

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

VLIV POSTURÁLNĚ-DECHOVÉHO TRÉNINKU NA SPORTOVNÍ VÝKON,
ROVNOVÁŽNÉ A DECHOVÉ FUNKCE U PLOUTVOVÝCH PLAVCŮ

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Markéta Janošcová, obor fyzioterapie

Vedoucí práce: doc. Mgr. Kateřina Neumannová, Ph.D.

Olomouc 2020

Jméno a příjmení autora: Bc. Markéta Janošcová

Název diplomové práce: Vliv posturálně-dechového tréninku na sportovní výkon, rovnovážné a dechové funkce u ploutvových plavců

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

Vedoucí diplomové práce: doc. Mgr. Kateřina Neumannová, Ph.D.

Rok obhajoby diplomové práce: 2020

Abstrakt: Efekt dechového tréninku byl potvrzen v celé řadě sportovních odvětví a své zastoupení má i v oblasti fyzioterapie, přesto se tato metoda zatím v tréninku ploutvových plavců standardně nevyužívá. Cílem této práce bylo posoudit vliv posturálně-dechového tréninku na sportovní výkon, rovnovážné a dechové funkce u ploutvových plavců. Sledován byl vliv plaveckého tréninku na zvolené parametry a následně vliv plaveckého tréninku v kombinaci s posturálně-dechovým tréninkem s využitím dechových trenažérů a labilní čochky. Výzkumný soubor se skládal ze 7 dívek (věk = $14,71 \pm 1,7$ let) a 4 chlapců (věk = $15,75 \pm 1,71$ let). Výsledky měření dechových funkcí po absolvování 4 týdenního posturálně-dechového tréninku prokázaly statisticky významný rozdíl ve všech ventilačních parametrech, síle nádechových a výdechových svalů i v parametrech hodnotící globální funkci nádechových svalů. Za výsledky blíží se statistické významnosti lze považovat hodnoty na vytrvalostních plaveckých tratích („rozložená“ trať na 200 m a 400 m). Zároveň však nebyl zjištěn signifikantní rozdíl průměrných hodnot během rychlostního plavání pod vodou na 1 nádech a na trati 100 m. V rámci hodnocení vlivu na rovnovážné funkce (vybrané ukazatele posturální stability) se objevují tendence ke statisticky významnému zlepšení hodnot rychlosti výchylky těžiště těla (COP – center of pressure) v mediolaterálním směru a celkové rychlosti COP při zvoleném testu rovnováhy s vyřazením zrakové kontroly. Z uvedených výsledků vyplývá, že zvolená koncepce posturálně-dechového tréninku s trenažéry POWERbreathe a EMST 150 by mohla představovat vhodný doplněk tréninku ploutvového plavání.

Klíčová slova: plavání s ploutvemi, dechové trenažéry, POWERbreathe, EMST 150, sportovní výkon, trénink dýchacích svalů

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Bc. Markéta Janošcová

Title of the diploma thesis: The influence of postural-respiratory training on athletic performance, postural stability and breathing functions in fin swimmers

Department: Department of Physiotherapy

Supervisor of the diploma thesis: doc. Mgr. Kateřina Neumannová, Ph.D.

The year of defence: 2020

Abstract: The effect of respiratory training has been confirmed in a number of sports and has a representation in the field of physiotherapy; however, this method is not yet commonly used in the training of fin swimmers. The aim of this work is to assess the effect of postural-respiratory training on athletic performance, as well as balanced respiratory functions in fin swimmers. The influence of swimming training on selected parameters and consequently the influence of swimming training was monitored in combination with postural-respiratory training using breathing trainers and balance trainers. The research group consisted of 7 girls (age = 14.71 ± 1.7 years) and 4 boys (age = 15.75 ± 1.71 years). The results of measurement of respiratory function after the 4week postural-respiratory training showed a statistically significant difference in all ventilation parameters, inhaling and exhaling muscle strength and in parameters evaluating general function of inhaling muscles. Values on endurance swimming tracks (200 m and 400 m "medley" race) can be considered as results of approaching statistical significance. At the same time, however, there was no significant difference in average values during speed underwater swimming per 1 breath and on the 100 m track. Within the evaluation of the effect on equilibrium functions (selected indicators of postural stability) there are tendencies to statistically significant improvement of the values of the center of pressure (COP) in the medio-lateral direction, and total COP in the chosen equilibrium test disabling visual control. The results show that the chosen concept of postural-respiratory training with POWERbreathe and EMST 150 could be a suitable complementary element for fin swimming.

Keywords: fin swimming, respiratory trainers, POWERbreathe, EMST 150, athletic performance, respiratory muscle training

I agree with the lending of the diploma thesis within the library services.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením doc. Mgr. Kateřiny Neumannové, Ph.D. uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 18.4.2020

Bc. Markéta Janošcová

Děkuji doc. Mgr. Kateřině Neumannové, Ph.D. za ochotu, cenné rady a odborné vedení, které mi věnovala při tvorbě mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat za spolupráci doc. PhDr. Zbyňku Svozilovi, Ph.D. a jeho celému týmu ploutvových plavců.

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
2 PŘEHLED POZNATKŮ	10
2.1 Ploutvové plavání	10
2.1.1 Disciplíny ploutvového plavání	10
2.1.2 Technika plavání s ploutvemi.....	12
2.1.3 Charakteristika vodního prostředí.....	17
2.1.4 Fyziologická charakteristika	19
2.2 Posturálně-respirační souvislosti	21
2.2.1 Vymezení pojmů problematiky posturální stabilizace.....	21
2.2.2 Respirační souvislosti posturální stabilizace trupu	24
2.2.3 Dechový trénink pro ploutvové plavce	28
2.2.4 Posturálně-dechový trénink	31
3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY	33
3.1 Cíl.....	33
3.2 Výzkumné otázky	33
4 METODIKA	36
4.1 Design studie.....	36
4.2 Charakteristika souboru	38
4.3 Metodika sběru dat.....	38
4.4 Algoritmus měření	38
4.4.1 Posturografické měření	39
4.4.2 Spirometrické vyšetření a měření ústních tlaků.....	41

4.4.3 Měření sportovního výkonu - plavecké testy.....	42
4.5 Koncepce tréninků	44
4.5.1 Posturálně-dechový trénink	44
4.5.2 Plavecký trénink	47
4.6 Statistické zpracování dat	47
4.7 Limity studie	48
5 VÝSLEDKY	49
5.1 Analýza údajů z anamnestického dotazníku	49
6.2 Vyjádření k výzkumným otázkám V1 – V3	52
5.3 Shrnutí.....	75
6 DISKUZE	76
6.1 Diskuze k výsledkům výzkumné otázky V1	77
6.1.1 Ventilační parametry - V_{1a1} , V_{1a2}	77
6.1.2 Síla nádechových a výdechových svalů - V_{1b1} , V_{1b2}	77
6.1.3 Globální funkce nádechových svalů – V_{1C1}	80
6.2 Diskuze k výsledkům výzkumné otázky V2.....	81
6.3. Diskuze k výsledkům výzkumné otázky V3.....	85
6.4. Doporučení pro výzkum a klinickou praxi	90
7 ZÁVĚR	93
8 SOUHRN	94
9 SUMMARY	96
10 REFERENČNÍ SEZNAM	98
11 PŘÍLOHY	109

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AP max	maximální apnoe
ATP	Adenosintrifosfát
BF	Bi-fins
CMAS	Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques
COP	center of pressure
CNS	centrální nervový systém
DKK	dolní končetiny
FTK	Fakulta tělesné kultury
HKK	horní končetiny
IMT	inspiratory muscle training
KOK	kolenní kloub
KYK	kyčelní kloub
NH	náležitá hodnota
PP	plavání s ploutvemi
RMT	respiratory muscle training
ROM	range of motion
RP max	rychlostní potápění (rychlostní plavání pod vodou na 1 nádech)
SKP	Klub sportovních potápěčů
VDT	vadné držení těla

1 ÚVOD

Nároky na výkon v ploutvovém plavání jsou vysoké a vyžadují komplexního sportovce z hlediska silově-rychlostních, silově-vytrvalostních a technických předpokladů. Tendence posouvat hranice sportovních výkonů nevynechává ani toto sportovní odvětví, i zde rozhoduje každá setina sekundy o vítězných příčkách. Výkon ploutvových plavců je obzvláště náročný pro dechovou práci a silové záběry končetin si žádají kvalitní posturální zajištění. Rychlý pohyb horní či dolní končetinou minimálně narušuje proces dýchání. Opakované pohyby už ale vyžadují posturální kontrolu trupu, představují tak výzvu pro centrální nervový systém (CNS) k souběžné koordinaci respiračních a nerespiračních funkcí (Zedka & Procházka, 1997). Když CNS čelí konfliktu mezi dýcháním a posturou, vždy je upřednostněno dýchání. Maximální a déletrvající výkon nelze podávat se zádrži dechu (Hodges, 2001).

Sportovní výkon není dán pouze svalovou silou, významně jej ovlivňuje také postura sportovce. Postura se následně může uplatňovat jako významný etiopatologický faktor celé řady tělesných poškození. Nemluvíme pouze o úrazech, ale především o repetitivních mikrotraumatech z neadekvátní posturální zátěže (Šafářová & Kolář in Máček & Radvanský, 2011). Únava dýchacích svalů byla spojena s neúčinnými strategiemi posturálního řízení, které vedou k neefektivnímu a energeticky náročnému pohybu (Janssens, Brumagne, Polspoel, Troosters, & McConnell, 2010). Ten neumožní plavci další zrychlení a může v horším případě vyústit v poranění. Proces dýchání je zároveň významným faktorem ovlivňujícím energetické krytí během zátěže a s ním spojenými metabolickými pochody. Zásadně se také podílí na následné regeneraci po sportovním zatížení (Šafářová & Kolář in Máček & Radvanský, 2011).

Proto bylo cílem diplomové práce vytvořit optimální protokol posturálně-dechového tréninku právě pro tento sport, aby se kompenzovala zátěž, kterou plavci každodenně podstupují. Nádechové a výdechové svaly, na které je primárně cílený odporový trénink s trenažéry, jsou důležité nejen pro dechovou funkci, ale jsou také zapojeny do pohybu těla vpřed. Vycvičit koordinaci bránice (hlavní nádechový sval) v její posturálně-dechové funkci specifickým cvičením by mohlo napomoci ke zlepšení jejich sportovního výkonu. Tato metoda se zatím v tréninku ploutvových plavců standardně nevyužívá přesto, že se efekt dechového tréninku potvrdil v celé řadě sportovních odvětví a své zastoupení má i v oblasti fyzioterapie.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Ploutvové plavání

Ploutvové plavání patří mezi jedno z deseti závodních odvětví potápěčského sportu, jehož historie se začíná psát ve třicátých letech 20. století, kdy Francouz de Corlieu vynalezl ploutve. Následovala složitá cesta formování disciplín sportovního potápění. Utvářela se pravidla, měnila se výstroj, ale vždy zůstaly zachovány ploutve pro pohyb pod vodou. Soutěžit se začalo v roce 1961 v Itálii. Monoploutev se poprvé objevila v roce 1970 na mistrovství Evropy v Barceloně. První mistrovství světa se uskutečnilo v roce 1976 v německém Hannoveru (Čuříková, 2014).

Plavání s ploutvami (PP) a rychlostní potápění (RP) představují nejmladší soutěžní disciplínu potápěčského sportu. Jako samostatné soutěžní odvětví vzniklo oddělením sprinterských částí orientačních a distančních vícebojů. Na rozdíl od nich se již jedná o bazénové disciplíny (Svozil, 2005). Plavání s ploutvami je nové, rychle se rozvíjející sportovní odvětví, které se jako jediné z potápěčských sportů zařadilo do programu Evropských her, Světových her a řadí se mezi olympijské sporty (Čuříková, 2014). Od roku 2018 probíhají velké debaty o tom, zda se poprvé podaří zařadit plavání s ploutvami na seznam letních olympijských her v Paříži 2024 (Ortiz, 2018). V roce 2020 ještě stále nebyla potvrzena, ale ani zamítnuta účast ploutvového plavání na této olympiádě (Svozilová, osobní sdělení, 2020).

2.1.1 Disciplíny ploutvového plavání

Disciplíny i pravidla plavání s ploutvami se blíží klasickým plaveckým soutěžím. Závodí se převážně v bazénech, ale i na volné vodě. V bazénu se soutěží v disciplínách od 50, 100, 200, 400, 800 a 1500 m. Každý závod je odstartován skokem ze startovního bloku po povelu „na místa“. Snahou závodníka je danou trať překonat v co nejkratším čase (Čuříková, 2014). Na volné vodě se konají mistrovské soutěže na mezinárodní úrovni na vzdálenost maximálně 6 km (kategorie D) a 8 km (kategorie C). Závody v plavání na nádech jsou povoleny jen do 50 m. Závodí se v kategoriích veteránů (V – nad 29 let), seniorů (A – 18 let a starší), juniorů (B – 16 a 17 let), dorostenců (C – 14 a 15 let) a starších žáků (D – 12 a 13 let). Mladší žáci (E – 11 let a mladší) jsou řazeni jako předzávodní skupina.

V České republice všechna závodní i nezávodní činnost spadá pod Svaz potápěčů České republiky. Mezinárodní federace, která zajišťuje světová a kontinentální mistrovství, se nazývá Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques (CMAS). Určuje a koriguje pravidla pro všechny potápěčské sporty na každé závodní úrovni. Podle CMAS je plavání s ploutvemi definováno takto: „Plavání s ploutvemi se rozumí pohyb s monoploutví nebo dvěma ploutvemi na vodní hladině nebo pod vodou s použitím vlastní svalové síly sportovce a bez použití jakéhokoliv mechanismu nepoháněného svalovou silou. Pro disciplíny plavání pod vodou s dýchacím přístrojem je povoleno použití přístroje jen se stlačeným vzduchem“ (Svaz potápěčů České republiky, 2017). V plavání s ploutvemi rozlišujeme tři základní způsoby plavání (plavání s ploutvemi, rychlostní potápění a bi-fins). Ty se liší nejen použitým vybavením, plaveckou technikou, ale také délkou trati, na které se závodí. V Mezinárodních pravidlech CMAS a národních pravidlech České republiky vydaných Svazem potápěčů České republiky (2017) jsou jednotlivá odvětví popsána takto:

1) Plavání s ploutvemi (PP)

Pro plavání s ploutvemi (PP) je charakteristické využití monoploutve s rozdílným stupněm tuhosti (Videler, 1981) a tvaru (Tamura, Nakazawa, Sugiyama, Nomura, & Torii, 2002). Ta umožní plavci vyvinout mnohem vyšší rychlost, než při pohybu se dvěma ploutvemi (Pyš, 1989). Videler (1981) výslednou lokomoci přirovnává k pohybu delfína. Horní končetiny (HKK) zde nejsou zdrojem propulze vpřed, pouze napomáhají udržovat polohu těla (Ungerecht, 1982). Dýchání probíhá pomocí dýchací trubice s maximální délkou 48 cm. Při soutěžním výkonu musí mít plavci po celou dobu závodu některou část těla či výstroje nad hladinou. Výjimku představuje 15 metrové pásmo po startu a po obrátce, kdy je povoleno plavání pod vodou. Překročení této vzdálenosti je podmíněno diskvalifikací. PP má tyto disciplíny: 50, 100, 200, 400, 800, 1500 metrů i štafety na 4x100 a 4x200 m (Svaz potápěčů České republiky, 2017).

2) Rychlostní potápění (RP)

Rychlostní potápění (RP) také využívá pro umocnění pohybu monoploutev (Videler, 1981). Závodník ale plave s dýchacím přístrojem, který drží před tělem (Ungerecht, 1982). Přístroj je naplněn stlačeným vzduchem, jehož maximální tlak je 200 atmosfér. Základní pravidla uvádějí, že tvář závodníka musí být po celou dobu závodu pod vodou. S přístrojem se plavou disciplíny 100 m,

400 m a 800 m (Svaz potápěčů České republiky, 2017). Velikost přístroje je přizpůsobená délce tratě. Pro disciplíny na 100 m se používají přístroje o obsahu cca 1 litr. Na 800 m přístroje o obsahu až 7 litrů. Jedinou disciplínou bez přístroje i dýchací trubice je 50 m RP, která se plave na 1 nádech. Při ní dosahují ploutvoví plavci vůbec nejvyšší rychlosti, jakou dokáže člověk vlastní silou vyvinout ve vodním prostředí. Nejlepší závodníci světa plavou rychlostí přesahující 3,3 metry za sekundu (Čuříková, 2014).

