivy, jejichž parametry jsou vymezeny energetickému krytí v dané rychlosti plavání.

Z obecného hlediska rozvoje svalové síly je důležité se zaměřit na svalové skupiny plavců, které se podílejí na udržení vzpřímené postavy, a to z důvodů antigravitačního působení hydrostatického vztlaku. Dále je důležité se zaměřit na ty svalové skupiny, jejichž funkce je fixovat svaly, které se podílejí na záběrových pohybech horních a dolních končetin. Ze specifického hlediska rozvoje svalové síly je důležité se zaměřit na svalové skupiny, které daný pohyb přímo vykonávají. V tomto případě využíváme specifická cvičení rozvoje silové vytrvalosti horních a dolních končetin a koordinační cvičení, která jednotlivé pohyby horních a dolních končetin koordinují s dýcháním a rotací trupu (Zatsiorsky a Kreamer, 2006; McLeod, 2010).

Rozvoj silových předpokladů na suchu by měl směřovat ke zpevnění svalových systémů, které podporují funkci při jejich zapojování v průběhu maximálního plaveckého výkonu. To samé platí pro rozvoj silových předpokladů ve vodě. Pozitivní transfer silových předpokladů lze využít jedině v případě, že trenér využije taková posilovací cvičení, která odpovídají režimu maximálního plaveckého výkonu, a která souvisí s řízením pohybu.

Transfer silových předpokladů ze sucha do vody také souvisí s řízením svalové činnosti a s vlastnostmi svalové hmoty. Někteří autoři uvádějí dvě úrovně řízení, hormonální a nervovou, hormonální řízení ovlivňuje somatotropní hormon, testosteron, inzulín a kortizol, jejichž produkce je ovlivněna pohlavím, věkem, genetickými dispozicemi a rovněž výživou. Druhá úroveň řízení je spojena s nervovým přenosem informací pomocí motorické jednotky, při kterých impulsy, které proudí ke svalům, zvyšují svojí frekvenci a přičemž, dochází ke zvýšení či snížení počtu zapojených motorických jednotek Tlapák (2014).

Domníváme se, že z prezentovaných metod rozvoje svalové síly ve vodě je nejvhodnější použít plavání na místě, asistované plavání, plavání s přidaným odporem ve formě padáku a nakonec plavání s odporovými deskami. U plavání na místě a asistovaného plavání nedochází k tak velkému ovlivnění propriorecepce v záběrovém pohybu horních končetin. Obě tyto metody lze použít pro rozvoj svalové síly do vzdálenosti 50 až 100 m. Asistované plavání je charakteristické vyšší rychlostí plavání, při níž dochází k narušení techniky pohybu a následně, vlivem adaptace, k její stabilizaci. Plavání s padákem snižuje rychlost plavání. Plavec musí vynakládat větší svalovou sílu k překonání většího odporu, proto je výhodnější tuto metodu využít k plavání delších vzdáleností. Při snaze o zvýšení rychlosti dochází vlivem nárůstu odporu k velkým změnám v technice plavání. Rozvoj svalové síly plavce pomocí odporových desek (OD) je organizačně velmi jednoduché. Velká nabídka různých velikostí OD umožňuje jejich použití již v tréninku starších žáků. Vhodné

OD mají malé zvětšení záběrových ploch, které příliš nezatěžují klouby horních končetin. Tréninkové motivy s OD u starších dětí jsou ovlivněny nižším počtem opakování a kratší délkou plavaného úseku. Odporové desky lze využít i k úpravě techniky v různých fázích záběrů HK. Velikost OD a jejich použití je nutné kontrolovat a řídit zkušeným trenérem, protože na rozdíl od ostatních metod tato metoda silně ovlivňuje propriocepci dlaní a zápěstí HK a snižuje přirozenou frekvenci záběru. Všechny metody ovlivňují přirozenou adaptaci na vodní prostředí, proto je nutné myslet na dostatečně dlouhé vyplavání s kontrolou kvalitní techniky záběru.

2.5 Specifičnost a transfer síly

2.5.1 Problematika specifičnosti a transferu v pohybovém tréninku

Vlivem pravidelného tréninku dochází k adaptaci na tréninkové zatížení, které by mělo být specifické pro danou sportovní disciplínu nebo odvětví. Charakter tréninkové adaptace závisí na charakteru jednotlivých tréninkových podnětů, neboli na specifičnosti daného cvičení, která následně ovlivňuje transfer tréninku do sportovního výkonu (Lehnert et al., 2014).

Specifické zaměření sportovního tréninku je v současnosti vnímáno jako nejefektivnější způsob vedení tréninku k dosažení maximálního sportovního výkonu. Cvičení s vyšší mírou shody pohybového obsahu i metabolického zajištění se sportovní disciplínou má větší tréninkový efekt a vede k rychlejší adaptaci a zvyšování sportovní výkonnosti (Dobry, 2005).

V praxi se můžeme setkat s omezeným vnímáním vlivu specifických cvičení na výkon. Někteří trenéři specificky ovlivňují jen některé faktory předpokladů sportovního výkonu, přitom maximální výkon je tvořen souhrou mnoha proměnných, které je nutno vnímat v souvislostech (Juřina, 1978; Schramm et al., 1987; Čechovská, 1994; Toussaint, 1992; Hohmann et al., 1999; Neuman, Pfützner a Hotenrott, 2005). Specificky zaměřený trénink nemusíme chápat jen ve vztahu rozvoje síly a výkonu, ale rovněž i ve vztahu k intenzitě a intervalu odpočinku, zapojení energetických systémů, rychlosti pohybu, trvání pohybu, komplexu svalové aktivace, nastavení úhlů v kloubech horních i dolních končetin, ve frekvenci pohybu, ale i počtu záběrů na danou vzdálenost (Dovalil et al., 2002; Dobry, 2005; Lehnert et al., 2018).

K dosažení vysokého tréninkového transferu musí být splněna kritéria, která jsou vymezena úkoly tréninku. Budeme-li vnímat specifičnost cvičení jako podmínku dodržování

parametrů závodního výkonu, pak bude pohybový trénink vždy směřovat správným směrem. Ke zvyšování výkonnosti sportovce bude docházet v případě, že dlouhodobý trénink bude tvořen specificky k danému výkonu. Pravidelná aplikace výkonových parametrů v plaveckém tréninku může pozitivně ovlivnit maximální výkon sportovce (Dobry, 2005).

Specifičností tréninku a především vztahy mezi jednotlivými fyziologickými parametry v přenosu tréninkových ukazatelů do výkonu se zabývalo mnoho odborníků v posledních dvou dekádách minulého století (Payne a Lemon, 1982; Noakes, 2003; Acevedo a Goldfarb, 1989; Noakes, Myburgh a Schall, 1990; Town a Bradley, 1991; Flynn et al., 1994).

Acevedo a Goldfarb (1989) například sledovali, zda zvýšená tréninková intenzita ovlivní hladinu laktátu, úroveň ventilačního prahu a vytrvalost u běžců. Výsledky výzkumu ukázaly, že u trénovaných atletů má zvýšená intenzita cvičení pravděpodobnostní vztah k parametrům spojeným s intenzitami kolem 85 až 90 % VO_2max v maximální rychlosti na vzdálenost 10 km. Změny byly spojeny se specifickými výkonovými parametry, ale již nikoliv s obecným měřením aerobní kapacity VO_2max nebo sníženou tréninkovou intenzitou. Fyziologicky to znamená, že vysoká intenzita glykolitického tréninku nemění glykolitickou aktivitu na nižších tréninkových intenzitách. Nachází-li se atlet na vysoké tréninkové úrovni, jeho výkon bude reflektovat typ realizovaného tréninku. Maximální výkon v tréninku, bude pravděpodobně ovlivňovat i maximální výkon v závodě.

Podobný výsledek měl výzkum Bella et al., (1989). Skupina veslařů byla rozdělena do 3 skupin. 1. skupina trénovala intervalový trénink s vysokou rychlostí opakování cvičení. 2. skupina trénovala intervalový trénink s nízkou rychlostí opakování cvičení a 3. skupina neprováděla žádný trénink. Z výsledků vyplynulo, že tréninkové cvičení ovlivnilo 1. a 2. skupinu v tréninkových parametrech (cvičení bylo provedeno rychleji, s větší silou), ale nemělo vliv na zlepšení parametrů závodního výkonu. 3. skupina se ve výkonu zhoršila. Nepřítomnost zlepšení v **parametrech výkonu** odporuje zažitým představám a doporučením mnoha trenérů. Možné vysvětlení lze hledat v komplexním pohybu veslaře, při kterém samotné veslování vyžaduje vysokou úroveň pohybových dovedností. Výsledky studie potvrdily, že tréninkový efekt dosažený jednoduchými pohyby (jako je specifický odporový trénink) nemá vliv na jejich transfer do komplexního pohybu.

Další výzkum v oblasti specifičnosti cvičení potvrdil, že svalová adaptace na tréninkovou zátěž probíhá v cyklech, kdy vlivem tréninku dojde k snížení výkonu, pak regeneraci, a nakonec, vlivem adaptace, přejde do superkompenzační fáze. Tento proces

vnímáme jako přirozený nepřerušovaný cyklus, který zahrnuje pokles a vzestup výkonnosti, který je způsoben funkčními stimuly specifického rázu. Jestliže za specifický stimul dosadíme sílu, tak v celkovém výkonu zlepšíme sílu. Zaměříme-li se jen na vytrvalost, tak zlepšíme jen parametry vytrvalosti. Tělo se adaptuje na specifické formy aplikované zátěže. To znamená, že tréninkový efekt z jedné formy specifické zátěže nelze přenést (využít) v jiné formě cvičení (Noakes, 2003).

Z výše uvedených informací vyplývá, že plavecký trénink by měl být plánován tak, aby tréninková zátěž odpovídala specifikaci daného sportovního výkonu. V tréninku dětí řešíme hlavně všestrannost, techniku a pak až výkon, při kterém postupně adaptujeme mladý organismus na zvyšující se zátěž. Po pubertě by úroveň adaptace na zátěž měla kulminovat a v tomto tréninkovém a životním období by měl trénink směřovat víc specificky do objemu, intenzity, opakování cvičení, techniky a době odpočinku. Plavecký trénink musí vycházet z výkonu do výkonu, a ne z tréninku do lepšího tréninku (Olbrecht, 2015).

Acevedo a Goldfarb (1989) dále zjistili, že tréninkový stimul pod a nad úrovní energetických požadavků výkonu v soutěži je pro zlepšení výkonu málo účinný. Z výzkumu vyplynulo, že trénink na různých procentech intenzity z maximálního výkonu nemá vliv na specifický transfer do výkonu.

Problém přenosu pozitivního efektu obecné silové přípravy do výkonu zkoumal i Bell et al., (1989). Zjistili, že rozvoj svalové síly na veslařském trenažéru sice zlepší úroveň svalové síly a má pozitivní efekt na prevenci úrazu, ale jeho využití ve specifickém výkonu je diskutabilní. Proto se domnívá, že nejvhodnější období realizace obecného silového tréninku je v etapě přípravy před závodním obdobím. Z výsledků výzkumu rovněž vyplývá, že:

1. únava způsobená posilovacím tréninkem negativně ovlivňuje energetické zdroje, které mohou být využity ve specifické formě tréninku,
2. obecný posilovací program redukuje tréninkový čas, který by šlo využít v realizaci specifického tréninku,
3. efekt posilovacího tréninku není kompatibilní s aerobní adaptací v daném výkonu a zřejmě bude narušovat výhody, které lze specifickým tréninkem získat.

Na základě výzkumu Zatsiorského a Kraemera (2014) se specifická adaptace zvyšuje se stoupající sportovní výkonností. Čím vyšší je úroveň fyzické výkonnosti sportovce, tím je adaptace specifičtější a k zlepšení soutěžní výkonnosti je potřeba velice specifických cviků a tréninkových metod. U lidí s nízkou fyzickou výkonností je možné rozvíjet sílu, rychlost, vytrvalost a pohyblivost i jednoduchými gymnastickými cviky,

například k rozvoji síly dolních končetin a trupu stačí dřepy. Hranice mezi vlivem nespecifického cvičení a tréninkových metod, a specifických cvičení a tréninkových metod na sportovní výkon by měla být spojena s dokončeným biologickým věkem a aktuální úrovní trénovanosti.

Specifická cvičení je tedy důležitou součástí sportovního tréninku. Základní myšlenka specifické adaptace je postavena na principu zapojení svalů nebo svalových systémů ve specificky daném pohybovém vzorci, které rozvíjí, a které následně využívá v dané pohybové aktivitě nebo sportovním výkonu. K dosažení specifického tréninkového efektu a následné adaptaci je nutné, aby tréninková zátěž se svými parametry co nejvíce blížila soutěžnímu výkonu. Druh podnětu, síla podnětu, doba působení podnětu a frekvence opakování podnětu se musí řídit mírou specifčnosti a její intenzitou. Adaptační proces pak následně prochází úrovní fyziologickou, nervosvalovou a psychickou (Hamill a Knutzen, 2006; Dovalil et al., 2002; Jarus a Gutman, 2001; Adams, 1987). S důrazem na specifickou adaptaci v tréninku dětí musíme dát pozor na předčasnou specializaci (Zahradník a Korvas, 2012).

V procesu tréninku specifických pohybových cvičení může nastat problém akomodace (saturace). Zatsiorsky a Kraemer (2014) popisují problém principu zmenšujícího se tréninkového efektu, který nastává vlivem biologického zákona akomodace. Podle zákona akomodace je reakce biologického objektu při daném neměnném podnětu saturována a bez narůstajícího objemu nebo intenzity v tréninku dochází ke stagnaci výkonu. V tomto případě není důležité v tréninku měnit jen objem a intenzitu, ale i jejich poměr v dalších složkách jako je vytrvalost, rychlost, síla a koordinace. Z těchto důvodů se Dobrý (2005) zmiňuje o modifikaci specifického cvičení, kdy udržení vysoké specifčnosti cvičení dává do souvislosti se změnou tréninkové zátěže a se střídáním cvičení v jednotlivých složkách tréninku.

Další problém může nastat v průběhu tréninkového procesu v momentě učení se novým motorickým dovednostem. V procesu specializace a učení se novým pohybům bychom měli začít nejdříve s napravením posturálních a svalových dysbalancí, další trénink a výuku je vhodné směřovat k progresivnímu specifickému zatěžování se zvyšováním svalové síly (Hamill a Knutzen, 2006; Dobrý, 2005).

Rovněž souhlasíme s Rushallem (1992), který sice potvrzuje, že specifický trénink má největší vliv na soutěžní výkon, ale přesto doporučuje v tréninku pracovat i s cvičením nespecifickým (v anglické literatuře se můžeme setkat s pojmem pomocné cvičení). Podle

Rushalla (1992) má nesespecifický trénink (například v podobě rozvoje svalové síly) své opodstatnění v těchto případech:

1. Obecný silový trénink pozitivně ovlivňuje rehabilitaci po zranění.
2. Obecný silový trénink a jiné formy tréninku mohou být použity k přípravě sportovce na nenadálé situace, které mohou nastat v soutěži a které slouží pro snížení náhodných zranění.
3. Obecný vytrvalostní základ poskytuje výhody ve sportech, kde je nutné udržovat dlouhodobě pozornost a rozhodnost (jachting, hokejový nebo fotbalový brankář atd.).
4. Obecný silový trénink má větší efekt na výkon v soutěži u začínajících mladých nebo dospělých sportovců. Síla ovlivňuje celkovou kondici, ať už je specifická nebo obecná. Jiný efekt má rozvoj síly u vynikajících sportovců, jejich úroveň tělesné zdatnosti je vysoká a silový trénink může mít opačný efekt na jejich soutěžní výkon.

S využitím specifických a nesespecifických cvičení v plaveckém tréninku souvisí výběr tréninkových metod. Nepřerušovaná metoda je charakteristická souvislým plaváním po dobu nejméně 10 minut a více. Intenzita zatížení v této metodě je variabilní, ale nikdy nepřesáhne hladinu anaerobního prahu. Nepřerušovanou metodu využíváme v přípravné části ročního tréninkového cyklu s cílem zvýšit obecnou vytrvalost plavců všech věkových kategorií. Dále je využívána v hlavní části ročního tréninkového cyklu jako jedna z hlavních metod s cílem zvýšit specifickou vytrvalost plavců v disciplínách 1500 m a více. Přerušovanou metodu (intervalovou) využíváme obecně, ale i specificky v souvislosti s délkou zatížení, intenzitou zatížení a charakterem pohybu, který více odpovídá realitě plaveckého výkonu v závodě (Čechovská, Jurák, Pokorná, 2012).

Souhrn k problematice specifčnosti a transferu v pohybovém tréninku

Shrme-li informace k vlivu specifického tréninku na sportovní výkon a trénink obecně, můžeme říci, že cílem specifických cvičení je zapojit a trénovat potřebné funkční systémy nebo jejich části (např. inervaci exponovaných svalových skupin, zapojení určitého typu svalových vláken a motorických jednotek kontrahujících ve specifických polohách, úhlech, rozsazích, časových relacích atd.), je ale nutné si uvědomit, že pouze specificky zaměřený trénink nevyvolá žádoucí změny bez zařazení nesespecifických cvičení. U vysoce trénovaných sportovců se doporučuje zařazovat nesespecifická cvičení především pro účely kompenzace, aktivního zotavování, zdravotní prevence, rekondice. Je třeba mít na paměti, že

dlouhodobý specializovaný trénink, není-li kompenzován, může vyvolat negativní reakce organismu, které vedou k přetrénování i k poškození zdraví. Proto je nutno kriticky přistupovat k názorům, že v tréninku vrcholových sportovců nemá jiný než specializovaný trénink své místo (Lehnert et al., 2014).

2.5.2 Specifičnost cvičení a transfer v plaveckém tréninku

Problém plavecké propulze vychází z podmínek, ve kterých se plavecký pohyb realizuje. V porovnání s chůzí nebo během je pohyb ve vodě zcela odlišný. Záběrové fáze a fáze přenosu musí být přizpůsobeny podmínkám a schopnostem každého jednotlivce na základě hydrodynamických principů (Holmer, 1992).

Energetická spotřeba plavce je v porovnání s pohybem na suchu (chůze, kolo) významně vyšší. Nejvíc energie plavec potřebuje k udržení hydrodynamické polohy, dále k provedení opakovaných pohybů dolních končetin a k překonávání odporu, který vzniká pohybem plavce. V našem případě velikost odporu závisí na viskozitě vody, výšce plavce, jeho poloze, příčném průřezu, plavecké rychlosti a teplotě vody. Všechny vyjmenované faktory ovlivňují plavecký pohyb tak, že například efektivita plaveckého způsobu kraul se pohybuje jen od 5 do 9,5 %. Tato signifikantně nižší mechanická účinnost má vliv na energetickou spotřebu, která je na danou vzdálenost čtyřikrát vyšší než energetická spotřeba na suchu v běhu na stejnou vzdálenost (Holmer, 1972; Toussaint et al., 1990; McArdle, Katch a Katch, 2010).

K adaptaci na tréninkovou zátěž dochází vždy v průběhu zatěžování, chceme-li ale, aby tréninkové zatížení pozitivně ovlivňovalo růst výkonnosti, je podle Maglischa (2003) v přípravě tréninkového plánu nutné dodržet následující čtyři aspekty specifičnosti:

1. pohybová aktivita musí probíhat v prostředí, ve kterém se výkon uskutečňuje,
2. v tréninku preferujeme plavecký způsob, kterým plavec plave v závodě,
3. v tréninku se zaměřujeme na trénink závodní rychlosti,
4. v tréninku se zaměřujeme na úroveň metabolického systému, který odpovídá maximálnímu výkonu v dané disciplíně.

Specifická tréninku rovněž souvisí s dosaženou úrovní techniky plaveckého způsobu. Podmínkou rychlého a žádoucího pohybu je dostatečná úroveň techniky. Rushall (1992) popisuje, jak změna techniky ovlivňuje výkon v intervalovém tréninku u plavců s vysokou výkonností, kdy i malá změna v provedení plaveckého pohybu může negativně ovlivnit efektivitu plavání. Z pohledu trenéra je tedy důležité určit, kdy se ještě vyplatí změnu techniky v průběhu tréninkového cyklu provést a kdy ne. Oprava techniky v průběhu

závodního období může mít negativní efekt, vhodnější je zařadit ji do období přípravy, kde dochází k postupné adaptaci na vyšší zátěž. Postupným zlepšováním techniky dochází k oscilaci od nižší k vyšší efektivitě záběrových pohybů plavce. V tomto případě Heusner in Rushall (1992) specifikoval působení nesespecifického nebo nevhodně zvoleného tréninku na plavce, který se může projevit:

- bolestí svalů během zotavné fáze,
- akutní lokální únavou,
- subjektivním vnímáním tréninku jako náročnějšího než obvykle,
- rychlým nástupem únavy.

2.5.3 Dělení tréninkového cvičení podle míry specifity

Pohyb ve vodě, na rozdíl od aktivit na suchu, klade velké nároky na hluboký stabilizační systém, a to v souvislosti s neustálým vyhledáváním opory. Plavec vytváří sílu pro pohyb vpřed tlakem končetin a trupu na vodu, čímž ovlivňuje stabilitu, koordinaci a silovou kapacitu pracujících i podpůrných svalů. Silový trénink, a to především cvičení prováděné ve vodě, pomáhá zlepšit vnímání tlaku vody na záběrové plochy a zlepšuje schopnost produkovat propulzivní sílu horních i dolních končetin. I když hlavním cílem silového tréninku v plavání je zvýšit výkon, neméně důležité je i snížit potenciální nebezpečí zranění tréninkovým zatížením (Scott a Scott, 2015).

Simulovat odpor vody na souši je zatím nemožné. Z tohoto důvodu představuje výběr efektivních cviků silového tréninku a trénink na suchu ve vodních sportech speciální problém. Využití závaží nebo pružné deformace nenabízí žádná uspokojivá řešení. Během záběrů ve vodě se sportovec bezprostředně před záběrem a po něm uvolňuje a realizuje maximální síly proti odporu vody při dosažení maximální rychlosti. I když se tréninkové přístroje používají hlavně jako náhrada přirozených vodních podmínek, jsou tyto dva znaky (napětí a uvolnění) pružinami, viskozitou nebo volnými závažími nedosažitelné (Juřina, 1984; Zatsiorsky a Kraemer, 2014).

Rozvoj svalové síly v plavání je tradičně dělen na část obecnou (nespecifickou) a specifickou. Domníváme se ale, že členění rozvoje svalové síly na nesespecifickou a specifickou část není dostačující. V plaveckém tréninku se obecně zaměřujeme na rozvoj silových schopností plavce jak ve vodě, tak i na suchu. Problém ale vidíme v tom, že rozvoj síly na suchu se realizuje na lavičích nebo plaveckých ergometrech, které jsou plaveckými odborníky řazeny do skupiny cviků specifických k plaveckému výkonu, přitom ale nedosahují parametrů odpovídajících plaveckému pohybu nebo výkonu ve vodě (Counsilman a

Counsilmann, 1994; Payne et al., 1997; Tanaka a Swensen, 1998; Olbrecht, 2000; Zatsiorsky a Kraemer, 2014; Sadowski et al., 2012).

Na základě výše zmíněných informací se domníváme, že posilovací cvičení prováděná na suchu i ve vodě, jejichž parametry (typ svalové kontrakce, poloha těla, pohyb končetin, intenzita zátěže, prostředí) se přibližují podmínkám tréninku a realizace výkonu ve vodě, ale nejsou prováděny ve shodě s plaveckým výkonem (poloha, plavecký způsob, délka trati, intenzita), bychom mohli nově řadit do kategorie “semispecifická forma tréninku” (Pöhlitz, 2008; Hottenrott et al., 2013).

S termínem “semispecifický” nebo také semi-accommodating se setkáváme v anglické i německé odborné literatuře, kde je spojován s cvičeními na rozvoj pohybových schopností, dovedností, fyziologických parametrů, které se svými parametry provedení přibližují danému sportovnímu výkonu. Například v rozvoji aerobní zdatnosti je pro lyžaře běžecký trénink na lyžích označen jako specifický. Trénink na stejnou vzdálenost, ale s kolečkovými lyžemi jako semispecifický a trénink na silničním kole jako nespecifický. Úroveň specifičnosti daného cvičení je determinována zejména parametry, které jsme již uvedli v jiných kapitolách (Sharp, Troup a Costill, 1981; Küttner a Romanus, 2003; Hottenrott et al., 2013; Olbrecht, 2015; ASU, 2016).

Na základě provedené rešerše a vlastních zkušeností se domníváme, že dělení rozvoje silových předpokladů na obecnou (nespecifickou) a specifickou část je v plaveckém tréninku nedostačující. Tento model dělení je vhodnější pro sportovní disciplíny, které jsou ve větší míře realizované na suchu. Plavání je specifické prostředím, ve kterém se realizuje, a závodními disciplínami vymezenými pravidly. Do realizace plaveckého výkonu, ale i tréninku, vstupují proměnné, které se ve sportovních disciplínách na suchu neobjevují. Nejdůležitější z těchto proměnných jsou poloha těla, hydrostatický vztlak a tlak, hydrodynamický vztlak, odpor vody, který plavec brzdí (negativní), odpor vody, který plavec využívá k pohybu (pozitivní) a větší vliv proprioreceptorů v oblasti trupu, horních a dolních končetinách. Z těchto důvodů jsme se rozhodli dělit tréninková cvičení na část specifickou, semispecifickou a nespecifickou. Toto dělení podrobněji analyzujeme v další části práce.

Z výše vypsanych důvodů je proces řízení rozvoje silových předpokladů v tréninku plavců mnohem složitější, proto se přikláníme k podrobnějšímu popisu a vymezení prostředků, které se na rozvoji silových předpokladů plavců podílejí.

Souhrn k problematice specifčnosti a transferu

Z analýzy odborných článků vyplývá, že specifický trénink by měl být spojován pouze s maximálním výkonem v dané disciplíně. Proces adaptace by se měl zaměřit na technické a fyziologické parametry výkonu. Tréninková cvičení, která plně neodpovídají parametrům maximálního výkonu (vzdálenost, intenzita, plavecký způsob), bychom měli řadit do skupiny cvičení, která mohou daný výkon podporovat. Využijeme je např. ve zlepšování techniky nebo zvyšování obecné svalové síly, která je k rozvoji specifické svalové síly nezbytná.

Z teoretického přehledu vidíme, že problém specifčnosti cvičení není dořešen. Především ve sportech, které se realizují v určitém prostředí (sníh, voda), je nutné vymezit více kategorií specifcity, které by pomohly trenérům se orientovat v problematice rozdělení a použití tréninkových cvičení a které by pomohly i k preciznější přípravě tréninkového zatížení v plánování ročního tréninkového cyklu.

Z rešerše vyplývá, že dělení tréninkových cvičení na specifické a nespecifické není dostačující. Navrhujeme k stávajícímu rozdělení přidat kategorii, která by lépe vyjadřovala problematiku specifcity v plaveckém tréninku.

Na základě kategorizace cvičení jsme následně schopni lépe reagovat na požadavky daného výkonu v souvislosti s funkcí transferu pohybových dovedností a schopností do plaveckého výkonu. Do nespecifického silového tréninku bychom následně zařadili všechna posilovací cvičení, jejichž realizace neodpovídá prostředí, ve kterém je výkon prováděn, poloze těla, ve kterém je výkon realizován a plaveckým záběrovým pohybům.

Na základě výše zmíněných informací bychom všechna posilovací cvičení prováděná na suchu měli zařadit do oblasti nespecifického tréninku. Musíme dodat, že se to týká všech cvičení, která nemají parametry plaveckého pohybu (trvání cvičení, frekvence, délka, poloha, intenzita).

K semispecifickému tréninku bychom pak přiřadili všechna cvičení, která jsou prováděna v prostředí, ve kterém je výkon prováděn, ale i mimo něj, ve stejné poloze, ve kterém je výkon realizován a se záběrovými pohyby, které odpovídají danému plaveckému způsobu. To znamená, že cvičení je prováděno ve vodě i na suchu. Je provedeno na přibližnou dobu trvání dané disciplíny, s přibližným počtem záběrů, s přibližnou frekvencí záběrů a intenzitou. Jedná se například o plavání střídavých úseků s využitím intervalové nebo opakovací metody. Na suchu se k těmto parametrům můžeme přiblížit cvičením na Biokinetiku, kde můžeme navolit některé parametry plaveckého záběru (frekvenci, dobu cvičení, průběh záběru, ale i intenzitu cvičení), (Sharp, Troup a Costill, 1981).

Do skupiny specifického tréninku bychom zařadili všechna cvičení, jejichž parametry pohybu jsou téměř shodné s maximálním výkonem v závodě. To znamená, že intenzita, doba trvání cvičení, frekvence, koordinace nádechu s pohybem horních a dolních končetin se uplatňují na základě neurofyziologických mechanismů řízení pohybu v souladu s biomechanickými zákonitostmi a vykazují shodné znaky se závodním výkonem.

Rozhodujícím činitelem dělení rozvoje silového tréninku a jeho aplikace do jednotlivých kategorií (obecný, semispecifický, specifický) by měla být vstupní a průběžná diagnostika silových předpokladů plavců, která by zahrnovala komplexní analýzu funkčnosti svalového systému jak na suchu (test), tak i ve vodě (plavecký test). Na základě výsledků těchto testů bychom řešili preferenci rozvoje silových předpokladů v plaveckém tréninku.

2.6 Bioenergetika plavání

2.6.1 Energetická spotřeba v plaveckém pohybu

Plavecká lokomoce je charakteristická střídavým působením propulzních sil, jejichž velikost musí být dostatečná k překonání odporu vodního prostředí. Přerušovaný, ale i současný pohyb v jednotlivých plaveckých způsobech vyvolává nerovnoměrnou rychlost plavce, která přispívá k variabilitě výkonu. Vysoká úroveň plavecké techniky snižuje variabilitu rychlosti plavce (pokles či vzestup rychlosti) a tím se zvyšuje i efektivita plavání. Plavecký výkon a tedy technika provedení je ale závislá na účinnosti techniky plavecké lokomoce, úrovni tělesné zdatnosti i na dovednosti překonávat únavu. Nízká úroveň zdatnosti ovlivňuje techniku a ta následně i celkový plavecký výkon (Hofer et al., 2012; Maglischo 2016).

Lokomoce ve vodním prostředí je nejvíce ovlivněna odporem vody, která je přibližně 800krát hustší než vzduch. K překonání odporu vodního prostředí potřebujeme vynaložit velké množství energie. V porovnání s pohybem na suchu, kde k posunu těžiště vpřed využíváme opory o zem, v plavání dochází k prokluzu. Vynikající plavci se od horších plavců liší tím, že během záběru mají délku prokluzu kratší. Na rozdíl od pohybu na suchu se voda tlaku záběrových ploch podvoluje a “uhýbá”.

Hydrodynamický odpor charakterizujeme jako sílu vodního prostředí, která působí proti směru pohybu plavce. Celková velikost odporových sil, se kterými je plavec konfrontován během pohybu vodou, se skládá:

1. Z vlnového odporu, který se vytváří před a za plavcem. Vlnový odpor se na celkovém odporu plavce podílí 23 %, procentuální podíl stoupá především s vyšší rychlosti plavání.
2. Z třecího odporu, který je tvořen kontaktem molekul vody s povrchem plavcova těla. Třecí odpor se na celkovém odporu podílí 22 %.
3. Z tvarového odporu, který je tvořen polohou a tvarem těla plavce během pohybu. Tvarový odpor se na celkovém odporu podílí 55 % (Hofer et al., 2012; McArdle et al., 2010).

Neustálé narušování plynulého pohybu plavce vlivem záběrových pohybů končetin a změnami velikosti odporu způsobuje kolísání rychlosti plavání. U kraulu a znaku dochází ke kolísání rychlosti v rozmezí $\pm 15-20\%$, u plaveckého způsobu prsa a motýlek v rozmezí $\pm 45-50\%$. Plavecký způsob prsa je charakteristický tím, že v průběhu pohybu dochází téměř k zastavení. Plavec, který dosahuje nejnižších hodnot kolísání rychlosti v pohybovém cyklu, je vždy rychlejší (Pendergast et al., 2006).

Hodnota účinnosti plaveckého pohybu v porovnání s pohybem na suchu se pohybuje přibližně od 3 do 10 % v závislosti na rychlosti, plaveckém způsobu a teplotě vody. Naproti tomu u pohybů realizovaných na suchu je rozmezí účinnosti pohybu mezi 20 až 40 % (Toussaint et al., 1990). Plavání tedy řadíme mezi nejvíce energeticky náročné sporty, a to z důvodů kontinuálního překonávání odporu vody, udržování stálé teploty těla a vytváření opory dolních a horních končetin k zajištění plavecké propulze (Di Prampero, 1986).

Celková energetická spotřeba plavce tedy závisí na rychlosti plavání, která je ovlivněna variabilitou mezi jednotlivci a mezi čtyřmi plaveckými způsoby. Variabilitu mezi jednotlivci spojujeme s morfologií těla, s rychlostí plavání a s úrovní zvládnutí techniky daného plaveckého způsobu. Maximální plavecký výkon je tedy ovlivněn souhrou biomechanických (frekvence záběru, vzdálenost překonaná za jeden záběr, mechanický výkon a účinnost techniky) a bioenergetických (kapacita anaerobních zásob, maximální aerobní výkon a časová konstanta) faktorů (Pendergast et al., 2006). Celkový energetický výdej jednotlivých plaveckých způsobů jsme schopni odhadnout na základě spotřeby kyslíku v předem stanovené rychlosti plavání. Například energetická spotřeba plavce plavajícího kraulařskou technikou rychlostí 1,50 m/s je přibližně o $0,24 \text{ kJ/m}^{-1}$ nižší než u plavce plavajícího technikou znak. Ve vyšších rychlostech se spotřeba energie u znaku zvyšuje rychleji než u kraulu. Naproti tomu maximální rychlost dosažená u znaku je nižší než u kraulu (1,75 m/s u znaku, oproti 2,0 m/s u kraulu). Spotřeba energie u prsou a motýlku je vyšší než u

kraulu a znaku ve všech rychlostech s tím, že plavecký způsob prsa má nejvyšší energetický výdej s nejnižší dosaženou rychlostí. Energetická náročnost jednotlivých plaveckých způsobů za jednotku vzdálenosti je konstantní do rychlosti 1,7 m/s u kraulu; 1,4 m/s u znaku; 1,35 m/s u motýlku a 1,3 m/s u prsou. Jakmile rychlost plavání překročí uvedené hodnoty, tak podle ústního sdělení prof. V. Bunce (vědeckého pracovníka FTVS UK, Praha) dne 14. 5. 2018 dojde k exponenciálnímu navýšení energetické náročnosti, pro který platí následující vztah $E = c \cdot I^n$ (obecný vztah mezi energií a intenzitou pohybu: c charakterizuje techniku a I Indexⁿ hustotu prostředí), (Barbosa et al., 2006; Capelli, Pendergast a Termin, 1998).

Celkový energetický výkon je tedy tvořen kombinací aerobního a anaerobního výkonu: zvyšuje se exponenciálně s rychlostí pohybu ve vodě, je vysoce variabilní a snižuje se tréninkem, za předpokladu překročení podnětového prahu. Například procentuální poměr aerobní, anaerobní laktátové a alaktátové tvorby energie v 200m úseku je 38, 43 a 19 %. Na kratší vzdálenost do 50 m je poměr tvorby energie 19, 54, 26 %. V závodní rychlosti je spotřeba energie nejnižší u plaveckého způsobu kraul a dále v pořadí znak, motýlek a prsa při rychlosti 1,5 m/s. Všechny výše zmíněné faktory jsou vysoce variabilní, ale i mezi elitními plavci vysoce trénovatelné (Capelli, Pendergast a Termin, 1998; Caputo et al., 2006).

2.6.2 Anaerobní a aerobní hrazení energie v plaveckém výkonu

Plavecké disciplíny se skládají z rozdílných vzdáleností od 50 m do 1500 m, výkon v nich trvá přibližně od 22 s do 14 minut a 30 s. Energie zajišťující plavecký výkon v těchto disciplínách je hrazena anaerobními a aerobními procesy, důležitost jednotlivých energetických procesů a intenzity plavání se liší v závislosti na trvání daného výkonu (uplavané vzdálenosti), (Medbo, 1988; Ogita, 2006). Je známo, že zvýšením energetické kapacity v lokálních svalech se zlepší efektivita celkového plaveckého výkonu. Aerobní uvolnění energie při práci jenom horních nebo dolních končetin k celkové energetické spotřebě daného plaveckého způsobu je následující: horní končetiny spotřebují $2,80 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, dolní končetiny spotřebují $3,34 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ a celková souhra dosahuje spotřeby $3,92 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, při maximální intenzitě zatížení VO_2max (Ogita, 2006).

Poměr hrazení energie anaerobními či aerobními procesy v plaveckém pohybu souvisí s délkou plavané tratě. Anaerobní procesy ve třech plaveckých způsobech postupně snižují své zapojení do tvorby energie v rozmezí od 78-85 % v 15sekundovém výkonu do 50 % v 60s výkonu a do 30 % ve výkonu do 2-3 minut. Obecně je krátká vzdálenost a maximální výkon řazena do anaerobního cvičení. Nicméně výsledky výzkumu ukázaly, že i při cvičení do 15 s se na hrazení energie podílejí aerobní procesy, které hradí okolo 15-20 % energie. Ve 2-3

minutových cvičeních je aerobní energie hrazena z 65 % a v 1 minutovém plaveckém výkonu vzniká energie z 50 % anaerobně a z 50 % aerobně. To znamená, že chceme-li zlepšit výkon na 100 a 200 m, musíme trénovat na intenzitách zatěžujících oba energetické systémy (Ogita, 2006).

2.6.3 Energetický výdej a aerobní/anaerobní kapacita

Energetický výdej plavce lze posuzovat pomocí měření spotřeby kyslíku VO_2 spirometrem upraveným pro použití v bazénu. Energetický výdej při anaerobní tvorbě energie lze určit z podílu anaerobní glykolýzy a pomocí hladiny laktátu (La), (Pendergasta et al., 2006).

Zlepšení aerobní kapacity úzce souvisí s dobou trvání aerobního tréninku v ročním tréninkovém cyklu, při kterém je nejvyšší hodnota adaptace zaznamenána v prvních třech měsících cyklu. V této části cyklu jsou svaly více senzitivní a schopné zlepšit dovednost produkovat energii aerobně, podmínkou ale je dostatečná úroveň svalové síly. Trénink by měl být zaměřen na rozvoj aerobní kapacity plavců více specifickým a vysoce intenzivním tréninkem (Costill et al., 1991; Ryan, Coyle, Quick, 1990).

Zlepšení anaerobní kapacity umožňuje plavci zvýšit celkovou zdatnost, která ve výkonu vede ke snížené únavě svalů. Studie ukázaly podstatné zlepšení hladiny laktátu z 12 na 27 % v maximální hladině La plavců mužů během celé sezóny (Bonifazi, Sardella, Lupo, 2000; Anderson et al., 2006).

Souhrn k problematice bioenergetiky v plavání

Energetický výdej během plaveckého pohybu je ovlivněn efektivitou plavecké techniky, teplotou vody a rychlostí plavání. Celkový energetický výdej je tvořen odporovou a propulzivní silou vytvářenou plavcem. Myslíme si, že v tréninku plavce není hlavní problém v tom, jak maximalizovat propulzivní síly a minimalizovat síly odporové, ale spíše jak je sladit dohromady v souvislosti s celkovým metabolickým výdejem.

Poměr hrazení energie anaerobními či aerobními procesy souvisí s rychlostí a s délkou plavané vzdálenosti. Krátká, vyšší rychlostí plavaná vzdálenost, je hrazena především anaerobními procesy, a to až z 85 % ($2,4 \text{ m/s}$), s přibývajícím plavanou vzdáleností a s klesající rychlostí se poměr anaerobní tvorby energie snižuje na 30 % ($1,6 \text{ m/s}$).

S rychlostí plavání a tedy s celkovým energetickým výdejem souvisí i typ proudění vody kolem plavce. Při nízkých rychlostech do 1 m/s se plavec setkává s prouděním laminárním, které nezvyšuje energetickou spotřebu v takové míře, aby plavec energetické

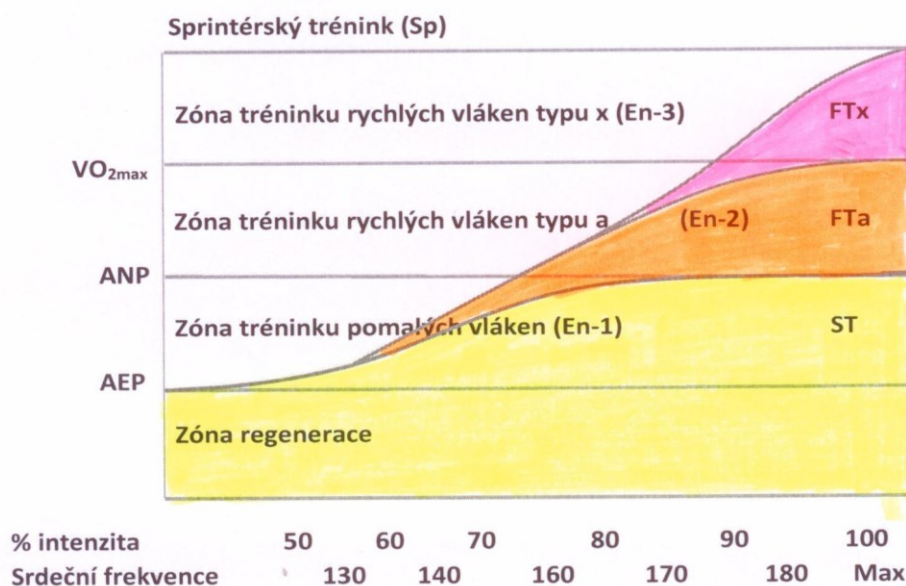
zásoby vyčerpá. V rychlostech plavání cca od 1,5 m/s a výše se plavec setkává již s prouděním turbulentním, které mnohonásobně více ovlivňuje rychlost tvorby energie, tedy i celkovou energetickou spotřebu (Hofer et al., 2012).

Z toho vyplývá, že plavecký trénink by měl být zaměřen na aerobní a anaerobní adaptaci, která souvisí s určitou kapacitní úrovní. Dosažení maximální úrovně aerobní i anaerobní adaptace umožňuje lépe zvládat nejen požadavky maximálního výkonu v dané disciplíně, ale rovněž i požadavky plaveckého tréninku. Nedílnou součástí udržení vysoké energetické kapacity je i vysoká úroveň plavecké techniky.

2.7 Kontrola trénovanosti a stanovení intenzity tréninkového zatížení

Pro kvalitní řízení plaveckého tréninku je nezbytné, aby trenér uměl určit tréninkovou intenzitu (pracovní zatížení), které odpovídá velikosti zátěže na určité úrovni srdeční frekvence nebo aktivace svalových vláken odpovídající soutěžnímu výkonu (obr. č. 14). Rovněž je důležité, aby trenér sledoval a měl přehled o úrovni techniky daného plaveckého pohybu plavců. Žádoucí intenzitu zatížení určíme ze vztahu uplavaná vzdálenost v metrech (m) a čas (t), za kterou tato vzdálenost byla uplavána. Ke kontrole tréninkového procesu nám tedy slouží zpětnovazebný princip řízení tréninku, ve kterém kontrolujeme jak rychlost a vzdálenost plavaného úseku (kvantitu), tak i techniku (kvalitu), jakou byla vzdálenost uplavána (Maglischo, 2016).

K výpočtu požadované intenzity využíváme krátké (50, 100, 200, 400 m) nebo i dlouhé (3000, 2000, 1000 m) individuálně maximální rychlostí plavané úseky. Výše zmíněným výpočtem (m/t) získáme žádoucí submaximální intenzitu pro rychlostní, středně vytrvalostní nebo vytrvalostní trénink (Maglischo, 2016).



Obr. č. 13 Tréninkové zóny na základě zapojení svalových vláken (Kenney, Wilmore a Costill, 1999)

Standardně opakované plavané úseky lze použít k testování výkonnosti a ukazatelů trénovanosti plavce. Pro kontrolu a stanovení intenzity plavání je důležitá úroveň hladiny krevního laktátu (máme-li možnost odběru), hodnota srdeční frekvence nebo rychlost či čas, za který byl vymezený úsek uplaván (Maglischo, 2016).

V plavecké praxi se ke kontrole trénovanosti plavce využívá i měření maximální spotřeby kyslíku, jehož hodnota poskytuje užitečné informace o vztahu mezi kardiorespirační odezvou na různou úroveň tréninkového zatížení (Dekerle et al., 2010). Problém tohoto měření spočívá v nespecifičnosti prostředí, které neodpovídá podmínkám prováděného pohybu. Kromě výše naznačených možností řízení tréninku se v kontrole tréninkového zatížení využívá i subjektivního vnímání intenzity zatížení (RPE), (Borg, 1998).

Fyziologické požadavky různých plaveckých motivů mohou být tedy posuzovány aktuální hodnotou srdeční frekvence, hladinou krevního laktátu a RPE subjektivním vnímáním intenzity zatížení. Kromě testování antropomotorických, kondičních a závodních ukazatelů v bazénu a laboratoři má testování fyziologických ukazatelů plavců vrcholové úrovně uplatnění i v plánování nebo modelování tréninku, kvantifikování krátkodobé a dlouhodobé tréninkové zátěže nebo při posuzování účinků fáze vyladění bezprostředně před hlavní soutěží (Bosquet et al., 2007; Mujika et al., 2004). Greenwood et al., (2008) ověřovali, zda lze výsledky testování fyziologických parametrů využít i v kontrole rychlosti zotavení po

plaveckém tréninku nebo závodním výkonu. Jedná se o kontrolu rychlosti snížení hladiny krevního laktátu ve fázi zotavení. Kilding, Brown, McConnell, (2010) rovněž studovali, zda lze použít monitoring respiračních funkcí plavce ve sledování efektu tréninku vdechových svalů v závodním nebo časově omezeném plaveckém výkonu.

2.7.1 Invazivní metody zjišťování úrovně anaerobního prahu v plavání

Anaerobní práh (ANP) je na rozdíl od maximální intenzity nejvyšší intenzita konstantního zatížení, při níž k úhradě energetických požadavků nestačí pouze aerobní procesy, ale výrazněji se již uplatňují i procesy anaerobní. Celý systém laktátové výměny však zůstává v dynamické rovnováze jeho tvorby a odbourávání v játrech (Dovalil et al., 2008).

Úroveň ANP se dá vyjádřit několika způsoby. Pro sportovní trénink se vyjadřuje v % z SFmax. Dále je možné úroveň ANP vyjádřit v % z VO₂max, který zjistíme při zátěžovém testu do maxima. ANP můžeme zjistit těmito základními metodami (Bunc, 1990; Bernačiková, Kalichová, Beránková, 2010):

1. určením prahu pomocí laktátové křivky – během stupňující zátěže se odebírají vzorky krve pro stanovení koncentrace laktátu v krvi,
2. určením prahu z ventilačních parametrů – během stupňující zátěže s pomocí analyzátoru vzduchu se zaznamenávají hodnoty ventilačních parametrů (minutová plicní ventilace MV, ventilační ekvivalent pro kyslík VE/VO₂, poměr respirační úrovně RER),
3. určením ANP prahu z ventilačního ekvivalentu pro kyslík – stanovení prahu podle poměru respirační výměny se určuje v okamžiku, kdy výdej oxidu uhličitého (VCO₂) je roven příjmu kyslíku (VO₂), RER = 1
4. stanovením ANP pomocí Conconiho testu (step test) – jedná se o odhad prahu z křivky srdeční frekvence.

Pravidelné testování fyziologických parametrů sportovního výkonu poskytuje trenérům, plavcům a vědeckým odborníkům základní informace o aktuálním stavu adaptace zatěžovaného organismu na tréninkový program. Příprava a provedení testu nesmí klást velké nároky na organizaci a pro získání relevantních údajů je potřeba, aby test bylo možné opakovaně aplikovat v tréninkovém prostředí plavce. Snadná proveditelnost testu je důležitá vzhledem k fyziologickým a pohybovým požadavkům, které vodní prostředí představuje, a které jsou v laboratorních podmínkách obtížně proveditelné (Tanner a Gore, 2012).

V plaveckém tréninku se můžeme setkat s tzv. “progresivně zátěžovými testy”, které jsou v dalších odborných publikacích označovány rovněž jako step testy. Step testy jsou obecně používány k hodnocení fyziologické adaptace plavců na programovanou zátěž. Plaveckými step testy hodnotíme změny v aerobní kapacitě plavce a s jejich pomocí jsou trenéři schopni plavcům vymežit jejich individuální anaerobní tréninkový práh. Step test se skládá z opakovaných úseků. Pro testování plavců se nejčastěji používají tyto step testy (Maglischo, 2003; Tanner a Gore, 2012):

1. 5 x 200 m step test,
2. 8 x 100 m step test,
3. 6 x 400 m step test,
4. 6 x 50 m step test.

Abychom z testu získali relevantní data, musíme v průběhu (intervalový test) a na konci testu pravidelně odebírat vzorek krve (pro zjištění hladiny koncentrace laktátu) a kontrolovat aktuální hodnotu srdeční frekvence (SF). Hladinu krevního laktátu a SF měříme po každém zvýšení intenzity pohybu, která kulminuje do maxima (Bunc, 1990; Maglischo, 2003; Heller a Vodička, 2011).

Odběrem krevního vzorku a následným sledováním změn v rychlosti kumulace laktátu během testování získáváme řadu informací o fyziologické adaptaci plavce na aplikovaný plavecký trénink. Analýzou procesu kumulace krevního laktátu a změn hodnot SF je plavecký odborník schopen jednak kontrolovat efektivitu tréninkového procesu a jednak stanovit další strategii v řízení rozvoje pohybových schopností plavce. Na základě výsledků testů má trenér možnost pozitivně ovlivnit aerobní i anaerobní kapacitu organismu a aerobní a anaerobní plavecký výkon (Olbrecht, 2015; Maglischo, 2003).

Cílem plaveckých step testů ale nemusí být jen kontrola fyziologické odezvy na submaximální zátěž v úrovni ANP. Další využití step testů může být zaměřeno na kontrolu technických parametrů plaveckého výkonu. V provedeném testu kontrolujeme počet záběrů, délku plaveckého záběru, rychlost záběru, rychlost uplavané vzdálenosti, reakční čas atd. Všechny uvedené parametry můžeme zjistit z testu 6 x 50 m (Tanner a Gore, 2012).

2.7.2 Neinvazivní metody zjišťování úrovně ANP v plavání

Podle Tannera a Gora (2012) můžeme neinvazivní testy rozdělit do několika skupin. V první skupině testů zaznamenáváme dosažený čas za uplavanou vzdálenost. Ve druhé skupině testů sledujeme uplavanou vzdálenost ve vymezeném čase a ve třetí skupině testů zaznamenáváme dosažený čas v několika po sobě plavaných úsecích různé délky. Výběr testu

závisí na věku testovaného, časových možnostech a míře celkových zkušeností. Starší plavci lépe snášejí monotónní deletrvající pohyb, jsou schopni lépe rozložit své síly a velká vzdálenost je nestresuje tolik, jako plavce žákovských kategorií. Výběr testu tedy závisí na trenérovi a plavci. Cílem je uplavat stanovenou vzdálenost či časový limit maximálním úsilím.

Pro trenérskou praxi byly vytvořeny tyto typy neinvazivních testů (Maglischo, 2003, 2016):

1. T-3000 test,
2. T-2000 test,
3. T-1000 test,
4. Test kritické plavecké rychlosti CSS test.

Olbrecht, (2000) zjistili, že průměrná rychlost v testu T-3000 úzce souvisí s koncentrací krevního laktátu na úrovni 4 mmol/L. Další výzkum ukázal, že dosažený čas po uplavání 3000 m u každého plavce koreluje s jeho individuálním anaerobním prahem (Matsunami et al., 1999). Délka testu T-3000 tedy umožňuje prakticky zjistit individuální anaerobní prahovou rychlost.

Ačkoliv je organizace testu T-3000 jednoduchá, je nutné, aby trenér během provedení testu postupoval přesně. Mají-li být výsledky testu spolehlivé, musí plavec plavat takovou maximální intenzitou, která mu umožní daný test dokončit. Plavci, kteří plavou v první části testu příliš rychle, vlivem postupující acidózy zpomalují, čímž nedosáhnou prahové rychlosti, která je určující pro stanovení individuálního anaerobního prahu. Provedení testu T-3000 s maximálním úsilím může být dokonce přesnější než klasický step test, který je závislý na správné interpretaci. Z výsledků testu T-3000 m nebo T-30 min. vypočítáme hladinu anaerobního prahu, uplavanou vzdálenost vydělíme dosaženým časem.

Zjištěný čas, který odpovídá hladině anaerobního prahu, následně využijeme k výpočtu a kontrole tréninkových intenzit, ve kterých chceme, aby se plavec během zátěže pohyboval. Velký počet plavců ale nedokáže udržet rychlost plavání nad úrovní svého individuálního anaerobního prahu na více než 30 minut bez narušení rovnováhy produkce kyseliny mléčné a jejího odstranění ze zatěžovaného svalu. Proto, jako alternativa k testu T-3000, byl vyvinut test T-2000. Ten je založen na stejném principu, ovšem uplavaná vzdálenost je zkrácena na 2000 m (Maglischo, 2003).

Matsunami et al., (1999) porovnali přesnost výsledků vytrvalostních testů s různou cílovou délkou, a to od 3000 m do 600 m. Cílem výzkumu bylo zjistit vztah ANP s rychlostí

plavání u jednotlivých vzdáleností. K zjištění hodnot byla použita metodika step testů, během nichž byla sledována rychlost kumulace krevního laktátu a jeho linearita. Na základě tohoto výzkumu bylo zjištěno, že 1000m vzdálenost může být dostatečně spolehlivým testem pro zjištění úrovně ANP a k hodnocení změn aerobní kapacity a předepsaných tréninkových rychlostí. Následně navrhli, že 1000m vzdálenost plavaná individuální maximální rychlostí může nahradit vytrvalostní testy T-2000 a T-3000.

Maglischo (2003) se k těmto závěrům ale staví skepticky. Argumentuje tím, že v 1000m vzdálenosti je schopen plavec plavat rychleji než v testech T-3000 a T-2000. Tím pochybuje o možnosti využití testu T-1000 k predikci plavecké rychlosti na úrovni anaerobního prahu. Nebrání se ale úvahám, že tento test by mohl mít využití k hodnocení změn aerobní kapacity a k hodnocení změn ve sklonu laktátové křivky.

Jedním z dalších praktických testů, který lze využít v řízení plaveckého tréninku, je Critical Swimming Speed (CSS), který vycházel z konceptu (W_{crit}) Monoda a Scherrera z roku 1965. Na základě W_{crit} Wakayoshi et al., (1992) definovali CSS jako nejvyšší možnou rychlost, kterou je plavec schopen udržet nepřerušovaně, bez zvýšení hladiny laktátu nad kritickou hranici. Praktický test, který Wakayoshi et al., (1992) vypracoval, umožnil trenérům zjistit, přibližnou individuální hodnotu ANP plavce. Test pro určení CSS se původně skládal ze čtyř maximální rychlostí (50, 100, 200 a 400 m) na 25m bazénu. Další odborníci Wakayoshiho test zjednodušili. Ginn (1993) zjistil vysokou korelaci mezi testem na čtyři a dva plavané úseky. Na základě výsledků svých výpočtů představil zjednodušenou formu testu, který se plave maximální rychlostí, a to na vzdálenost 50 a 400 m.

Další alternativou Wakayoshiho testu (1992) je test upravený (Pelayem et al., in Maglischo, 2003). Pelayo et al., in Maglischo (2003) zjednodušil Wakayoshio test na plavané úseky v délce 400 a 200 m. Maglischo (2003) ale tvrdí, že test, který se skládá jen se vzdáleností 50 a 100 m, je neobjektivní a že výsledky testů nadhodnocují prahovou rychlost o 2 až 3 sekundy.