3) *Bi-fins (BF)*

Na rozdíl od výše zmíněných plaveckých stylů jsou zde pro pohyb využity 2 oddělené ploutve (Maglischo, 2003). Jejich vlastnosti nejvýrazněji ovlivňuje délka, kdy maximální rozměry jsou stanoveny do 65 cm (Svaz potápěčů České republiky, 2017). Hlavní hnací sílu představují HKK. Paže se pohybují střídavě nad vodní hladinou (Maglischo, 2003). Dolní končetiny (DKK) udržují polohu těla a vyrovnávají pohyb HKK (Bartens & Kreichbaum, 1985). Stejně jako u PP je možné po startu a po obrátce plavat 15 m pod hladinou libovolnou technikou, dále je možné pokračovat pouze střídavým pohybem nohou i paží (kraul). Šnorchl je povinný po celou dobu a při všech tratích BF. Disciplíny v BF jsou pouze tři, a to 50, 100 a 200 m (Svaz potápěčů České republiky, 2017).

2.1.2 Technika plavání s ploutvemi

1) *Plavání s monoploví (PP) – delfinové vlnění*

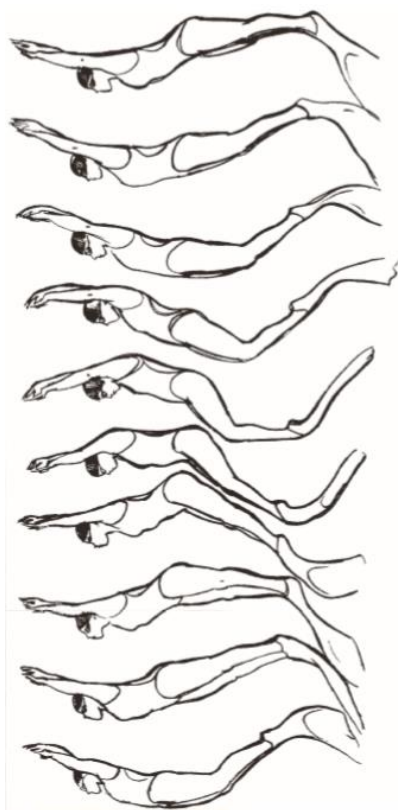
Jedná se o typ lokomoce ve vodním prostředí, která je založena na neexistenci pevné opory. Při ní dochází k synchronnímu vlnění pravolevých částí těla, kdy generátory pohybu vpřed jsou svaly trupu a zejména DKK. Síla DKK je umocněna monoploví, která je zvolena tak, aby na ní doznívala horizontální vlna, která začala v oblasti ramen a šířila se celým tělem až k akrům DKK (Dvořák, Kračmar, & Smolík, 2008). Paže pouze udržují polohu těla, případně je v rukách držena láhev se stlačeným vzduchem (Čuříková, 2014). Výchozí pozicí je hydrodynamická splývavá poloha, kdy jsou paže plavce plně ve vzpažení s překrytím rukou, obě DKK mírně přesahují úroveň boků směrem k hladině. Hleзна protínají hladinu (Dvořák, Kračmar, & Smolík, 2008). Jestliže se

hlezna pohybují dolů, ploutev se obrací nahoru, stejně tak s pohybem hlezen nahoru se ploutev pohybuje protichůdně (Videler, 1981).

Záběrová fáze je zahájena flexí v kyčelních kloubech (KYK) se současně probíhající postupnou flexí v kolenou (KOK). Pro pohyb stehem směrem dolů není třeba vynakládat svalovou sílu, jelikož je výsledkem tlaku vody na záběrovou plochu nohou i monoploutve, a také reakcí na předchozí pohyby těla po sinusoidě. Naopak je nutné zabránit velké flexi KOK, která negativně ovlivňuje kvalitu záběru (Dvořák, Kračmar, & Smolík, 2008). Kop musí směřovat pod vodní hladinu a ne vzad (Pyš, 1989). DKK se dále v tomto postupném pohybu díky dynamické extenzi KOK propínají. Závěrem záběrového pohybu do nejnižšího bodu je opora nártu do listu monoploutve. Pružnost monoploutve zvětšuje a prodlužuje propulzní sílu. Ve vzestupné fázi je pohyb veden extenzí v KYK s nataženými DKK směrem k hladině. Hlezna se dostávají do úrovně hladiny. Monoploutev kopíruje pohyb kotníků, reaguje na vztlak vody a díky pružnosti opět vytváří propulzní sílu (Dvořák, Kračmar, & Smolík, 2008). Plavecká technika je rozdílná u vodní hladiny a pod hladinou. Během plavání pod hladinou je v důsledku většího rozsahu pohybu v hleznech, tedy i rozsahu pohybu monoploutve směrem nahoru k hladině delfinovitý kop silovější, dynamičtější a vytváří větší hnací sílu (Čuříková, 2014). Proto pravidla dále upravují, že je nutné mít vždy nějakou část těla nad vodní hladinou (Svaz potápěčů České republiky, 2017).

Výsledky studie zabývající se plaveckou technikou s monoploutví ukázaly, že frekvence kopů se snížila, zatímco střední amplituda všech kloubů se zvyšovala s rostoucí délkou tratě. Profesionální ploutvoví plavci v uvedené studii dále vykazovali oproti začátečníkům menší rozkmit horních končetin. Největší rychlosti dosáhli muži, kteří eliminovali amplitudy rozsahu i v kolenních kloubech, jejichž čelní průmět působí značně nehydrodynamicky (Gautier, Baly, Zanone, & Watier, 2004). Muži efektivně využívají pro sílu kopu maximální zrychlení generované při záběrové fázi (Tamura et al., 2002). Stejně tak stabilizační role horních končetin jim napomáhá ukládat energii, kterou pak využijí ke zvýšení vertikální amplitudy kotníku. Výsledná rychlost, které následně dosahují, může být způsobená potenciální energií generovanou amplitudou zápěstí, která je transformována na kinetickou energii a přenášena až ke kotníkům. Ke stejným výsledkům dospěl již Sanders, Cappaert a Devlin (1995). Častým problémem ploutvových plavců je bolest v kotnících. K úlevě od bolesti došlo snížením frekvence, ale zvýšením amplitudy kotníku, která

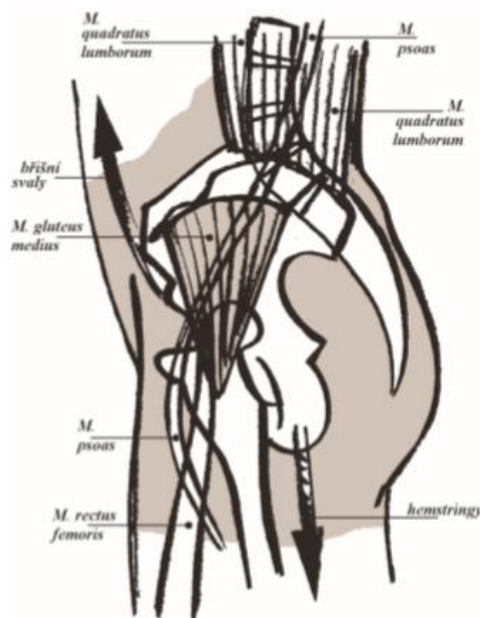
bývá důsledkem tření a tuhostí monoploutve. Amplituda kotníku je větší pod vodou než na povrchu, a to i přes nižší úhlovou exkurzi kyčlí (Gautier, Baly, Zanone, & Watier, 2004).



Obrázek 1. Delfínovitý kop (Dvořák, Kračmar & Smolík, 2008, 3)

Každý plavec má díky svému somatotypu individuální predispozice k tomu, jak je optimální kop provádět. Efektivnost propulze záleží také na mechanických vlastnostech monoploutve. Proto je dle Čuříkové (2014) těžké definovat optimální techniku plavání s monoploutví. Víme však, že neadekvátní zatížení pohybového aparátu nevhodnou plaveckou technikou vede k celé řadě dysbalancí, které mohou vyústit ve zranění (Šafářová & Kolář in Máček & Radvanský, 2011). Plavecká technika je sama o sobě velice náročná, jelikož se takový pohyb v lidské ontogenezi nevyskytuje. Pánevní představa je hypotetické punctum fixum pro pohyb ve vodě bez skutečné

existence pevného bodu opory. Stěžejní je schopnost překlopení pánve do retroverze (tahem břišních svalů) při pohybu DKK od hladiny dolů ještě před extenzí v KOK a udržení retroverze po celou zbývající dobu flexe v KYK. Záběr do flexe je intenzivnější než do extenze. Před pohybem k hladině, která je spojena s extenzí DKK, je naopak nutná antevertze pánve. Chybou je, jestliže se poloha pánve nemění. Pánev nepracuje, chybí tak nezbytná retroverze před záběrem DKK od hladiny i antevertze k hladině. Dochází tak k dalšímu přetížení m. iliopsoas (již bipedální lokomoci posturálně zatížen) s důsledky pro m. rectus abdominis. Insuficience břišní stěny je kompenzována hyperaktivitou m. quadratus lumborum a paravertebrálním svalstvem v průběhu celé bederní páteře až po střední hrudní páteř. Hypermobilita dolní hrudní páteře je také predilekčním faktorem neoptimálního zatížení. Ta se projevuje tím, že před klopením pánve dochází ke kyfotizaci hrudní páteře. Retroverze je tak částečně nahrazována flexí z vyšších úseků páteře, což může v důsledky vyústit ve vertebrogenní obtíže (Dvořák, Kračmar, & Smolík, 2008).



Obrázek 2. Pánev jako punctum fixum pro pohyb (Dvořák, Kračmar, & Smolík, 2008, 5)

2) *Plavání se dvěma ploutvemi (BF) – kraul*

Při tomto plaveckém stylu dochází k minimálním pohybům zvyšující odpor vody. Výhodou jsou dlouhé paže, které dovolují delší záběry, což umožňuje vynakládat menší svalovou sílu. Celkově vyšší postava je pak výhodou jak při startech, obrátkách, tak i při dohmatu (Siders, Lukaski, & Bolonchuk, 1993). Poloha těla je po celou dobu mírně zešikmená, ramena se nacházejí výše než boky. Hrudník je mírně prohnut, obličej je zanořen ve vodě, plavec se dívá vpřed dolů a temen hlavy rozráží vodní hladinu (Čuříková, 2014). Nohy se pohybují střídavě, pohyb je uvolněný, špičky jsou vytočeny dovnitř a paty ven. Kmitání nohou je v rozsahu 30-50 cm. DKK zabezpečují správnou polohu těla. Lýtkový sval má zde významnou posturální roli. Pohyb vychází z KYK pod hladinou (Pyš, 1989). Hlavní hnací silou jsou HKK. Paže se pohybují střídavě nad vodní hladinou (Maglischo, 2003). Nejprve prorážejí vodní hladinu prsty, pak loket a závěrem ramenní kloub. Záběr probíhá pod tělem až do 90 stupňů. Nejprve dochází k přitažení a následně k odtážení pažemi. Z vody je jako první vytažen „ostrý“ loket. Dopředu je paže přenášena uvolněným způsobem s mírně pokrčeným loktem. Nádech startuje mírným natočením hlavy během nesení paže dopředu. Probíhá krátce ústy. Výdech proběhne ústy i nosem po zasunutí paže do vody. Nejčastěji se provádí šestidobý kraul. Na jedno tempo paží (pravá, levá) připadá 6 kopů nohama. Začátek záběru paže je zároveň doprovázen kopem dolů kontralaterální dolní končetinou (Pyš, 1989). Během práce paží se horní část trupu vychyluje kolem podélné osy těla s maximem při iniciaci záběru. Rozkyv je větší na nádechové straně. Přiměřený rozkyv zabezpečuje optimální polohu paže v záběru pro využití silových schopností a zároveň vytváří lepší podmínky pro přenos druhé paže (Bartens & Kreichbaum, 1985). Při vysokých rychlostech promínají záda a hýždě plavce nad hladinou, jelikož se nacházejí na vrcholu vznikajících vln (Čuříková, 2014).

Nejvýraznější chybou v technice bývá pokrčení kolen a pohyb z nich vycházející, kdy tak dochází k velkému neefektivnímu stříkání vody. Chybné je také nedostatečné uvolnění chodidel, záběr nataženou paží, zkrácený záběr loktem napřed, nedotažený záběr bez odtlačení a vedení záběru mimo osu těla plavce (Pyš, 1989). Pro odstranění chyb, které jsou důsledkem malého kloubního rozsahu ramen je doporučováno protahovací cvičení na suchu pro zvýšení rozsahu paží (Čechovská & Miler, 2008).

2.1.3 Charakteristika vodního prostředí

Vodní prostředí se vyznačuje vlastnostmi jako je hydrostatický tlak, vztlak vody a rozdílné parametry ve stlačitelnosti a rozpustnosti plynů, vedení tepla, odporu prostředí, šíření světla a zvuku.

1) *Hydrostatický tlak*

Jedná se o projev hmotnosti kapaliny, jehož velikost roste s hloubkou a hustotou kapaliny. Zdatný plavec si hydrostatický tlak neuvědomuje, jelikož jej překonává zvýšenou prací dýchacích svalů. Zátěž pro dýchací systém roste s dýcháním do vody, ponořením a potápěním. Hydrostatický tlak v hloubce tří metrů může přinášet jisté riziko doprovázející nepříjemný až bolestivý tlak na ušní bubínky (Neuls & Viktorjeník, 2013).

2) *Vztlak vody*

Rozdíl tlaků, jež působí na části těla ponořené v různých hloubkách, se projevuje jako hydrostatický vztlak. Směr jeho působení na tělo je opačný ke směru gravitační síly a závisí na hustotě těla (liší se rozdílným složením jednotlivých tkání v závislosti nejen na věku, pohlaví a trénovanosti). Rozhoduje tak o tom, zda právě ponořená část těla klesá, plave nebo se vznáší (Pyš, 1989). Pro plavce je nejvýhodnější vznášet se co nejbližší vodní hladiny. Toho dosahuje při co nejmenším čelním odporu v hydrodynamické poloze. Okamžitá hustota těla se mění v závislosti na dechovém cyklu. S nádechem se tělo bude vznášet u hladiny díky zvětšení hydrostatické síly v důsledku zvětšení objemu hrudníku a tím i celého těla. Naopak s výdechem bude tělo klesat. Dolní končetiny mají na základě rozdílného složení výraznější tendenci k poklesu. S ploutví zátěž narůstá. Pro vyvážení klesajících částí je nezbytné využít vzpažení s maximálním vytažením paží z ramen, díky kterému se posune těžiště těla blíže k hlavě (Neuls & Viktorjeník, 2013). Plavci využívají vztlaku vody pro usnadnění posturální kontroly (Hopkins & Sigmundsson, 2009).

3) *Stlačitelnost plynů*

Závisí na vnějším tlaku a teplotě. Se zanořením klesá vitální kapacita plic spolu s dechovým objemem na 91 % - 96 % původní hodnoty. Tím narůstají požadavky pro sílu dýchacích svalů. Následný výdech do vzduchu je naopak rozdílným prostředím usnadněn (Pyš, 1989).

4) *Šíření světla a zvuku*

Vidění je neostré kvůli změněnému lomu paprsků na rohovce, které se kříží až za sítnicí. I proto je input ze zrakového ústrojí pro posturální stabilitu značně omezen. Zvuk se šíří 5x rychleji (Pyš, 1989).

5) *Vedení tepla*

Plavcovo tělo je v roli tepelného zdroje, pro kterou vynakládá část své energie (Pyš, 1989).