Pravidelné laboratorní vyšetření, i když se provádí v prostředí, ve kterém se výkon nerealizuje, mají své opodstatnění v souvislosti s účinkem tréninku na strukturální a fyziologické parametry plavce. Domníváme se, že k určení přesných hodnot intenzity tréninku a zjišťování individuální hodnoty ANP je vhodnější využít testy prováděné přímo na bazénech, i když podmínky k provádění testů nejsou plně standardizované.

Na výběr vhodného testu mají vliv možnosti trenéra. V případě, že trenér má dostatečně proškolený tým spolupracovníků a dostatek financí k pravidelnému opakování step

testů s odběrem kapilární krve, zjišťováním hladiny laktátu, kontrolou srdeční frekvence a zaznamenávání dosaženého času, pak je vhodné realizovat tento typ kontroly a sledování ANP.

Jestliže jsou podmínky a možnosti trenéra omezené, pak je vhodnější se zaměřit na jednodušší typ testu. Myslíme si, že z uvedených možností je žádoucí vybírat testy, které odpovídají věku a technickým dovednostem svěřenců. Step testy jsou náročné na dávkování úsilí, protože každý další úsek musí být plaván rychleji. Aplikace těchto testů je složitá u plavců nedostatečnou technickou a výkonnostní úrovní. Výsledky nemusí odpovídat možnostem plavce a tím jsou pro kontrolu a řízení tréninku nevhodné. Například pro skupinu plavců ve věku od 8 do 12 let by bylo vhodné použít testy plavané na kratší vzdálenost např. T-1000 nebo na tzv. Cooperův test na 12 minut.

Pro starší plavce je možné použít jak step testy, tak i testy T-3000, T-2000, 30 min., důležité je, aby daný test odpovídal potřebám tréninku. Test kritické rychlosti (CSS) bychom využili v případech, kdy potřebujeme rychle zjistit přibližnou hodnotu pracovní intenzity.

Na základě analýzy, tréninkových ukazatelů, výkonu a techniky má trenér možnost přesněji zvolit parametry tréninku v dalším tréninkovém období. Nebezpečí ale spočívá v tom, že testy kontroly výkonnosti bude trenér používat jen ke zlepšení parametrů tréninku, ale již ne k zlepšení parametrů výkonu. Problémem jsou rovněž nastavené testové normy a jejich interpretace, která spočívá ve většině případů na zkušenostech trenéra. Z těchto důvodů znovu uvádíme důležitost kvantitativní a kvalitativní diagnostiky, na jejichž základě je trenér schopen lépe kontrolovat úroveň zdatnosti, techniky a připravenosti plavce podat maximální výkon.

Souhrn k problematice kontroly trénovanosti a stanovení intenzity tréninku

V průběhu tréninkového procesu je důležitá kontrola adaptace plavce na opakované zatěžování v tréninku. Kontrola adaptace slouží k lepšímu plánování a kvantifikaci krátkodobé a dlouhodobé zátěže, a rovněž ke kontrole rychlosti zotavení po plaveckém tréninku nebo výkonu. Kontrola se provádí formou testu v průběhu a na konci opakovaně plavaných úseků, kde je z pravidelně odebíraného vzorku krve zjišťována úroveň krevního laktátu. Z hladiny laktátu následně odvozujeme úroveň aerobního a anaerobního prahu. Nevýhodou testu je poměrně vysoká cena, nutná přítomnost proškoleného personálu a přesnost interpretace výsledků.

Další, jednodušší variantou zjišťování úrovně především anaerobního prahu, jsou praktické plavecké testy s nepřerušovaným charakterem zatěžování, které se plavou buď po

dobu 20, 30 a 60 minut nebo na vzdálenost 1000, 2000 a 3000 m. Z výsledku testu (vzdálenost/čas) následně zjišťujeme úroveň adaptace na dlouhodobé tréninkové zatížení, s kterou stanovujeme optimální tréninkovou intenzitu. Výhodou neinvazivních testů je jejich jednoduchá organizace a proveditelnost, nevýhodou je jejich nepřesnost, která souvisí s mírou zkušenosti s těmito testy.

Rovněž se v praxi používají testy, které jsou víc specifické k plavané vzdálenosti závodní trati. Z úseků dlouhých 50 m, 100 m, 200 m a 400 m plavaných maximální rychlostí se vypočítává pracovní intenzita (kritická rychlost) v m/s, která by měla odpovídat úrovni ANP pro daný plavecký způsob a disciplínu. Vypočítanou rychlost plavání následně trenér využívá v přípravě tréninku a ke kontrole plavaných úseků v požadovaném pásmu zatížení. Využití metody zjišťování kritické rychlosti (úroveň ANP) má zjednodušit výpočet pracovního pásma. Realizací výpočtu kritické rychlosti s kratších plavaných úseků odpadá časově náročné zjišťování úrovně ANP z plavání dlouhých úseků (1500 m, 2000 m, 3000 m), (Wakayoshi et al., 1993). Metodu zjišťování kritické rychlosti výpočtem z nejlepšího času dosaženého plaváním kratších úseků však kritizuje Maglischo (2003) a další autoři (Costa et al., 2009; Dekerle et al., 2005). Výzkumy zabývající se využitím kritické rychlosti zjistily, že její výpočet z plavaných krátkých úseků není přesný. Vykazovaná chyba se pohybovala kolem 2.0 % až 2.6 % (Costa et al., 2009; Dekerle et al., 2005; Di Prampero et al., 2008, Maglischo, 2003) Jak uváděl Maglischo (2003), problém je především ve výpočtu intenzity na úrovni ANP z plavaných kratších úseků (50 m, 100 m, 200 m, 400 m), které jsou plavány vyšší rychlostí, než úseky dlouhé 1000 m až 3000 m. Je logické, že vypočtená hladina kritické rychlosti bude vyšší než žádoucí pracovní intenzita na úrovni ANP. Costa et al., (2009) proto navrhuje, aby se kritická rychlost vypočítávala z úseků dlouhých 50 m a 1500 m, jelikož přidáním delší plavané vzdálenosti výpočet kritické rychlosti následně vykazoval menší chybu (0.73 %).

Výhoda praktických plaveckých testů spočívá v jednoduchosti provedení a v prostředí, ve kterém se plavec pohybuje. Výsledky testů, jsou-li plavány s maximálním úsilím, mohou odpovídat individuálním možnostem plavce, což by se mělo projevit v efektivitě řízení plaveckého tréninku. Testy plavané na kratší vzdálenost jsou výhodnější pro mladší plavce, kteří nejsou schopni odhadnout, jakou rychlostí musí plavat úseky delší než 2000 m až 3000 m. Na základě rešerše můžeme napsat, že všechny uvedené testy poskytují kvalitativní i kvantitativní data, která pomáhají trenérům v přesnějším a efektivnějším řízení plaveckého tréninku. Je však nutné si uvědomit, že délka plavané vzdálenosti ovlivňuje výsledný výpočet

a následně i intenzitu plavaných úseků. Rovněž je důležité, aby výsledky daných testů byly zaměřeny k zlepšení maximálního výkonu.

2.8 Metody diagnostiky plavecké techniky

V souvislosti s růstem popularity plaveckého sportu po druhé světové válce se hledal způsob, jak analyzovat techniku provedení plaveckého pohybu na základě dosažené maximální rychlosti. Kromě sledování počtu záběrů, frekvence záběrů, délky záběrů se odborníci zaměřili i na analýzu silového výkonu v průběhu provedení záběru v daném výkonu a disciplíně (Counsilman a Counsilman, 1968; Juřina, 1978; Colwin, 1992; Sanders, 1999; Hofer et al., 2012; Maglischo, 2003, 2016).

Problém analýzy plaveckého pohybu je ale spojen s interakcí končetin s vodou, která je nutná k vytvoření opory. Opora vzniká efektivním provedením záběrového pohybu, který musí respektovat hydrodynamické zákonitosti při volbě prostorových a časových parametrů pohybu (Juřina, 1978).

Na základě složitosti plaveckého pohybu je vhodné analyzovat plavecký výkon jak kvalitativní, tak i kvantitativní analýzou, které jsou závislé na technických podmínkách pracoviště. Při kvalitativní analýze popisujeme a hodnotíme pohyb (např. slovně) bez měření konkrétních fyzikálních veličin. V tomto případě tedy záleží zejména na odborné úrovni posuzovatele, na jeho zkušenostech a znalostech o sledovaném pohybu. Nevýhodou je, že kvalitativní analýza nám neumožňuje přesně kvantifikovat velikost výstupních veličin. Při kvantitativní analýze jsou výstupem číselné hodnoty, které zpravidla udávají velikost fyzikálních veličin. K jejich získání je nezbytné odpovídající materiální vybavení, které umožní vlastní měření s co nejmenší chybou (Janura a Zahálka, 2004).

Při hodnocení plavecké techniky a výkonu je nutné si uvědomit, že změření plaveckého kroku, rychlosti plavání, frekvence záběrů nebo změn zrychlení záběrového pohybu ještě neznamená, že z následné interpretace fyzikálních veličin zjistíme, proč je plavec pomalejší nebo rychlejší. Proto je důležité, aby plavecký odborník byl schopen výsledky analýz propojit a vysvětlit. Obrazový materiál zviditelní chyby v technice, naměřené veličiny domněnku potvrdí a naopak. Následnou úpravou plavecké techniky nebo tréninkového zatěžování a kontrolními testy trenér zjistí, zda navržená změna měla své opodstatnění (Maglischo, 2016).

2.8.1 Plavecký krok

Juřina (1984) definoval plaveckou propulzi jako výsledek záběrových pohybů, který se projevuje pohybem těla plavce ve vodním prostředí. Ve sportovním plavání propulzi dále hodnotíme ve vztahu k délce záběrového pohybu, k délce plaveckého kroku nebo k hodnotám rychlosti pohybu těla nebo jeho jednotlivých segmentů na hladině. Neumann, Pfützner, Hottenrott (2005) spojují optimalizaci individuální techniky z dynamicko-časového a časově-prostorového pohledu také s technickými parametry, konkrétně s frekvencí záběru a drahou záběrových segmentů. Posuzování plavecké techniky se zaměřuje na různé polohy a pohyby těla a jeho segmentů vzhledem k hladině, směru plavání i k sobě navzájem. Zmíněné parametry určujeme pomocí prostorově-časových souřadnic a úhlů a snažíme se je ovlivňovat technickou přípravou spolu s parametry lokomoce plavce (Seifert, Chollet, Bardy, 2004). Mezi sledované parametry plavecké lokomoce řadíme časové a prostorové souřadnice pohybu plavce ve vodě, nejčastěji již zmiňované, tzn. rychlost plavání (okamžitá, průměrná), doba pohybového cyklu, frekvence pohybových cyklů (f = počet pohybových cyklů za minutu) a délka plaveckého kroku (Pokorná, Havránek, 2010; Pokorná, 2014).

Hofer et al., (2012) charakterizuje plavecký krok (k) jako: „Vzdálenost v metrech, kterou překoná plavec (jeho těžiště) ve směru plavání v průběhu jednoho cyklu plaveckých pohybů“. Plavecký krok je významným kvantitativním ukazatelem technické vyspělosti a účinnosti techniky plavce. Autor dodává, že plavci s účinnější technikou překonávají svoji trať menším počtem záběrů, tzn. delším plaveckým krokem. Přesto je nutné brát v úvahu působení dalších faktorů včetně kondičních, motorických i somatických. Např. Procházková a Macejková (2003) v souladu s Hofrem et al., (2012) uvádějí, že průměrná délka plaveckého kroku finalistů OH 1996 na sprinterských disciplínách byla 2,181 m, u slabších plavců byla zjištěna průměrná hodnota délky plaveckého kroku pouze 1,948 m (19. – 24. místo). Obdobnou tendenci vysledoval Hellard, (2008) v šetření změn frekvence pohybových cyklů během plaveckého závodu. Plavci s vyšší plaveckou výkonností udrželi vyrovnanou frekvenci po celou dobu závodu, naopak plavci nižší úrovně zaznamenali znatelnější pokles nebo méně účinnou, příliš vysokou, frekvenci.

Frekvence pohybu horních končetin v plavání souvisí s délkou záběru, která je následně ovlivněna úrovní svalové síly. Charakteristickým projevem kvalitní techniky je udržení vysoké rychlosti plavání s nízkou frekvencí záběrových pohybů s dostatečně dlouhým působením svalové síly (Lielvarde, Krzyszkowski, Popov, 2013).

Lielvards, Krzyszkowski, Popov (2013) připouštějí jako jednu z cest ke zvyšování nebo udržení rychlosti plavání zvyšování frekvence záběrů. V individuálním výkonu se tak musí dít za předpokladu udržení nebo přiměřeného zkrácení délky plaveckého kroku, které ve vzájemné kombinaci zajistí udržení nebo zvýšení rychlosti plavání. Pokud je zaznamenáno zkrácení plaveckého kroku s poklesem rychlosti lokomoce při zvyšující se frekvenci pohybových cyklů, lze hodnoty frekvence považovat individuálně za nevýhodné.

Měření počtu záběrů nebo také frekvence záběrů se v posledních letech stává běžnou záležitostí v závodním plavání. Analýzy plaveckého výkonu z hlavních plaveckých soutěží obsahují výpočet počtu záběrů, délky záběru s průměrnou rychlostí a s mezičasy daného závodu. Počet záběrů se řídí počtem dokončených pohybových cyklů, které jsou vymezeny zahájením přípravné fáze a ukončením fáze přenosu stejné paže. Jeden záběrový cyklus je tvořený záběrem jedné i druhé paže u plaveckého způsobu kraul a znak. U plaveckého způsobu motýlek a prsa je pohybový cyklus vymezen zahájením a dokončením současného záběrového pohybu paží. Počet záběrů vyjádříme počtem dokončených pohybových cyklů za minutu (cyklus/min). Délku záběru můžeme vyjádřit též jako uplavanou vzdálenost za jeden pohybový cyklus. Délka plaveckého kroku je tvořena úrovní řízení pohybu (techniky) a úrovní svalové síly plavce. Málo silově vybavený plavec, s dobrou úrovní řízení pohybu, neudrží délku plaveckého kroku po celou dobu soutěžního výkonu (Scott a Scott, 2015).

2.8.2 Výpočet délky a frekvence záběru

Výpočet délky záběru můžeme provést několika způsoby. Nejpřesnější metoda využívá záznamu plaveckého pohybu z videokamery, při kterém můžeme velice snadno sledovat průběh jednoho pohybového cyklu. Problémem ale je, že k výpočtu potřebujeme znát počet pohybových cyklů za určitou vzdálenost, což se v plaveckém bazénu řeší vymezením 10m prostoru v prostřední části bazénu. Vymezený prostor by neměl být narušen provedením obrátek.

Craig a Pendergast, (1979) popsali vztah mezi frekvencí záběru, překonanou vzdáleností za jeden pohybový cyklus a rychlostí pro všechny současné závodní plavecké způsoby. Zjistili, že chce-li plavec zvýšit rychlost, musí rovněž zvýšit i frekvenci záběru. Nicméně zvýšení rychlosti je způsobeno kombinací zvýšení frekvence záběru a snížení poměru délky záběru v jednom pohybovém cyklu. Křivka poměru frekvence záběru a rychlosti je u každého plaveckého způsobu jedinečná, ale podobná mezi plavci plavajícími stejným způsobem.

Termin a Pendergast (2000) zjistili přesnější poměry frekvence a délky záběru v jednom pohybovém cyklu. Například kraul měl nejvyšší parametry jak frekvence záběrů, tak i délky záběru. Znak se v parametrech přibližoval kraulu, ale na rozdíl od kraulu při dané frekvenci záběru byla délka záběru a rychlost nižší než u kraulu. Zvýšení rychlosti u motýlku vyžaduje výhradně zvýšení frekvence a u prsou bylo zvýšení rychlosti spojeno se zvýšením frekvence a snížením délky záběru i v poměru s ostatními plaveckými způsoby. Rovněž se ukázalo, že lepší plavec měl vyšší maximální délku záběru a mohl udržet větší délku záběru zároveň s vyšší záběrovou frekvencí a rychlostí. Rovněž byla zjištěna i závislost mezi frekvencí a rychlostí a celkovou vzdáleností plavaného úseku. Vyšší rychlost plavání lze dosáhnout zvýšením délky záběru za jeden pohybový cyklus, což svědčí o vyšší efektivitě záběru (vysoké úrovni silové vytrvalosti) nebo zvýšením frekvence se současným zkrácením délky záběru. Tato zjištění vedou k závěru, že k dosažení a udržení rychlosti plavání, plavci ovlivňují frekvenci a délku záběru na základě jejich aktuální úrovně techniky a kondice.

Frekvenci záběrů lze jednoduše kontrolovat v průběhu tréninku a závodů ručními stopkami, měřením tří za sebou provedených pohybových cyklů.

2.8.4 Dynamometrie a tachografie

Od začátku 60. let se vývoj experimentálního zkoumání sil, působících při plavání, postupně dělil na dva směry. Jedna část odborníků považovala odpor vody, který je kladen plavci při pohybu ve vodě, za rovný síle záběru a zaměřila svůj výzkum na zkoumání odporu vody během lokomoce plavce (měření aktivního odporu během plavání). Ve druhé skupině se odborníci zaměřili na experimentální měření velikosti záběrových sil s nulovým zrychlením (měření aktivního odporu na místě), (Moster-Jungbloed in Motyčka, 1979; Kolmogorov, Duplishcheva, 1992; Toussaint, Roos, Kolmogorov, 2004).

Oba směry výzkumu ale narazily na určitá omezení, která se týkala přístrojového vybavení, které vykazovalo chyby v měření a synchronizaci pohybu horních končetin s kamerovým záznamem. U výzkumů, které se zabývaly měřením velikosti odporových sil při plavání na místě, byla kritizována nepřirozená plavecká poloha, minimální překonávání odporu vody, jež vzniká pohybem plavce vpřed, vliv kladných a záporných setrvačných sil způsobených uchycením plavce na popruhy a nepřirozené zanoření plavce vlivem nízkých hodnot hydrodynamického a hydrostatického vztlaku (Motyčka, 1991).

Statický způsob měření záběrových sil postupně zanikl, ale se zdokonalováním přístrojového vybavení se naskytly možnosti znovu a lépe měřit aktivní odpor, který vytváří plavec během pohybu. Toussiant (1988) se svými kolegy vytvořil přístroj s názvem "MAD

system” (systém na měření aktivního odporu). Přístroj se skládá z polohovatelných destiček, které jsou připevněny na lanko. V průběhu testu plavec plave určenou rychlostí a místo o vodu se opírá o jednotlivé destičky, které jsou rozestaveny po celé délce bazénu. Celý test je zaznamenáván na tři videokamery. Výsledky testu jsou následně interpretovány s videozáznamem. Nevýhodou systému je nutnost opory o nastavitelné destičky, aby se výsledná reakce (velikost síly, zrychlení) zpracovala v počítači. V roce 2012 Formosa et al., porovnali MAD s dalším systémem (ATM - metoda asistovaného tažení), který neomezuje plavce při plavání. Výsledky testů potvrdily, že MAD vykazoval nižší hodnoty (90,6 N) v porovnání s ATM (148,3 N).

V posledních 10 až 15 letech plavečtí odborníci pracují s přístroji na principu měření aktivního odporu. Například Kolmogorov et al., v roce 2000 představili svoji bio-hydrodynamickou metodu (BHD-method). Jejich BHD metodou lze měřit jak aktuální, tak i průměrnou rychlost plavání, zrychlení záběrového pohybu a vynaloženou sílu, kterou plavec vyvine v průběhu jednotlivých fází záběru. Nevýhodou těchto systémů je zatím vysoká cena.

Na podobném principu jako BHD pracuje v ČR tachograf profesora Motyčky z Brna, který po úpravě zaznamenává kinetický a dynamický přímočarý pohyb člověka. Pomocí dvou tachografů a upraveného softwaru můžeme znát plavcovu rychlost, aktuální zrychlení plaveckého záběru, čas nebo dráhu pohybu (Motyčka, Lepková, Šťastný, 2011).

V současnosti byl Motyčkův tachograf vylepšen o inerciální měřicí jednotku, která měří zrychlení a polohu plavce trojosým akcelerometrem a gyroskopem, se současným záznamem pohybu třemi kamerami pod hladinou. Menší hmotnost a velikost přístroje jej umožňuje upnout na záda plavce, data se bezdrátově přenášejí do počítače. Přístroj umožňuje sledovat polohu plavce a vyhodnocovat střední rychlost pohybu, z které se následně odvozuje účinnost plavecké techniky v procentech (Motyčka et al., 2018).

Metoda analýzy dat získaných pomocí výše zmiňovaných tachografů a akcelerometrů patří jak do kvantitativní, tak i kvalitativní analýzy, která v tomto případě může být pro trenéry a plavce dost nepřehledná. Interpretace dat závisí na zkušenostech examinátora. Trenér nebo testující musí vědět časovou posloupnost jednotlivých fází záběrů horních končetin. Musí znát silové parametry záběru a hodnoty zrychlení v jednotlivých fázích záběrového pohybu. Musí znát polohu segmentů horních i dolních končetin v jednotlivých fázích záběrů a hlavně musí mít praktickou zkušenost, která všechny informace spojí ve smysluplné doporučení do tréninkové praxe. Důležité je najít chyby v technice provedení, zjistit jejich příčinu a navrhnout způsob jejich opravy.

2.8.5 Kinematografické vyšetřovací metody

Chceme-li posuzovat pohybová projevy člověka ve vodě z hlediska účinků fyzikálních zákonitostí, musíme nejprve stanovit geometrický prostor, k němuž tyto pohybové činnosti budeme vztahovat. Jestliže pohyby jednotlivých segmentů budeme analyzovat v prostoru, který se bude posouvat společně s plavcem, budeme hovořit o sledování ve vztažné soustavě 1. Budou-li nás zajímat jejich pohyby a s nimi spojené kinematické, statické i dynamické veličiny vůči stálým, nepohyblivým útvarům (např. stěnám bazénu), budeme je hodnotit ve vztažné soustavě 2 (Hofer et al., 2012).

Janura se Zahálkou (2004) popsali podstatu kinematografických vyšetřovacích metod, které jsou postaveny na analýze videozáznamu důležitých uzlových bodů, vybraných segmentů nebo celého těla. Ve své práci zdůrazňují, že proces záznamu pohybové činnosti musí předcházet bodové označení klíčových poloh, z nichž následně získáme rovinné souřadnice, které slouží k určení základních kinematických veličin (dráha, úhly jednotlivých segmentů horních či dolních končetin, rychlost, úhlová rychlost atd.).

V přípravě k provedení kinematografické analýzy, je nutné splnit následující body:

1. Určit obrazové souřadnice. Souřadnicový systém slouží ke stanovení vztahu mezi aktuálními (reálnými) řádovými hodnotami. Pro určení obrazových (rovinných) souřadnic bodu je nutné označit tento bod na záznamu (monitoru) sledované pohybové činnosti (Janura a Zahálka, 2004).
2. Kalibrovat prostor. Kalibrační systém vymezuje prostor (ve třídímní analýze), nebo plochu (ve dvoudímní analýze). Provedení kalibrace slouží k určení závislosti mezi skutečnými velikostmi a odpovídajícími údaji, získanými na záznamu. Podle Janury a Zahálky (2004) kalibrujeme jak kameru, tak i prostor.
3. Kontrola časových údajů. Tato informace může být uvedena buď jako absolutní hodnota (např. 3. ledna 2007 ve 4:27, 12 sekund a 312 milisekund) nebo jako relativní hodnota (0,01 sekund po předchozím záběru).
4. Kvalita vyhodnocených údajů a zrychlení procesu vyhodnocení záznamu závisí na označení vybraných bodů. V některých případech je ale nutné tuto fázi přípravy vynechat, a to především při analýze pohybové činnosti ve sportovních aktivitách (Janura a Zahálka, 2004). V analýze plaveckého pohybu se k označení vybraných bodů využívá transparentní páska nebo fix, který zvýrazní požadované body. Standardní značky se ve vodním prostředí nedají použít. Obtížné je především jejich upevnění na tělo plavce. V diagnostice plavecké techniky a dalších

proměnných využíváme především analýzu techniky z roviny boční a čelní. Pro celkovou koordinaci plavecké techniky nad i pod hladinou je výhodnější využít prostorovou 3D analýzu, která ale vyžaduje delší přípravu k realizaci a interpretaci výsledků.

Využití videokamery v záznamu plaveckého pohybu souvisí s možnostmi umístění a snímání plavce laterálně a frontálně. Laterální rovina umožňuje snímání plavce v jeho délce, umožňuje zaznamenat pohyb horních končetin, hlavy, polohy trupu a pohyb dolních končetin. Frontální rovina umožňuje snímat pohyb horních končetin, hlavy a trupu kolmo k rovině laterální.

K určení závislosti mezi skutečnými velikostmi a odpovídajícími údaji je nutné vymezit nejlépe 10m úsek, který je v kameře viditelný. Na základě vymezení prostoru lze následně měřit rychlost plavání v daném úseku a zaznamenávat frekvenci a potažmo i délku záběru.

Při zaznamenávání pohybu plavce je vhodnější, když je na kameře nastaveno snímání 50 políček za sekundu, a to z důvodů další podrobnější analýzy pohybu. Před použitím kamery je potřeba zkontrolovat rok, datum a čas, zda odpovídá skutečnosti, a rovněž v jaké kvalitě bude záznam do přístroje ukládán. Pro přehrání záznamu v PC nebo v TV je vhodnější nastavit kvalitu záznamu na HD. Během záznamu vždy používáme stativ, který zaručí stabilitu obrazu.

Použití značek pro identifikaci vybraných bodů využijeme v případě, že cílem práce je záznam trajektorie pohybu určitého segmentu těla, například lokte nebo zápěstí. Provádíme-li jednoduchou 2D analýzu, kde sledujeme frekvenci záběrů, délku záběrů a dosažený čas, domníváme se, že označení klíčových bodů není potřeba.

2.8.7 3D analýza ve vodním prostředí

3D analýza má pro plaveckou praxi určité omezení. Je to především nástroj kvantitativní analýzy, který využíváme minimálně. Omezení využití 3D analýzy vidíme především:

1. v nárocích na přípravu měření, které lze v podmínkách plaveckého tréninku obtížně realizovat,
2. v plaveckém pohybu, který je z části vykonáván pod hladinou, ale i na hladině, a proto je provedení záznamu pohybu ztíženo,
3. v přesnosti záznamu, který je ovlivněn velkým množstvím vzduchových bublinek, které vznikají přechodem pohybující se paže z fáze přenosu do fáze přípravy na záběr. Tyto

bubliny ovlivňují viditelnost značek umístěných na jednotlivých segmentech končetin (Fleischmann, 2011; Janura, Zahálka, 2004).

Víme, že 3D analýzou získáme přesné veličiny vybrané části plaveckého způsobu, ale výsledky nebudou vždy tak přesné, jako při provedení analýzy na suchu nebo úplně pod hladinou. Z rešerše dostupných materiálů vyplývá, že 3D kinematická analýza se ve větší míře využívá při posuzování dynamických aktivit z následné kinematické analýzy segmentů těla, jako je například analýza atletického startovního skoku nebo kraulové obrátky (Agnesina et al., 2006; Elipot et al., 2010; Slawson et al., 2011; Puel et al., 2012;). S konkrétními výzkumy k 3D kinematické analýze plavecké techniky se setkáváme méně často (Kilani, Al-Kilani, Duka, 2007; Lee et al., 2011; Fleischmann, 2011).

3D analýzu lze provádět i v prostředí menších bazénů, například v laboratorním bazénu s protiproudem. Příprava a provedení šetření však může provázet řada obtíží. Problémové je silné geometrické zkreslení obrazu, kalibrace prostoru bazénu a vířící bubliny, které znesnadňují možnosti záznamové techniky snímat značky na těle plavce (Drenk et al., 1999).