6) *Odpor prostředí – hydrodynamické síly*

Odpor vody roste s rychlostí a závisí na tvaru a povrchu plavcova těla. Čelní odpor brání pohybu dopředu, vzniká těsně za každou částí těla. Povrchové tření pak vzniká v nejbližším okolí těla (Pyš, 1989). Tvar těla ženy má výhodnější parametry pro snížení povrchového tření než tělo mužské. Největší příčný profil těla mužů je totiž většinou v oblasti hrudníku, zatímco u žen to nebývá pravidlem, větší gluteální obvod a tedy i větší příčný profil těla v této oblasti, nebo alespoň stejný jako obvod hrudníku je výhodou (Neuls & Viktorjeník, 2013). Vířivý odpor neboli zadní sání, způsobuje voda, která se nezavře za nevhodně tvarovanou částí (Pyš, 1989). Vyšší plavec je oproti menšímu za jinak stejných podmínek ve výhodě. Dále hraje roli struktura povrchu tělesa, tedy kombinace povrchu těla a plavek. Záleží také na tom, zda jsou plavky perfektně přilnuté k tělu nebo odstávají. Rovněž vliv ochlupení na třecí odpor je nepříznivý. Pro plavce je běžné vyholování pro důležité starty (Neuls & Viktorjeník, 2013). Na vodní hladině do 60 cm působí na plavce vlnový odpor a to i vlnové odpory soupeřů (Pyš, 1989). Distální části horních a dolních končetin jsou v průběhu záběrové fáze pohybového cyklu zdrojem propulze. Části těla, které se nepodílejí aktivně na lokomoci (hlava a trup) a části horních i dolních končetin, jejichž pohyb během záběrové

fáze nevytváří hnací sílu, jsou zdrojem odporu proti zamýšlenému pohybu. Odpor těla plavce během sportovního výkonu roste s druhou mocninou jeho rychlosti (Neuls & Viktorjeník, 2013).

2.1.4 Fyziologická charakteristika

1) *Nervosvalová funkce*

Nároky na výkon v ploutvovém plavání jsou vysoké a vyžadují komplexního sportovce z hlediska silově-rychlostních, silově-vytrvalostních a technických předpokladů. Nutností je optimální kooperace nervosvalového aparátu. Z hlediska techniky je ploutvové plavání cyklický pohyb, kde se uplatňují všechny principy vzniku motorického stereotypu. Pro optimální vytvoření je zapotřebí pečlivá kontrola a nácvik vlastního sebeuvědomění si pohybu. Dokonale zvládnutá technika je spojována s tzv. „citem pro vodu“ a umožní tak plavci dosáhnout těch nejvyšších rychlostí s nejmenší energetickou spotřebou (Pyš, 1989).

Přestože je ploutvové plavání cyklický pohyb, vyžaduje značnou úroveň dynamické síly (Ungerecht, 1982). Ta je závislá na délce trati i technice. Delfinový kop je silově náročnější než kraulový kop. S kratší tratí narůstá nutnost větší síly. Pro nárůst plavecké síly je optimální intermediální způsob práce, kdy je využito malých a středních odporů s dostatečným počtem opakování. U mládeže je zapotřebí posilovat velké svalové skupiny trupu (Pyš, 1989). Vodní prostředí v horizontální poloze není dostatečně příznivé pro stimulaci antigravitačního posturálního svalstva trupu (Baccouch, Rebai, & Sahli, 2015). Pro rozvoj svalové síly jsou efektivnější „suché“ tréninky např. v posilovně (Batalha, Dias, Marinho, & Parraca, 2018).

K rozmachu síly dochází v období končící puberty. Kratší silové tratě, zejména PP, jsou tak obsazovány staršími závodníky než tratě vytrvalostní. S rozvojem síly úzce souvisí složení těla a antropometrické údaje, jistou výhodou představuje atletická muskulatura na dlouhých končetinách (Pyš, 1989). Hue, Galy, Blanc a Hertogh (2006) ve své studii zmiňují, že u plavců s monoplutvi není ani tak zásadní celková výška, jako délka nohou a především objem svaloviny stehen.

2) *Energetické zdroje*

O plavcově výkonnosti rozhodují energetické zdroje, které má k dispozici pro svalovou práci. Energetická náročnost závisí zejména na antropometrických a technických charakteristikách plavce.

Testování aerobní a anaerobní kapacity je základním předpokladem pro zvolení optimálního tréninkového plánu. Během tréninkového cyklu se sportovcova aerobní kapacita neustále mění. Předpokládá se, že každý jedinec má vrozené, geneticky dané maximum aerobní kapacity (Pyš, 1989). V literatuře se nejčastěji pracuje s hodnotami maximálního objemu kyslíku (VO_{2max}), který je sportovec schopen využít. Bylo prokázáno, že hodnota VO_{2max} vykazuje velkou shodu s histologickou stavbou kosterního svalu, a to hlavně s množstvím červených pomalých vláken, jejichž konverze a množství je omezeno. Nízká aerobní kapacita představuje limit pro vrcholový vytrvalostní sport. Jestliže se nejedná o vytrvalostní sport (kratší plavecké tratě, hry, sjezdy), limitem sportovní výkonnosti se stávají hodnoty VO_{2max} pro muže 60-65 ml. min⁻¹. kg⁻¹ tělesné hmotnosti a 55-60 ml. min⁻¹. kg⁻¹ pro ženy (Krejčí in Máček & Radvanský, 2011). Studie Hue, Galy, Blanc a Hertogh, (2006) ukázala, že hodnoty VO_{2max} plavců s monoplovtví jsou nižší u všech vzdálenostních tratí oproti jiným elitním plavcům či sportovcům. Ale jsou srovnatelné s hodnotami uvedenými v běžeckých sprintech (Hirakoba & Yunaki, 2002). Navzdory tomu, že delfinový kop monoplovtví je fyzicky náročnější a je potřebná až dvojnásobná spotřeba kyslíku než při plavání bez ploutve, nacházíme u plavců s monoplovtví nižší aerobní výkonnost. Zjištění, že aerobní výkonnost roste s délkou specializované tratě, je zřejmé, avšak plavcům s monoplovtví stačí pro tréninkové zatížení méně času než jiným plavcům. Na stejnou vzdálenost během tréninku potřebují nižší čas potřebný ke zvládnutí trati díky monoplovtví. Současně proto je jak absolutní, tak i relativní aerobní výkon nižší, než obvykle zaznamenané hodnoty (Hue, Le Gallais, Boussana, Chollet, & Préfaut, 2000; Rodriguez, 2000). Pro výkon využívají ve velké míře výbušnost, pro kterou je zapotřebí anaerobní získávání energie (Hue, Galy, Blanc, & Hertogh, 2006).

Zdroje anaerobní energie jsou uloženy přímo ve svalových buňkách. Její množství se odráží na podílu tzv. rychlých svalových vláken. Ta jsou naplněna velkým množstvím makroergních fosfátů, glykogenu a potřebnými enzymy, které přeměňují energii na ploše mitochondrií. Cílem tréninku je přeměna vláken a zmnožení struktur, které zabezpečují anaerobní metabolické krytí. Aerobní síla je limitována všemi orgánovými systémy, které zabezpečují transport kyslíku a energetických zdrojů k pracujícím svalům. Cílem je tedy adaptace systémů (dýchací, oběhový a další) na vysoké fyzické zatížení (Krejčí in Máček & Radvanský, 2011).

Koncepce plaveckého tréninku musí zahrnovat rozvoj obou složek nutných pro výkon, a to v poměru odpovídající specializované disciplíně plavce. Platí to i pro obě krajní tratě, kterými jsou sprint 50 m PP, RP a vytrvalostní trať 1500 m PP. Při stejné technické úrovni vždy bude ve výhodě plavec s vyšší kondiční úrovní, tedy i vyšší úrovní aerobní i anaerobní síly. Protože i pro sprinterský výkon platí, že čím vyšší bude aerobní kapacita, tím vyšší bude anaerobní výkon, jelikož bude využit laktát jako zdroj energie (Pyš, 1989). Dobrý aerobní systém je také nezbytný pro urychlení regeneračních procesů. Anaerobní výkon je přímo ovlivněn aspekty, jako je aerobní kapacita, anaerobní kapacita, pufrování a laktátová tolerance (Krejčí in Máček & Radvanský, 2011).

2.2 Posturálně-respirační souvislosti

2.2.1 Vymezení pojmů problematiky posturální stabilizace

Zabýváme-li se pohybem či zkoumáme sportovní zátěž, měli bychom zhodnotit všechny složky, které se na pohybu a jeho řízení uplatňují. Sportovní výkon není dán pouze svalovou silou, významně jej ovlivňuje také postura sportovce. Postura se následně může uplatňovat jako významný etiopatologický faktor celé řady tělesných poškození. Nemluvíme pouze o úrazech, ale především o repetitivních mikrotraumatech z neadekvátní posturální zátěže (Šafářová & Kolář in Máček & Radvanský, 2011). Rozlišujeme 2 úrovně posturálního řízení, kdy jedna nastavuje rozložení tonické svalové aktivity („držení těla“ - postura) a druhá slouží k vyrovnání vnitřních nebo vnějších sil („rovnováha“ - posturální stabilizace). Zatímco jsou obě úrovně neodmyslitelně vzájemně propojeny, oba neurofyziologické a funkční vztahy směřují k odlišným neuromuskulárním podkladům (Ivanenko & Gurfinkel, 2018). Posturou rozumíme aktivní držení pohybových segmentů proti působení zevních sil, kdy nejvýznamnějším představitelem je gravitační síla. S pohybem pak přichází nutnost vzdorovat rotačním a střížným vektorům reakční síly. Kompenzace tohoto působení je zprostředkována prostřednictvím koordinované aktivity antagonistických svalových skupin a zároveň vyvážená spolupráce svalů umožňuje aktivní vzpřímené držení těla. Proces, který vede k udržení rovnováhy během pohybu, označujeme termínem posturální stabilizace (Kolář, 2006).

Nezbytnou podmínkou pro vytvoření posturálního zajištění a součástí každého pohybu je optimální svalový tonus. Poruchy svalového tonu ovlivňují kvalitu i kvantitu pohybu. Abychom porozuměli kontrole držení těla (i během pohybu), musíme lépe vědět, jak je posturální tonus generován a udržován (Ivanenko & Gurfinkel, 2018). Popis těchto mechanismů není předmětem této diplomové práce, avšak je nutné zmínit širší kontext posturální stabilizace, abychom si uvědomili, že koordinovaná práce bránice, o které bude dále řeč, je jedním z článků složitého procesu. Systém umožňující vzpřímené držení těla se skládá ze 3 komponent (senzorická, řídicí a výkonná). Senzorickou složku reprezentují zejména propiocepce, exterocepce, zrak a vestibulární systém. Řídicí funkce je zprostředkována mozkem a míchou (Janda, 1982). CNS tak uplatňuje svoje programy svalových souher, které mají zajistit výhodnou posturální situaci (Šafářová & Kolář in Máček & Radvanský, 2011). Výkonnou složkou je pohybový systém, kdy zásadní úlohu hrají kosterní svaly, které dle Jandy (1982) „leží na křižovatce“ mezi řízením a výkonnou funkcí, navíc díky propioceptci hrají nezbytnou úlohu i v oblasti senzorické. Volní pohyb je realizován pouze tehdy, jestliže mají řídicí složky neustálý přísun senzorických vjemů (Janda, 1982; Janda & Vávrová, 1992).

Pohybový systém utváří předlohu pro vzpřímené držení těla, kdy zásadní vliv má postavení pánve a hrudníku (Kolář, 2006). Pro zajištění postury je nutné zpevnění trupu (Janura, 2003). Každá pohybová aktivita se vždy odráží v celé postuře (Kolář, 2006). Cílená pohybová aktivita, jakožto nákročná a opěrná funkce končetin, je následně realizovatelná díky posturálnímu zajištění, jinými slovy aktivací svalů stabilizujících páteř (extenzory páteře, flexory krku, bránice, břišní svaly a svaly pánevního dna). Jejich akcí vzniká nitrobřišní tlak, který se tak stává oporou páteře. Výsledkem je poskytnutí relativní pevnosti skloubení, které představuje punctum fixum svalů končetin, které tak mohou projevit svoji sílu (Kolář, 2006).

Stabilizační funkce svalů se odvíjí dle kvality řídicích procesů CNS, probíhá automaticky a mimovolně. Nábor svalů při stabilizaci si jedinec nevědomky a zcela automaticky fixuje a aplikuje jej ve všech svých motorických projevech. Volní korekce je značně omezená (Kolář, 2006). Nejedná se o stereotypní reflexy ani o předprogramované reakce, ale o funkční adaptabilní chování pro koordinované posturální reakce (Enoka, 2008; Véle, 1997). CNS musí být schopen předvídat pohyb a stabilizovat trup, aby poskytl stabilní základnu, o kterou se mohou opřít svaly,

keré pohyb provádějí (Kolář et al., 2012). Pro dokonalou adaptabilitu je třeba mít v zásobě mnoho programů, které se získávají a formují procesem učení (Véle, 1997). Cílem je dosažení centrovaného postavení kloubů (nejen páteře), kdy jsou tahy v rovnováze a dochází k neekonomičtějšímu zatížení struktur (Kolář, 2006).

Nesoulad mezi zamýšleným pohybem a posturální motorikou, vznikající špatným a neadekvátním nastavením výchozí polohy při vadném držení těla (VDT), vede ke zhoršení pohybového efektu. Neúměrnou a stereotypní zátěží trpí pohybový aparát (Kolář, 2002, Véle, 2006). V první fázi se bavíme o funkčních poruchách, jejichž podstatou je omezení určitých pohybů, které jsou za normálních podmínek řízeny tak, aby nezatěžovaly kloubně svalovou jednotku. Tato jednotka je zdrojem informací o možnosti ohrožení přetížením (Rašev, 1992). Funkční porucha se může vyvinout do podoby strukturální léze. Zároveň každé poranění či trauma doprovází porucha funkce. VDT je nevýhodným pohybovým programem, který provázejí bolesti a potíže omezující rozsah pohybu (Kolář, 2002, Véle, 2006). Nedostatečnost v posturální stabilizaci, která je zjevná při VDT, pozorujeme při zvýšených křivkách páteře, decentraci kloubů, při převládající aktivitě povrchových svalů, iradiaci aktivity do vzdálených segmentů nesouvisejících s pohybem a při chybném náboru aktivace svalů. Porucha stabilizace se může také projevit subjektivním pocitem nejistoty, v nejvyšším stupni dokonce závratí, které mohou vyústit v pády (Kolář, 2009, Véle, 2006).

1) Hluboký stabilizační systém

Všeobecně je uznáváno, že stabilizace těla při pohybu je koncipována v jádře, které se nachází v centru těla. V anglicky psané literatuře se užívá termín „core“, co ale toto označení anatomicky přesně představuje, není úplně jasné (Kibler, Press, & Sciascia, 2006). Čeští autoři nejčastěji mluví o hlubokém stabilizačním systému páteře, do kterého zahrnují hluboké extenzory páteře, hluboké flexory krku, bránici, břišní svalstvo a pánevní dno (Frank, Kobesova, & Kolář, 2013).

2) Bránice

Bránice je primárním svalem aktivní ventilace. Tento hlavní nádechový sval je zároveň nejvýraznějším článkem, jehož kontrakcí je iniciován správný intraabdominální tlak (Willson,

Dougherty, Ireland, & Davis, 2005), který je zodpovědný za stabilizaci páteře a posturální rovnováhu prostřednictvím excentrické kontrakce břišních svalů (Kolář, 2006). Intraabdominální tlak se uplatňuje také při defekaci, močení a porodu. Bránice rovněž hraje důležitou roli ve vaskulárních a lymfatických systémech a také se významně podílí na gastroesofageálních funkcích, jako je polykání, zvracení a přispívá ke gastroezofageální refluxní bariéře (Adamek, Czyzewski, Gzik-Zroska, & Rydel, 2017).

2.2.2 Respirační souvislosti posturální stabilizace trupu

Během raného posturálního vývoje funguje bránice především jako dýchací sval. Při pokračujícím zrání a vývoji CNS ve věku přibližně 4 ½ měsíce je již plně stabilní sagitální stabilizace páteře, pánve a hrudníku pro následné pohyby v rovině transverzální (např. válení a otáčení), a nakonec pro přechod do vzpřímené polohy. Bránice začíná plnit svou duální funkci jako dýchací i posturální sval ve věku přibližně 6 měsíců, kde je břišní dýchání koordinováno s hrudním dýcháním (Frank, Kobesova, & Kolář, 2013). Pro mechanickou účinnost dýchání je důležitá správná funkčnost bránice, která závisí převážně na jejím anatomickém uspořádání s dolními žebry. Oblast připojení bránice na dolní žebra označujeme jako apoziční zónu, která je rozhodujícím faktorem efektivní délky svalových vláken, tj. udržení vertikální polohy svalových vláken spolu s posterolaterálními pohyby spodních žeber. Ve vzpřímené poloze během klidového dýchání se axiální délka zmenšuje a brániční klenba se snižuje vzhledem k jejím žeberním úponům. Výška apoziční zóny klesá asi o 15 mm, zatímco brániční kopule zůstává relativně konstantní ve velikosti a tvaru. Při maximální inspirační kapacitě plic je apoziční zóna téměř nulová (Goldman & Mead, 1973). Oblast apoziční zóny je řízena břišními svaly a určuje napětí bránice.

Během fáze nádechu, kdy se bránice kontrahuje a klesá dolů do břišní dutiny, se intraabdominální tlak zvyšuje a břišní stěna se rozepíná ve třech rozměrech s doprovodnou rotací žeber směrem ven. Břišní stěna svou excentrickou kontrakcí všech břišních svalů brání kaudálnímu posunu bránice a tak udržuje zónu apozičního uspořádání dostatečně dlouhou, aby produkovala posterolaterální expanzi spodních žeber a tím maximální sílu bránice. Nižší aktivita břišních svalů umožňuje posun viscerálních orgánů. Při klidovém dýchání a dostatečně pohyblivém hrudníku by nemělo docházet k výraznějšímu vyklenutí břicha. Břišní svaly spolu s pánevním dnem při svém

správném fungování odporují tlaku útrobu. V další fázi dechového cyklu převládne koncentrická aktivita břišní stěny a s ní komprese vnitřních orgánů. Centrum tendineum bránice získá oporu o orgány, což umožní během výdechu posun bránice kraniálně spolu s vytočením žeber dovnitř (DeTroyer & Estenne, 1988).

Se snížením ZOA (v suboptimální poloze), má bránice menší schopnost nasávat vzduch do hrudní dutiny. Jedná se o následek menšího kaudálního pohybu bránice při kontrakci a méně účinnému napětí na žebrech. V důsledku toho se mohou vyvinout adaptační dýchací strategie, jako je zvýšená relaxace břišních svalů během inspirace nebo zvýšené zapojování pomocných nádechových svalů (Lando, Boiselle, & Shade, 1999). Tato situace vede k několika možným negativním důsledkům. V první řadě se objevují respirační komplikace jako je dyspnoe a snížená ventilační účinnost, což vede ke snížení tolerance fyzické zátěže. Dalším důsledkem je snížení intraabdominálního tlaku a s ním vznikající nedostatečné zpevnění páteře, prohloubení jejich křivek (zvýšená lumbální lordóza a hyperkyfóza hrudníku), lumbo-pelvická nestabilita, bolesti dolní části zad a sacroiliacálního skloubení. Objevuje se inspirační postavení hrudníku, zvýšená aktivita paraspinálních svalů, thoracic outlet syndrom i bolesti hlavy (Boyle, Olinick, & Lewis, 2010).

Posturální funkce bránice je chápána v kontextu posturální stabilizace trupu během repetitivních volných pohybů končetin, a je neoddelitelně spojena s funkcí dýchání. Předpokládá se, že posturální reakce tohoto typu reagují na výzvu k posturální stabilitě způsobené reaktivními silami z pohybu končetin (Bouisset & Zattara, 1981). Tato dvojí funkce (dechová a posturální) probíhá současně. Trupová stabilizace udržuje všechny páteřní segmenty v biomechanicky neutrální poloze v průběhu jakéhokoli pohybu. Je závislá na dynamické koordinaci mnoha synergických a antagonistických svalů pro přesnou kontrolu nadměrného pohybu v kloubu (Hodges, Eriksson, Shirley, & Gandevia, 2005; Kolář, 2006). Několik výzkumů potvrzuje teorii duální funkce bránice. Skladal a jeho kolegové již v roce 1969 jako první poskytli nepřímé důkazy o funkci bránice během posturální kontroly. Tyto studie dokumentovaly její kontrakci před zapojením rectus abdominis během přípravy na stoj na špičkách (Skladal, Skarvan, Ruth, & Mikulenko, 1969). Další studie ukázaly blízký vztah mezi transdiafragmatickým tlakem a intraabdominálním tlakem. Hemborg et al. zjistili, že bránice je tonicky aktivována během zvedání předmětů (Hemborg, Moritz, & Löwing, 1985). Prvním přímým důkazem o přispění k posturální kontrole trupu byl demonstrován

Hodgesem a kolegy. Ti ukázali, že elektromyografická aktivita bránice se zvýšila (bez ohledu na fázi dýchání) před nástupem aktivity svalu odpovědného za pohyb kontralaterální horní končetiny, což je připisováno zvýšení transdiafragmatického tlaku (Hodges, Butler, McKenzie, & Gandevia, 1997). Další studie provedené Hodgesem poskytly potvrzení této funkce. Když subjekty prováděly stejný úkol v sedu bez opory trupu, došlo ke stejné aktivaci bránice jako při stožení. Aktivita bránice byla detekována i při pohybu v jediném článku distálních segmentů horní končetiny. Navíc amplituda elektromyografické aktivity byla lineárně spojena se zrychlením končetiny, a tím i silou působící na páteř. Rychlý opakovaný pohyb horní končetiny během apnoe také vedl k aktivaci bránice (Hodges & Gandevia, 2000). Rychlý pohyb horní končetiny minimálně narušuje proces dýchání. Opakované úkoly (opakované pohyby např. horní končetinou), které vyžadují posturální kontrolu trupu (Zedka & Procházka, 1997), představují výzvu pro CNS k souběžné koordinaci respiračních a nerespiračních funkcí. Koordinace funkcí bránice je také zapotřebí při expulsních manévrech, jako je zvracení (Grelot & Miller, 1994), kašel (Leith et al., 1986), močení, defekaci a porodu (Taylor, 1960). Když CNS čelí konfliktu mezi dýcháním a posturou, vždy je upřednostněno dýchání (Hodges, 2001).

Únava dýchacích svalů byla spojena s neúčinnými strategiemi posturálního řízení, což bylo zjištěno i u pacientů s bolestmi v dolní části zad (LBP - low back pain). Únava dýchacích svalů je jednou z možných příčin remise LBP (Janssens et al., 2010). Janssens et al. (2015) prokázali, že 8týdenní trénink nádechových svalů zlepšil proximální trupovou strategii na úkor kotníkové balanční strategie, což zároveň vedlo ke snížení LBP. Zdá se, že snížení svalové síly bránice má za následek její zvýšenou pozici se zaměřením na dýchání, kdežto trénink nádechových svalů vedl k aktivnímu snížení bránice, která tak mohla být využita pro posturální kontrolu. Posturální poruchy můžou být důsledkem respiračních pohybů hrudníku a břicha, proto musí být posturální stabilita následně kompenzována souhyby krku, dolních končetin či pánve (Hodges et al., 2002).

Výzkumná činnost v České republice významně přispívá k poznatkům posturálně respirační problematiky. Dvě zajímavé studie bránice prováděné profesorem Kolářem a spol. prokázaly, že posturální funkce může být dobrovolně kontrolována a nezávislá na dýchání. Výsledky ukázaly, že posturální poloha bránice je nižší nebo podobná pozici dýchání u 81 % subjektů, avšak ROM bránice během dýchacích i posturálních činností se mezi jednotlivci liší. Existuje také významná

korelace mezi dechovým objemem a ROM bránice (Kolář et al., 2009) Druhá studie profesora Koláře ukázala, že dvojí funkce bránice může být provedena současně. Bránice může vykonávat dechovou funkci i během její nižší pozice, pro zajištění dostatečného intraabdominálního tlaku, který je vyžadován pro posturální úlohu (Kolář et al., 2012). Na základě výsledků obou výše zmíněných studií dospěli autoři k závěru, že existuje individuální schopnost řídit posturální funkci bránice. Jedinci s omezenou schopností kontrakce pro stabilizaci těla mohou mít vyšší pravděpodobnost výskytu bolesti zad. V jiné studii Novák, Rychnovská, Rychnovský a Vostatek (2013) prokázali, že pacienti s mírnou bolestí v zádech vykazují o polovinu menší ROM bránice ve srovnání se zdravými subjekty. Čumpelík, Krobot, Strnad, Veverková a Véle (2006) pozorovali pohyby bránice prostřednictvím magnetické rezonance. V práci uvádějí, že s každou změnou pozice hlavy se změnila poloha bránice a s ní mechanika dýchání. V závěru své práce vyvracejí představu, že bránice se při dechových pohybech chová jako píst, jež nasává vzduch. Toto tvrzení nelze všeobecně aplikovat. Píst dle slov autorů je volně pohyblivý v dutině, bránice je ale přirostlá ke stěně tělní dutiny a rozděluje ji na část hrudní a břišní. Pohyb bránice připodobňují práci membránového čerpadla. Bránice je aktivním zdrojem síly a není homogenní ve svém průběhu. Z výsledků magnetické rezonance je zjevné, že bránice může individuálně zapínat své přední nebo zadní svalové snopce podle potřeby posturální funkce, jako je tomu např. při změně postavení hlavy.

Cílená snaha pevného držení těla může nepřímo změnit mechaniku dýchání (Kolář et al., 2012). Hirjaková et al. (2017) ve svém výzkumu potvrzují změny dýchání během testování klidového stoje na pěnové podložce s využitím biofeedbacku. Navzdory instrukcím dýchat volně během všech měření, subjekty změnilly dechový stereotyp a soustředily se na zadaný úkol (biofeedback balance task – udržet co nejmenší výkyvy COP). Výsledky měření ukázaly významné snížení amplitudy a rychlosti COP v obou směrech (nárůst stability), významné snížením dolního hrudního dýchání spolu se sníženým dechovým objemem a zvýšenou frekvencí dýchání. Vizualní biofeedback je pouze jedna z reprezentativních podmínek vyžadující vyšší koncentraci při kontrole posturálních pohybů. Zjištěné změny v dechovém vzoru by byly pravděpodobně pozorovány v mnoha dalších každodenních situacích, které vyžadují zvýšenou koncentraci na přesné pohyby těla, jako je držení sklenice plné vody nebo přesný cílený pohyb ruky. Snížené dýchací pohyby

a objemy, stejně jako zvýšená frekvence dýchání jsou pravděpodobně součástí strategie aktivované k maximálnímu vylepšení rovnováhy.

Výzkumy, které se zabývaly posturální stabilitou (případně nerovnováhou), používají odlišné testovací platformy a vlastní výcviková zařízení (Stanton, Reaburn, & Humphries, 2004), často bez další pozornosti na detaily, které mohou ovlivnit výsledky testů, jako jsou: stisk pěsti, sevření čelistí, aktivace svalů pánevního dna nebo zádrž dechu testovaného (Ivančíc, Kuzmanic, & Miketa, 2017). Hagins, Hodges, Massery, Moerchen, & Stafford (2013) zkoumali blíže vliv glottis na posturální stabilitu. Stav uzavřené glottis, tedy zádrž dechu, přispěla k pevnosti hrudníku, což ale nutně neznamenalo zlepšení dynamické kontroly, která je potřebná k účinnému ovládní CoP. Otevřená glottis pak představuje nestabilní podmínky jak pro hrudník, tak i pro kontrolu CoP. Těmito manévry si testovaný pomáhá pro zvýšení posturální stability, komplikuje tak objektivní zhodnocení efektivnosti aplikované terapie.

2.2.3 Dechový trénink pro ploutvové plavce

Trénink dýchacích svalů (RMT – respiratory muscle training) se využívá v oblasti fyzioterapie a plicní rehabilitace jako prostředek pro zlepšení ventilačních parametrů a funkce dýchacích svalů u pacientů s dechovými problémy a nemocemi plic a také u neurologicky nemocných, pro které je nedostatečná síla dýchacích svalů limitem v každodenním životě (Neumannová, 2013). Zároveň se jedná o moderní tréninkovou metodou k optimalizaci sportovního výkonu (HajGhanbari et al., 2013). Illi, Held, Frank a Spengler (2012) provedli systematickou review s meta analýzou efektu RMT u zdravé populace. Vyhodnotili, že RMT zlepšuje vytrvalostní výkon u zdravých jedinců, především pak u těch, co jsou na tom fyzicky hůř a mají tak větší potenciál pro zlepšení. Nejlepších výsledků je dosaženo při sportech s delší dobou trvání. Dva nejčastější typy RMT (silový trénink nádechových svalů a trénink vytrvalosti nádechových svalů) se významně neliší ve svém účinku, zatímco kombinace tréninku inspiračního svalstva a následně také tréninku expiračního svalstva se zdá být efektivnější. U zdravých jedinců byla provedena studie (Downey et al., 2007), která se zabývala změnou tloušťky bránice v závislosti na respiračním tréninku nádechových svalů (IMT – inspiratory muscle training). Pro měření tloušťky byl využit ultrazvuk. Po 4 – 8 týdnech IMT se tloušťka bránice zvětšila průměrně o 12 %. Se zvýšením

tloušťky bránice souviselo i zvýšení svalové síly nádechového svalstva. Svalová síla se po 4 týdnech IMT zvýšila o 24 %, zatímco tloušťka bránice se již dále neměnila. Svalová síla po 8 týdnech IMT byla o 41 % vyšší než na začátku.

Boutellier a Piwko (1992) uvedli, že dechové funkce mohou limitovat sportovní výkon trénovaných jedinců. Oslabením nádechových svalů dochází ke ztížení dechové práce, může tak dojít ke zvýšené únavě a snížení vytrvalosti. Závodní plavání je jednou z nejnáročnějších aktivit pro dechovou práci. Toto tvrzení dokládá studie, která prokazuje, že plavání zatěžuje nádechové svalstvo nejvíce ze všech sportů (McConnell & Lomax, 2003). Po 200 m dlouhém úseku, který profesionální plavci plavali na 90 – 95 % maxima, poklesla síla nádechového svalstva o 29 %. V průběhu 200 m úseku se plavci v průměru nadechli pouze 70krát a výkon trval přibližně 2,5 minuty. U sportů, které jsou prováděny na souši při intenzitě 90 až 95 % maxima po dobu 2,5 minuty, poklesne svalová síla nádechového svalstva o 10 až 20 %. Nádechové svalstvo je také přibližně o 16 % slabší v poloze, kdy plavec leží na vodě v porovnání se stojem na souši. HajGhanbari et al. (2013) provedli systematickou review s meta-analýzou efektivnosti RMT u celé řady sportů. Jednoznačně potvrzují, že se jedná o efektivní metodu, která zvyšuje sportovní výkon, je však nutné adekvátní zvýšení zatížení, aby bylo dosaženo benefitů. Je žádoucí vytvoření optimálních protokolů pro jednotlivé sporty. Nedostatečný efekt v některých studiích u plavců je dán nízkým odporem, jelikož plavci jsou již zvyklí dýchat proti odporu vodního prostředí. Mohou být zároveň na hranici svého dechového maxima. Častým problémem zahrnutých studií je také velký nebo střední efekt na malém výzkumném vzorku. Úroveň fyzické kondice během RMT nehraje žádnou roli ve vztahu k síle svaloviny, protože výkony dýchacích svalů se v podobném rozsahu zlepšují při všech úrovních kondice (Illi, Held, Frank, & Spengler, 2012; Wylegala, Pendergast, Gosselin, Warkander, & Lundgren, 2007). Illi, Held, Frank a Spengler (2012) také diskutovali věk týkající se benefitů po RMT a zjistili, že úroveň kondice je důležitější než věk v tom, že ovlivňuje míru celkového zlepšení výkonu po RMT. Během tréninku dýchacích svalů je důležité určení optimální intenzity, délky a druhu cvičení, v korelaci s tréninkem jiné příčně pruhované svaloviny. Trénink může být zaměřen na sílu i vytrvalost dýchacích svalů, nebo na zlepšení zapojení dýchacích svalů do nádechu a výdechu (Neumannová & Zatloukal, 2011).

Harms et al. (1997) našli vzájemný vztah mezi dechovou prací a prouděním krve na periférii (dolní končetiny) během maximální zátěže na ergometru. Poté několik autorů (St Croix et al., 2000, Sheel et al. 2001, 2002) dospělo k závěru, že vasokonstrikční stimul (metaboreflex) pro končetiny vznikl uvnitř nádechových svalů. Jak připomíná McConnell (2009), tento reflex se zdá být aktivován, když se akumulují metabolity v nádechových svalech. Tyto metabolity skutečně stimulují aferentní nervová vlákna, čímž dochází ke zvýšení neurálního toku sympatiku, který vyvolá generalizovanou vasokonstrikci. Ta vede k přesměrování krve z pohybového aparátu na dýchací svaly. Nádechová svalová únava snižuje průtok krve v pracujících končetinách a zhoršuje tak jejich únavu (Romer, Lovering, Haverkamp, Pegelow, & Dempsey, 2006). V důsledku toho lze předpokládat, že RMT může zlepšit výkon. Tuto hypotézu potvrdili McConnell a Lomax (2006), kteří naznačili, že trénink nádechových svalů zmírňuje nebo zpomaluje vyvolané vazomotorické změny.