Souhrn k problematice diagnostiky plavecké techniky

Každá z prezentovaných metod analýzy plaveckého pohybu má své výhody i nevýhody. Kontrola plaveckého kroku je jednoduchou kvantitativní metodou, která nevyžaduje náročné přístrojové vybavení a zkušený trenér touto metodou dokáže analyzovat jak parametry techniky v tréninku, tak i v závodě. Pravidelná kontrola plaveckého kroku umožňuje efektivně sledovat parametry plaveckého výkonu jako je frekvence záběru, délka plaveckého kroku a rychlost plavání.

Využití kinematografické analýzy a video-analýzy souvisí s cílem provedení záznamu. Video-analýzu je vhodné využívat v tréninku plavců v období rozvoje techniky, kdy se pravidelným tréninkem technika fixuje. Z kinematografické analýzy získáme data, která lze snadněji kvantifikovat a navzájem porovnávat. Určitou nevýhodou je nutnost provádět záznamy častěji, a to z důvodů somatických změn v průběhu růstu plavce, které se mění, a které ovlivňují naměřené veličiny (techniku plavání).

Na základě provedené rešerše můžeme říci, že videografické metody (kinematografická analýza) jsou vhodné ke kontrole plavecké techniky především v souvislosti s korektním nastavením segmentů horních i dolních končetin, s trajektorií záběrové křivky nebo s polohou těla. Videografická metoda je vhodná především v procesu

kontroly a zlepšení plavecké techniky během tréninku. Tato metoda vyžaduje od trenéra již velkou zkušenost, která se projevuje:

1. odborným popisem a analýzou dané chyby,
2. jasnou instrukcí o aplikaci adekvátních technických cvičení,
3. zpětnou kontrolou po období zlepšování techniky.

Dále víme, že v současnosti nejpřesnější diagnostickou metodou, která umožňuje analyzovat kvantitativní i kvalitativní ukazatele plaveckého pohybu, je metoda tachografická (profesora Motyčky) s využitím provedení obrazového záznamu. Výhodou této metody je, že výsledky z tachografu a videokamer lze synchronizovat a odborník získává ucelenou informaci o efektivitě plavecké techniky na základě:

1. synchronizace měření dráhy s videozáznamem,
2. synchronizace měření rychlosti s videozáznamem,
3. synchronizace měření zrychlení s videozáznamem,
4. videozáznamu z nejméně dvou rovin.

V konečném hodnocení výhod jednotlivých metod analýzy plaveckého pohybu můžeme říci, že při nižší úrovni plavecké techniky postačí jednoduché zpracování a interpretace zjištěných chyb. Vyšší věk, vysoká úroveň plavecké techniky a lepší plavecký výkon vyžadují podrobnější zpracování analýzy podle kinematografické metody. U plavců, kteří zvládají plaveckou techniku na velmi dobré úrovni, je vhodnější využít analýzu pohybu s využitím tachografu nebo tachografu s 3D analýzou.

3 Cíl, vědecké otázky, hypotézy, úkoly práce

3.1 Cíl

Rozvoj silových předpokladů v plaveckém tréninku na suchu má směřovat k posílení svalových systémů, které podporují jejich zapojování v průběhu maximálního plaveckého výkonu. To samé platí pro rozvoj silových předpokladů ve vodě. Cílem práce je ověřit, zda řízená intervence, jejímž obsahem je nespecifické a specifické posilování horních končetin na suchu a ve vodě, pozitivně ovlivní transfer svalové síly do plavecké techniky a plaveckého výkonu.

3.2 Hypotézy

H1: Posilování horních končetin na suchu po dobu tří měsíců a četnosti cvičení dvakrát týdně významně ovlivní frekvenci a délku záběru techniky kraul u plavců bez plavecké kariéry.

H2: Posilování horních končetin ve vodě po dobu tří měsíců a četnosti cvičení dvakrát týdně významně ovlivní frekvenci a délku záběru techniky kraul u plavců bez plavecké kariéry.

H3: Posilování horních končetin na suchu a ve vodě po dobu tří měsíců a četnosti cvičení dvakrát týdně významně ovlivní plavecký výkon na 50 m kraul u plavců bez plavecké kariéry.

3.3 Úkoly práce

- Zpracovat rešerši literatury vztahující se k řešené problematice.
- Vytvořit metodiku testování vhodnou pro náš typ výzkumu, plus připravit protokoly jednotlivých testů.
- Navrhnout intervenční pohybový program, jeho skladbu a efekt ověřit v pilotní studii a následně jej upravit pro použití v rámci výzkumného projektu.
- Sestavit výzkumný soubor z plavců bez plavecké kariéry a rozdělit je na experimentální a kontrolní skupiny.
- Provést pretest experimentálních a kontrolní skupiny.
- Provést test antropomotorických ukazatelů probandů.
- Připravit intervenční silový program ve vodě a na suchu.
- Aplikovat sestavený intervenční silový program na probandy z experimentálních skupin po dobu trvání intervenčního silového programu.
- Provést posttest po skončení aplikace intervenčního silového programu.

- Vyhodnotit výsledky intervenčního silového programu a na základě praktických zkušeností a získaných výsledků vytvořit doporučení pro praxi.

4 Soubor a metodika

Charakteristika výzkumu

Jedná se o meziskupinový a vnitroskupinový kvaziexperiment s pretest a posttest designem. Výzkumný soubor tvořily experimentální skupiny studentů, kteří byli vybráni metodou znáhodného výběru. Šlo o studenty, kteří ve své sportovní kariéře neabsolvovali plavecký trénink. Výzkumný soubor tvořili studenti Fakulty tělesné výchovy a sportu UK oboru Tělesná výchova a sport. Studie se zúčastnili probandi mužského pohlaví. V pilotní části byl počet 12 mužů a v hlavní části projektu 28 mužů.

Studie má charakter jedno-faktorového experimentu, kde pracujeme se čtyřmi skupinami probandů, a to ve třech hladinách (úrovních) daného faktoru. Cvičení na suchu představuje jednu hladinu (úroveň). Cvičení ve vodě druhou hladinu (úroveň) a cvičení na suchu a následně ve vodě charakterizujeme jako hladinu (úroveň) třetí. Výzkum byl proveden v průběhu 3 měsíců. Vliv interakce jsme porovnávali s čtvrtou kontrolní skupinou.

Průběh experimentu zahrnoval dvě fáze - fázi diagnostickou a fázi intervenční - vlastní experiment. Fáze diagnostická probíhala na začátku a konci výzkumu. Fáze intervenční probíhala průběžně.

Metodou znáhodněného výběru jsme vybrali intervenční a kontrolní skupiny probandů. Kritéria výběru do výzkumu byla následující: studenti bez plavecké kariéry, věk a stejný semestrální program (Hendl, 2012).

Experiment probíhal v terénních podmínkách. Do experimentu jsme zahrnuli probandy, kteří absolvovali pretest a posttest a realizovali minimálně 22 z 28 tréninkových jednotek.

Během experimentu jsme sledovali a kontrolovali provedení posilovacího cvičení. Cílem kontroly bylo udržet technickou úroveň a intenzitu prováděného cvičení.

Vlastnímu výzkumu předcházela pilotní studie. Jejím cílem bylo zjistit možnost realizace posilovacího cvičení v prostředí bazénu na suchu i ve vodě a rovněž zjistit optimální frekvenci, délku a intenzitu cvičení na suchu ve vodním prostředí.

Sledované proměnné

Vstupní proměnou je vlastní intervenční pohybový program. U první, druhé i třetí skupiny probandů sledujeme vliv střednědobé (3 měsíční) pohybové intervence.

Mezi výstupní proměnné řadíme hodnoty plaveckého výkonu (čas za uplavanou vzdálenost, frekvenci a délku záběru) a úroveň svalového výkonu na suchu.

Faktory ovlivňující sledované proměnné

Sledovaný experimentální soubor i vlastní intervence může ovlivnit nežádoucí proměnná. Nežádoucí proměnné v naší práci nebudeme sledovat, ale jejich vliv vezmeme v úvahu v konečném hodnocení experimentu.

V naší práci jsme identifikovali následné nežádoucí proměnné, které jsme rozdělili na:

- Neovlivnitelné:
 - věk,
 - genetika,
 - rasa,
 - pohlaví,
 - anamnéza.
- Ovlivnitelné:
 - osobnost vedoucího výzkumu,
 - metody sběru a zpracování dat,
 - hodnoty pretestu,
 - spontánní volnočasová aktivita,
 - nemoc,
 - úroveň plavecké techniky,
 - průběh intervence,
 - jiná volnočasová aktivita.

Charakteristika výzkumného souboru

Experimentální soubor v pilotní i v hlavní studii byl rozdělen do čtyř skupin. Oba experimentální soubory prováděly řízenou pohybovou intervenci. Skupiny označené jako kontrolní byly z řízené pohybové intervence vyjmuty. Všichni probandi byli, v době provedení pilotní i hlavní studie studenty FTVS UK bakalářského studijního programu v oboru Tělesná výchova a sport.

Výzkumný soubor v rámci pilotní studie

Pro výběr probandů do intervenčních a kontrolní skupiny jsme využili metodu znáhodněného výběru. Skupina studentů si vybírala čísla od jedné do čtyř, kdy ke každé skupině byli přiřazeni tři probandi. Z celkového počtu 60ti studentů jsme vybrali 12 probandů, které jsme rozdělili do čtyř skupin. V tabulce 1. prezentujeme jejich základní antropometrické údaje.

Tabulka 1. Antropometrické ukazatele pilotní výzkumné skupiny. Data jsou prezentována jako průměr \pm SD.

Skupina	Věk (roky)	Váha Pr (kg)	Váha Po (kg)	Výška (cm)	TPH Pr (kg)	TPH Po (kg)
Sucho/voda (n=3)	20,0 \pm 0,4	75,1 \pm 7,8	75,5 \pm 6,5	176,7 \pm 8,2	66,0 \pm 7,5	66,3 \pm 5,98
Voda (n=3)	21,3 \pm 0,4	81,8 \pm 1,7	80,7 \pm 1,1	181,7 \pm 2,0	70,9 \pm 0,9	70,13* \pm 1,05
Sucho (n=3)	20,0 \pm 0,4	81,3 \pm 3,3	80,0* \pm 6,8	187,7 \pm 3,2	71,2 \pm 6,1	70,9 \pm 4,67
Kontrolní (n=3)	20,6 \pm 0,9	73,2 \pm 5,6	73,2 \pm 5,5	176,3 \pm 5,3	64,6 \pm 3,9	64,53 \pm 3,95
Průměr skupin	21,03 \pm 0,5	77,2 \pm 6,9	77,9 \pm 4,4	180,67 \pm 5,32	68,9 \pm 3,04	68,52 \pm 2,84

Sucho - voda - probandi, kteří posilují jak na suchu, tak i ve vodě; Voda - probandi, kteří posilují ve vodě; Sucho - probandi, kteří posilují na suchu; \pm - směrodatná odchylka; Pr - pretest; Po - posttest; TPH – tuku prostá hmota; * - $p < 0,05$; SD – směrodatná odchylka.

Výzkumný soubor v rámci hlavní části studie

Výběr probandů do hlavního výzkumu probíhal stejně jako v přípravě pilotní studie. Celkový počet probandů v hlavní části výzkumu byl 32. Po zahájení výzkumu jsme stávající počet probandů redukovali na 28, a to z důvodů dlouhodobé nemoci dvou probandů ve skupině Voda a Sucho. V rámci zachování podmínek výzkumu jsme ze zbylých dvou skupin Sucho/Voda a Kontrolní, vyřadili vždy po jednom probandovi s podobnými výsledky v testu na 50 m kraul. Během výzkumu se již s počtem probandů nemanipulovalo.

V tabulce 2. prezentujeme základní antropometrické údaje hlavního výzkumného souboru, který absolvoval tříměsíční řízenou intervenci.

Tabulka 2. Antropometrické ukazatele hlavní výzkumné skupiny. Data jsou prezentována jako průměr \pm SD.

Skupina	Věk (roky)	Váha Pr (kg)	Váha Po (kg)	Výška (cm)	TPH Pr (kg)	TPH Po (kg)
Sucho/voda (n=7)	21,0 \pm 0,8	83,3 \pm 3,5	81,4 \pm 4,6	184,9 \pm 8,2	69,0 \pm 4,26	70,23* \pm 3,37
Voda (n=7)	20,4 \pm 1,1	75,2 \pm 3,1	76,5 \pm 3,5	182,1 \pm 3,8	64,11 \pm 3,19	65,47* \pm 4,16
Sucho (n=7)	20,7 \pm 1,1	67,6 \pm 5,1	64,0 \pm 4,3	175,0 \pm 6,3	60,8 \pm 6,53	61,04 \pm 6,36
Kontrolní (n=7)	20,7 \pm 1,1	90 \pm 5	89,5 \pm 4,5	177,0 \pm 5,1	66,67 \pm 7,1	67,97 \pm 7,51
Průměr skupiny	20,7 \pm 0,2	76,6 \pm 8,7	77,4 \pm 9,1	179,8 \pm 4,6	65,15 \pm 3,04	66,18 \pm 3,41

Sucho - voda - probandi, kteří posilují jak na suchu, tak i ve vodě; Voda - probandi, kteří posilují ve vodě; Sucho - probandi, kteří posilují na suchu; \pm - směrodatná odchylka; Pr - pretest; Po - posttest; TPH – tuku prostá hmota; * - $p < 0,05$; SD – směrodatná odchylka.

Kontrolní skupina (K) byla vybrána pro potřeby komparace vlivu posilovacího cvičení na parametry techniky plaveckého způsobu kraul mezi vybranými intervenovanými skupinami. Kontrolní skupina absolvovala tříměsíční výukový program, který byl řízen obsahem učebního plánu daného semestru.

4.1 Metody sběru dat

Biokinetic

Biokinetic je polovodičové odporové zařízení, které umožňuje přednastavení regulační rychlosti, která poskytuje konstantní množství zrychlení úměrně k síle aplikované uživatelem. V případě, kdy požadovaná rychlost pohybu (záběru) není dosažena, je brzdná síla nulová nebo taky zbytková, daná mechanickými odpory celého systému. Rychlost pohybu je v ideálním případě konstantní (Horčic a Böswart, 1997).

Zásady použití a možné chyby měření

Poloha probanda na trenažeru je v poloze na břiše. Výchozí pozice, průběh záběru a dokončení záběru vypadaly následovně - v leže na břiše horní končetiny vzpažit, se zahájením záběru se HK mírně pokrčí v lokti jako u kraulařského záběru (fáze přitažení), pohyb směřuje dál, až do připažit (fáze odtažení). Na rozdíl od pohybu ve vodě je fáze přenosu vedena zpět švihem předpažením vzpažit. V průběhu testu proband fixuje dolní končetiny o opěrný válec. V případech, kdy výška probandů přesahovala délku lavice, byly probandům dodatečně fixovány dolní končetiny druhou osobou k zajištění plné stability.

Měření provedená na Biokineticu

V rámci testování lze provést následující měření:

1. Frekvence - počet záběrů za minutu.
2. Celkový čas - čas za 10 nebo 50 záběrů.
3. Průměrná dráha - průměrná dráha za jeden záběr.
4. Celková práce - práce za 10 nebo 50 záběrů.
5. Průměrná práce - průměrná práce za jeden záběr.
6. Průměrný výkon - průměrný výkon za jeden záběr.
7. Výkon/kg váhy - výkon jednoho záběru na kg hmotnosti probanda.

Průběh testování

Biokinetic jsme použili na měření svalové síly horních končetin. Provedli jsme dva testy, které se úzce vztahovaly k charakteru pohybu horních končetin v disciplíně 25 a 50 m kraul. Všechny skupiny zařazené do experimentu provedly test na deset záběrů (10K) a 50 záběrů (50K). V testu 10K jsme brzdou sílu nastavili na stupeň tři. V testu 50K jsme brzdou sílu nastavili na stupeň čtyři. Probandi provedli test s maximální intenzitou pohybu horních končetin. V průběhu testování jsme kontrolovali délku provedení záběrů. V momentě zkrácení záběru byli probandi upozorněni, aby protáhli záběr do požadované délky. Testování bylo zaměřeno na celkový výkon ve wattech (W) a výkon v poměru s váhou probandů ve wattech na kilogram jejich hmotnosti ($W \cdot kg^{-1}$), (Horčic, Bunc, Böswart, 1994).

Test na 25 m a 50 m plaveckým způsobem kraul

Měření rychlosti a technických parametrů ve vodním prostředí. Testovací protokol obsahoval dva plavecké testy na 25 m a 50 m technikou kraul, které byly měřeny manuálně ručními stopkami. Dosažený čas jsme měřili v desetinách sekundy (s). Protokol rovněž obsahoval měření rychlosti plavání v ($m \cdot s^{-1}$, V), délky záběru v ($m \cdot cyklus^{-1}$, DZ) a frekvence záběru ($cyklů \cdot min^{-1}$, FZ), které jsme zaznamenali v deseti metrovém úseku frekvenčními plaveckými stopkami zaznamenávajícími počet záběrů. Start byl proveden z vody, verbálně a s použitím píšťalky. Stopky byly spuštěny v momentě, kdy došlo ke kontaktu chodidel se stěnou bazénu. Stejný postup jsme opakovali v průběhu provedení posttestu.

Během testu jsme použili videokameru k snímání plaveckého pohybu nad i pod hladinou. Zaznamenali jsme pohyb plavce v sagitální a transverzální rovině. Použili jsme videokamery Sony Handycam HDR.

K zaznamenání dalších proměnných v kroulové technice jednotlivých probandů jsme provedli test v 25m bazénu, kde jsme kvantifikovali parametry plavecké lokomoce. Na dráze jsme vymezili 10m úsek, ve kterém jsme zaznamenávali čas k překonání vymezeného úseku a frekvenci pohybových cyklů. Z těchto proměnných jsme dále vypočítali rychlost v (m/s) a délku záběrů v (m). Uvedené proměnné jsme využili k výpočtu plaveckého kroku, na jehož základě jsme byli schopni určit délku záběru (DZ), (Counsilman, 1974; Maglischo, 2003; Hofer et al., 2012; Pokorná, 2014).

Možné chyby v měření

Možné nebezpečí ovlivnění výsledku testování vidíme v individuálním provedení startu, plavecké obrátky a ukončení testu dotekem vybraných probandů. Tyto tři krizové momenty jsme se snažili eliminovat instrukcí, kde jsme probandům vysvětlili, že start bude

proveden z vody a že měření bude zahájeno až po doteku probanda stěny chodidly. Obrátka měla být provedena základním způsobem, dotekem jedné paže, přes pokrčení těla a provedením obratu k umístění chodidel na stěnu bazénu a odrazu. Dokončení testu mělo být provedeno bez zaváhání. Instrukce k frekvenci dýchání ani k technice plavání nebyla provedena.

4.2 Organizace výzkumu

Průběh pilotní části studie

V rámci pilotní studie jsme ověřovali vhodnost námi zvolených cvičení a kontrolních testů. Rovněž jsme se snažili posoudit, zda navrhovaná posilovací cvičení budou vhodná k realizaci intervenčního programu během hlavní fáze výzkumu. Především jsme chtěli zjistit, zda míra intenzity, frekvence cvičení a doba cvičení je dostatečná a zda vyvolá změny v úrovni síly horních končetin. Rovněž jsme zjišťovali vhodnost výběru posilovacích pomůcek. Zajímaly nás reakce probandů na posilovací cvičení, délku cvičení, jeho intenzitu a počet opakování. Hledali jsme, zda výběr testů pro zjištění změn v síle horních končetin probandů a k zjištění změn v technice plaveckého způsobu kraul je přiměřený, a zda tyto testy ošetřují proměnné, které byly v zájmu našeho zkoumání. Po skončení pilotní studie jsme získaná data analyzovali a následně použili k úpravě intervenčního plánu hlavní studie.

V rámci šetření jsme provedli jak kontrolu antropometrických ukazatelů, tak i pretest, který se skládal z testu svalové síly horních končetin na suchu (test na Biokineticu) a z testu technické úrovně plaveckého způsobu kraul ve vodě (sledovali jsme rychlost, frekvenci a délku záběru). Stejně testy jsme následně provedli po skončení plavecké intervence.

Průběh hlavní části projektu

Zahájení projektu proběhlo ve dvou fázích. V první fázi byla v laboratorních podmínkách provedena kontrola základních antropometrických ukazatelů (výška, váha, věk) a tělesného složení probandů pomocí přístroje TANITA. Rovněž jsme v laboratorních podmínkách provedli test síly horních končetin na suchu pomocí Biokineticu. Ve druhé fázi byl proveden terénní test v plaveckém bazénu. Probandi plavali maximální rychlostí vzdálenost na 50 m, kde jsme sledovali rychlost plavání a ukazatele techniky plaveckého způsobu kraul.

Na základě pilotního výzkumu jsme v hlavní části projektu byli nuceni upravit parametry posilování horních končetin na suchu. Tato změna byla způsobena nedostatkem

přístrojů Biokinetic. Cvičení na rozvoj síly horních končetin ve vodě probíhalo standardně, dle parametrů nastavených z pilotního výzkumu.

Rozsah platnosti

V průběhu intervence byla zajištěna kontrola provedení posilovacích cvičení výzkumníkem. Rovněž byla zajištěna kontrola nad obsahem následné výuky po dokončení cvičení v průběhu plavecké výuky. Probandi měli v hodinách plavecké výuky zajištěny standardní podmínky. Pro realizaci posilovacího cvičení jim byly vyhrazeny dvě plavecké dráhy. Posilovací cvičení na suchu mělo rovněž standardní podmínky, které se v průběhu semestru neměnily.

Probíhající intervence na suchu i ve vodě byla kontrolována vedoucím výzkumu. Další pohybové aktivity, které probandi vykonávali v rámci studia, byly pro všechny stejné a byly stanoveny obsahem učiva bakalářského studia prvního ročníku.

Do nežádoucí proměnné jsme zařadili realizaci vlastní pohybové aktivity probandů mimo fakultu, osobnost probanda a jeho zdravotní stav. Vliv nežádoucích proměnných jsme eliminovali dodatečným poučením probandů.

Etické otázky

Všechny výzkumné aktivity byly provedeny v souladu s Helsinkí Declaration – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. Veškeré diagnostické metody byly z důvodu minimalizace zdravotních rizik prováděny za asistence proškolených a zkušených pracovníků laboratoře sportovní motoriky a učitelů FTVS UK.

Časový průběh studie

1. 2012 - 2014 literární rešerše k dané problematice, vypracování projektu práce, obhájení projektu dizertace, návrh intervenčního programu, vytvoření metodiky měření a organizace experimentu. Ověření intervenčního posilovacího programu v pilotní studii, úprava intervenčního programu, návrh hlavní části výzkumného projektu.
2. 2015 - 2016 realizace výzkumné části, vstupní a výstupní měření, realizace pohybové intervence, zpracování a vyhodnocení výsledků, publikování poznatků na konferencích a v časopisech.
3. 2017 – 2018 sepsání disertační práce.

4.3 Charakteristika intervenčního silového programu

Organizace a náplň cvičební jednotky v pilotní studii

Realizace intervence probíhala standardně v hodinách plavecké výuky. Intervenční skupiny měly pro cvičení vyhrazené místo na bazénu a ve vodě. Všechny tři intervenční skupiny cvičily a byly sledovány po dobu tří měsíců dvakrát týdně. Intervence ve skupině Voda (V) a Sucho (S) trvala průměrně 20 minut. Délka intervence u skupiny Sucho-Voda (S/V) trvala průměrně 40 minut. Skupina S/V zahajovala posilovací cvičení na suchu a vždy 20 minut před zahájením tréninkové hodiny ve vodě. Intervence byla zaměřena na rozvoj svalové síly horních končetin, při které bylo nutné udržovat křivku záběrové fáze plaveckého způsobu kraul. Před prováděním intervence se probandi po dobu pěti minut rozcvičovali. Po dokončení cvičení se vždy zařadili zpět do plavecké výuky.

V průběhu pilotní studie jsme provedli pretest a posttest se všemi skupinami. Výuková hodina probíhala dvakrát týdně po dobu 45 minut. Intervence na suchu i ve vodě trvala 20 minut po dobu tří měsíců. Experimentální skupinu jsme měli rozdělenou na skupinu, která cvičila na suchu (S), skupinu která cvičila ve vodě (V), skupinu, která cvičila jak na suchu, tak i ve vodě (S/V) a kontrolní skupinu (K).

Pro zvýšení síly horních končetin ve vodě jsme použili odporový padák, který byl připevněn k pasu probanda. Skupina V a S/V plavala každé úterý následující trénink: 3 x (4 x 25 m) s intervalem odpočinku 30 s mezi 25m úseky, odpočinek mezi jednotlivými sériemi trval dvě minuty. Ve čtvrtek pak plavali následovně: 3 x (4 x 50 m) s intervalem odpočinku 30 s mezi 50m úseky, odpočinek mezi jednotlivými sériemi trval dvě minuty. Stanovená intenzita pohybu byla maximální.

Pro zvýšení síly horních končetin na suchu jsme použili přístroj Biokinetic, pro který jsme připravili program, který odpovídal zátěži ve vodě. Skupina S a S/V cvičila v úterý následující trénink: 3 x (4 x 20 s) s intervalem odpočinku 30 s po 20s výkonu, odpočinek mezi sériemi trval dvě minuty. Ve čtvrtek pak cvičili následovně: 3 x (4 x 40 s) s intervalem odpočinku 30 s po 30s výkonu, odpočinek mezi sériemi trval dvě minuty. Probandi měli cvičit individuální maximální intenzitou.

Snažili jsme se, aby trvání, počet opakování a hladina intenzity cvičení na suchu odpovídaly plaveckému cvičení, které se realizovalo ve vodě.

Organizace a náplň cvičební jednotky v hlavní studii

V průběhu experimentu v hlavní studii jsme použili stejný postup v rozdělení probandů do skupin, s provedením již vyzkoušených testů. V praktickém testu ve vodě, na rozdíl od pilotního výzkumu, probandi plavali maximální rychlostí pouze 50m vzdálenost kraulem.

V druhém týdnu semestru jsme probandům poslali organizaci cvičení, které probíhalo v rámci hodin plavecké výuky s ostatními studenty. V rámci výzkumu jsme provedli ukázkou cvičení na suchu s instrukcí, které chyby je potřeba eliminovat. Provedli jsme praktickou zkoušku, kde si probandi vyzkoušeli organizací prostoru se střídáním jednotlivých členů skupiny na suchu i ve vodě.

Délka intervence ve výukové hodině trvala do 22 minut. Z důvodů tréninku jen 50m vzdálenosti byl upraven i režim posilování na suchu. Skupiny S a SV prováděly posilovací cvičení v režimu 8 x 45 s střídavého záběru pravou a levou paží s expandery s maximální intenzitou. Interval odpočinku mezi jednotlivými úseky trval 1 : 15 min. Odpočinek byl pasivní. Doba cvičení byla kontrolována na přenosných velkých plaveckých stopkách. Ke kontrole délky provedení cvičení sloužili probandi, kteří zrovna necvičili. Pro lepší organizaci vždy cvičili čtyři probandi najednou, necvičící probandi kontrolovali délku zátěže.

Skupiny V a SV prováděly posilovací cvičení v režimu 8 x 50 m kraul s odporovými padáky s maximální intenzitou. Interval odpočinku mezi jednotlivými úseky trval 1 : 15. Odpočinek byl pasivní. Doba cvičení byla kontrolována samotnými probandy na velkých plaveckých stopkách. Skupina V a SV plavaly ve dvou drahách. Probandi startovali vždy z vody. Další plavec startoval v intervalu 10 s, aby mu při plavání nepřekážel odporový padák předchozího probanda.

Návrh intervenčního tréninku na suchu i ve vodě vycházel z testu na 50 m kraul. Počet opakování a délku tréninku na suchu jsme stanovili na 8 x 45 s. Počtem opakování a délkou cvičení jsme chtěli navodit žádoucí fyziologické změny. Délka tréninku a počet opakování cvičení ve vodě byla vymezena délkou plavané tratě a počtem opakování intervenčního cvičení na suchu.