Dostálová (2016), ověřovala efekt respiračního tréninku s pomůckami Threshold® PEP a IMT u vybrané skupiny mladých plavců s ploutvemi ($n = 28$; věk = $12,25 \pm 2,6$ let). Síla nádechových svalů se zlepšila v průměru o 24,9 % a síla výdechových svalů o 15,3 %. Signifikantní zlepšení u plaveckých disciplín bezprostředně po ukončení tréninku dýchacích svalů bylo zaznamenáno pouze u dvou ze tří sledovaných disciplín. V disciplíně RP max se závodníci zlepšili o 4,8 m a v disciplíně 50 PP o 0,4 sekundy. Přetrvávající efekt měsíc po skončení intervence pomocí dechových trenažérů u experimentální skupiny byl zaznamenán ve sledovaných ventilačních parametrech a u disciplíny plavání s ploutvemi RP max.

Neumannová, Vašíčková a Svozil (2017) provedli pilotní studii, která rovněž potvrzuje efektivnost RMT. Po měsíční intervenci se hodnoty ústních tlaků výrazně zvýšily. P_Imax o 20,8 % a hodnota P_Emax se zvýšila o 10,6 %, což znamenalo zlepšení síly inspiračních a výdechových svalů. Také zjistili významné rozdíly v parametrech P_Imax (13,4 %) a P_Emax (23,1 %) v kontrolní skupině, která nejprve prováděla klasický trénink, a následně k příštímu tréninku byl přidán trénink s dechovými trenažéry. Po absolvování RMT došlo k mírnému zvýšení ventilačních parametrů, avšak výsledky nebyly signifikantní. Dále byl ve studii posuzován efekt tréninku na uplavané metry na 1 nádech tzv. Apnoe max (AP max) test (v naší studii pod označením RP max). Plavci experimentální skupiny v průměru uplavali o 11,36 metrů více (27,4 %), což ukazuje na významné

zlepšení AP max po kombinaci RMT s pravidelným plaveckým tréninkem. Experimentální skupina výrazně zlepšila vzdálenost AP max nejen bezprostředně po měsíčním experimentu (27,4 % a 20,7 %), ale účinek trval delší dobu (23 % v EG). Další výhodou RMT tréninku může být zvýšená roztažitelnost hrudníku, což ovlivňuje držení těla na hladině. To je důležité pro všechny disciplíny ploutvového plavání. Vyšší expanze hrudníku je také spojená se zvýšenou inspirací, která může být prospěšná i pro plavání pod vodou (Neumannová, Vašíčková & Svozil, 2017).

2.2.4 Posturálně-dechový trénink

Jestliže jsou pro trénink dýchacích svalů využity posturálně náročnější pozice a jedinec je tak nucen koordinovat (trénovat) bránici v její posturální i dechové funkci, lze hovořit o posturálně-dechovém tréninku. Tato metoda vychází z fyziologického vlivu dýchání jak na metabolismus, tak na posturální stabilitu. V tréninku se pak uplatňuje postupné zvyšování dechového odporu přes trenažéry spolu s posturálně náročnějšími cviky (statické i dynamické). Nádechové a výdechové svaly, na které je primárně cílený odporový trénink s trenažéry, jsou důležité nejen pro dechovou funkci, ale jsou také zapojeny do pohybu těla vpřed. Trénink lze doplnit o balanční pomůcky a tím dále navýšit jeho náročnost. Kombinován je tak efekt dechového i balančního tréninku. Označení posturálně-dechový trénink se v zahraniční odborné literatuře neobjevuje (Neumannová, osobní sdělení, 2018).

Samotný balanční trénink je hojně využívanou metodou ve fyzioterapii, zejména pro zlepšení rovnováhy. Zech et al. (2010) provedli systematickou review přínosu balančního tréninku pro sportovní výkon. V práci uvádějí, že nejčastějším důvodem zařazení balančního tréninku je optimalizace či zvýšení sportovního výkonu a prevence zranění. Tento typ tréninku zlepšuje neuromuskulární kontrolu prostřednictvím rozvoje propioceptivního vnímání. Z výsledků vyvozují, že zhoršená rovnováha je predilekcí pro výskyt zranění, tím se balanční trénink stává nástrojem pro zlepšení zdravotního stavu a sportovního výkonu. Efektivita balančního tréninku byla potvrzena v celé řadě dalších studií (Aman, Elangovan, Yeh, & Konczak, 2015; Emery, Cassidy, Klassen, Rosychuk, Rowe, 2005; McGuine, & Keene, 2006).

Posturálně-dechový trénink se zatím v přípravě ploutvových plavců standardně nevyužívá (Svozil, osobní sdělení, 2018) přesto, že se efekt dechového tréninku potvrdil v celé řadě

sportovních odvětví a je také moderní tréninkovou metodou k optimalizaci sportovního výkonu (HajGhanbari et al., 2013). Své zastoupení má také v oblasti fyzioterapie při léčbě celé řady poruch pohybového systému včetně poruch dýchání i u vadného držení těla (Neumannová, 2013) či rovnováhy (Poláková, 2018). Na základě poznatků posturálně-respiračních souvislostí uvedených v této diplomové práci možné usuzovat, že posturálně dechový trénink by mohl mít význam i pro sportovce věnující se ploutvovému plavání. Tento typ tréninku by mohl napomoci kompenzaci zátěže, kterou plavci každodenně podstupují. Nádechové a výdechové svaly, na které je primárně cílený odporový trénink s trenažéry, jsou důležité nejen pro dechovou funkci, ale jsou také zapojeny do pohybu těla vpřed. Vycvičit koordinaci bránice (hlavní nádechový sval) v její posturálně-dechové funkci specifickým cvičením by mohlo napomoci ke zlepšení jejich sportovního výkonu a optimalizaci zdravotního stavu.

3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

3.1 Cíl

Hlavním cílem této práce je zhodnotit vliv posturálně-dechového tréninku na sportovní výkon, rovnovážné a dechové funkce u ploutvových plavců.

3.2 Výzkumné otázky

V1: Jak se mění ventilační parametry, síla dýchacích svalů a globální funkce nádechových svalů ploutvových plavců po 4 týdnech běžného tréninkového plánu a jak po 4 týdnech, kdy byl přidán posturálně-dechový trénink k běžné přípravě v bazénu?

V_{1a1}: Jak se mění ventilační parametry ploutvových plavců po absolvování běžného tréninkového plánu?

V_{1a2}: Jak se mění ventilační parametry ploutvových po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

Poznámka k V_{1a1} a V_{1a2}: Hodnoceny byly parametry vitální kapacity, usilovné vitální kapacity a vrcholového výdechového průtoku vyjádřené procentuálně vztahem k náležité hodnotě normy.

V_{1b1}: Jak se mění síla nádechových a výdechových svalů ploutvových plavců po absolvování běžného tréninkového plánu?

V_{1b2}: Jak se mění síla nádechových a výdechových svalů ploutvových plavců po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

Poznámka k V_{1b1} a V_{1b2}: Hodnocen byl maximální nádechový ústní tlak vyjádřený procentuálně vztahem k náležité hodnotě normy a parametr maximální výdechový ústní tlak vyjádřený procentuálně vztahem k náležité hodnotě normy.

V_{1c1}: Jak se mění globální funkce nádechových svalů ploutvových plavců po absolvování běžného tréninkového plánu?

V_{1c2}: Jak se mění globální funkce nádechových svalů ploutvových plavců po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

Poznámka k V_{1d1} a V_{1d2}: Hodnocen byl okluzní ústní tlak, index dechové práce a respirační kapacita.

V2: Jak se liší výkon v jednotlivých plaveckých disciplínách ploutvových plavců po 4 týdnech běžného tréninkového plánu a jak po 4 týdnech, kdy byl přidán posturálně-dechový trénink k běžné přípravě v bazénu?

Poznámka k V2: Hodnoceno plaveckými testy: Test plavání na 1 nádech (RP max), Test na 100 m, Test „rozložená“ trať na 200 m, Test na 400 m.

V_{2a1}: Jak se liší sportovní výkon v disciplíně plavání na 1 nádech (RP max) po absolvování běžného tréninkového plánu?

V_{2b1}: Jak se liší sportovní výkon v disciplíně na 100 m po absolvování běžného tréninkového plánu?

V_{2c1}: Jak se liší sportovní výkon na „rozložené“ trati na 200 m po absolvování běžného tréninkového plánu?

V_{2d1}: Jak se liší sportovní výkon v disciplíně na 400 m po absolvování běžného tréninkového plánu?

V_{2a2}: Jak se liší sportovní výkon v disciplíně plavání na 1 nádech (RP max) po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

V_{2b2}: Jak se liší sportovní výkon v disciplíně na 100 m po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

V_{2c2}: Jak se liší sportovní výkon na „rozložené“ trati na 200 m po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

V_{2d2}: Jak se liší sportovní výkon v disciplíně na 400 m po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

Poznámka k V_{2a1} a V_{2a2} : Hodnocena byla dosažená vzdálenost v metrech.

Poznámka k V_{2b1} , V_{2b2} , V_{2c1} , V_{2c2} , V_{2d1} , V_{2d2} : Hodnocen byl dosažený čas v sekundách.

V3: Jak se liší výsledky ve zvoleném testu pro ověření rovnovážných funkcí (vybrané ukazatele posturální stability) po 4 týdnech běžného tréninkového plánu a jak po 4 týdnech, kdy byl přidán posturálně-dechový trénink k běžné přípravě v bazénu?

V_{3a1}: Jak se liší výsledky ve zvoleném testu pro ověření rovnovážných funkcí po absolvování běžného tréninkového plánu?

V_{3a2}: Jak se liší výsledky ve zvoleném testu pro ověření rovnovážných funkcí přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

Poznámka k V3: Hodnoceny byly parametry směrodatné výchylky COP (SD_x , SD_y) a rychlost výchylky COP (V_x , V_y , V) při zavřených a otevřených očích během korigovaného stoje o úzké bázi na Airex podložce s horními končetinami v zákrytu.

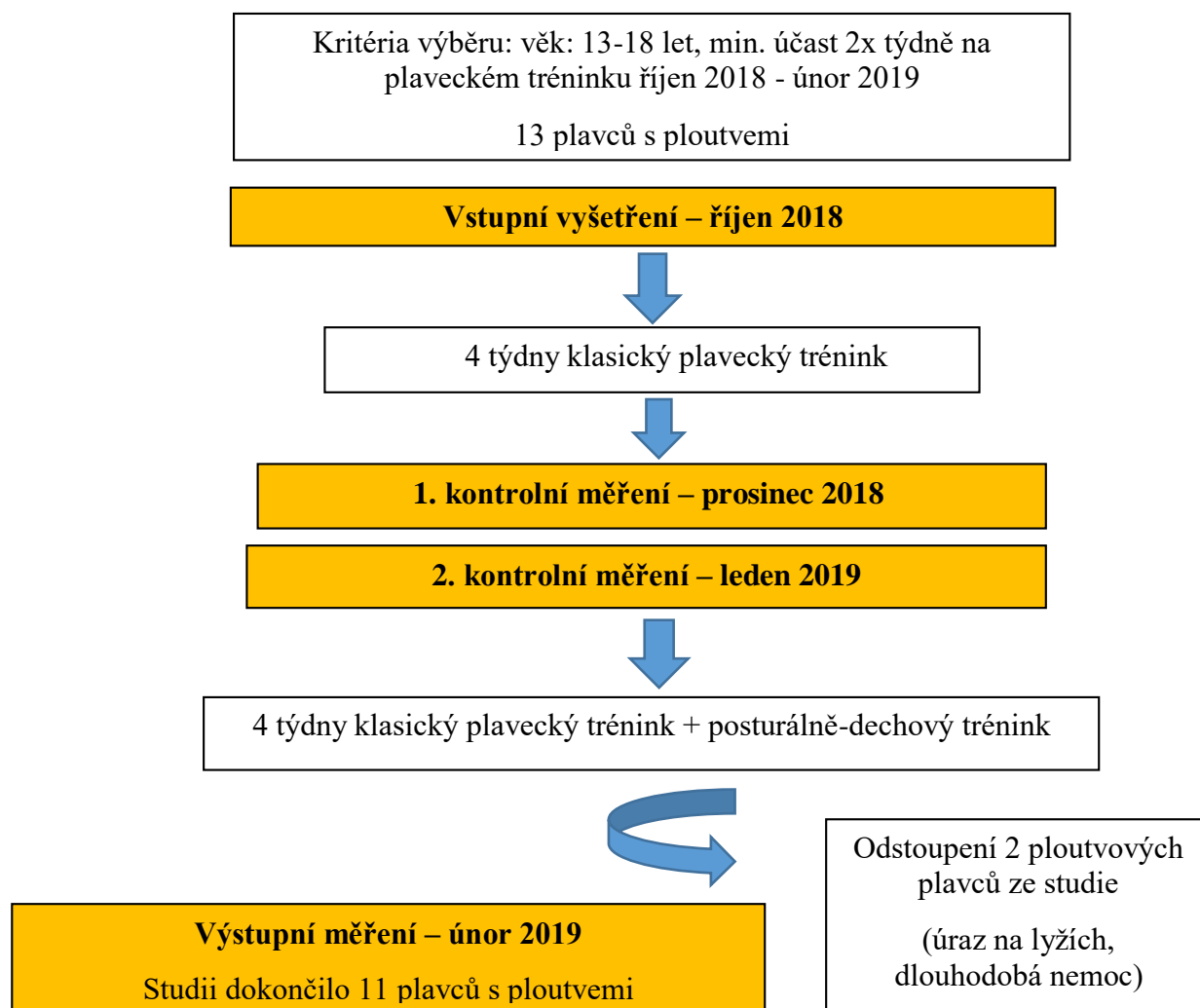
4 METODIKA

4.1 Design studie

Výzkumná část diplomové práce se uskutečnila pod záštitou Katedry fyzioterapie na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci v období listopadu 2018 – února 2019. Před zahájením činnosti na výzkumném projektu byla zpracována a odeslána žádost etické komisi o schválení výzkumu. Následně byl získán souhlas od Etické komise Fakulty tělesné kultury (FTK) Univerzity Palackého s tímto projektem (Příloha 1). Pro spolupráci byli osloveni plavci z týmu SKP Olomouc ve věku 13 – 18 let. Všichni oslovení účastníci studie byli podrobně seznámeni s průběhem vyšetření, následným měřením a s cílem výzkumu. Rodičům nezletilých účastníků byl zaslán informovaný souhlas. Následně svým podpisem vyjádřili souhlas (u dětí souhlas zákonných zástupců) se zařazením do studie. Poté byla provedena vstupní, kontrolní a výstupní klinická vyšetření (odběr anamnestických údajů, spirometrické vyšetření, diagnostika síly dýchacích svalů, vyšetření rovnováhy, plavecký test) v Aplikačním centru Baluo, Centru kinantropologického výzkumu, FTK UP Olomouc, v prostorech Centra léčby bolestivých stavů a pohybových poruch (RRR centrum) a na Plaveckém stadiónu v Olomouci.

Cvičební program byl sestaven z následujících částí: instruktáž pro cvičení s dechovými trenažery, instruktáž pro každodenní samostatné domácí cvičení, 1x týdně (celkem 4x) nácvik nových pozic, korekce domácího cvičení a zvýšení odporu na dechovém trenažeru pod vedením fyzioterapeuta. Každý plavec obdržel obrazový materiál s popisem provedení jednotlivých cvičení (Příloha 2) a záznamový arch pro domácí cvičení (Příloha 3). Poté byly plavci zapůjčeny 2 dechové trenažery (nádechový trenažér POWERbreathe a výdechový trenažér EMST 150) a balanční pomůcka. Všichni oslovení ploutvoví plavci odevzdali vyplněný informovaný souhlas a anamnestický dotazník. Dále absolvovali vstupní spirometrické vyšetření, diagnostiku síly dýchacích svalů, vyšetření rovnováhy a plavecké testy. Následně všichni plavci absolvovali 4 týdny standartního plaveckého tréninku. Po měsíci od zahájení experimentu proběhlo první kontrolní spirometrické vyšetření, diagnostika síly dýchacích svalů, vyšetření rovnováhy a plavecké testy. Sledovány byly stejné parametry jako u vstupního měření. Následovalo krátké období bez tréninku (Vánoční svátky) a poté proběhlo 2. kontrolní měření, při kterém nyní byly navíc určeny tréninkové

hodnoty dechového odporu pro všechny plavce. Následující 4 týdny ploutvoví plavci pokračovali ve standardním plaveckém tréninku, ke kterému byl přidán posturálně-dechový trénink. Opět po měsíci bylo provedeno výstupní vyšetření a měření sledující změny v uvedených parametrech. Při zpracování dat byla zachována anonymita probanda a zajištěna ochrana osobních údajů. Účast probandů na měření byla dobrovolná a současně mohli od měření kdykoliv odstoupit.