4.4 Zpracování dat

Data ke statistickému zpracování jsme počítali v programu MS Excel. Některé výpočty byly rovněž provedeny v programu SPSS 21.0. Ke zpracování získaných dat jsme použili metody deskriptivní a neparametrické statistiky. Pro matematické statistické

charakteristiky sledovaných parametrů jsme stanovili aritmetický průměr a směrodatnou odchylku. Aritmetický průměr a \pm směrodatné odchylky byly vypočítány pro všechny proměnné.

V naší práci chceme ověřit významnost rozdílu mezi výběrovými průměry většího počtu náhodných výběrů a posoudit vliv jednotlivých faktorů v rámci souboru. Z výběru statistických testů se nám jevila jako nejvhodnější analýza rozptylu (ANOVA). Pro hodnocení výsledků jsme použili analýzu rozptylu s opakovaným měřením pro jednotlivé závislé proměnné. Vnitroskupinový faktor sledoval účinek intervence a meziskupinový faktor byl zastoupen typem tréninku. Pro výpočet věcné významnosti jsme použili výpočet dle Cohena.

Pro stanovení statistické významnosti jsme formulovali nulovou hypotézu:

H₀: Neexistuje rozdíl mezi sledovanými hodnotami proměnných (rychlost, počet záběrů, síla horních končetin) u probandů experimentální a kontrolní skupiny po realizované pohybové intervenci. Hodnoty všech skupin jsou stejné.

Pro ověření hypotézy H₀ jsme použili studentův párový t-test, který vyhodnotí rozdíl mezi sledovanými parametry před zahájením intervenčního pohybového programu a po jeho absolvování. Pro orientační ověření rozložení všech sledovaných dat naměřených na výzkumných souborech experimentální a kontrolní skupiny jsme využili liprogram SPSS. Statistická významnost byla stanovena na úrovni $p < 0.05$.

Míru vlivu závislé proměnné na nezávisle proměnnou (tzn. velikost účinku neboli effect size) jsme v naší studii posoudili pomocí Cohenova koeficientu d , jenž uvádí relativní změny průměrů vzhledem k směrodatné odchylce měření. Efekt věcné významnosti podle Cohena je následující: pokud je interval d pod hodnotou 0,2, je efekt malý; pokud je interval d v intervalu 0,5 - 0,8, je efekt střední a pokud je hodnota d větší než 0,8, je efekt vnímán jako velký (Cohen, 1994; Blahuš, 2000).

5 Výsledky

5.1 Pilotní studie

Výsledky měření pilotního výzkumu jsme porovnali jak mezi jednotlivými probandy ve skupinách, tak i mezi skupinami. Následnou interpretaci jsme zpřehlednili úpravou výsledků do grafů, tabulek s vyjádřením v procentech.

V tabulce č. 3 prezentujeme výsledky naměřených změn mezi probandy a jednotlivými skupinami. Náplň intervenčního programu lze najít v kap. 4.3.1.

Tabulka č. 3 Výkonové charakteristiky před provedenou intervencí a po intervenci (doba intervence - 3 měsíce). Údaje jsou znázorněny jako aritmetický průměr; \pm SD.

Pretest								
	25 m [s]	50 m [s]	F 25 m [1.min ⁻¹]	F 50 m [1.min ⁻¹]	DZ 25 m [cm]	DZ 50 m [cm]	10K [W.kg ⁻¹]	50K [W.kg ⁻¹]
S/V	16,77 \pm 2,9	38,00 \pm 9,1	53,7 \pm 3,1	48 \pm 4,3	152,7 \pm 21,7	159 \pm 24,34	2,77 \pm 0,4	2,06 \pm 0,2
V	17,00 \pm 0,8	37,00 \pm 1,7	47 \pm 2,8	45 \pm 2,8	172,7 \pm 3,09	167,3 \pm 3,77	2,23 \pm 0,2	1,58 \pm 0,1
S	16,33 \pm 7,5	36,53 \pm 3,8	45,7 \pm 3,1	43 \pm 1,4	180,3 \pm 9,81	183,7 \pm 16,68	2,67 \pm 0,2	1,64 \pm 0,2
K	16,87 \pm 0,6	37,10 \pm 0,5	44 \pm 3,6	40,7 \pm 1,3	184 \pm 14,43	191,3 \pm 8,22	2,56 \pm 0,3	1,64 \pm 0,3
Posttest								
	25 m [s]	50 m [s]	F 25 m [1.min ⁻¹]	F 50 m [1.min ⁻¹]	DZ 25 m [cm]	DZ 50 m [cm]	10K W.kg ⁻¹	50K W.kg ⁻¹
S/V	16,63 \pm 2,6	36,2 \pm 7,1	52,7 \pm 6,3	48 \pm 6,2	156 \pm 8,52	163 \pm 9,3	3,34* \pm 0,5	2,39* \pm 0,1
V	15,7* \pm 0,8	32,63* \pm 1,7	56* \pm 0,8	52* \pm 0,8	159,7* \pm 6,9	168 \pm 6,9	2,46 \pm 0,0	1,86* \pm 0,04
S	16,10 \pm 6,7	35,30 \pm 3,8	46,7 \pm 5,2	45 \pm 5,4	172 \pm 24,1	179,3 \pm 21,1	3,22* \pm 0,5	2,16* \pm 0,2
K	16,20* \pm 0,7	34,10* \pm 0,9	44,3 \pm 4,1	42,7 \pm 2,6	189,7 \pm 1,7	192 \pm 10,4	2,84 \pm 0,2	2,04 \pm 0,2
p	0,057	0,017*	0,190	0,081	0,272	0,447	0,010*	0,003*
Coh d	2	2,7	0,55	0,89	0,24	0,24	1,49	2

S/V – intervenční skupina sucho/voda; V – intervenční skupina voda; S – intervenční skupina sucho; K – kontrolní skupina; [s] – čas v sekundách; [F] – počet záběrů za minutu; [DZ/cm] – délka záběru v centimetrech na 25 a 50 m; 10K a 50K test na 10 a 50 záběrů na Biokineticu; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti ve wattch; * - výsledky statisticky významné na hladině $p < 0,05$ *; Cohenovo d - efekt věcné významnosti; SD – směrodatná odchylka.

Výsledky testu na 25 m kraul plavaného maximální rychlostí ukazují, že pohybová intervence, která byla zaměřena na rozvoj svalové síly v prostředí vody a na suchu, ovlivnila všechny intervenční skupiny.

Analýzou prvních dvou testů, při kterém probandi plavali 25m a 50m vzdálenost maximálním úsilím jsme zjistili, že skupina Sucho/Voda (S/V) se v testu na 25 m kraul zlepšila o 1 % a v testu na 50 m o 5 %. Výsledky skupiny S/V nebyly věcně ani statisticky významné.

Věcně i statisticky významného výsledku ve výkonu na 25 m a 50 m dosáhla skupina voda (V), která se zlepšila o 8 % v testu na 25 m a o 12 % v testu na 50 m.

Skupina Sucho (S) se v testu na 25 m kraul zlepšila o 1 % a v testu na 50 m o 3 %. Oba tyto výsledky nebyly věcně ani statisticky významné. Určitou hladinu věcné významnosti jsme zaznamenali ve výkonu na 50 m.

Kontrolní (K) skupina se v testu maximálního výkonu na 25 m zlepšila o 4 % a ve výkonu na 50 m o 8 %. Oba výsledky jsou věcně i statisticky významné. Přehledněji výsledky prezentujeme v tabulkách č. 4 a 5.

Tabulka č. 4 Test 25 m kraul, průměrné hodnoty plus SD. V tabulce je uvedena statistická i věcná významnost.

25 m Kraul	Pretest [s]	Posttest [t/s]	p-hodnota	Coh d
Skupina S/V	16,80±2,9	16,60±2,64	0,337	0,07
Skupina V	17,00±0,79	15,70±0,79	0,033*	1,6
Skupina S	16,30±7,47	16,10±6,66	0,217	0,02
Skupina K	16,90±0,63	16,20±0,76	0,005*	1,50

s - čas v sekundách; SD - směrodatná odchylka; $p < 0,05^*$ - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 5 Test 50 m kraul, průměrné hodnoty plus SD. V tabulce je uvedena statistická i věcná významnost.

50 m Kraul	Pretest [t/s]	Posttest [t/s]	p-hodnota	Coh d
Skupina S/V	38,00±9,1	36,20±7,14	0,165	0,22
Skupina V	37,00±1,7	32,63±1,68	0,031*	2,5
Skupina S	36,53±3,76	35,30±3,84	0,159	0,32
Skupina K	37,10±0,54	34,10±0,86	0,003*	4,20

t/s - čas v sekundách; SD - směrodatná odchylka; $p < 0,05^*$ - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Provedenými testy jsme se rovněž snažili zachytit parametry techniky plaveckého způsobu kraul. Z výsledků testů na 25 a 50 m kraul plavaného maximálním úsilím jsme vypočítali frekvenci a délku záběrů u jednotlivých probandů.

U skupiny S/V nastaly následující změny. V testu na 25 m skupina S/V nevýznamně snížila frekvenci záběrů o 2 %. V testu na 50 m se frekvence záběrů nevýznamně zvýšila o 1 %.

Největší změny ve frekvenci záběrů nacházíme u skupiny V, kdy v testu plavaném na 25 m skupina významně zvýšila frekvenci záběrů o 19 % a v testu na 50 m o 16 %. Oba výsledky jsou věcně i statisticky významné.

U skupiny S se v testu na 25 m kraul frekvence záběrů nevýznamně zvýšila o 2 % a v testu na 50 m kraul o 5 %.

Kontrolní skupina v testu na 25 m kraul nevýznamně zvýšila frekvenci záběrů o 1 % a v testu na 50 m zvýšila významně frekvenci o 5 %. K lepší orientaci ve frekvenci záběrů odkazujeme na statistické výsledky v tabulce č. 6 a 7.

Tabulka č. 6 Frekvence záběrových pohybů v testu 25 m kraul, průměrné hodnoty plus SD. V tabulce je uvedena statistická i věcná významnost.

25 m Kraul	Pretest [F/1.min ⁻¹]	Posttest [F/1.min ⁻¹]	p-hodnota	Coh d
Skupina S/V	53,70±3,09	52,70±6,34	0,404	0,21
Skupina V	47,00±2,83	56,00±0,82	0,014*	4,9
Skupina S	45,70±3,09	46,70±5,19	0,434	0,24
Skupina K	44,00±3,56	44,30±4,11	0,465	0,07

f - počet záběrů za minutu; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 7 Frekvence záběrových pohybů v testu 50 m kraul, průměrné hodnoty plus SD. V tabulce je uvedena statistická i věcná významnost.

50 m Kraul	Pretest [F/1.min ⁻¹]	Posttest [F/1.min ⁻¹]	p-hodnota	Coh d
Skupina S/V	48,00±4,32	48,00±6,24	0,420	0,05
Skupina V	45,00±2,83	52,00±0,82	0,022*	3,8
Skupina S	43,00±1,41	45,00±5,35	0,290	0,59
Skupina K	40,70±1,25	42,70±2,62	0,113	1,03

F/1.min⁻¹ - počet záběrů za minutu; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

V tabulce č. 8 a 9 jsou výpočty délky záběru, které jsme provedli na základě výsledků testu na 25 a 50 m kraul.

U skupiny S/V nastaly následující změny: V testu na 25 m skupina S/V nevýznamně prodloužila délku záběrů o 2 %. V testu na 50 m se délka záběru významně zvýšila o 3 %.

Věcně i statisticky významné hodnoty jsme zjistili v délce záběru skupiny V, kdy v testu na 25 m měli probandi délku záběru významně kratší o 8 %. Délka záběru v testu na 50 m zůstala beze změn, délka záběru se prodloužila o 0 %.

Skupina S měla v testu na 25 m délku záběru nevýznamně kratší o 5 % a v testu na 50 m se délka záběru nevýznamně zkrátila o 2 %.

Změny v délce záběru jsme zaznamenali i u kontrolní skupiny, která v testu na 25 m záběr nevýznamně prodloužila o 3 % a v testu na 50 m o 0 %. Další podrobnosti k výsledkům prezentujeme v tabulce č. 8 a 9.

Tabulka č. 8 Délka záběru v testu 25 m kraul, průměrné hodnoty plus SD. V tabulce je uvedena statistická i věcná významnost.

25 m Kraul	Pretest [DZ/cm]	Posttest [DZ/cm]	p-hodnota	Coh d
Skupina S/V	152,70±21,7	156,00±8,52	0,399	0,21
Skupina V	172,70±3,09	159,70±6,94	0,045*	2,59
Skupina S	180,30±9,81	172,00±24,06	0,347	0,49
Skupina K	184,00±14,43	189,70±17	0,287	0,36

DZ/cm - délka záběrů v cm; SD - směrodatná odchylka; $p < 0,05^*$ - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 9 Délky záběru v testu 50 m kraul, průměrné hodnoty plus SD. V tabulce je uvedena statistická i věcná významnost.

50 m Kraul	Pretest [DZ/cm]	Posttest [DZ/cm]	p-hodnota	Coh d
Skupina S/V	159,00±24,34	163,00±9,27	0,381	0,66
Skupina V	167,30±3,77	168,00±6,98	0,468	0,1
Skupina S	183,70±16,68	179,30±21,06	0,283	0,25
Skupina K	191,30±8,22	192,00±10,42	0,364	0,1

DZ/cm - délka záběrů v cm; SD - směrodatná odchylka; $p < 0,05^*$ - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

V tabulce č. 10 a 11 prezentujeme výsledky měření síly horních končetin na Biokineticu. V testu na deset záběrů (10K) skupina S/V věcně i statisticky významně zlepšila silový výkon o 21 %. V testu na 50 záběrů se skupina zlepšila o 16 %.

Skupina V se v testu síly horních končetin na 10 záběrů zlepšila o 10 % a v testu síly horních končetin na 50 záběrů v průměru o 18 %. Oba výsledky jsou věcně i statisticky významné.

Věcně i statisticky významné hodnoty vůči pretestu měla skupina S, která se v testu síly horních končetin na 10 záběrů zlepšila o 21 % a v testu na 50 záběrů o 32 %.

Síla horních končetin skupiny K, se v testu síly horních končetin na 10 záběrů zlepšila o 11 % a v testu na 50 záběrů v průměru o 24 %. Výsledky síly horních končetin v testu na suchu prezentujeme v tabulce číslo 10 a 11.

Tabulka č. 10 Test síly horních končetin na 10 záběrů, průměrné hodnoty plus SD. V tabulce je uvedena statistická i věcná významnost.

10K Biokinetic	Pretest [W.kg-1]	Posttest [W.kg-1]	p-hodnota	Coh d
Skupina S/V	2,77±0,42	3,34±0,47	0,019*	1,14
Skupina V	2,23±0,22	2,46±0,03	0,170	1,53
Skupina S	2,67±0,24	3,22±0,48	0,052*	1,57
Skupina K	2,56±0,29	2,84±0,16	0,162	1,4

[W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 11 Test síly horních končetin na 50 záběrů, průměrné hodnoty plus SD. V tabulce je uvedena statistická i věcná významnost.

50K Biokinetic	Pretest [W.kg-1]	Posttest [W.kg-1]	p-hodnota	Coh d
Skupina S/V	2,06±0,22	2,39±0,1	0,056*	2,26
Skupina V	1,58±0,09	1,86±0,04	0,019*	2,8
Skupina S	1,64±0,24	2,16±0,24	0,011*	4,8
Skupina K	1,64±0,15	2,04±0,23	0,091	2,66

[W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

V souvislosti s testy síly horních končetin na Biokineticu jsme výsledky porovnali se změnami TPH (tuku prosté hmoty) po provedení intervence jednotlivých probandů. Je zřejmé, že úbytek či nárůst hmotnosti může ovlivnit výsledky těchto testů. Proband s vyšší svalovou hmotou má předpoklady provést testy s lepším výsledkem a naopak. Z těchto důvodů jsme výsledky obou testů 10K a 50K procentuálně vyjádřili k hodnotě TPH probanda v pretestu a posttestu.

Po přepočtu výsledků v testech 10K a 50K došlo k významným změnám v celkovém nárůstu síly horních končetin u všech skupin:

1. skupina S/V se statisticky významně zlepšila o 17,5 % v testu na 10K a o 14,3 % v testu na 50K,
2. skupina V se statisticky významně zlepšila o 8,2 % v testu na 10K a o 11,9 % v testu na 50K,

3. skupina S se statisticky významně zlepšila o 16,7 % v testu na 10K a o 23,6 % v testu na 50K,

4. skupina K se statisticky významně zlepšila o 9,7 % v testu na 10K a o 19,5 % v testu na 50K.

Výsledky antropometrického měření prezentujeme v tabulce č. 1. v kapitole 3.1.4.

5.2 Změny v pohybové intervenci a typu posilovacího cvičení

V souvislosti s nedostatečným počtem funkčních Biokinetických jsme k posilování horních končetin použili gumové expandery. Ty se dají upevnit kdekoliv na zafixovaný bod. Důležité je, aby výška upevnění odpovídala výšce pánve daného plavce.

Výhodou Biokinetiku je, že se zvyšující se rychlostí záběru horních končetin se zvyšuje i odpor tahu. U expanderů velikost odporu stoupá s délkou protažení gumy. Na začátku záběru je odpor nejnižší, na konci záběru je odpor nejvyšší.

Parametry cvičení pomocí gumových expanderů zůstaly stejné jako u cvičení na Biokinetiku. Velikost odporu byla stanovena pro všechny probandy stejně, to znamená, že skupiny S a S/V pracovaly se stejnou délkou expanderů. Frekvence záběrů byla vymezena dobou cvičení, které trvalo 8 x 45 s. Interval odpočinku mezi jednotlivými úseky zůstal stejný jako v pilotním výzkumu. Délka záběru byla průběžně kontrolována, aby nedocházelo k jeho zkracování. Organizace rozvoje síly horních končetin, který byl realizován ve vodě, se nezměnila.

5.3 Hlavní studie

Po úpravě parametrů posilovacího cvičení na suchu pro skupiny S/V a S jsme provedli další intervenci, která trvala tři měsíce. Opakovaně jsme výsledky porovnali jak mezi jednotlivými probandy ve skupinách, tak i mezi skupinami. Následnou interpretaci dat jsme zpřehlednili úpravou výsledků do tabulek s procentuálním vyjádřením v textu.

V tabulce č. 12 prezentujeme výsledky naměřených změn mezi probandy a jednotlivými skupinami. Náplň intervenčního programu lze najít v kap. 4.3.2.

Tabulka č. 12 Výsledky testů sledovaných skupin před intervencí a po intervenci. Údaje jsou znázorněny jako aritmetický průměr; \pm SD.

PRETEST				
	50 m [s]	F 50 m [1.min ⁻¹]	DZ 50 m [cm]	50K [W.kg ⁻¹]
S/V	33,1 \pm 1,6	49,4 \pm 5,7	182,7 \pm 23,1	1,68 \pm 0,1
V	32,7 \pm 1,3	52,8 \pm 5,1	168,7 \pm 16,6	1,55 \pm 0,16
S	34,2 \pm 3,5	50,3 \pm 4,2	172,1 \pm 18,8	1,51 \pm 0,51
K	32,8 \pm 2,5	51,6 \pm 3,7	174,4 \pm 15,9	1,76 \pm 0,16
POSTTEST				
	50 m [s]	F 50 m [1.min ⁻¹]	DZ 50 m [cm]	50K [W.kg ⁻¹]
S/V	32,6* \pm 1,8	50,6 \pm 5,2	181,3 \pm 20,8	1,71 \pm 0,15
V	32,0* \pm 1,1	51,4 \pm 3,9	179 \pm 11,8	1,78* \pm 0,15
S	33,7* \pm 3,3	53,7* \pm 5,0	165,7* \pm 17,5	1,68* \pm 0,20
K	33,0 \pm 2,7	50,2* \pm 3,3	170,5 \pm 14,3	1,75 \pm 0,19
p	0,076	0,361	0,465	0,080
Coh d	0,18	0,10	0,023	0,73

S/V – intervenční skupina sucho/voda; V – intervenční skupina voda; S – intervenční skupina sucho; K – kontrolní skupina; [t/s] – čas v sekundách; [F/1.min⁻¹] – frekvence záběrů; DZ [cm] – délka záběru v centimetrech na 50 m; 50K test na 50 záběrů na Biokineticu; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; * - výsledky statisticky významné na hladině $p < 0,05$ *; Cohenovo d - efekt věcné významnosti; SD – směrodatná odchylka.

Z výsledků plaveckého testu na 50 m vyplývá, že pohybová intervence na suchu i ve vodě ovlivnila všechny sledované intervenční skupiny.

V testu na 50 m kraul došlo u skupiny S/V k statisticky významnému zlepšení plaveckého výkonu o 1,5 %.

U skupiny V došlo k věcnému i statisticky významnému zlepšení plaveckého výkonu o 2 %.

U skupiny S došlo k statisticky významnému zlepšení plaveckého výkonu o 1,5 %.

U skupiny K jsme zjistili věcně i statisticky nevýznamný plavecký výkon s hodnotou o 0,6 %.

Přehled výsledků prezentujeme v tabulce č. 13.

Tabulka č. 13 Test 50 m kraul, průměrné hodnoty plus SD. V tabulce je uvedena statistická i věcná významnost.

50 m Kraul	Pretest [t/s]	Posttest [t/s]	p-hodnota	Coh d
Skupina S/V	33,1±1,6	32,6±1,8	0,005*	0,29
Skupina V	32,7±1,3	32,0±1,1	0,023*	0,58
Skupina S	34,2±3,5	33,7±3,3	0,025*	0,15
Skupina K	32,8±2,5	33,0±2,7	0,472	0,07

t/s - čas v sekundách; SD - směrodatná odchylka; $p < 0,05^*$ - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Věcně i statisticky nevýznamná změna nastala ve frekvenci záběrů skupina S/V, kde došlo k zvýšení frekvence o 2,4 %.

Statisticky nevýznamná změna nastala i ve frekvenci záběrů skupiny V, kde došlo k snížení frekvence o 2,7 %. Výsledek dosáhl průměrné hladiny věcné významnosti.

Věcně i statisticky významná změna nastala ve frekvenci záběrů skupiny S, kde došlo k zvýšení frekvence o 6,5 %.

Statisticky významná změna nastala ve frekvenci záběrů skupiny K, kde došlo k snížení frekvence záběrů o 2,7 %. Výsledek dosáhl průměrné hladiny věcné významnosti.

Přehled výsledků prezentujeme v tabulce č. 14.

Tabulka č. 14 Frekvence záběrových pohybů v testu 50 m kraul, průměrné hodnoty plus SD. V tabulce je uvedena statistická i věcná významnost.

50 m Kraul	Pretest [F/1.min ⁻¹]	Posttest [F/1.min ⁻¹]	p-hodnota	Coh d
Skupina S/V	49,4±5,68	50,6±5,21	0,331	0,22
Skupina V	52,8±5,14	51,4±3,96	0,272	0,31
Skupina S	50,3±4,2	53,7±5,00	0,008*	0,73
Skupina K	51,6±3,7	50,2±3,28	0,031*	0,40

F/1.min⁻¹ - frekvence záběrů za minutu; SD - směrodatná odchylka; $p < 0,05^*$ - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Věcně i statisticky nevýznamná změna nastala v délce záběru skupiny S/V, kde došlo ke zkrácení záběru o 0,8 %, což odpovídá vzdálenosti 1,5 cm.

Statisticky významnou změnu v délce záběru jsme zaznamenali u skupiny V, kde došlo k prodloužení záběru o 5,6 %, což odpovídá vzdálenosti 10 cm. Výsledek dosáhl vysoké hladiny věcné významnosti.

Statisticky významnou změnu v délce záběru jsme zaznamenali i u skupiny S, kde došlo ke zkrácení záběru o 3,8 %, což odpovídá vzdálenosti 6,4 cm. Výsledek dosáhl průměrné hladiny věcné významnosti.

Věcnou i statisticky nevýznamnou změnu v délce záběru jsme zaznamenali u skupiny K, kde došlo ke zkrácení záběru o 2,3 %, což odpovídá vzdálenosti 4 cm. Přehled výsledků prezentujeme v tabulce č. 15.

Tabulka č. 15 Délka záběrového pohybu v testu 50 m kraul, průměrné hodnoty plus SD. V tabulce je vedena statistická i věcná významnost.

50 m Kraul	Pretest [DZ/cm]	Posttest [DZ/cm]	p-hodnota	Coh d
Skupina S/V	182,7±23,13	181,3±20,82	0,364	0,06
Skupina V	168,7±16,64	179,0±11,84	0,123	0,72
Skupina S	172,10±18,85	165,7±17,48	0,005*	0,35
Skupina K	174,83±15,94	170,50±14,27	0,285	0,28

DZ/cm - délka záběrů v cm; SD - směrodatná odchylka; $p < 0,05^*$ - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Posledním testem, který jsme provedli v rámci měření vlivu intervence, byl test síly horních končetin na Biokineticu.

Věcně i statisticky nevýznamnou změnu jsme zaznamenali ve skupině S/V, kde došlo ke zlepšení o 1,8 %, což představuje nárůst svalové síly o $0,03 \text{ W.kg}^{-1}$.

Věcně i statisticky významnou změnu jsme zaznamenali ve skupině V, kde došlo ke zlepšení o 15,1 %, což představuje nárůst svalové síly o $0,23 \text{ W.kg}^{-1}$.

Věcně i statisticky významnou změnu v testu síly jsme zaznamenali i ve skupině S, kde došlo ke zlepšení o 10,7 %, což představuje nárůst svalové síly o $0,17 \text{ W.kg}^{-1}$.

Věcně i statisticky nevýznamnou změnu jsme zaznamenali ve skupině K, kde došlo ke zhoršení silových parametrů o 0,6 %, což představuje pokles svalové síly o $0,01 \text{ W.kg}^{-1}$. Výsledek není statisticky ani věcně významný. Přehled výsledků prezentujeme v tabulce č. 16.

Tabulka č. 16 Test síly horních končetin na 50 záběrových pohybu, průměrné hodnoty plus SD. V tabulce je vedena statistická i věcná významnost.

50K Biokinetic	Pretest [W.kg-1]	Posttest [W.kg-1]	p-hodnota	Coh d
Skupina S/V	1,68±0,1	1,71±0,15	0,145	0,24
Skupina V	1,55±0,16	1,78±0,15	0,000*	1,48
Skupina S	1,51±0,14	1,68±0,2	0,012*	1,00
Skupina K	1,76±0,16	1,75±0,19	0,161	0,05

[W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05 * - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Stejně jako v kapitole 5.1 upřesňujeme procentuální výpočet v testu síly horních končetin na Biokineticu. Výpočet přesněji odpovídá změnám TPH jednotlivých probandů v průběhu celého výzkumu. Výsledky testu 50K jsme zprůměrovali k daným hodnotám TPH probanda před provedením a po provedení intervence.

V testu 50K došlo k celkovému nárůstu síly horních končetin v souvislosti se změnami hmotnosti probandů u jednotlivých skupin následovně:

1. u skupiny S/V v testu 50K došlo ke statisticky nevýznamnému zlepšení o 3,5 %,
2. u skupiny V v testu 50K došlo ke statisticky významnému zlepšení o 14,3 %,
3. u skupiny S v testu 50K došlo ke statisticky významnému zlepšení o 10,5 %,
4. u skupiny K v testu 50K došlo ke statisticky nevýznamnému zlepšení o 0,97 %.

Výsledky antropomotorického měření prezentujeme v tabulce č. 2. v kapitole 3.1.5.

6 Diskuse

6.1 Vliv tříměsíční intervence k rozvoji síly horních končetin na skupinu S a S/V

Vliv rozvoje silové vytrvalosti na suchu skupiny S (pilotní výzkum)

Na základě výsledků testů na Biokineticu jsme předpokládali, že zvýšení síly horních končetin významně ovlivní jak plavecký výkon, tak i techniku. Z dostupné literatury totiž víme, že plavecký výkon je velmi závislý na svalové síle a výkonu (Tanaka et al., 1994; Tanaka a Swensen, 1998; Girolid et al., 2007). Podle Strzala a Tyka (2009), Morouço et al. (2011a) a Gutjana (2015) zvýšená svalová síla horních končetin zvyšuje maximální sílu záběru a plavecký výkon, především ve sprinterských disciplínách. Při srovnání výsledků s pretestem ale vidíme statisticky nevýznamné změny jak ve výkonu, tak i ve frekvenci záběrů. U frekvence záběrů jsme zaznamenali nevýznamné zvýšení, u délky záběrů nevýznamné zkrácení.