Obrázek 3. Schéma průběhu experimentu a charakteristika souboru

4.2 Charakteristika souboru

Účast v projektu byla nabídnutá ploutvovým plavcům ve věku 13-18 let z hlavní tréninkové skupiny SKP Olomouc. Podmínkou účasti bylo plánované absolvování plavecké přípravy minimálně 2x týdně v období října 2018 - dubna 2019 a předchozí pravidelná účast na tréninku minimálně 3 roky. Experimentu se účastnilo 13 plavců. 2 plavci z důvodu nemoci a zranění neabsolvovali plavecký trénink a posturálně dechový trénink v hodnoceném rozsahu (alespoň 80 %), nedostavili se na všechna potřebná měření, tímto byli ze studie vyřazeni. Studii tak dokončili 4 chlapci a 7 dívek, jejichž data byla analyzována.

4.3 Metodika sběru dat

Vstupní data pro zařazení do výzkumného projektu byla získávána formou strukturovaného formuláře. Anamnestický dotazník zahrnoval údaje o pohlaví, věku, hmotnosti, výšce závodníků, specializaci v ploutvovém plavání, celkovém počtu plaveckých let a zdravotním stavu. Výsledky vstupních a výstupních měření, které následně byly v diplomové práci dále analyzovány, byly zapisovány do předem připravených formulářů. Sportovci, kteří právě prováděli posturálně-dechový trénink, zaznamenávali volnou formou splnění daného cvičení, své pocity a eventuálně důvody, proč trénink vynechali, do předem připravených deníků. Docházka na plavecký trénink byla kontrolována trenérem dle jejich zvyklostí.

4.4 Algoritmus měření

Při vyšetření byly využity certifikované přístroje (spirometr ZAN 100 Better Flow Handy USB a tenzometrické plošiny AMTI OR6-5) zapůjčené Fakultou tělesné kultury. Měření dechových funkcí prováděla a hodnotila doc. Mgr. Kateřina Neumannová, Ph.D, Plavecký test byl proveden doc. PhDr. Zbyňkem Svozilem, Ph.D. Rovnovážné funkce byly změřeny Bc. Markétou Janošcovou, která také vedla cvičební program ploutvových plavců.

4.4.1 Posturografické měření

Pro zhodnocení stability stoje v různých podmínkách byly využity tenzometrické plošiny AMTI OR6-5 (Advanced Mechanical Technology, Inc., Watertown, MA, USA; vzorkovací frekvence 200 Hz) v Centru kinantropologického výzkumu, FTK UP Olomouc. V biomechanické laboratoři byla zajištěna bezpečnost probandů při provádění experimentu a zachovány standardní podmínky měření. Před zahájením testování proběhlo zaškolení diplomantky v laboratoři rovnováhy pro samostatnou práci. Samotné měření na tenzometrických plošinách zajišťovala Markéta Janošcová, která také informovala probandy o vlastním průběhu měření, instruovala během měření a zajišťovala jejich bezpečnost.

Před zahájením každého měření byla provedena kalibrace tenzometrických plošin. Každé měření probíhalo s balanční podložkou Airex, proto se kalibrace plošin prováděla až po položení podložky na plošiny. Testování probíhalo tak, že si plavec stoupl na plošinu do korigovaného stoje o úzké bázi na kontakt obou nohou s horními končetinami v zákrytu jako při plavecké disciplíně (Obrázek 4). Za úkol měl soustředit pohled do vytyčeného bodu na stěně. Pro ztížení podmínek bylo zvoleno následné zavření očí. Po každém naměřeném pokusu byl proband vyzván, aby sestoupil z plošiny a pro další pokus opět nastoupil nahoru. Měření probíhalo naboso a testující diplomantka kontrolovala, aby bylo postavení na plošiny při každém pokusu totožné.

Z hygienických důvodů byl povrch plošiny po každém účastníkovi vydezinfikován jednorázovým ubrouskem. Testování na tenzometrických plošinách zahrnovalo 1 úkol. Jeden měřicí pokus trval 30 s. Úkol byl testován v randomizovaném pořadí, a to 3x se zavřenými očima a 3x s otevřenými očima. Randomizace byla poznamenána pro další výstupní měření. Probandi tedy museli šestkrát nastoupit a sestoupit z plošiny. Před zahájením testování měli možnost 3x si vyzkoušet stoj na airex podložce. Pro další výzkumné účely bylo zaznamenáno, zda plavec volil horní (krycí) ruku pravou či levou. Testování měli možnost si v případě únavy mezi pokusy odpočinout, sednout nebo se napít. Po naměření byly získány hodnoty o variabilitě pohybu v mediolaterálním směru (SD_x), anteroposteriorním směru (SD_y) a průměrné rychlosti CoP v mediolaterálním směru (V_x), anteroposteriorním směru (V_y) a celkovou rychlost CoP (V_a). Variabilita pohybu byla hodnocena v milimetrech a rychlost pohybu CoP v milimetrech za sekundu.

Měření zahrnovalo:

- 1) *Korigovaný stoj o úzké bázi na airex podložce s oční fixací pevného bodu ve výšce očí a s horními končetinami v zákrytu*

Probandi byli instruováni, aby se snažili po dobu měření stát co nejklidněji, s horními končetinami v doporučené pozici, přirozeně dýchali, nezadržovali dech, neměli zaťaté pěsti ani zuby, pokud možno nemluvili a dívali se do předem určeného bodu (značka na stěně). Během měření bylo zajištěno tiché a klidné prostředí. Stejně podmínky byly zachovány i při dalších pokusech.

- 2) *Korigovaný stoj o úzké bázi na airex podložce se zavřenýma očima a s horními končetinami v zákrytu*

Probandi byli instruováni jako při předchozí pozici, nyní však byli vyzváni k zavření očí v momentu, kdy se budou cítit zcela stabilní. Po krátkém ustálení se spouštělo měření.



Obrázek 4. Výchozí pozice posturografického měření

4.4.2 Spirometrické vyšetření a měření ústních tlaků

Základní spirometrické vyšetření a měření ústních tlaků probíhalo týden před zahájením experimentu v prostorech Centra léčby bolestivých stavů a pohybových poruch (RRR centrum). Na všechna vstupní, kontrolní i výstupní měření byl použit přístroj ZAN 100 Better Flow Handy USB (nSpire Health Inc., Oberthulba, Německo). Každý účastník byl předem informován o průběhu měření a po celou dobu instruován vyšetřující osobou. Byly zajištěny standardní podmínky měření a dostatečné soukromí. Plavci konzultovali svůj aktuální zdravotní stav s vyšetřující osobou, a byly následně poznamenány případné aspekty, které by mohly výsledky spirometrie i síly dýchacích svalů zkreslit. Pozice obou měření byla ve vzpřímeném sedu s oporou dolních končetin. Každý plavec dostal před vyšetřením svůj bakteriologický filtr a náustek. Testovaný si držel spirometr sám v obou rukou s oporou loktů o stůl. Dále byl instruován, aby pevně obemkl náustek rty. Úniku vzduchu nosem bylo zabráněno nosním klipem.

Spirometrické měření bylo zahájeno klidovým dýcháním, po kterém následoval plynulý maximální výdech. Po tomto maximálním výdechu provedl proband rychlý usilovný maximální nádech a ihned po něm rychlý usilovný maximální výdech. Poté bylo znovu období klidového dýchání. Celý postup se znovu opakoval. Z tohoto měření byly získány následující parametry: vitální kapacita, usilovná vitální kapacita a vrcholový výdechový průtok, které se zobrazovaly v připojeném notebooku. Pro další zpracování byly použity % náležité hodnoty normy. Měření maximálního nádechového ústního tlaku bylo zahájeno klidovým dýcháním, poté byl testovaný veden k plynulému maximálnímu výdechu a následně k silovému rychlému maximálnímu nádechu. Během výdechu vyšetřující aktivoval záklopku, proti níž se plavec snažil o maximální nádech, jakmile byl zahájen nádech s maximálním úsilím, respirační průtok se přerušil na 1-2 sekundy a zaznamenal se maximální tlak po přerušení respiračního průtoku.

Zjišťování maximálního výdechového ústního tlaku bylo opětovně zahájeno klidovým dýcháním, slovní pokyny poté vedly probanda k plynulému maximálnímu nádechu a poté k silovému rychlému maximálnímu výdechu. Také v tomto případě byla testující aktivována záklopka. Vyšetření se provádělo opakovaně, za validní hodnoty se považovaly nejlepší ze tří technicky dobrých manévřů. Doba trvání silového nádechu a i výdechu by měla být alespoň dvě sekundy. Využity byly hodnoty, které se navzájem nelišily o víc jak 10 %. Výstupem tohoto měření

bylo získání hodnot (nejvyšší dosažené) MIP a MEP, ze kterých odvozujeme sílu nádechového a výdechového svalstva. Výsledky maximálních nádechových a výdechových ústních tlaků byly dále srovnávány s hodnotami norem pro danou kategorii. Náležitě hodnoty (NH) byly spočítány pro každého plavce individuálně dle doporučení Wilsona, Cookea, Edwardse a Spira (1984) (Tabulka 1). Typ měřícího zařízení, věk i pohlaví jedince ovlivňuje hodnoty norem. V klinické praxi se pro stanovení hodnot cíleného tréninku dýchacích svalů naměřená data přepočítají z kPa na cmH₂O. 1 kPa představuje 10,1972 cmH₂O. Na základě vypočtených hodnot byly plavcům určeny počáteční odpory pro dechové trenažéry. Následně se odpor zvyšoval dle subjektivních pocitů a kvality dechového vzoru během provádění posturálně náročnějších úkolů pod dohledem fyzioterapeutky.

Tabulka 1. Konvenčně stanovené hodnoty norem pro MIP a MEP dle Wilson et al. (1984)

<i>normy</i>	<i>MIP</i>	<i>MEP</i>
<i>chlapci</i>	44,5 + (0,75 x hmotnost)	35 + (5,5 x věk)
<i>dívky</i>	40 + (0,57 x hmotnost)	24 + (4,8 x věk)
<i>muži (18 let)</i>	142 – (1,03 x věk)	180 – (0,91 x věk)

Vysvětlivky: MIP – maximální nádechový ústní tlak, MEP – maximální výdechový ústní tlak, věk – v letech, výška – v centimetrech

Za slabost dýchacích svalů jsou považovány hodnoty menší než 50 % NH, za sníženou sílu dýchacích svalů jsou označovány hodnoty v rozmezí 50 až 80 % NH, hodnoty nad 80 % jsou považovány za dostatečnou sílu dýchacích svalů. Globální funkce nádechových svalů byla zhodnocena pomocí indexu dechové práce (TT_{mus}), okluzního ústního tlaku měřeného v prvních 100 ms po začátku klidného dýchání (parametr P0.1) a respirační kapacity (P0.1/PI_{max}).

4.4.3 Měření sportovního výkonu - plavecké testy

Plavecké testy v celkovém počtu 4 měření měly komplexně diagnostikovat aktuální úroveň výkonnostní úrovně plavců. Všechna měření se uskutečnila ve standardních podmínkách plaveckého tréninku a v jedné tréninkové jednotce (cca 60 – 70 minut). V případě absence plavce na měření, proběhl test v následující tréninkové jednotce. Standardně probíhalo měření se startem

ze sedu na šířku plaveckého bazénu (20 m). Všichni plavci měli krátké, tréninkové gumové ploutve do maximální délky 65 cm a používali dýchací trubici odpovídající pravidlům plavání s ploutvemi (maximální délka 48 cm). Technika plavání se řídila soutěžním zaměřením plavce. Plavci startující především v soutěžích „Bi-Fins“ (technika kraul) plavali touto technikou všechny testy (označení BF) s výjimkou plavání pod vodou, kde byla technika volná). Plavci, kteří se zaměřují na disciplínu „plavání s ploutvemi“ plavali všechny testy delfínovým vlněním opět podle pravidel pro plavání s ploutvemi (označení PP). Před samotným výkonem proběhlo asi dvacetiminutové rozplavání v nízké a střední intenzitě se závěrečnými úseky plavanými pod vodou (opakovaně 20 m). Charakteristika a zdůvodnění zařazení jednotlivých plaveckých testů je uvedeno níže.

1) Plavání na 1 nádech (RP max)

Plavání na 1 nádech není závodní disciplínou. Plavci využívají plavání pod vodou v závodech po každé obrátce a po startovním skoku (max 15 m). Důvodem zařazení tohoto testu bylo zjištění, zda cvičení s dechovým trenažérem ovlivňuje uplavanou délku na jeden nádech. Test byl zaměřen na délku uplavaných metrů. Plavci měli za úkol uplavat na jeden nádech co nejvíce metrů v tréninkových gumových ploutvích technikou delfinovitě vlnění.

2) Test na vzdálenost 100 m

Plavání s ploutvemi na vzdálenost 100 m je standardní disciplínou v plavání s ploutvemi. Cílem bylo dosáhnout co nejrychlejšího času. Důvodem zařazení bylo zjištění, zda cvičení s dýchacím trenažérem ovlivňuje výkon ve standardním sprintérském závodu.

3) Test „rozložená“ trať na 200 m

Režim testu probíhal v režimu 60 m + 60 m + 40 m + 40 m tak, že vždy mezi jednotlivými úseky byla pauza 10 sekund. Cílem bylo zaplavat co nejrychlejší celkový čas rozložených úseků v celkové délce 200 m bez započítaných intervalů odpočinku (3x 10 sekund). Cvičení se ve sportovním tréninku v plavání s ploutvemi používá jako modelování skutečné závodní rychlosti na uvedené vzdálenosti 200 m. Cvičení je velmi náročné, zejména s ohledem na střídání energetických zdrojů krytí energie. Důvodem zařazení cvičení bylo zjištění, zda cvičení s dýchacím trenažérem

ovlivňuje výkon v tomto velmi náročném testu, který vypovídá o aktuální úrovni rychlostně vytrvalostní výkonnosti plavců.

4) *Test na vzdálenost 400 m*

Plavání s ploutvemi na vzdálenost 400 m je standardní disciplínou v plavání s ploutvemi. Cílem bylo dosáhnout co nejrychlejšího času. Důvodem zařazení bylo zjištění, zda cvičení s dýchacím trenažérem ovlivňuje výkon na střední trati.

4.5 Koncepce tréninků

4.5.1 Posturálně-dechový trénink

Posturálně-dechový trénink probíhal 1x týdně v prostorách Plaveckého bazénu v Olomouci ve skupinkách po 6 a 7 cvičencích. Před zahájením intervence byli plavci seznámeni s dechovými trenažéry a byli zaučeni pro práci s nimi. Pro domácí cvičení byl všem zapůjčen dechový trenažér POWERbreathe (nádechový trenažér), EMST 150 (výdechový trenažér) a labilní čočka. Každý plavec pak dále obdržel obrazový materiál s popisem provedení jednotlivých cvičení a záznamový arch pro domácí cvičení. Následovaly 4 lekce s fyzioterapeutkou Bc. Markétou Janošcovou, na nichž byly vysvětleny a zkorigovány nové cviky, které poté probandi pravidelně prováděli každý den samostatně podle připravené cvičení brožurky. Na každé lekci bylo zkontrolováno cvičení z předchozí lekce, individuálně navýšen odpor pro dechovou práci a přidáno další nové cvičení.

Tréninkový odpor byl nastaven na 30 % zjištěného MIP a MEP na základě předchozího měření síly dýchacích svalů. Dechový odpor byl dále zvyšován v rozmezí 6-8 cm H₂O pro oba trenažéry. Toto pravidelné navyšování bylo nutné, aby probandi znovu cítili, že dýchají proti odporu jako při prvním zahájení, což po týdenním tréninku vedlo k tomu, že už odpor pro ně nebyl náročný a musel být znovu zvýšen, aby byl zabezpečen tréninkový efekt. Absolutní hodnota odporu byla následně individuálně přizpůsobena zdravotnímu stavu, na základě subjektivního vnímání odporu a kvality dechového vzoru posouzeného fyzioterapeutkou.

Informační brožura pro domácí cvičení obsahovala popis cvičebních pomůcek a práce s nimi, vysvětlení správné techniky dýchání přes pomůcku, nejčastější chyby a upozornění, charakteristiku jednotlivých cvičebních pozic s popisem i fotografií a cvičební plán. Posturálně-dechový trénink

byl sestaven z vytrvalostního tréninku dýchacích svalů (skládá se z několika sérií, jejichž počet se v průběhu cvičebního období navyšuje, v každé sérii je pak obsaženo 10 cyklů složených z nádechu, ponádechové pauzy a výdechu), a také tréninku silového nádechu a výdechu (5 sérií po 2 cyklech). Technika správného dýchání přes pomůcku zahrnovala korekci dechového vzoru. Každý dechový cyklus byl složen ze tří částí, a to z nádechu, ponádechové pauzy a výdechu. Tyto jednotlivé části byly charakterizovány rozdílnou délkou trvání, aby byl zachován správný poměr nádechu a výdechu. Nádech proti odporu nesměl být maximální a výdech musel být delší než nádech. Během tréninku měli za úkol si počítat. V průběhu nádechu si v duchu počítali „jedna, dvě“, při pauze „jedna“ a při výdechu „jedna, dvě, tři“. Plavci byli vedeni k dechovému vzoru s dominantním zapojením bránice, kdy dochází k rozvoji hrudníku předozadně a do stran, zároveň se měli vyhnout nežádoucí elevaci ramenních pletenců během nádechu, kdy dochází k přetížení svalů krční páteře. Edukace mechaniky dýchání zahrnovala informace ohledně dechové vlny, která začíná i končí v oblasti břicha a následně postupuje až do horní části hrudníku. Během dýchání přes trenažer museli dávat pozor, aby nedocházelo k nežádoucím souhybům těla s dechovými pohyby.

Plavci prováděli trénink dýchacích svalů v pozici sedu (vzpřímený sed, sed s HKK v zákrytu), ve stoji (stoj na labilní čočce, stoj s HKK v zákrytu, stoj na 1 DK, stoj na 1 DK se zavřenými očima), ve výdrži v podřepu (bez čocky, s čockou, výdrž v podřepu s HKK v zákrytu na labilní čočce) a v pozici prkna (s oporou o kolena a oporou o špičky) vždy s oběma trenažéry. Cvičební pozice posturálně-dechového tréninku obsahovaly motivy plavecké přípravy. Každý týden alespoň jedna cvičební pozice obsahovala polohu HKK v zákrytu. DKK mají v průběhu plaveckého stylu na základě rozdílného složení výraznější tendenci k poklesu. S ploutví zátěž narůstá. Pro vyvážení klesajících částí je nezbytné využít vzpažení s maximálním vytažením paží z ramen, díky kterému se posune těžiště těla blíže k hlavě. V případě PP představují vzpažené paže výrazný prvek pro stabilitu plavce během výkonu, u BF jsou naopak zdrojem propulze vpřed.

Plavci specializující se na BF, mohli mít pouze HKK ve vzpažení, což je souhlasný prvek obou technik. Plavci byli vedeni, aby výsledné držení bylo stejné jako během tréninku ve vodě. Nejvíce bylo korigováno postavení hrudníku, kdy během vzpažení nesmí docházet k odstávání dolních žeber. Ramena byla v maximálním vzpažení, lokty musely být propnuté a těsně u uší. Hlava nesměla být předsunutá. Za těchto podmínek plavci trénovali přes odporové trenažéry. Postavení

horních končetin v zákrytu s sebou nese jistou asymetrii, kdy plavec vždy jednu horní končetinu překládá přes druhou. Důsledkem mohou být problémy spojené s opakovanými blokádami žeber a bolesti mezilopatkových svalů. Pro kompenzaci tohoto zatížení byli plavci vedeni pro střídání zákrytové horní končetiny s výměnou trenažéru.

Další pozicí bylo prkno. Důležitými komponentami správného provedení bylo udržet napřímenou páteř, vodorovnou pánev, nepropadat se mezi lopatkami ani v bedrech, upravována byla také pozice hlavy, sledováno bylo rozvíjení hrudníku. Tyto struktury se stávají výchozími pevnými body pro funkci dechových svalů. Všechny tyto aspekty mají zásadní vliv na to, jak bude bránice plnit svoji posturální funkci. Cílem plavců bylo udržet výchozí nastavení po celou dobu – 10 nádechu či 10 výdechů. Jestliže se některá oblast pro nedostatečnou sílu „propadla“ (např. pánev do anteverze), plavci cvičení přerušili a po krátkém odpočinku znovu v korigovaném postavení pokračovali v dechovém tréninku. Pokud bránice nezvládá koordinovou funkci, vždy upřednostní dechovou funkci oproti posturální kontrole bederní páteře, čímž se zvyšuje riziko přetížení či poranění této oblasti. Těmto situacím jsou ploutvoví plavci vystavováni během každého tréninku.

Během delfinovitého vlnění, kdy jsou dominantními pohyby pánve, je bederní páteř velice přetěžována. Nedostatečná stabilizace bederní oblasti zároveň neumožňuje vyvinout maximálně silný kop. Tento cvik byl cílený na zpevnění této oblasti. Zároveň oporou o horní končetiny získali plavci lepší podmínky pro stabilizaci lopatek. Díky zapojení musculus serratus anterior a jeho propojení s musculus obliquus externus abdominis tak plavci trénovali propojení horního a dolního trupu, který jim napomůže v udržení horizontální pozice, ale hlavně umožní efektivnější svalovou práci končetin. Horní končetiny jsou naopak hlavním hnacím motorem při disciplínách BF. U méně zdatných jedinců tento cvik vedl k posílení paží. Další cvičební pozice cílily (stoj na 1 DK, stoj na čičce) na další problematickou oblast ploutvových plavců, a to pevnost kotníku. Kotníky jsou velice zatěžovaným místem, ať už mechanickým tlakem ploutve (v případě monoploutve je zátěž mnohem vyšší než při BF) tak i z pohledu techniky, kdy zde doznívá působení vlny. Při sprintu probíhá pohyb v kotnících ve vyšší frekvenci s menší amplitudou rozsahu, u vytrvalostních tratí je tomu naopak. Z těchto důvodů vnímáme za podstatné zařadit do tréninkové jednotky cvičení pro rozvoj proprioceptivního vnímání, kdy byla využita balanční čička a labilnější pozice - stoj na 1

končetině. Následně probíhal trénink i se zavřenýma očima. Kotníky potažmo lýtkové svaly mají výraznou roli pro posturální stabilitu plavce během plavecké techniky kraul (BF).

4.5.2 Plavecký trénink

Závodníci během celé doby experimentu pravidelně absolvovali trénink plavání s ploutvemi ve svých skupinách. KSP Olomouc má celkově 4 skupiny. Do experimentu byli zařazeni sportovci pouze ze dvou nejvýkonnějších skupin. V bazénu měli nejvyspělejší sportovci možnost trénovat 5 tréninkových jednotek. Ostatní plavci měli tři tréninkové jednotky ve vodě. Trénink plavání s ploutvemi byl doplněn individuální kondiční přípravou v tělocvičně. Tři tréninkové jednotky plavání byly v délce 1,5 hodiny, ranní tréninky pro nejlepší plavce měli délku trvání 1 hodinu. Na počátku tréninkové jednotky byla vždy zařazena úvodní a průpravnou část v nižší intenzitě zatížení zaměřená na rozcvičení a rozplavání bez ploutví i s ploutvemi a na procvičení základních pohybových dovedností plavání s ploutvemi. Na konci úvodní a průpravné části bylo vždy zařazeno krátké vyplavání bez ploutví. V úvodní části závodníci uplavali od 1200 do 1800 metrů.

Následovala hlavní část tréninkové jednotky, která byla v době experimentu zaměřená u starších závodníků zejména na rychlostní vytrvalost a u mladších závodníků na technickou přípravu. Intenzita zatížení se lišila dle délky jednotlivých sérií a pohybovala se v pásmu 70 – 90 % maximálního úsilí. Poté následovalo opět vyplavání bez ploutví. V hlavní části závodníci uplavali 1000 – 1500 metrů. Závěrečná část tréninku plavání s ploutvemi byla zaměřena na techniku plaveckých způsobů, obrátek, případně startů a rychlostně, kompenzačních úseků (krátké sprinty 20 – 25 m). Mladších sportovci měli na konci tréninkových jednotek zařazeny soutěže, štafety apod. Na konci závěrečné části bylo opět zařazeno vyplavání bez ploutví. V závěrečné části závodníci uplavali 400 – 1200 metrů.

4.6 Statistické zpracování dat

Získaná data byla zpracována v programu Statistika 12. U sledovaných parametrů byly zjišťovány následující statistické charakteristiky: medián, kvartilové rozpětí a statistická významnost. Statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny na hladinách * $0,01 < p \leq 0,05$; ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,0001$. Pro porovnání dat získaných během 4 měření (vstupní, kontrolní, 2. kontrolní a výstupní) byl použit Wilcoxonův párový test.

4.7 Limity studie

Vzhledem k malému výzkumnému souboru nemohla být data posouzena dle pohlaví, věku, plaveckého stylu nebo traťové specializace. Velikost výzkumného souboru odpovídala pouze orientačnímu zkoumání dané problematiky. Klinicky významné individuální změny nebyly v práci hodnoceny. Limitem studie může být považován fakt, že výsledky nebyly porovnány s kontrolní skupinou v totožném období plavecké přípravy bez přidaného posturálně-dechového tréninku. Výsledky mohly být také částečně ovlivněny velkou mírou nachlazení v období mezi 1. a 2. kontrolním měřením. Plavci, jejichž data byla vyhodnocována, absolvovali v obou případech (plavecký a posturálně dechový trénink) více než 80 % tréninkové docházky. Probandi zaznamenávali své každodenní domácí cvičení do předem připravených archů, které byly každý týden průběžně kontrolovány fyzioterapeutkou. Účast na plaveckém tréninku byla zaznamenávána a kontrolována trenérem dle jejich zvyklostí. Limitem práce může být také skutečnost, zda každé domácí cvičení proběhlo v potřebné kvalitě (přesné udržení pozice, poměr délky nádechu a výdechu). Nicméně kontrola domácího cvičení dle záznamových archů, praktický nácvik nových pozic a nastavení adekvátního dechového odporu probíhalo na začátku každého nového cvičebního týdne pod vedením fyzioterapeutky pro minimalizaci neoptimálního průběhu cvičení. Následně byli probandi edukováni k autokorekci před zrcadlem. V domácím prostředí měli k dispozici obrázkové brožury s popisky a kdykoliv mohli využít online konzultaci s fyzioterapeutkou.

5 VÝSLEDKY

Tato část diplomové práce se zaměřuje na prezentaci výsledků výzkumu hodnotící efekt posturálně-dechového tréninku na sportovní výkon, rovnovážné a dechové funkce u ploutvových plavců. V první části jsou analyzovány informace z dotazníků, ve druhé části pak vliv plaveckého tréninku a následně vliv plavecké přípravy v kombinaci s posturálně-dechovým tréninkem na zvolené parametry.

Pro posouzení vlivu na dechové funkce byly vyhodnoceny ventilační parametry (VC , FEV_{ex} , PEF) a síla dýchacích svalů prostřednictvím naměřených hodnot ústních tlaků. Všechny uvedené parametry byly analyzovány v procentech náležité hodnoty normy. Hodnocena byla také globální funkce nádechových svalů (TT_{mus} , $P0.1$ a $P0.1/PI_{max}$), kdy $P0.1$ byl zaznamenán v kilopascálech a $P0.1/PI_{max}$ v %. Dále byl hodnocen plavecký výkon, který byl změřen: testem plavání na 1 nádech (vzdálenost v metrech), testem na 100 m, testem „rozložená“ trať na 200 m a testem na 400 m při kterých byla měřena rychlost prostřednictvím dosaženého času v sekundách. Pro vyhodnocení rovnovážných funkcí (vybrané ukazatele posturální stability) byly sledovány hodnoty směrodatné odchylky COP (SD_x , SD_y) v milimetrech a rychlost výchylky COP (V_x , V_y , V) v milimetrech za sekundu při zavřených a otevřených očích.

Výsledky sledovaných parametrů jsou uvedeny v rámci jednotlivých podkapitol vztahující se k daným výzkumným otázkám.

5.1 Analýza údajů z anamnestického dotazníku

Vstupní data pro zařazení do výzkumného projektu byla získávána formou strukturovaného formuláře. Anamnestický dotazník zahrnoval údaje o pohlaví, věku, hmotnosti, výšce závodníků, specializaci v ploutvovém plavání, celkovém počtu plaveckých let a zdravotním stavu. Podmínkou účasti experimentu bylo plánované absolvování plavecké přípravy minimálně 2x týdně v období října 2018 - dubna 2019 a předchozí pravidelná účast na tréninku minimálně 3 roky. Dále pak nepřítomnost závažného onemocnění a stabilní zdravotní stav (nejméně 6 týdnů od akutního onemocnění). Toto vstupní kritérium splnilo 13 plavců z tréninkové skupiny. Následně byla zpracována data 11 plavců (Tabulka 2, 3, 4, 5), kteří splnili alespoň 80 % docházky plaveckého i posturálně dechového tréninku. Z anamnestického dotazníku vyplynulo, že 4 plavci z výzkumného

souboru jsou trvale v lékařské péči z důvodu astmatu a 2 plavci jsou sledováni pro zvýšenou srážlivost krve. Jejich zdravotní stav byl v testovaném období kompenzován a umožňoval absolvování experimentu.

Tabulka 2. Analýza osobních údajů 7 dívek

	<i>průměrná hodnota</i>	<i>směrodatná odchylna</i>	<i>minimum</i>	<i>maximum</i>
<i>věk</i>	14,71	1,7	13	17
<i>hmotnost</i>	63,43	11,53	55	85
<i>výška</i>	171,71	5,91	163	179
<i>počet plaveckých let</i>	5	1,41	3	7

Tabulka 3. Analýza osobních údajů 4 chlapců

	<i>průměrná hodnota</i>	<i>směrodatná odchylna</i>	<i>minimum</i>	<i>maximum</i>
<i>věk</i>	15,75	1,71	14	18
<i>hmotnost</i>	65,75	11,06	53	80
<i>výška</i>	181,25	10,11	168	192
<i>počet plaveckých let</i>	6	3,16	3	10

Tabulka 4. Specializace ve sportovní přípravě

<i>specializace</i>	<i>monofin</i>	<i>Bifins</i>	<i>50 m</i>	<i>100 m</i>	<i>200 m</i>	<i>400 m</i>	<i>800 m</i>
<i>počet plavců</i>	6	5	6	6	5	6	1

Poznámka k tabulce 4.: Ploutvoví plavci se nejčastěji specializují buď na obě sprinterské tratě (50m a 100m) nebo naopak na vytrvalostní tratě (200 m, 400 m a 800 m).

Experimentu se účastnilo 13 plavců. 2 plavci z důvodu nemoci a zranění neabsolvovali plavecký trénink a posturálně dechový trénink v hodnoceném rozsahu (alespoň 80 %), nedostavili se na všechna potřebná měření, tímto byli ze studie vyřazeni. Pouze jednomu plavci se podařilo absolvovat posturálně-dechový trénink v plném rozsahu. Nejčastější důvodem vynechání, ať už posturálně-dechového tréninku či plaveckého tréninku, bylo nachlazení a únava.

Dopad posturálně-dechového tréninku na držení těla při výkonu nebyl hodnocen, zároveň jednotliví plavci nebyli podrobena kineziologickému vyšetření. Zdravotní problematika byla vyhodnocována na základě anamnestických dotazníků, osobních konzultací a korektivní intervence probíhala během řízených lekcí posturálně-dechového tréninku. Během posturálně-dechového tréninku se u 50 % plavců objevilo dočasné motání hlavy, které bylo způsobené nádechem či výdechem maximální silou přes dechový trenažér. Žádné jiné negativní účinky dotázaní během a bezprostředně po posturálně-dechovém tréninku neuváděli. Samotní plavci následně nejčastěji uvedli, že plavecký výkon byl pro ně po této intervenci snazší, a to díky zjednodušení dechové práce. Jako další pozitivní dopad 30 % plavců zmiňuje menší tuhost svalů během a po plaveckém výkonu, kdy součástí tréninkové přípravy byla i tato doplňková metoda.