Vliv rozvoje silové vytrvalosti na suchu a ve vodě skupiny S/V (pilotní výzkum)

V testu 10K skupiny S/V jsme naměřili zlepšení o 20,5 %, tak jako v testu 10K skupiny S. V testu 50K skupiny S/V jsme ale naměřili jen 16 % zlepšení, což je o 15 % menší výkon než v testu 50K skupiny S. Domníváme se, že daný rozdíl může souviset s velikostí zátěže v průběhu intervence. Set týdenního cvičení na suchu se vždy skládal ze silového tréninku zaměřeného na rozvoj svalové síly pro úsek 25 m a z tréninku zaměřeného na rozvoj svalové síly pro úsek 50 m. Fyzicky i mentálně náročnější byl silový trénink zaměřený na 50m úsek, z těchto důvodů se domníváme, že silový trénink na suchu probandů skupiny S/V realizovali s menším úsilím, aby následně zvládli silový trénink ve vodě.

Výsledky plaveckého testu skupin S a S/V jsou shodné, obě skupiny se zlepšily od 1,1 % v 25 m, až k 4,7 % v 50 m v porovnání s posttestem. Významné rozdíly jsou ale patrné ve frekvenci a délce záběrů. Skupina S/V měla frekvenci záběrů nižší o 4,6 % a délku záběru delší o 5,2 % než skupina S. Domníváme se, že příčinou zlepšení technických parametrů bylo způsobeno následným plaveckým tréninkem probandů skupiny S/V ve vodě. To znamená dodatečným působením vodního prostředí na záběrové plochy horních končetin v režimu silového tréninku. K podobným výsledkům dospěli Aspenes et al. (2009), který u kombinované intervence zaznamenal zlepšení v délce záběru a plaveckém výkonu.

Větší délka záběru, nižší frekvence záběru a vyšší rychlost pohybu ve vodě ukazují na zlepšené parametry techniky kraul. Rozdíly mezi účinnou a neúčinnou kroulovou technikou

jsou jasné - efektivní technika je definována jako udržení vysoké rychlosti plavání, s vyšší délkou záběrové fáze a s nižší frekvencí záběru (Maglischo, 2016; Hofer et al., 2012). Z těchto důvodů bychom mohli uvažovat o tom, že kombinované zatěžování silovým cvičením na suchu a ve vodě by mohlo mít pozitivní efekt na zlepšení techniky plaveckého způsobu kraul, a to především na délku a frekvenci záběru.

Na rozdíl od výzkumů (Cronina et al., 2007; Vorontsova et al., 2006; Gambetta, 1999; Klaucka et al., 1997; Tanaky et al., 1993), jsme skupinou S/V chtěli ověřit, do jaké míry daná kombinace cvičení ovlivní testované parametry v plavaném úseku a Biokineticu. Z výsledků vyplývá, že skupina S/V zlepšila svůj výkon na 25 a 50 m. Hodnoty byly vyšší v porovnání se skupinou S a nižší v porovnání se skupinou V. Z výsledků rovněž víme, že skupina S/V do jisté míry zlepšila parametry techniky. Změny jsme zaznamenali ve frekvenci záběrů ve vzdálenosti na 25 m kraul a v delším záběru v plavaném úseku na 25 a 50 m kraul. Významně byly intervencí ovlivněny výsledky v testu na 10K a 50K, kde tato skupina dosahovala vyšších hodnot než skupina V. Významně lepší výsledky v testu síly horních končetin skupiny S/V by mohly být způsobeny tréninkem na Biokineticu. Skupina V tento trénink neabsolvovala.

Výzkum Tanaky et al. (1993) zjistil, že všeobecný rozvoj svalové síly na suchu statisticky ovlivňuje plavecký výkon, což potvrzují i naše data. Statisticky výsledky nejsou významné, ale v plaveckém testu 50 kraul jsme zaznamenali věcně významný výsledek v délce záběru. V tomto případě bychom mohli říci, že kombinovaný silový trénink na suchu a ve vodě má vliv na prodloužení kroulového záběru.

Vliv rozvoje silové vytrvalosti na suchu skupiny S (hlavní výzkum)

Z výsledků vyplývá, že skupina zlepšila výkon v testu silové vytrvalosti 50K, a to o 11,2 %. V porovnání s pilotním výzkumem nebyl výsledek testu tak jednoznačný. V hlavním výzkumu byl k rozvoji síly použit gumový expander, u kterého nejde navolit konstantní síla odporu, a jelikož byl nárůst silové vytrvalosti v hlavním výzkumu u skupin (S/V a S) nižší, domníváme se, že gumové expandery nevyvolávají takovou reakci v nárůstu svalové síly jako posilování na Biokineticu.

V našem výzkumu jsme se snažili vybrat takovou formu rozvoje síly, která nejlépe odpovídá pohybu plavce ve vodě. Z jiných výzkumů ale víme, že i odlišný způsob posilování na suchu může pozitivně ovlivnit svalovou sílu a plavecký výkon. Například Strass (1988) se skupinou plavců posiloval extenzory předloktí, což ve výsledku zlepšilo výkon na 50 m o 7,3 %. Girold (2007) k rozvoji silové vytrvalosti využil kruhový trénink, který byl zaměřen na 6

vybraných cvičení a ve kterém se vybraní probandi zlepšili v plaveckém testu na 50 m o 2,8 %.

Tato zlepšení ale mohla souviset s věkem probandů, protože výzkumný soubor tvořili plavci staršího školního věku a mladší junioři. U této skupiny probandů lze předpokládat nárůst svalové síly a zlepšení plaveckého výkonu s tělesným růstem plavců, zásadní je však počáteční úroveň jejich tělesné zdatnosti.

Z výše uvedených výzkumů rovněž není jasné, zda typ nespecifického posilování kromě zvýšené síly horních končetin mohl pozitivně ovlivnit i technické parametry daného plaveckého způsobu.

Naše výsledky odpovídají zjištěním (Cronina et al., 2007; Breeda a McElroye, 2000; Cossor, Blanksby, Elliott, 1999; Tanaky et al., 1998; Bulgakové, Vorontsova a Fomichenka, 1990), kteří zjistili, že účinek nespecifického cvičení na suchu má nižší účinek, než účinek specifického silového tréninku provedeného ve vodě.

V našem případě se zvýšená úroveň síly horních končetin cvičením na suchu projevila ve zvýšení frekvence záběrů a snížení jeho délky, což je jedna z variant, jak zlepšit plavecký výkon (Maglischo, 2003; Hofer et al., 2012).

V tomto případě bychom mohli říci, že nespecifické posilování horních končetin na suchu má vliv na transfer svalové síly do plaveckého výkonu ve vodě u plavců bez plavecké kariéry, který se projevil ve všech sledovaných proměnných.

Vliv rozvoje silové vytrvalosti na suchu a ve vodě skupiny S/V (hlavní výzkum)

Hodnoty výsledků testu 50K skupiny S/V, v porovnání se skupinou S, jsou velice nízké. Po intervenci jsme zjistili nárůst silové vytrvalosti jen o 1,7 %. To je podobný výsledek jako v pilotním testu, kde se skupina S zlepšila o 31,7 %, ale skupina S/V jen o 16 %. Domníváme se, že se zde setkáváme se stejným problémem náročnosti dvojitě zátěže v jednom tréninku jako v pilotním výzkumu. Probandi věděli, že je čeká ještě jedna zátěž, proto neposilovali naplno a to se projevilo ve výsledcích testů silové vytrvalosti na suchu.

U analýzy technických parametrů skupiny S je zajímavý procentuální nárůst frekvence záběrů, který byl v pilotním výzkumu nižší. Vysvětlujeme si to technickými možnostmi Biokineticu, ve kterém se velikost odporu v tahu přizpůsobuje aktuální rychlosti záběru probanda. Podobný princip je patrný i ve vodním prostředí, s nárůstem rychlosti se zvyšuje i odpor. Z těchto důvodů se domníváme, že probandi pilotního výzkumu lépe vnímali vodní prostředí než probandi hlavního výzkumu, kteří vykazovali vyšší procento frekvence záběrů. Stejný problém může souviset i s nižším procentuální hodnotou délky záběru.

Zvyšování silové vytrvalosti pomocí gumových expanderů zřejmě způsobilo snížení délky záběru u skupiny S. Rozdíly v délce záběrů mohly být vyvolány zvyšujícím se odporem expanderů v průběhu záběrové fáze, úchopem expanderů a jinou frekvencí posilování. Z těchto zjištění vyplývá, že silová vytrvalost získaná pomocí gumových expanderů sice pozitivně ovlivní plavecký výkon na 50 m, ale již nemá významný vliv na délku záběru a frekvenci záběrů.

Parametry pohybu horních končetin v posilování na suchu by měly odpovídat parametrům pohybu horních končetin v plaveckém výkonu, proto někteří odborníci zkoušeli zjistit, jaký počet opakování a typ nespecifického cvičení souvisí s plaveckým výkonem. Například Johnson, Sharp, Hedrick, (1993) použili bench press, ve kterém cvičení opakovali do maxima. Na velké, věkově nehomogenní skupině plavců zjistili, že tento typ cviku nekoreluje s plaveckou rychlostí na velmi krátkých tratích. Garrido et al. (2010) rovněž použili bench press, kde provedli šest opakování do maxima. V tomto případě zjistili mírnou korelaci ($\rho \sim -0.58$; $p < 0.01$) mezi mladými plavci a plaveckým výkonem na 25 a 50 m. Crowe et al. (1999) srovnávali tři cviky (bench press, pull down, triceps press) s opakováním do maxima u plavců a plavkyň. Na rozdíl od ostatních výzkumů zjistil významnou souvislost mezi těmito cviky a silou horních končetin v testu brzděného plavání. Významnou korelaci rovněž zaznamenal mezi cvikem pull down a plaveckým výkonem u děvčat ($r = 0.64$, $p < 0.05$).

Výsledky výše popsaných výzkumů ukázaly na určitou souvislost nespecifického cvičení s plaveckým výkonem. Domníváme se, že tato cvičení lze, kromě zvýšení svalové síly horních končetin, použít i ke kontrole silové úrovně plavců a to v souvislosti s plaveckým výkonem do vzdálenosti 50 m.

K podobným výsledkům dospěli i Maglischo (2003) a Kraemer se Zatziorskim (2014). Aby podle těchto autorů mělo posilovací cvičení pozitivní efekt, musí v co největší míře odpovídat pohybu, poloze a intenzitě zatížení daného plaveckého výkonu.

Na základě analýzy technických parametrů jsme zjistili minimální vliv silového tréninku na délku a frekvenci záběru skupiny S/V v hlavním výzkumu. Skupina nevýznamně zlepšila plavecký výkon, zvýšila frekvenci záběrů a minimálně snížila délku záběrů. V porovnání s délkou záběru skupiny S je zkrácení délky záběru skupiny S/V procentuálně menší.

Výsledky pilotního a hlavního výzkumu ukazují, že smíšená intervence skupiny S/V, v porovnání s výsledky skupiny S, má větší vliv na parametry plavecké techniky. Skupina S se oproti pretestu sice statisticky významně zlepšila ve všech sledovaných proměnných, ale

tyto výsledky je nutné hodnotit v souvislosti s efektivitou plavecké techniky. Skupina S významně zvýšila frekvenci a zkrátila délku záběru. Po analýze ale zjistíme, že vyšší frekvence a kratší délka záběru není vhodná kombinace k zlepšení plaveckého výkonu. Skupina S/V dosáhla statisticky významného zlepšení v plaveckém výkonu, přitom měla nižší frekvenci záběru než skupina S a téměř nezměnila délku záběru, což odpovídá kvalitní technice. V tomto případě bychom mohli souhlasit s Giroidem et al. (2007) a Aspenesem et al. (2009), kteří tvrdí, že kombinovaný silový trénink na suchu a ve vodě je efektivní k zvýšení výkonu na 50, ale i 400 m kraul.

6.2 Vliv tříměsíční intervence rozvoje síly horních končetin na skupinu V

Vliv rozvoje silové vytrvalosti ve vodě pilotní výzkum

Skupina V prováděla silový trénink pouze ve vodě. Z výsledků je patrné, že u této skupiny došlo ke statisticky a věcně významným změnám u většiny sledovaných proměnných. Oproti ostatním skupinám výsledky potvrzují vliv silového tréninku ve vodě jak na frekvenci a délku záběru, tak i na celkový výkon.

K zlepšení celkového výkonu skupiny V došlo na základě zvýšené frekvence záběrů a udržení této frekvence po celou dobu plaveckého testu. Vlivem intervence vzrostla specifická svalová síla horních končetin probandů, která významně zvýšila frekvenci a snížila délku záběru ve výkonu na 25 m, významně zvýšila frekvenci záběrů v plaveckém výkonu na 50 m, a zvýšila délku záběru.

Domníváme se, že vlivem krátké vzdálenosti cvičení a maximálně vynaloženého úsilí v 25m úseku probandi neměli pod kontrolou dokončení záběru. Probandi v tréninku kladli větší důraz na fázi přitažení než odtlačení. Zvýšení frekvence záběrů ale negativně neovlivnilo celkový plavecký výkon, tudíž můžeme říci, že zvýšení frekvence v plaveckém výkonu můžeme hodnotit negativně jen v případě, ve kterém dojde ke zhoršení plaveckého výkonu na danou trať.

Rovněž se domníváme, že důvodem plného nedokončení záběrové fáze by mohla být nedostatečná aktivace tricepsu, jehož funkcí je postupná extenze předloktí v konečné fázi záběrového cyklu horních končetin (McLeod, 2010).

Ve výsledcích plaveckého výkonu na 50 m jsme se setkali s jinou variantou poměru frekvence a délky záběru. Frekvence záběru je sice vysoká, ale délka záběru mírně vzrostla. I když nárůst délky záběru není statisticky významný. Vyšší frekvence, stejná nebo vyšší délka

záběrového pohybu, vede vždy k lepšímu plaveckému výkonu. Výsledný čas byl o 11,7 % lepší než v pretestu.

Grimston a Hay (1986) našli významnou souvislost délky záběrového pohybu s oblastí axiálního průřezu (klavikulární část *pectoralis major*, *latissimus dorsi* a *teres major*), s délkou HK, s oblastí průřezu ruky, s přední oblastí DK a s plochou průřezu nohy. Rovněž našli významnou souvislost frekvence záběrů s oblastí axiálního průřezu, délkou HK a délkou DK, proto se domníváme, že nejen délka trvání intervence a velikost odporu, ale i plavaná vzdálenost má na adaptaci svalových skupin, potažmo techniku plavání, významný vliv.

Technické parametry záběru ve výsledcích skupin V a S/V se významně liší. Jedná se především o parametr času za uplavanou vzdálenost, při kterém v testu na 25 m a 50 m skupina V dosáhla lepších výsledků. Zvýšená rychlost plavání se v parametrech techniky projevila zvýšenou frekvencí plavání a mírně sníženou délkou záběrů. Zhodnotíme-li výsledky testu na 50 m, pak zvýšená frekvence záběrů o 19,1 % a mírné zvýšení délky záběrového pohybu o 0,5 %, vede ke zvýšení rychlosti plavání. V tomto případě můžeme říci, že silový trénink zaměřený na rozvoj síly horních končetin ve vodě měl významný vliv na plavecký výkon i technické parametry kraulu probandů bez plavecké kariéry.

Porovnáme-li výsledky testů 10K a 50K se skupinou S/V, zjistíme, že skupina V sice nedosahovala úrovně síly horních končetin skupiny S/V a S, ale že zvolený způsob posilování ve vodě u plavců nespecialistů může mít pozitivní vliv na celkovou svalovou sílu horních končetin a trupu, a koordinaci trupu a dolních končetin. V porovnání výsledků jednotlivých testů 10K a 50K na Biokineticu se můžeme domnívat, že silový trénink realizovaný ve vodě ovlivňuje jak celkovou svalovou sílu horních končetin probandů, tak i senzomotorické vnímání pohybu.

Vliv rozvoje silové vytrvalosti ve vodě hlavní výzkum

V porovnání s ostatními skupinami hlavního výzkumu jsme u skupiny V zaznamenali statisticky a věcně významné změny. Především pozitivně vnímáme snížení frekvence záběru se zvýšením délky záběru a zlepšením plaveckého výkonu. Na základě těchto výsledků můžeme říci, že silová intervence realizovaná ve vodě měla významný vliv na svalovou sílu horních končetin, plavecký výkon a sledované parametry techniky.

V porovnání s realizací silové intervence na suchu skupiny S a v kombinované intervenci skupiny S/V, vykazuje silová intervence ve vodě největší vliv na techniku kraulu, sílu horních končetin a plavecký výkon. V testu silové vytrvalosti 50K na Biokineticu jsme zaznamenali u skupiny V významně lepší výsledky než u skupiny S/V a skupiny S. Výsledek

testu 50K u skupiny V si vysvětlujeme stejným způsobem zatěžování ve vodě s provedeným testem a stále stejným způsobem zatěžování v porovnání s ostatními skupinami, které nemohly cvičit na Biokineticu. Plavecký trénink probíhal ve vodorovné poloze. Intenzita cvičení a velikost odporu ovlivňovala sílu horních končetin. Se zvyšující se rychlostí narůstal i odpor prostředí. Tento způsob zátěže je charakteristický pro typy přístrojů jako je Biokinetic, a proto se domníváme, že specifické zatěžování ve vodě mělo na silovou vytrvalost větší vliv než cvičení s gumovými expandery. Tuto domněnku můžeme podpořit i výsledky z pilotního výzkumu.

Výsledky testu plaveckého výkonu ukazují na zlepšení parametrů techniky vlivem intervence. Celkový výkon ovlivnila frekvence záběrů, skupina V dokázala snížit počet záběrů z 53 na 51 a i když tento výsledek není statisticky významný, tak logicky vnímáme tuto hodnotu jako směrodatnou pro zlepšení výkonu. Tuto domněnku podporuje výsledek výpočtu délky záběru, která se, na rozdíl od ostatních sledovaných skupin, prodloužila o 10 cm. Výsledek výpočtu délky záběru není statisticky významný, ale věcná významnost je natolik vysoká, že vliv silové intervence realizované ve vodě bychom mohli přijmout jako směrodatný.

Na základě výsledků skupiny V souhlasíme se Scottem a Scottem (2015), kteří vnímají problematiku transferu v souvislosti s přenosem rozvoje svalové síly do plaveckého výkonu. Rozvoj síly v plaveckém tréninku a její aplikace do výkonu je mnohem složitější než na suchu.

Skupina K – pilotní výzkum

Výsledky skupiny K si vysvětlujeme především nízkým počtem probandů a nedodržením instrukcí vedoucího výzkumu. Probandi nad rámec povinných aktivit v režimu povinného studia realizovali individuální trénink ve vodě i na suchu. Pohybové aktivity, které byly realizované nad rámec programu kontrolní skupiny, mohly ovlivnit výsledky posttestu.

Výsledky skupiny K mohou být rovněž ovlivněny délkou trvání plavecké výuky v hodinách, protože na rozdíl od skupiny S, zahajovala výuku dříve. Tyto rozdíly jsou patrné v testech na 25 m a 50 m, při čemž dosažený čas je lepší než u skupin S a S/V. Mohli bychom říci, že delší trvání plavecké výuky pozitivně ovlivnilo výkon i parametry techniky. Rozdíly výsledků jsou patrné i v testu síly horních končetin na Biokineticu.

Skupina K – hlavní výzkum

Na základě výsledků pilotního výzkumu skupiny K jsme se zaměřili na vliv nežádoucích proměnných. Z výsledků je patrné, že skupina probandů neprováděla žádné

pohybové aktivity nad rámec výzkumu. Plavecký výkon na 50 m se procentuálně zhoršil. Určitý vliv plavecké výuky můžeme vyčíst z analýzy ostatních parametrů techniky, kdy jsme zaznamenali pozitivní pokles ve frekvenci záběrů a negativní pokles v délce záběru. Test na 50 záběrů ukázal, že u probandů této skupiny došlo k minimálnímu zlepšení síly horních končetin.

6.3 Hodnocení výsledků ve vztahu k hypotézám

6.3.1 Hodnocení nulové hypotézy a hlavních hypotéz

Z porovnání výsledků pretestových a posttestových hodnot, nemůžeme H_0 zamítnout.

Při vyhodnocení vlivu řízené intervence, zda posilování horních končetin na suchu ovlivní frekvenci a délku záběru techniky kraul u plavců bez plavecké kariéry, došlo k potvrzení účinku cvičení u intervenované skupiny probandů. Platnost H_1 se potvrdila.

Při vyhodnocení vlivu řízené intervence, zda posilování horních končetin ve vodě ovlivní frekvenci a délku záběru techniky kraul u plavců bez plavecké kariéry, nedošlo k potvrzení účinku cvičení u intervenované skupiny probandů. Platnost H_2 se nepotvrdila.

Při vyhodnocení vlivu řízené intervence, zda posilování na suchu a ve vodě ovlivní výkon na 50 m kraul u plavců bez plavecké kariéry, došlo k potvrzení účinku cvičení u intervenované skupiny probandů. Platnost H_3 se potvrdila.

7 Závěr

Ve skupině, která intervenovala na suchu, jsme zjistili, že síla horních končetin statisticky významně zvýšila výkon, zvýšila frekvenci záběru, snížila délku záběru a zvýšila sílu horních končetin v testu na Biokineticu. Velkou míru věcné významnosti jsme zaznamenali u frekvence a v testu síly horních končetin. Délka záběru vykazovala střední míru věcné významnosti. Na základě výsledků bychom měli potvrdit vliv pozitivního transferu síly z cvičení na suchu do výkonu a techniky, přesto výsledky nejsou jednoznačné z důvodů délky záběrového pohybu. Transfer svalové síly do techniky kraulu bychom potvrdili v případě, že se zvýšenou frekvencí záběrů zůstala délka záběru stejná nebo se prodloužila. V našem případě výsledky ukázaly opak.

U skupiny Sucho/Voda, jsme zjistili, že rozvoj síly horních končetin zvýšil celkový výkon. Výsledky ostatních sledovaných proměnných nevykázaly statistickou významnost, míra věcné významnosti byla nízká. Výsledky skupiny sucho/voda jsou zajímavé z důvodů dávkování zatížení, které bylo dvakrát větší než u skupiny, která cvičila na suchu a ve vodě.

Je zajímavé, že vyšší zátěž skupiny Sucho/Voda, neměla významný vliv na techniku ani na sílu horních končetin.

Ve skupině, která intervenovala ve vodě, jsme zjistili, že rozvoj svalové síly statisticky významně zvýšil celkový výkon a sílu horních končetin. Tyto výsledky byly potvrzeny i vysokou mírou věcné významnosti. Další výsledky již nebyly statisticky významné, ale míra věcné významnosti potvrdila pozitivní posun v technice plaveckého způsobu kraul. Frekvence záběru byla o 2,7 % nižší než v pretestu a délka záběru se prodloužila o 5,6 %. V porovnání výsledků skupiny V s výsledky skupiny S a S/V vyplývá, že z podmínek posilování, které jsme v našem výzkumu zvolili, posilování ve vodě vykazovalo největší míru pozitivního transferu, a to jak do plaveckého výkonu, tak i do plavecké techniky.

8 Doporučení pro teorii a praxi

Na základě rešerše a výsledků výzkumu navrhuje následující doporučení:

1. V rámci teorie rozvoje svalové síly v tréninku pro plavce doporučujeme, aby se rozvoj svalové síly dělil podle způsobu zatěžování svalového vlákna do tří tréninkových kategorií, a to na specifický silový trénink, semispecifický silový trénink a nespecifický silový trénink.

2. V rámci rozvoje svalové síly na suchu doporučujeme striktně dělit trénink na dvě části, obecnou a speciální. V obecné části se zaměřit na rozvoj svalových skupin podporujících optimální tělesný růst. Ve speciální části se zaměřit na rozvoj silové vytrvalosti svalových skupin, které se podílejí a podporují plaveckou propulzi.

3. V rámci rozvoje svalové síly ve vodě a z důvodů principu transferu doporučujeme dělit trénink na část specifickou, semispecifickou a nespecifickou. Je nutné si uvědomit, že nespecifický rozvoj svalové síly směřuje k cvičení s pomůckami či bez pomůcek, které není realizováno v parametrech závodního výkonu, a které spíše podporují funkci svalového aparátu zapojujícího se do maximálního výkonu, než aby participovaly na vlastním maximálním výkonu.

4. V rámci rozvoje svalové síly ve vodě doporučujeme vytvořit větší časovou dotaci na specificky zaměřená cvičení, která rozvíjejí sílu svalových skupin aktivujících se v průběhu závodního výkonu. Cvičení navrhuje zařadit do tréninkového cyklu v dostatečně dlouhém období před závody, nejlépe na konci přípravného období.

5. Nálezy výzkumů, uvedených v naší práci, se převážně vztahovaly k vlivu transferu svalové síly do plaveckého výkonu a techniky výběrové plavecké populace. V současné době se velká část populace, kterou řadíme do kategorie hobby sport, snaží rozvíjet tělesnou zdatnost prostřednictvím plavecké lokomoce, proto je zajímavé zkoumat možnosti transferu silových schopností do plaveckého výkonu i u této populace. Naším výzkumem jsme zjistili, že řízenou silovou intervencí lze ovlivnit jak plavecký výkon, tak i plaveckou techniku ve skupině plavců bez dlouhodobé plavecké kariéry.

9 Seznam použité literatury

1. ADAMS, J. A. Historical review and appraisal of research on the learning, retention, and transfer of human motor skills. *Psychological bulletin*, 1987, 101.1: 41.
2. AGNESINA, G., et al., BRG LifeMOD™ modeling and simulation of swimmers impulse during a grab start. In: *9th Symposium on 3D Analysis of Human Movement, Valenciennes*, France. 2006.
3. ACEVEDO, E. O., GOLDFARB, A. H. Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1989, 21.5: 563-568.
4. ANDERSON, M. E., et al., Monitoring seasonal and long-term changes in test performance in elite swimmers. *European Journal of Sport Science*, 2006, 6.3: 145-154.
5. ASPENES, S. T., KARLSEN, T. Exercise-training intervention studies in competitive swimming. *Sports medicine*, 2012, 42.6: 527-543.
6. ASPENES, S., et al. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *Journal of sports science & medicine*, 2009, 8.3: 357.
7. BARBOSA, T. M., et al. Evaluation of the energy expenditure in competitive swimming strokes. *International Journal of Sports Medicine*, 2006, 894-899.
8. BEEKMAN, K. M. *Characteristics of the front crawl techniques of swimmers with shoulder impingement syndrome*. 1986.
9. BELL, G. J., et al. The effect of velocity- specific strength training on peak torque and anaerobic rowing power. *Journal of sports sciences*, 1989, 7.3: 205-214.
10. BERGER, M. A., DE GROOT, G., HOLLANDER A. P. Hydrodynamic drag and lift forces on human/arm models. *Journal of Biomechanics* 2, 1995. 125–133
11. BIXLER, B. S., SCHODER, M.. Computational fluid dynamics: an analytical tool for the 21st century swimming scientist. *Journal of Swimming Research* 11, 1996. 4–22.
12. BIXLER, B., RIEWALD, S., Analysis of a swimmer's hand and arm in steady flow conditions using computational fluid dynamics. *Journal of biomechanics*, 2002, 35.5: 713-717.
13. Blahuš, P. Statistická významnost proti vědecké průkaznosti výsledků výzkumu. *Česká kinantropologie*, 2000, (4)2, 53-72
14. BONIFAZI, M., SARDELLA, F., LUPO, C. Preparatory versus main competitions: differences in performances, lactate responses and pre-competition plasma cortisol concentrations in elite male swimmers. *European journal of applied physiology*, 2000, 82.5-6: 368-373.
15. BORG, G. *Borg's perceived exertion and pain scales*. Human kinetics, 1998.
16. BOSQUET, L., et al., Effects of Tapering on Performance: A Meta-Analysis: 1464: Board# 227 May 30 9: 30 AM-11: 00 AM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2007, 39.5: S218.
17. BOTTOM, M. Trends and Techniques in Freestyle. In *The Swimming Coaching Bible Volume II*. Editors: Hannula, D. and Thorton, N. USA: Human Kinetics, 2012. Kapitola 10., s. 148-157, ISBN:978-0-7360-9408-5.
18. BRANDON, R. Core training menus in *Core Stability Injury Free Performance* 1. vyd. London: Peak Performance Publishing 2006. ISBN 978-1-905096-22-4
19. BREED, R. V. P.; MCELROY, G. K. A biomechanical comparison of the grab, swing and track starts in swimming. *Journal of Human Movement Studies*, 2000, 39.5: 277-293.

20. BROWN, R. M., COUNSILMAN, J. E. The role of lift in propelling swimmers, *In Biomechanics*, edited by Cooper J. M., 179-88. 1971, Chicago, IL: Athletic Institute.
21. BULGAKOVA, N. Z.; VORONTSOV, A. R.; FOMICHENKO, T. G. Improving the technical preparedness of young swimmers by using strength training. *Sov Sports Rev*, 1990, 25.2: 102-4.
22. BUNC, V. *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*. Univerzita Karlova, 1990.
23. CAPELLI, C., PENDERGAST, D. R., TERMIN, B. Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 1998, 78.5: 385-393.
24. CAPPAERT, J. M., PEASE, D. L., TROUP, J. P. Three-dimensional analysis of the men's 100 m freestyle during the 1992 Olympic games. *Journal of Applied Biomechanics*, 1995, 11: 103-103.
25. CAPPAERT, J., RUSHALL, B. S. *Biomechanical analyses of champion swimmers*. Sports Science Associates, 1994.
26. CAPUTO, F., et al. Intrinsic factors of the locomotion energy cost during swimming. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2006, 12.6: 399-404.
27. CARROLL, T., RIEK, S., CARSON, R. Neural adaptations to resistance training. *Sports medicine*, 2001, 31.12: 829-840.
28. CASTRO, Flavio, et al. Body roll angles in front crawl swimming at different velocities. *Biomechanics and medicine in swimming IX*, 2003, 111-114.
29. CICCONE, C. D., LYONS, C. M. *Relationships of upper extremity strength and swimming stroke technique on competitive freestyle swimming performance*. Journal of Human Movement Studies 1987: Vol. 13 Issue 3. p. 143-150 8p
30. CLARYS, J. P., et al., Total resistance in water and its relation to body form. *Biomechanics IV*, 1974, 187-196.
31. COHEN, J. The earth is round, $p < .05$. *American Psychologist*, 49:997-1003. 1994.
32. COLWIN, C. M. *Swimming Dynamics (Winning, Techniques and strategies)*. 1. vyd. Illinois (USA) : Mosters press, 1999. ISBN 1-57028-206-4.
33. COLWIN, C. M. *Swimming into 21st century*. Champaign, IL: Human Kinetics. 1992
34. COLWIN, C. M. *Breakthrough Swimming*. 1.vyd. USA: Human Kinetics, 2002. ISBN 0-7360-3777-2.
35. COSSOR, J. M., BLANKSBY, B. A., ELLIOTT, B. C. The influence of plyometric training on the freestyle tumble turn. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 1999, 2.2: 106-116.
36. COSTA, A. M., SILVA, A. J., LOURO, H., REIS, V. M., GARRIDO, N. D., MARQUES, M. C., & MARINHO, D. A.. Can the curriculum be used to estimate critical velocity in young competitive swimmers?. *Journal of sports science & medicine*, 2009, 8(1), 17.
37. COSTA, M. J., et al., Effects of swim training on energetics and performance. *International journal of sports medicine*, 2013, 34.06: 507-513.
38. COSTA, M. J., et al., Longitudinal interventions in elite swimming: a systematic review based on energetics, biomechanics, and performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2012, 26.7: 2006-2016.
39. COSTILL, D. L., et al., Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Med Sci Sports Exerc*, 1991, 23.3: 371-377.
40. COSTILL, D. L., MAGLISCHO, E., RICHARDSON, A. B. *Handbook of Sports Medicine and Science, Swimming*. Blackwell Publishing, 1992.

41. COUNSILMAN, J. E., COUNSILMAN, B. E. *The science of swimming*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1968. DRENK, Volker, et al., A 3D video technique for analysis of swimming in a flume. In: *ISBS-Conference Proceedings Archive*. 1999.
42. COUNSILMAN, J. E. *Závodní plavání*. Překlad Kripner, J. 1. vyd. Praha: Olympia, 1974, 333 s.
43. COUNSILMAN, J., COUNSILMAN, B. *The new science of swimming*. 1. vyd. USA: Prentice-Hall, Inc., 1994. ISBN 0-13-099888-5
44. CRAIG, A. B., PENDERGAST, D. R. Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming. *Med Sci Sports Exerc*, 1979, 11.3: 278-283.
45. CRONIN, J., et al., *The Relationship Between Dry-Land Power Measures and Tumble turn Velocity in Elite Swimmers*. The Journal of Swimming Research 17, 2007, ISSN 0747-5994
46. CROWE, S. E., et al. The relationship of strength to dryland power, swimming power, and swim performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1999, 31.5: S255.
47. ČECHOVSKÁ, I. Charakteristika plaveckého výkonu. *Sport report*. Roč 3, č. 7, 1994, s. 85 - 86
48. ČECHOVSKÁ, I. Plavecký výkon. *Aquasport a triatlon*. Roč. 3, č. 4, 2001, s. 31
49. ČECHOVSKÁ, I. Plavecká sportovní kariéra. *Těl. Vých. Sport Mlád.*, 71, 2005, č. 2, s. 9-14. ISSN1210-7689
50. ČECHOVSKÁ, I., JURÁK, D., POKORNÁ, J. *Plavání: pohybový trénink ve vodě*. Karolinum, 2012.
51. DEKERLE, J., et al. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. *International journal of sports medicine*, 2005, 26.07: 524-530.
52. DEKERLE, J., et al., Characterising the slope of the distance–time relationship in swimming. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2010, 13.3: 365-370.
53. DI PRAMPERO, P. E. The energy cost of human locomotion on land and in water. *International journal of sports medicine*, 1986, 7.2: 55-72
54. DI PRAMPERO, P. E., et al. The critical velocity in swimming. *European journal of applied physiology*, 2008, 102.2: 165-171.
55. DOBRÝ, L. Sportovní specifičnost. *Těl. Vých. Sport Mlád.*, 71, 2005, č. 2, s. 9-14. ISSN1210-7689 ČECHOVSKÁ, I. Plavecká sportovní kariéra. *Těl. Vých. Sport Mlád.*, 71, 2005, č. 2, s. 9-14. ISSN1210-7689
56. DOVALIL, J., et al., *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2002. ISBN 80-7033-760-5
57. DOVALIL, J. Struktura sportovního výkonu. In: *Sportovní příprava*. Editoři: JANSÁ, P., DOVALIL, J., et al., Praha: Q-art, 2009. Kapitola 5.1.1., s. 150-159, ISBN 978-80-903280-9-9.
58. DRENK, V., et al., A 3D video technique for analysis of swimming in a flume. In: *ISBS-Conference Proceedings Archive*. 1999.
59. ELIPOT, M., et al., High-Level Swimmers ‘Kinetic Efficiency During the Underwater Phase of a Grab Start. *Journal of applied biomechanics*, 2010, 26.4: 501-507.
60. ENOKA, R. M. Muscle strength and its development. *Sports Medicine*, 1988, 6.3: 146-168.
61. FERRELL, M. D. *An analysis of the Bernoulli lift effect as a propulsive component of swimming strokes*. 1991. PhD Thesis. State University of New York, College at Cortland.
62. FLEISCHMANN, O. Komparační analýza techniky plavců sprintera a vytrvalce. 2011. Diplomová práce. MU FSS.

63. FLYNN, M. G., et al. Indices of training stress during competitive running and swimming seasons. *International journal of sports medicine*, 1994, 15.1: 21-26.
64. FORD, P., et al. The long-term athlete development model: Physiological evidence and application. *Journal of sports sciences*, 2011, 29.4: 389-402.
65. FORMOSA, D. P., et al., Comparative Analysis of Active Drag Using the MAD System and an Assisted Towing Method in Front Crawl Swimming. *Journal of applied biomechanics*, 2012, 28.6: 746-750.
66. GAMBETTA, V. *Goal train: just lifting weights doesn't cut it anymore. You need functional training - swim-specific strength training that not only makes you stronger but also can turn you into a pool shark.* Rodale's Fitness Swimmer Sept/Oct 1999: Vol. 9 Issue 5. p. 56-59 4p. Publisher: <http://www.rodalepress.com>
67. GARRIDO, N., et al. Does combined dry land strength and aerobic training inhibit performance of young competitive swimmers?. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(2), 2010, 300–310.
68. GINN, E. *Critical speed: the adaptation of the critical power method to swimming and swim training prescription.* University of Queensland, 1993.
69. GIROLD, S., et al., Effects of dry-land vs. resisted-and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2007, 21.2: 599-605.
70. GREENWOOD, J. D., et al., Intensity of exercise recovery, blood lactate disappearance, and subsequent swimming performance. *Journal of sports sciences*, 2008, 26.1: 29-34.
71. GRIMSTON, S. K., HAY, J. G. Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1986, 18.1: 60-68.
72. GUTYAN, P. *Diferencia v úrovni silových schopností na suchu a vo vodě v plaveckých způsobou kraul a motýlik.* Bratislava, 2015. Diplomová práce. Univerzita Komenského v Bratislave. Fakulta telesnej výchovy a športu. Vedoucí práce Yvetta MACEJKOVÁ.
73. HAMIL, J., KNUTZEN, K. *Biomechanical basis of human movement.* Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
74. HAWLEY, J. A., NOAKES, T. D. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 1992, 65.1: 79-83.
75. HELLARD, P. Kinematic measures and stroke rate variability in elite female 200-m swimmers in the four swimming techniques. *Journal of Sports Sciences*, vol. 26, no. 1, p, 2008. 35–46.
76. HELLER, J., VODIČKA, P. *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže.* Karolinum, 2011.
77. HENDL, J. *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat.* Portál, 2012.
78. HOFER, Z., et al., *Technika plaveckých způsobů vydání 3.* Editoři: Hofer, Z., Jasan, L., Felgrová, I., Smolík, P., Univerzita Karlova v Praze: Karolinum, 2012. Kapitola 3., s. 45-60, ISBN:8-246-0169-9.
79. HOFF, J., GRAN, A., HELGERUD, J. *Maximal strength training improves aerobic endurance performance.* Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports 2002, 12, 288-295.
80. Neumann
81. HOLMER, I. Oxygen uptake during swimming in man. *Journal of Applied Physiology*, 1972, 33.4: 502-509.

82. HOLMER, I. *Swimming physiology*. The Annals of physiological anthropology, 1992, 11.3: 269-276.
83. HORČIC, J. *Řízení a objektivizace tréninkového procesu ve vytrvalostních vícebojích*. Praha, 2004. Disertační práce. Univerzita Karlova. Fakulta tělesné výchovy a sportu. Laboratoř sportovní motoriky.
84. HORČIC, J. *Závěrečná práce výzkumného úkolu MŠMT ČR-DÚ5.5.*, Praha:1996.
85. HORČIC, J. BUNC, V. BÖSWART, J. *Comarison of performance on isokinetic swimmbench (Biokinetic) in top young swimmers and triathletes*, In: 1. symposium of triathlon on coaching and training, ISEP Paris, 1994, s. 154-157.
86. HORČIC, J., BÖSWART, J. Hodnocení úrovně a rozvoj speciálních silově-vytrvalostních schopností v plaveckých disciplínách. Závěrečná zpráva subdílčího vědeckého úkolu č 2.1. "Využití vědeckovýzkumných postupů při hodnocení trénovanosti a výkonnosti sportovců a evaluace vědeckých a odborných pracovišť v oblasti vrcholového sportu". MŠMT ČR, 1997.
87. HOTTENROTT, K., et al., Sportmotorische Fähigkeiten und sportliche Leistungen–Trainingswissenschaft. In: *Sport*. Springer Berlin Heidelberg, 2013. p. 439-501.
88. CHOLLET, D., CHALIES, S., CHATARD, J. C. A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. *International Journal of Sports Medicine*, 2000, 21.1: 54-59.
89. CHOUTKA, M. *Studium struktury sportovního tréninku*. Praha: Univerzita Karlova, 1976
90. JALAB, C., et al., [Dynamics of oxygen uptake during a 100 m front crawl event, performed during competition]. *Applied physiology, nutrition, and metabolism= Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 2011, 36.2: 219-225.
91. JANÍK, R. *Speciální silová příprava plavkyně S. K.* Závěrečná práce, Praha: UK FTVS, 2004.
92. JANURA, M., ZAHÁLKA, F. *Kinematická analýza pohybu člověka*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2004. 209 s. ISBN 80-244-0930-5.
93. JARUS, T., GUTMAN, T. Effects of cognitive processes and task complexity on acquisition, retention, and transfer of motor skills. *Canadian Journal of Occupational Therapy*, 2001, 68.5: 280-289.
94. JOHNSON, R. E., SHARP, R. L., HEDRICK, C. E. *Relationship of swimming power and dryland power to sprint freestyle performance: a multiple regression approach*. J Swim Res, 1993, 9.1: 10-4.
95. JURÁK, D. Současné vnímání plavecké propulze ve světě. In ČECHOVSKÁ, I. (Ed.) *Problematika plavání a plaveckých sportů IV: sborník příspěvků z vědeckého semináře* (p. 76–80). Praha: UK FTVS, 2005.
96. JUŘINA, K. Bichomechanika kraulové propulze. In *Acta Univ. Car. Gym. Vol. 20. č. 1* Praha: UK 1984.
97. JUŘINA, K. *Základy sportovního plavání*. Skriptum pro FTVS, Praha 1978
98. KENNEY, W. L.; WILMORE, J.; COSTILL, D. *Physiology of sport and exercise with web study guide*. *Human kinetics*, 1999.
99. KILANI, H., AL-KILANI, M., DUKA, B. Kinematical analysis of two styles in breast strokes swimming. 2007, 65.167.95: 167.95.
100. KILDING, A. E., BROWN, S., MCCONNELL, A. K. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European journal of applied physiology*, 2010, 108.3: 505-511.

101. KISELEV, A. P. The use of specific resistance in highly qualified swimmers' strength training. *Sov Sports Rev*, 1991, 26.3: 131-2.
102. KLAUCK, J., et al., *Swimming power output measurements in a flume vs. power transfer in swimming using external weights - a comparison of devices*. In, XII FINA World Congress on Swimming Medicine, April 12-15, 1997, Goteborg, Sweden: Final programme & abstracts, Goteborg, Federation internationale de nation amateur, 1997, p. 73. 1p.
103. KOLMOGOROV, S., et al., Technology for decreasing active drag at maximal swimming velocity. In: *Applied Proceedings of the XVIII International Symposium on Biomechanics in Sports-Swimming*. 2000. p. 39-47.
104. KOLMOGOROV, S. V.; DUPLISHCHEVA, O. A. Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *Journal of biomechanics*, 1992, 25.3: 311-318.
105. KOMI, P. V. Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. *International Journal of Sports Medicine*, 1986,
106. KONDRASKE, G. V. Cognitive performance modeling based on general systems performance theory. In: *2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*. IEEE, 2010. p. 5238-5241.
107. KRAEMER, W. J., & RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(4), 2004. p. 674-688.
108. KÜTTNER, T., ROMANUS, Y. *Untersuchungen zur Wirkung einer Inline-Skate-Ausbildung auf den Lernprozess im Skilauf*. diplom. de, 2003.
109. LEE, J. B., et al., Inertial sensor, 3D and 2D assessment of stroke phases in freestyle swimming. *Procedia Engineering*, 2011, 13: 148-153.
110. LIU, Q., HAY, J. G., ANDREWS, J. G. Body Roll and Handpath in Freestyle Swimming: An Experimental Study. *Journal of applied Biomechanics*, 1993, 9.3.
111. MAGLISCHO, E. W. *A Primer for Swimming Coaches Volume 2: Biomechanical Foundations*, Nova Publishers, New York, 2016. ISBN: 978-1-63483-596-1.
112. MAGLISCHO, E. W. *Swimming fastest*. Human Kinetics, 2003.
113. MATSUNAMI, M., et al., Relationship among different performance tests to estimate maximal aerobic swimming speed. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1999, 31.5: S105.
114. MEDBO, J. I., et al. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *Journal of applied physiology*, 1988, 64.1: 50-60.
115. MCARDLE, W. D., KATCH, F. I., KATCH, V. L. *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins, 2010, ISBN 978-0-7817-9781-8.
116. MCCABE, C. B., SANDERS, R. H. Kinematic differences between front crawl sprint and distance swimmers at a distance pace. *Journal of sports sciences*, 2012, 30.6: 601-608.
117. MCLEOD, I. *Swimming anatomy*. Human Kinetics, 2010.
118. MIYASHITA, M., KANEHISA, H. Effects of isokinetic, isotonic and swim training on swimming performance. *Biomechanics and Medicine in Swimming IV*, 1983, 329-334.
119. MOROUÇO, P., KESKINEN, K. L., VILAS-BOAS, J. P., FERNANDES, R. J. Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *J Appl Biomech*. 2011A; 27(2):161-9.
120. MOTYČKA, J. *Kinematická a dynamická analýza plavání a veslování*. Brno: VAAZ. 1979.

121. MOTYČKA, J. *Teorie a didaktika plavání*. Skripta Ped. fak. MU Brno. 1. vyd. Brno: MU Brno, 1991. 92 s.
122. MOTYČKA, J., LEPKOVÁ, H., ŠŤASTNÝ, J. Porovnání výsledků měřené techniky plavání juniorské a seniorské reprezentace. In *Plavecká lokomoce a zatěžování ve vodě*, 2011. (pp. 57-61).
123. MUJKA, I. et al., Physiological changes associated with the pre-event taper in athletes. *Sports Medicine*, 2004, 34.13: 891-927.
124. NEUMANN, G., PFÜTZNER, A. HOTTENROTT, K. *Trénink pod kontrolou: metody, kontrola a vyhodnocení vytrvalostního tréninku*. Praha: Grada Publishing, 2005. CK_1011_3.indd 237 18.10.2011 9:18:00
125. NOVÁK, A. *Biomechanika tělesných cvičení: Základy obecné biomechaniky*. SPN, 1965.
126. NOAKES, T. D., MYBURGH, K. H., SCHALL, R. Peak treadmill running velocity during the V O₂ max test predicts running performance. *Journal of sports sciences*, 1990, 8.1: 35-45.
127. NOAKES, T. *Lore of running*. Human Kinetics, 2003. s. 922, ISBN 0-87322-959-2
128. OGITA, F. Energetics in competitive swimming and its application for training. *Rev Port Cien Desp*, 2006, 6.Suppl 2: 117-121.
129. OLBRECHT, J. *The Science of Winning - Planning, Periodizing and Optimizing Swim Training*. 1.vyd. Luton (England) : Swimshop. 2000
130. OLBRECHT, J. *The Science of Winning: Planning, Periodizing and Optimizing Swim Training*. 2. vyd. F&G Partners, 2015.
131. PAYTON, C. J., SANDERS, R. H. Bodyroll in Front Crawl Swimming. In *World Book of Swimming: From Science to Performance*. Editors: Seifert, L., Chollet, D., Mujika, I. USA: Nova Science Publisher, Inc., 2011. Kapitola 8, s. 173-189, ISBN:978-1-61470-741-7.
132. PAYNE, W. R., LEMON, P. W. Metabolic comparison of tethered and simulated swimming ergometer exercise. In: *Annual Meeting of the Canadian Association of Sports Sciences*, Victoria. 1982.
133. PAYNE, V. G., et al. Resistance training in children and youth: a meta-analysis. *Research quarterly for exercise and sport*, 1997, 68.1: 80-88.
134. PELAYO, P., et al., Stroking characteristics in freestyle swimming and relationships with anthropometric characteristics. *Journal of Applied Biomechanics*, 1996, 12: 197-206.
135. PENDERGAST D. R., CAPELLI C., CRAIG A. B., DI PRAMPERO P. E., MINETTI A. E., MOLLENDORF J., TERMIN I. I., ZAMPARO P., Biophysics in swimming, [in:] J. P. Vilas-Boas, F. Alves, A. Marques (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X*, Portuguese J. Sport Sci., 2006, 185–189
136. PETR, M., ŠŤASTNÝ, P. *Funkční silový trénink*. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2012.
137. POKORNÁ, J. HAVRÁNEK, P. Účinnost plavecké techniky u plavkyň různé výkonnosti a věku. In *BENČURIKOVÁ, L. MACEJKOVÁ, Y. (Eds.). Studium motoriky člověka vo vodnom prostredí* (p. 196–207). Bratislava: UK FTVŠ. 2010.
138. POKORNÁ, J., ČECHOVSKÁ, I. Struktura sportovních výkonů založených na plavecké lokomoci. In: *ČECHOVSKÁ, I., TŮMA, M. (Eds.) Pohybové aktivity v biosociálním kontextu*. Praha: Karolinum 2009, s. 203-210, ISBN:978-80-246-1553-0.
139. PROCHÁZKA, K., MACEJKOVÁ, Y. Štruktura športového výkonu v šprintérských disciplínách. In *ČECHOVSKÁ, I. (Eds.) Problematika plavání a plaveckých sportů III: sborník příspěvků z vědeckého semináře* (p. 88–92). Praha: UK FTVS. 2003.

140. PUEL, F., et al., 3D kinematic and dynamic analysis of the front crawl tumble turn in elite male swimmers. *Journal of biomechanics*, 2012, 45.3: 510-515.
rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming.
141. ROUARD, A. H., QUEZEL, G., BILLAT, R. P. Effects of speed on EMG and kinematic parameters in freestyle. *Biomechanics and Medicine in Swimming VI. Eds: Maclaren D., Reilly T., Lees A., Cambridge, E & FN Spon*, 1992, 93-97.
142. RUSHALL, B. S, HOLT, L. E, SPRIGINGS, E. J, & CAPPAERT, J. M. A Re-evaluation of Forces in Swimming. *Journal of Swimming Research*, 1994, 10: 6-30
143. RYAN, R., COYLE, E., QUICK, R. Blood lactate profile throughout a training season in elite female swimmers. *J Swim Res*, 1990, 6.3: 5-10.
144. SADOWSKI, J., et al., Effectiveness of the power dry-land training programmes in youth swimmers. *Journal of human kinetics*, 2012, 32: 77-86.
145. SANDERS, R. H. Hydrodynamic characteristics of a swimmer's hand. *Journal of Applied Biomechanics*, 1999, 15: 3-26.
146. SANDERS, R. H., MC CABE, B. C. Freestyle Technique. In *Science of Swimming Faster*. Editors: Scott, R. and Scott R. USA: Human Kinetics, 2015. Kapitola 2, s. 23-50, ISBN:978-0-7360-9571-6.
147. SANDERS, R. H., PSYCHARAKIS, S. G. Rolling rhythms in front crawl swimming with six-beat kick. *Journal of Biomechanics*, 2009, 42.3: 273-279.
148. SEIFERT, L., CHOLLET, D., BARDY, B. Effect of swimming velocity on arm coordination in the front crawl a dynamic analysis. *Journal of Sports Sciences*, vol. 22, no. 7, 2004. p. 651-660.
149. SELIGER, V., VINAŘICKÝ, R., TREFNÝ, Z. *Fysiologie tělesných cvičení*. Avicenum, 1980.
150. SCOTT, R., SCOTT, R. *Science of Swimming Faster*. USA: Human Kinetics, 2015. Kapitola 2, s. 23-50, ISBN:978-0-7360-9571-6.
151. SHARP, R. L., et al., *Relationship between power and sprint freestyle swimming*. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1982: Vol. 14 Issue 1. p. 53-56 4p.
152. SHARP, R. L., TROUP, J. P., COSTILL, D. L. Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1981, 14.1: 53-56.
153. SCHLEIHAUF, R. E. A Hydrodynamic Analysis of Swimming Propulsion, Swimming III. *International Series of Sports Sciences*, Vol. 8. University Park Press, Baltimore, MD, 1979, pp. 70-117.
154. SCHLEIHAUF, R. E. *Specificity of strength training in swimming: a biomechanical viewpoint*. In, Hollander, A. P. (ed.) et al., *Biomechanics and medicine in swimming: proceedings of the Fourth International Symposium of Biomechanics in Swimming and the Fifth International Congress on Swimming Medicine*, June 21-25, 1982, Champaign, Ill., Human Kinetics Publishers, c1983, p. 184-191.
155. SCHRAMM, E., et al., *Sportschwimmen*. Berlin: Sportverlag, 1987
156. SLAWSON, S. E., et al., The effect of start block configuration and swimmer kinematics on starting performance in elite swimmers using the Omega OSB11 block. *Procedia Engineering*, 2011, 13: 141-147.
157. STAGER, M., TANNER, A. *Handbook of Sports Medicine and Science Swimming*. Second edition. Carlton: Blackwell Science, 2005,
158. STRASS, Dr. Effects of maximal strength training on sprint performance of competitive swimmers. *Swimming science V*, 1988, 149-156.
159. STRZALA, M., TYKA, A. Physical endurance, somatic indices and swimming technique parameters as determinants of front crawl swimming speed at short distances in young swimmers. *Medicina Sportiva*, 2009, 13.2: 99-107.

160. TANAKA, H., SWENSEN, T. *Impact of resistance training on endurance performance: A new form of cross-training*. Sport Medicine, Volume 25, Number 3, March 1998, pp. 191-200
161. TANNER, R., GORE, C. *Physiological tests for elite athletes 2nd edition*. Human Kinetics, 2012.
162. TERMIN, B., PENDERGAST, D. R. Training using the stroke frequency-velocity relationship to combine biomechanical and metabolic paradigms. *Journal of Swimming Research*, 2000, 14.
163. TLAPÁK, P. *Posilování kloubní kondice: centračně-stabilizační cvičení*. ARSCI, 2014.
164. TOUSSAINT, H. M., BEEK, P. J. Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports medicine*, 1992, 13.1: 8-24.
165. TOUSSAINT, H. M., VAN DEN BERG, C., BEEK, W. J. " Pumped-up propulsion" during front crawl swimming. *Medicine and science in sports and exercise*, 2002, 34.2: 314-319.
166. TOUSSAINT, H. Performance determining factors in front crawl swimming. *Biomechanics and Medicine in Swimming VI*. London: E & FN Spon, 1992, 13-32.
167. TOUSSAINT, H., KNOPS, W., DE GROOT, G., HOLLANDER, A. P. The mechanical efficiency of front crawl swimming. *Med Sci Sports Exerc*. 1990;22:402-8.
168. TOUSSAINT, H., VERVOORN, K. *Effect of Specific High Resistance training in th Water on Competative Swimmers*. International Journal of Sports Medicine 11, 1990. 228-233.
169. TOUSSAINT, H. M.; ROOS, P. E.; KOLMOGOROV, S. The determination of drag in front crawl swimming. *Journal of biomechanics*, 2004, 37.11: 1655-1663.
170. TOWN, G. P., BRADLEY, S. S. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1991, 23.2: 238-241.
171. TRAPPE, S., PEARSON, D. *Effect of weight assisted dry-land strength training on swimming performance*. Journal of Strength and Conditioning Research 1994, 8, 209-213
172. UNGERRECHTS, B., PERSYN, U., COLMAN, V. Analysis of swimming techniques using vortex traces. In: *ISBS-conference proceedings archive*. 2000.
173. VON LOEBBECKE, A., et al., A computational method for analysis of underwater dolphin kick hydrodynamics in human swimming. *Sports Biomechanics*, 2009, 8.1: 60-77.
174. WAKAYOSHI, K., et al., Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 1992, 64.2: 153-157.
175. WAKAYOSHI, K., YOSHIDA, T., UDO, M., HARADA, T., MORITANI, T., MUTOH, Y., & MIYASHITA, M. (1993). Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state?. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 66(1), 90-95.
176. WOOD, T. C. *A fluid dynamic analysis of the propulsive potential of the hand and forearm in swimming*. 1978. Master's Thesis. Dalhousie University.
177. YANAI, T. Rotational effect of buoyancy in frontcrawl: does it really cause the legs to sink? *Journal of Biomechanics*, 2001a, 34.2: 235-243.
178. YANAI, T. What causes the body to roll in front-crawl swimming?. *Journal of Applied Biomechanics*, 2001b, 17.1: 28-42.
179. YOUNG, W. B. Transfer of strength and power training to sports performance. *International journal of sports physiology and performance*, 2006, 1.2: 74.