Tabulka 5. Účast na plaveckém a posturálně-dechovém tréninku

<i>účast</i>	<i>100 %</i>	<i>95 %</i>	<i>90 %</i>	<i>85 %</i>	<i>80 %</i>	<i>< 80 %</i>
<i>plavecký trénink</i>	0	0	4	4	3	2
<i>posturálně- dechový trénink</i>	1	3	3	3	1	2

6.2 Vyjádření k výzkumným otázkám V1 – V3

V1: Jak se mění ventilační parametry, síla dýchacích svalů a globální funkce nádechových svalů ploutvových plavců po 4 týdnech běžného tréninkového plánu a jak po 4 týdnech, kdy byl přidán posturálně-dechový trénink k běžné přípravě v bazénu?

V_{1a1}: Jak se mění ventilační parametry ploutvových plavců po absolvování běžného tréninkového plánu?

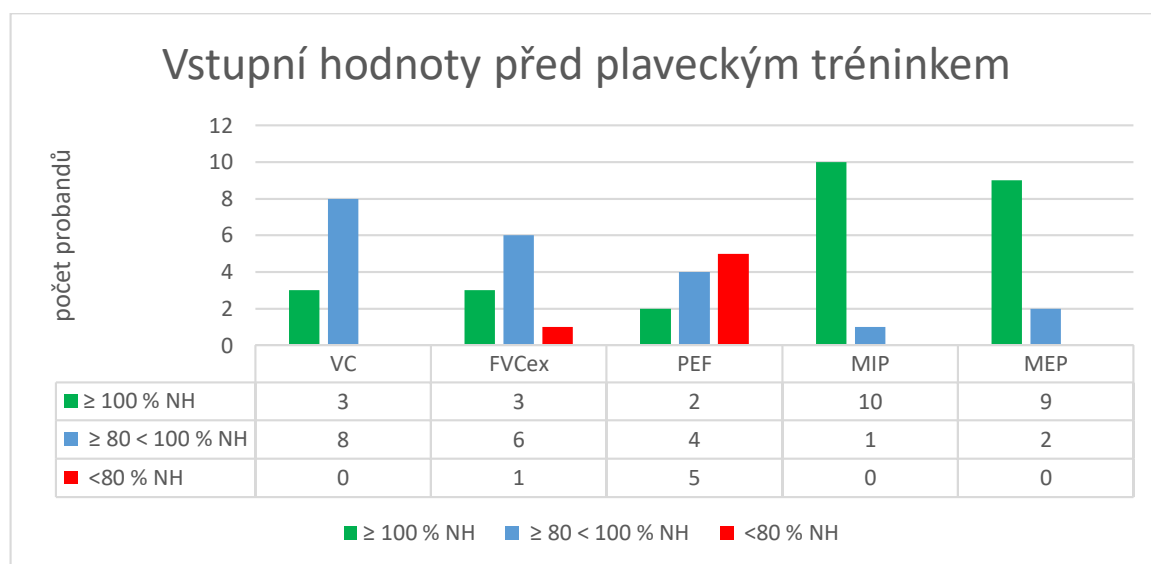
Během úvodního setkání byly spirometricky vyšetřeny ventilační parametry (VC, FEV_{ex}, PEF) u 11 ploutvových plavců. Všechny uvedené parametry byly analyzovány v procentech náležité hodnoty normy a zaneseny do grafů a tabulek. Statisticky významné změny jsou vyznačeny v tabulce na hladinách $* 0,01 < p \leq 0,05$, a blíže uvedeny do souvislostí s dílčími výsledky naší studie. Z níže uvedené tabulky 6 vyplývá, že po absolvování běžného plaveckého tréninku došlo u ploutvových plavců ke statisticky významnému zvýšení vitální kapacity plic (VC) pro střední hodnotu o 4 procentní body, avšak u dalších sledovaných parametru nenacházíme statisticky významné hodnoty.

Tabulka 6. Ventilační parametry před a po absolvování běžného tréninkového plánu

<i>parametry % NH</i>	<i>prae (n = 11), median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>post (n = 11) median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>p-value</i>
<i>VC</i>	96 ± 22	100 ± 20	0,0144 *
<i>FVC_{ex}</i>	96 ± 25	95 ± 22	0,153
<i>PEF</i>	82 ± 24	90 ± 17	0,683

Vysvětlivky: prae – před, post – po, n – počet probandů, NH – náležité hodnoty normy, VC – vitální kapacita plic, FVC_{ex} – usilovná vitální kapacita, PEF – vrcholový výdechový průtok, statisticky významné hodnoty $* 0,01 < p \leq 0,05$ (Wilcoxon párový test)

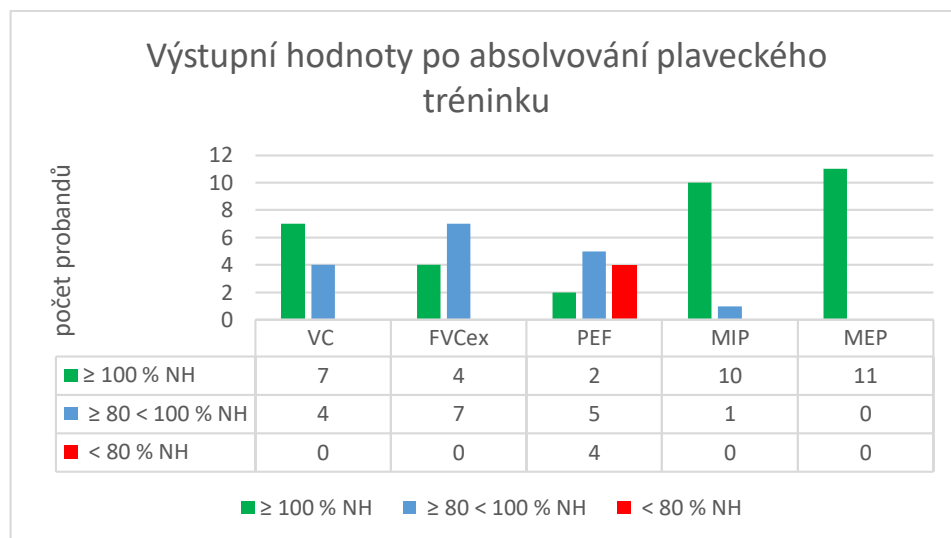
V tomto výzkumném souboru s počtem 11 probandů žádný z těchto probandů neměl vstupní hodnoty VC snižené pod 80 % NH. U 72,7 % probandů se hodnoty pohybovaly mezi 80 – 100 % NH. 27,3 % probandů mělo hodnotu VC nad 100 % NH (obrázek 5). Střední hodnota VC v rámci celého výzkumného souboru byla na počátku experimentu 96 ± 22 % NH (Tabulka 6). Zastoupení probandů ve výzkumném souboru dle naměřených vstupních hodnot před plaveckým tréninkem je znázorněno na souhrnném obrázku 5. Získané hodnoty jsou v grafu vyznačeny v intervalech ≤ 80 % NH (červeně), 80 – 100 % NH (modře) a ≥ 100 % NH (zeleně).



Vysvětlivky: NH – náležité hodnoty normy, VC – vitální kapacita plic, FVC_{ex} – usilovná vitální kapacita, PEF – vrcholový výdechový průtok, MIP – maximální nádechový ústní tlak, MEP – maximální výdechový ústní tlak

Obrázek 5. Výsledky vstupního vyšetření – ventilačních parametrů a síly dýchacích svalů

Změny po plaveckém tréninku byly prokázány u všech probandů, kteří se zúčastnili vstupního i 1. kontrolního měření. Zastoupení probandů ve výzkumném souboru dle naměřených výstupních hodnot po plaveckém tréninku je znázorněno na souhrnném obrázku 6.



Vysvětlivky: NH – náležité hodnoty normy, VC – vitální kapacita plic, FVC_{ex} - usilovná vitální kapacita, PEF – vrcholový výdechový průtok, MIP – maximální nádechový ústní tlak, MEP – maximální výdechový ústní tlak

Obrázek 6. Výsledky 1. kontrolního měření – ventilačních parametrů a síly dýchacích svalů

Po absolvování plaveckého tréninku vzrostla střední hodnota VC v rámci celého výzkumného souboru na 100 ± 20 % NH (Tabulka 6). Žádný z probandů neměl hodnoty VC snižené pod 80 % NH. U 36,4 % probandů se hodnoty pohybovaly mezi 80 – 100 % NH. 63,6 % probandů dosáhlo hodnoty VC nad 100 % NH (Obrázek 6).

4týdenním plaveckým tréninkem statisticky významně vzrostla vitální kapacita plic, ostatní ventilační parametry se statisticky významně nezměnily.

V_{1a2}: Jak se mění ventilační parametry plovčových po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

Z níže uvedené tabulky 7 vyplývá, že po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné plavecké přípravě plovčových plavců, došlo ke statisticky významnému rozdílu v parametrech, a to VC, kdy vzrostla střední hodnota o 3 procentní body a PEF o 13 procentních bodů, hodnota FVC_{ex} se začíná přibližovat statistické významnosti.

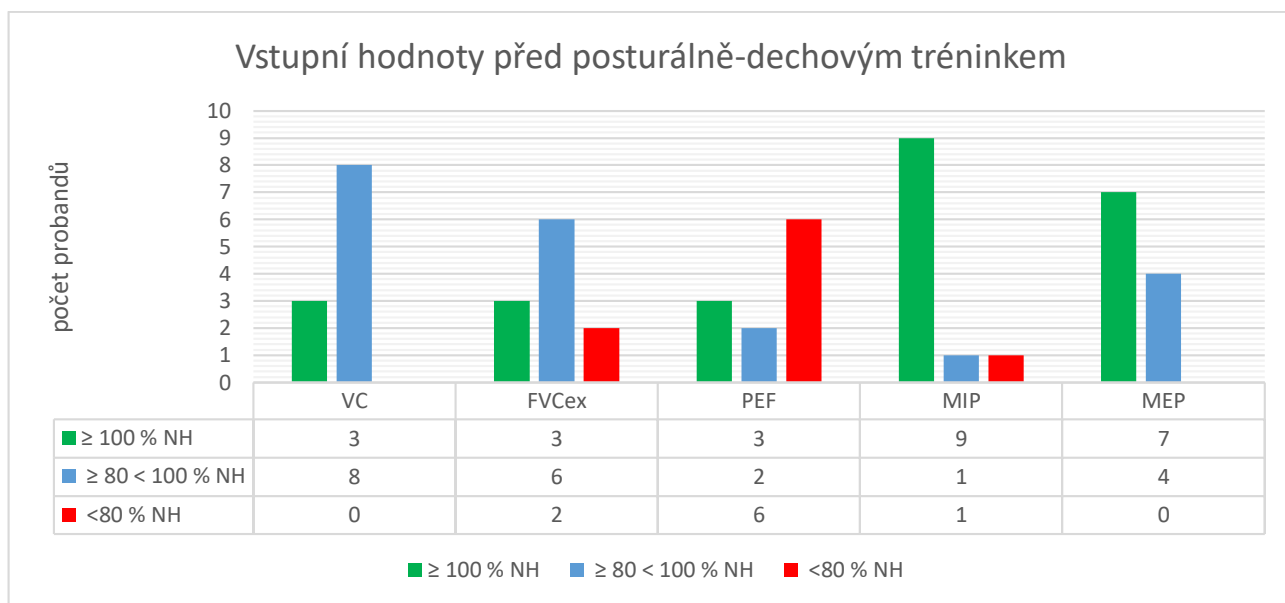
Tabulka 7. Ventilační parametry před a po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu

<i>parametry % NH</i>	<i>prae (n = 11), median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>post (n = 11) median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>p-value</i>
<i>VC</i>	95 ± 16	98 ± 19	0,013 *
<i>FVC_{ex}</i>	94 ± 24	96 ± 23	0,063
<i>PEF</i>	76 ± 31	89 ± 29	0,017 *

Vysvětlivky: prae – před, post – po, n – počet probandů, NH – náležité hodnoty normy, VC – vitální kapacita plic, FVC_{ex} – usilovná vitální kapacita, PEF – vrcholový výdechový průtok, statisticky významné hodnoty * 0,01 < p ≤ 0,05 (Wilcoxon párový test)

Střední hodnota VC v rámci celého výzkumného souboru byla před zahájením posturálně-dechového tréninku 95 ± 16 % NH (Tabulka 7). Žádný z probandů neměl hodnoty VC snížené pod 80 % NH. U 72,7 % probandů se hodnoty pohybovaly mezi 80 – 100 % NH. 27,3 % probandů mělo hodnotu VC nad 100 % NH (Obrázek 7). Střední hodnota PEF v rámci celého výzkumného souboru byla před zahájením posturálně-dechového tréninku 76 ± 31 % NH (Tabulka 7). 54,6 % probandů mělo hodnoty PEF snížené pod 80 % NH. U 18,2 % probandů se hodnoty pohybovaly mezi 80 – 100 % NH. 27,3 % probandů mělo hodnotu PEF nad 100 % NH (Obrázek 7).

Zastoupení probandů ve výzkumném souboru dle naměřených vstupních hodnot před zahájením plaveckého tréninku v kombinaci s posturálně dechovým tréninkem je znázorněno na souhrnném obrázku 7.

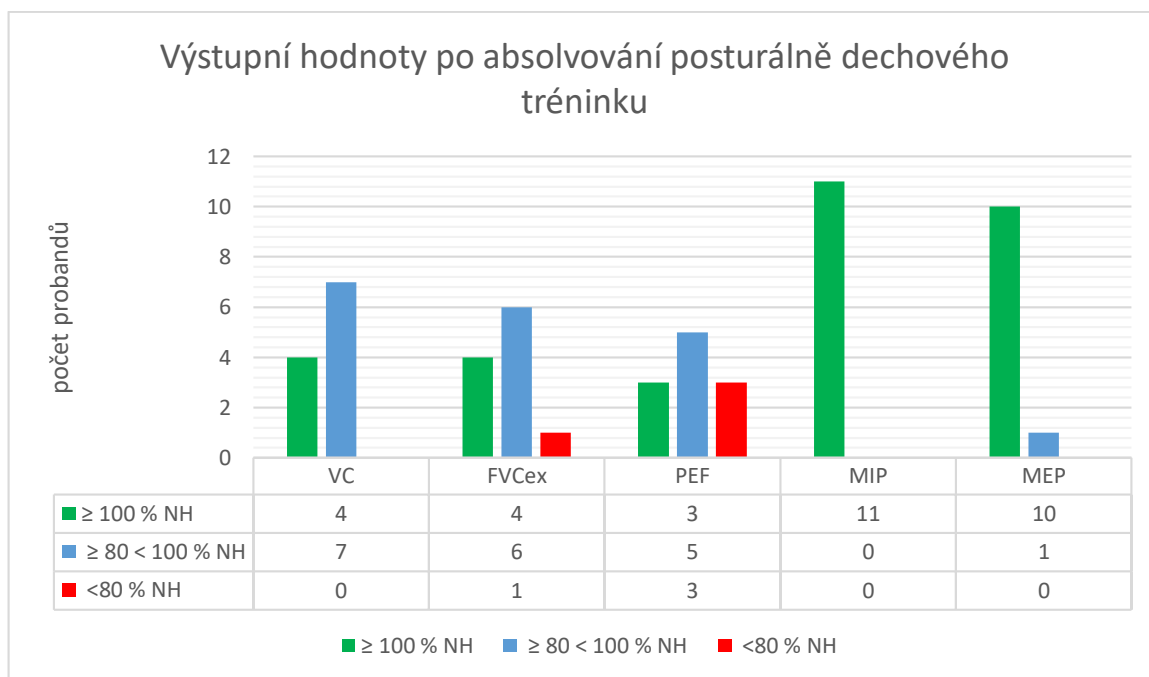


Vysvětlivky: NH – náležité hodnoty normy, VC – vitální kapacita plic, FVC_{ex} – usilovná vitální kapacita, PEF – vrcholový výdechový průtok, MIP – maximální nádechový ústní tlak, MEP - maximální výdechový ústní tlak

Obrázek 7. Výsledky 2. kontrolního měření – ventilačních parametrů a síly dýchacích svalů

Po přidání posturálně-dechového tréninku vzrostla střední hodnota VC v rámci celého výzkumného souboru na 98 ± 19 % NH (Tabulka 7). Žádný z probandů neměl hodnoty VC snižené pod 80 % NH. U 36,4 % probandů se hodnoty pohybovaly mezi 80 – 100 % NH. 63,6 % probandů dosáhlo hodnoty VC nad 100 % NH (Obrázek 8). Po přidání posturálně-dechového tréninku vzrostla střední hodnota PEF v rámci celého výzkumného souboru na 89 ± 29 % NH (Tabulka 7). U 27,3 % probandů byly nalezeny snižené hodnoty