180. ZATSIORSKY V. M. Transfer of training - one of the main problem of the theory and practice of physical education. *Theory and Practice of Physical Culture*. 1960, v. 23, #9, pp. 652-658 (In Russian)
181. ZATSIORSKY, V. M., KRAEMER, W. J. *Silový trénink: Praxe a věda*. Mladá fronta, 2014. s. 348. ISBN 978-80-204-3216-2.

Elektronické zdroje

1. ASU -Alternativ, semispezifisch, unspezifisch ja – das Lauftraining kann es aber nicht ersetzen [online]. Září 14, 2016 [vid. 2016-9-14]. Dostupné z http://www.la-coaching-academy.de/2008_trainingslehre/2008-09-16-alternativ-semispezifisch-unspezifisch.php
2. BERNAČIKOVÁ, M., KALICHOVÁ, M., BERÁNKOVÁ, L. Řízení hybného systému In: *Základy sportovní kineziologie*, 2010. [online] Květen 12, 2018 [vid. 2018-5-12]. Dostupné z https://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/pages/rizeni_hyb_systemu.html.
3. COSTILL, D., *The secret to a powerful freestyle*. 2011. [online] Červenec 9, 2016 [vid. 2016-9-7]. Dostupné z <http://www.swim-city.com/library.php?id=77>.
4. FINA SWIMMING WORLD RECORDS. [online]. Červen 15, 2016 [vid. 2016-15-6]. Dostupné z <http://www.fina.org/content/swimming-records>.
5. KOLAŘ, P. Ideomotorické funkce ve sportu In: *Základy sportovní kineziologie* [online]. [vid. 2018-5-13]. Dostupné z https://is.muni.cz/el/1451/jaro2016/np_2410/Ideomotoricke_funkce.pdf.
6. LEHNERT et al., Sportovní trénink I In: *Teorie a didaktika sportovního tréninku* [online]. 2014 [vid. 2017-5-15]. Dostupné z <https://publi.cz/books/148/02.html>.
7. LEHNERT et al., Trénink síly In: *Kondiční trénink* [online]. Červen 5, 2018 [vid. 2018-6-5]. Dostupné z <https://publi.cz/books/149/Cover.html>.
8. LIELVARDS, A., KRZYSZKOWSKI, A. POPOV, E. Variant modelling of swimming frequency and stroke length relation in short distance [online]. Březen 23, 2013 [vid. 2013-3-23] Dostupné z [www: <http://www.sportywodne.edu.pl/pdf3/3vol3.pdf>](http://www.sportywodne.edu.pl/pdf3/3vol3.pdf).
9. MOTYČKA, J. et al. CESA má unikátní zařízení, které dokáže měřit účinnost techniky plavání In: *Nápady z VUT.cz* [online]. Květen 28, 2018 [vid. 2018-5-2018]. Dostupné z https://zvut.cz/napady-objevy/napady-a-objevy-f38103/cesa-ma-unikatni-zarizeni-ktere-dokaze-merit-ucinnost-techniky-plavani-d171379?aid_redir=1.
10. POKORNÁ, J. Zjišťování plaveckého kroku a jeho využití v trenérské praxi In: *Diagnostika plavecké úrovně* [online]. Říjen 14, 2014 [vid. 2014-10-14]. Dostupné z <http://www.ftvs.cuni.cz/FTVS-1318.html>.
11. PRINS, J. H., MURATA, N. M., ALLEN, J. S. Preliminary Results of a" Multi-2D" Kinematic Analysis of" Straight-vs. Bent-arm" Freestyle Swimming, Using High-Speed Videography In: Kjendle, P. L., Stallman, R. K., Cabri, J., (Ed.), *Biomechanics and Medicine in Swimming XI, June 16-19, 2010, Oslo, Norwegian School of Sport Science* [online]. Srpen 20, 2010 [vid. 2017-8-20]. Dostupné z <https://www.iat.uni-leipzig.de/datenbanken/iks/sponet/Record/4019482>.
12. RUSHALL, B. Specificity of training In: *Swimming Science Bulletin* [online]. 1992 [vid. 2016-7-4]. Dostupné z <https://coachsci.sdsu.edu/csa/vol12/table.htm>.
13. RUSHALL, B. Actual hand movement paths of champion male crawl stroke swimmers In: *Swimming Science Bulletin* [online]. Červen 2, 2018 [vid. 2018-6-2]. Dostupné z <https://coachsci.sdsu.edu/swim/bullets/pathfs33.htm>.

14. TANAKA, H., COSTILL, D. L., THOMAS, R., FINK, W. J., WIDRICK, J. J. *Dry-land strength training for competitive swimming: interaction between strength training and swim training*. Publisher: Eugene, Ore. : Microform Publications, Int'l Institute for Sport and Human Performance, Univ. of Oregon. 1994. [online]. Červen 10, 1994 [vid. 2012-5-10]. Dostupné z <http://kinpubs.uoregon.edu/>.
15. VORONTSOV, A. et al., *The assessment of specific strength in well-trained male athletes during tethered swimming in the swimming flume*. International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming (Xth : 2006 : Porto, Portugal). Revista Portuguesa de Ciências do Desporto June 2006: Vol. 6 Issue 2 Suppl. p. 275-277 3p. [online]. Červen 15, 2006 [vid. 2015-6-15]. Dostupné z Publisher: <http://www.fcdef.up.pt>.
16. ZAHRADNÍK, D. a KORVAS, P. Trénink silových schopností In: *Základy sportovního tréninku* [online]. Srpen 20, 2012 [vid. 2017-8-20]. Dostupné z <http://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-5/07.html>.

10 Seznam obrázků, grafů, tabulek a použitých zkratk

- Obr. č. 1 Průběh pohybu ruky po esovité dráze během záběru podle Counsilmana (1974) s. 15
Obr. č. 2 Úhel ruky během záběrového pohybu podle Wooda (1978) s. 16
Obr. č. 3a Rozdíly v trajektorii záběrů horních končetin Kierena Perkinsna v disciplíně 1500 m Kraul (Rushall, 2018) s. 20

- Obr. č. 3b Rozdíly v trajektorii záběrů horních končetin Jevnije Sadova v disciplíně 200 m kraul (Rushall, 2018) s. 21
- Obr. č. 3c Rozdíly v trajektorii záběrů horních končetin Alexnadra Popova v disciplíně 50 m kraul (Rushall, 2018) s. 22
- Obr. č. 4 Předpoklady ovlivňující plavecký výkon (Juřina, 1978) s. 24
- Obr. č. 5 Předpoklady ovlivňující plavecký výkon (Schramm et al., 1987) s. 25
- Obr. č. 6 Schéma předpokladů ovlivňujících plavecký výkon (Čechovská, 2001) s. 26
- Obr. č. 7 Předpoklady ovlivňující plavecký výkon (Procházka, Macejková, 2003) s. 27
- Obr. č. 8 Předpoklady plaveckého výkonu (Pokorná, Čechovská, 2009) s. 28
- Obr. č. 9 Schéma vlivu čtyř základních a dvou komplexních faktorů na výkon mužů (Hohmann et al., 1999) s. 31
- Obr. č. 10 Schéma vlivu čtyř základních a dvou komplexních faktorů na výkon žen (Hohmann et al., 1999) s. 32
- Obr. č. 11 Efektivní pozice paží v záběru horních končetin (Maglischo, 2003) s. 34
- Obr. č. 12 Graf rychlosti plavce v průběhu jednoho záběrového cyklu horních končetin PZ kraul (Maglischo, 2003) s. 36
- Obr. č. 13 Tréninkové zóny na základě zapojení svalových vláken (Kenney, Wilmore a Costill, 1999) s. 76

Graf č. 1 Výkon plavců v disciplíně 100 m volný způsob (FINA, 2016) s. 11

- Tabulka č. 1 Antropometrické ukazatele pilotní výzkumné skupiny, s. 95
- Tabulka č. 2 Antropometrické ukazatele hlavní výzkumné skupiny, s. 95
- Tabulka č. 3 Výkonové charakteristiky před provedenou intervencí a po intervenci (doba intervence – 3 měsíce, s. 103
- Tabulka č. 4 Test 25 m kraul, průměrné hodnoty plus SD, s. 104
- Tabulka č. 5 Test 50 m kraul, průměrné hodnoty plus SD, s. 104
- Tabulka č. 6 Frekvence záběrových pohybů v testu 25 m kraul, průměrné hodnoty plus SD, s. 105
- Tabulka č. 7 Frekvence záběrových pohybů v testu 50 m kraul, průměrné hodnoty plus SD, s. 105
- Tabulka č. 8 Délka záběru v testu 25 m kraul, průměrné hodnoty plus SD, s. 106
- Tabulka č. 9 Délky záběru v testu 50 m kraul, průměrné hodnoty plus SD, s. 106
- Tabulka č. 10 Test síly horních končetin na 10 záběrů, průměrné hodnoty plus SD, s. 107
- Tabulka č. 11 Test síly horních končetin na 50 záběrů, průměrné hodnoty plus SD, s. 107
- Tabulka č. 12 Výsledky testů sledovaných skupin před intervencí a po intervenci, s. 109
- Tabulka č. 13 Test 50 m kraul, průměrné hodnoty plus SD, s. 110
- Tabulka č. 14 Frekvence záběrových pohybů v testu 50 m kraul, průměrné hodnoty plus SD, s. 110
- Tabulka č. 15 Délka záběrového pohybu v testu 50 m kraul, průměrné hodnoty plus SD, s. 111
- Tabulka č. 16 Test síly horních končetin na 50 záběrových pohybů, průměrné hodnoty plus SD, s. 112

Zkratky

% - procenta

Graf č. 2 Graf rychlosti

10K – test na 10 záběrů na Biokineticu

2D – dvourozměrné znázornění

3D – třírozměrné znázornění

50K – test na 50 záběrů na Biokineticu
AEP – aerobní práh
ANP – anaerobní práh
ATM – metoda asistovaného tažení
ATP – adenosintrifosfát
BHD – bio-hydrodynamická metoda
CFD – Computational Fluid Dynamics – simulace proudění tekutin
CNS – centrální nervová soustava
CP – creatin fosfát
CSS – Critical Swimming Speed – kritická plavecká rychlost
DK – dolní končetina
F – síla
FTa – rychlá svalová vlákna typu a
FTx – rychlá svalová vlákna typu x
HK – horní končetiny
 k_2 – koeficient hydrodynamického odporu
La – laktát
 $l \cdot \text{min}^{-1}$ – spotřeba kyslíku v litrech za minutu
LTAD – Long Term Athletes Development – dlouhodobý rozvoj sportovce
m – metry
m/s – metry za sekundu
MAD – systém na měření aktivního odporu
mmol/L – koncentrace krevního laktátu
ms – milisekundy
MV – minutová plicní ventilace
OD – odporové desky
OM – opakovací maximum
PC – osobní počítač
PZ – plavecký způsob
R - koeficient vícerozměrné korelace
RER – poměr respirační výměny
RPE – Rating of Percived Exertion – subjektivní vnímání intenzity pohybového zatížení
s – sekundy
SPSS – Statistical Package for the Social Sciences – statistický software
ST – pomalá svalová vlákna
TRX – Total body Resistance Excercise – cvičení s odporem vlastního těla
TV – televize
 V^2 – rychlost k poměru k vodě
 VCO_2 – objem oxidu uhličitého
 VE/VO_2 – ventilační ekvivalent pro kyslík
 VO_{2max} – maximální objem spotřeby kyslíku
W – watt
 $W \cdot \text{kg}^{-1}$ – watt na kilogram hmotnosti
 W_{crit} – kritická hranice rychlosti

11 Přílohy

Podrobný popis Biokineticu

Scharp, Troup a Costill (1981) popsali Biokinetic jako polovodičové odporové zařízení, které umožňuje přednastavení regulační rychlosti, která poskytuje konstantní množství zrychlení úměrně k síle aplikované uživatelem. Bylo zjištěno, že pro danou sílu se průměrná rychlost zvyšuje o 0,29 s a stejně tak, se při průměrné rychlosti zvýší i průměrná síla o 0,0005 N. Z tohoto důvodu usoudili, že Biokinetic nelze považovat za zařízení izotonické nebo izokinetické, ale vhodnější je používat název Biokinetic. Horčic a Böswart (1997) následně Biokinetic upravili tak, aby bylo možné manipulovat a nastavovat rychlost záběrů, která je ovlivněna velikostí brzdící síly.

Pro potřeby testování byl trenažer vybaven snímači pro výstup síly, rychlosti, celkové dráhy, dráhy pro pravou a levou paži a externím interfacem pro přenos údajů z trenažeru do počítače. Na základě zpracovaných vstupních údajů je možný odpočet času, frekvence, dráhy, difference dráhy, sumy dráhy, poměru dráhy, rychlosti, síly, výkonu, práce, energie a dalších odvozených parametrů. Programové vybavení umožňuje komunikaci s interfacem, sběr dat, dopočet základních měřených parametrů v reálném čase, grafické a numerické zobrazení aktuálních hodnot v průběhu testu, okamžitý výstup všech informací formou tabulky po ukončení testu, archivaci a možnost následného tisku (Horčic, 2004).

Vlastním brzdícím agregátem je dynamo. Izokinetického principu je dosaženo autoregulační smyčkou záporné zpětné vazby. Chyby v měření na Biokineticu mohou nastat v případě, kdy testovaný proband neplaval závodně. Dlouholetá praxe s opakovaným záběrem umožňuje plavci lépe pochopit způsob provedení testu. Z těchto důvodů je u probandů bez plavecké kariéry nutné podrobně popsat, na jakém principu přístroj pracuje a za jakých podmínek dosahuje měření nejvyšší spolehlivosti. Proto je před testem nutné, aby se proband s přístrojem nejdříve seznámil, vyzkoušel si, jak test probíhá a následně pak test provedl. Nutností v testování probandů, kteří s Biokineticem nepracovali, je provedení nejméně dvou testů.

Tabulky výsledky testů s procentuálním vyjádřením změn v jednotlivých zkoumaných skupinách

Tabulka č. 17 Průměrné hodnoty plus SD v testu 25 m kraul se změnami frekvence, délky

záběru a síly HK skupiny S – pilotní výzkum. V tabulce jsou uvedena procenta a statistická i věcná významnost.

Sucho 25 m	25 m [t/s]	25 m [F/1.min ⁻¹]	25 m [DZ/cm]	10K [W.kg ⁻¹]
Pretest ± SD	16,3±7,47	46±3,09	180±9,81	2,67±0,24
Posttest ± SD	16,1±6,66	47±5,19	172±24,0	3,22±0,48
Změny v %	-1,2 %	+2,1 %	-4,4 %	+20,5 %
p hodnota	0,217	0,434	0,347	0,052*
Cohen d	0,02	0,24	0,49	1,57

t/s - čas v sekundách; F/1.min⁻¹ - frekvence záběrů za minutu; DZ/cm - délka záběrů v cm; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 18 Průměrné hodnoty plus SD v testu 50 m kraul se změnami frekvence, délky záběru a síly HK skupiny S – pilotní výzkum. V tabulce jsou uvedena procenta a statistická i věcná významnost.

Sucho 50 m	50 m [t/s]	50 m [F/1.min ⁻¹]	50 m [DZ/cm]	50K [W.kg ⁻¹]
Pretest ± SD	36,5±3,76	43±1,41	184±16,68	1,64±0,24
Posttest ± SD	35,3±3,84	45±5,35	179±21,06	2,16±0,24
Změny v %	-3,2 %	+4,6 %	-2,7 %	+31,7 %
p hodnota	0,159	0,290	0,283	0,011*
Cohen d	0,32	0,59	0,25	4,8

t/s - čas v sekundách; F/1.min⁻¹ - frekvence záběrů za minutu; DZ/cm - délka záběrů v cm; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 19 Průměrné hodnoty plus SD v testu 25 m kraul se změnami frekvence, délky záběru a síly HK skupiny S/V – pilotní výzkum. V tabulce jsou uvedena procenta a statistická i věcná významnost.

Sucho/voda 25 m	25 m [t/s]	25 m [F/1.min ⁻¹]	25 m [DZ/cm]	10K [W.kg ⁻¹]
Pretest ± SD	16,80±2,9	54±3,09	153±21,7	2,77±0,42
Posttest ± SD	16,60±2,64	53±6,34	156±8,52	3,34±0,47
Změny v %	-1,1 %	-1,8 %	+1,9 %	+20,5 %
p hodnota	0,34	0,404	0,399	0,019*
Cohen d	0,07	0,21	0,21	1,14

t/s - čas v sekundách; F/1.min⁻¹ - frekvence záběrů za minutu; DZ/cm - délka záběrů v cm; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 20 Průměrné hodnoty plus SD v testu 50 m kraul se změnami frekvence, délky záběru a síly HK skupiny S/V – pilotní výzkum. V tabulce jsou uvedena procenta a statistická i věcná významnost.

Sucho/voda 50 m	50 m [t/s]	50 m [F/1.min ⁻¹]	50 m [DZ/cm]	50K [W.kg ⁻¹]
Pretest ± SD	38±9,1	48±4,32	159±24,34	2,06±0,22
Posttest ± SD	36,2±7,14	48±6,24	163±9,27	2,39±0,1

Změny v %	-4,7 %	0 %	+2,5 %	+16 %
p hodnota	0,165	0,420	0,381	0,056
Cohen d	0,22	0,05	0,66	2,26

t/s - čas v sekundách; F/1.min⁻¹ - frekvence záběrů za minutu; DZ/cm - délka záběrů v cm; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 21 Průměrné hodnoty plus SD v testu 50 m kraul se změnami frekvence, délky záběru a síly HK skupiny S – hlavní výzkum. V tabulce jsou uvedena procenta a statistická i věcná významnost.

Sucho 50 m	50 m [t/s]	50 m [F/1.min ⁻¹]	50 m [DZ/cm]	50K [W.kg ⁻¹]
Pretest ± SD	34,2±3,5	50±4,2	172±18,85	1,51±0,14
Posttest ± SD	33,7±3,3	54±5,0	166±17,48	1,68±0,2
Změny v %	-1,4 %	+8 %	-3,4 %	+11,2 %
p hodnota	0,025*	0,008*	0,005*	0,012*
Cohen d	0,15	0,73	0,35	1

t/s - čas v sekundách; F/1.min⁻¹ - frekvence záběrů za minutu; DZ/cm - délka záběrů v cm; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 22 Průměrné hodnoty plus SD v testu 50 m kraul se změnami frekvence, délky záběru a síly HK skupiny S/V – hlavní výzkum. V tabulce jsou uvedena procenta a statistická i věcná významnost.

Sucho/voda 50 m	50 m [t/s]	50 m [F/1.min ⁻¹]	50 m [DZ/cm]	50K [W.kg ⁻¹]
Pretest ± SD	33,1±1,6	49±5,68	183±23,13	1,68±0,1
Posttest ± SD	32,6±1,8	51±5,21	181±20,82	1,71±0,15
Změny v %	-1,5 %	+4 %	-1 %	+1,7 %
p hodnota	0,005*	0,331	0,364	0,145
Cohen d	0,29	0,22	0,06	0,24

t/s - čas v sekundách; F/1.min⁻¹ - frekvence záběrů za minutu; DZ/cm - délka záběrů v cm; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 23 Průměrné hodnoty plus SD v testu 25 m kraul se změnami frekvence, délky záběru a síly HK skupiny V – pilotní výzkum. V tabulce jsou uvedena procenta a statistická i věcná významnost.

Voda 25 m	25 m [t/s]	25 m [F/1.min ⁻¹]	25 m [DZ/cm]	10K [W.kg ⁻¹]
Pretest ± SD	17,00±0,79	47,00±2,83	173±3,09	2,23±0,22

Posttest ± SD	15,70±0,79	56,00±0,82	160±6,94	2,46±0,03
Změny v %	-7,6 %	+19,1 %	-7,5 %	+10,3 %
p hodnota	0,033*	0,014*	0,045*	0,170
Cohen d	1,6	4,9	2,59	1,53

t/s - čas v sekundách; F/1.min⁻¹ - frekvence záběrů za minutu; DZ/cm - délka záběrů v cm; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 24 Průměrné hodnoty plus SD v testu 50 m kraul se změnami frekvence, délky záběru a síly HK skupiny V – pilotní výzkum. V tabulce jsou uvedena procenta a statistická i věcná významnost.

Voda 50 m	50 m [t/s]	50 m [F/1.min ⁻¹]	50 m [DZ/cm]	50K [W.kg ⁻¹]
Pretest ± SD	37,00±1,7	45±2,83	167±3,77	1,58±0,09
Posttest ± SD	32,67±1,7	52±0,82	168±6,98	1,86±0,04
Změny v %	-11,7 %	+15,5 %	+0,5 %	+17,7 %
p hodnota	0,031*	0,022*	0,468	0,019*
Cohen d	2,5	3,8	0,1	2,8

t/s - čas v sekundách; F/1.min⁻¹ - frekvence záběrů za minutu; DZ/cm - délka záběrů v cm; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 25 Průměrné hodnoty plus SD v testu 50 m kraul a 50K skupiny V – hlavní výzkum. V tabulce jsou uvedena procenta a statistická i věcná významnost.

Voda 50 m	50 m [t/s]	50 m [F/1.min ⁻¹]	50 m [DZ/cm]	50K [W.kg ⁻¹]
Pretest ± SD	32,7±1,3	53±5,14	169±16,64	1,55±0,16
Posttest ± SD	32,0±1,1	51±3,96	179±11,84	1,78±0,15
Změny v %	-2,1 %	-3,7 %	+5,9 %	+14,8 %
p hodnota	0,023*	0,272	0,123	0,000*
Cohen d	0,58	0,31	0,72	1,48

t/s - čas v sekundách; F/1.min⁻¹ - frekvence záběrů za minutu; DZ/cm - délka záběrů v cm; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 26 Průměrné hodnoty plus SD v testu 25 m kraul a 25K skupiny K – pilotní výzkum. V tabulce jsou uvedena procenta a statistická i věcná významnost.

Kontrolní 25 m	25 m [t/s]	25 m [F/1.min ⁻¹]	25 m [DZ/cm]	10K [W.kg ⁻¹]
Pretest ± SD	16,9±0,63	44±3,56	184±14,43	2,56±0,29
Posttest ± SD	16,2±0,76	44±4,11	189±17,0	2,84±0,16
Změny v %	-4,1 %	+0 %	+2,7 %	+10,9 %

p hodnota	0,005*	0,465	0,287	0,162
Cohen d	1,5	0,07	0,36	1,4

t/s - čas v sekundách; F/1.min⁻¹ - frekvence záběrů za minutu; DZ/cm - délka záběrů v cm; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 27 Průměrné hodnoty plus SD v testu 50 m kraul a 50K skupiny K – pilotní výzkum. V tabulce jsou uvedena procenta a statistická i věcná významnost.

Kontrolní 50 m	50 m [t/s]	50 m [F/1.min ⁻¹]	50 m [DZ/cm]	50K [W.kg ⁻¹]
Pretest ± SD	37,1±0,54	41±1,25	191±8,22	1,64±0,15
Posttest ± SD	34,1±0,86	43±2,62	192±10,42	2,04±0,22
Změny v %	-8 %	+4,8 %	+0,5 %	+24,3 %
p hodnota	0,003*	0,113	0,364	0,091
Cohen d	4,2	1,03	0,1	2,66

t/s - čas v sekundách; F/1.min⁻¹ - frekvence záběrů za minutu; DZ/cm - délka záběrů v cm; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

Tabulka č. 28 Průměrné hodnoty plus SD v testu 50 m kraul a 50K skupiny K – hlavní výzkum. V tabulce jsou uvedena procenta a statistická i věcná významnost.

Kontrolní 50 m	50 m [t/s]	50 m [F/1.min ⁻¹]	50 m [DZ/cm]	50K [W.kg ⁻¹]
Pretest ± SD	32,8±2,5	52±3,7	175±15,94	1,76±0,16
Posttest ± SD	33,0±2,7	50±3,28	171±14,27	1,75±0,19
Změny v %	-0,6 %	-3,8 %	-2,2 %	-0,5 %
p hodnota	0,472	0,031*	0,285	0,161
Cohen d	0,07	0,40	0,28	0,05

t/s - čas v sekundách; F/1.min⁻¹ - frekvence záběrů za minutu; DZ/cm - délka záběrů v cm; [W.kg⁻¹] – výkon na kilogram hmotnosti; SD - směrodatná odchylka; p < 0,05* - hladina statistické významnosti; Coh d - hladina věcné významnosti.

INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie,*

2013); *Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicíně č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné)*, Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu v rámci disertační práce s názvem **Transfer silových předpokladů do provedení záběrových pohybů plaveckého způsobu kraul.**

Cílem výzkumu je zjistit, zda pravidelné pohybové cvičení na suchu a ve vodě má vliv na techniku plaveckého způsobu kraul. Chceme zjistit, zda pohybovou intervencí, která bude probíhat 2x týdně na suchu a ve vodě, nastane přenos získané svalové síly do parametrů techniky daného plaveckého způsobu (charakter a průběh posilování na suchu je podobný záběrovému pohybu ve vodě). Parametry kraulové techniky jsou následující: sledujeme délku záběru, frekvenci záběru a rychlost plavání v plavaném úseku na 50 m.

1. Během provádění testů budou použity neinvazivní metody sběru dat.
2. Budou použity metody rozvoje svalové síly na suchu a ve vodě. Na suchu budeme provádět konkrétně posilování horních končetin pomocí gumových expandérů. Ve vodě pak posilování horních končetin pomocí odporových padáků.
3. Výzkum se bude skládat z pretestu a posttestu. V průběhu intervence budou osoby provádět cviky na rozvoj síly horních končetin.
4. Výzkum a intervence bude probíhat během letního semestru 2014. Na začátku semestru bude realizován pretest. V průběhu semestru pak bude probíhat pravidelná pohybová intervence. Výzkum bude ukončen posttestem na konci letního semestru. Pretest a posttest se bude skládat z uplavání 50m úseku nejvyšší rychlostí, dále bude provedena kontrola síly horních končetin na suchu pomocí Biokineticu, kde testované osoby podstoupí test síly na 50 a 10 záběrů. Test ve vodě bude trvat maximálně 40 vteřin. Test na suchu bude trvat maximálně 2 minuty v 50 záběrech a maximálně 1 minut v 10 záběrech.
5. Projekt je financován vlastními náklady a ze zdrojů katedry plaveckých sportů.
6. Zažívání bolesti u testovaných osob může nastat během pretestu a posttestu při cvičení na suchu a během pravidelného posilování ve vodě a na suchu v průběhu semestru. Během možného přetížení svalových skupin bude testovaným osobám umožněn přiměřený čas na regeneraci ve vodním prostředí (vyplavání ve vodě, protažení na suchu).
7. Výsledky budou publikovány ve vědeckých a odborných časopisech. Výsledky budou zpracovány a prezentovány v disertační práci.
8. Data budou uchována u řešitele projektu, obrazový materiál nebyl pořizován.
9. Data nebudou zneužita pro jakékoliv jiné než vědecké účely.
10. Osoby zahrnuté do výzkumu se budou moci seznámit s výsledky v odborných a vědeckých člancích a v disertační práci.
11. Odměna za participaci ve výzkumu nebude žádná.

Jméno a příjmení hlavního řešitele a osoby, která provedla poučení Mgr. Daniel Jurák
Já, níže podepsaný(á), prohlašuji, že souhlasím se svojí účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl (a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se mé účasti ve výzkumu a že jsem dostal (a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl (a) jsem poučen (a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí.

Datum 25. 2. 2014

Jméno a příjmení účastníka:

Podpis: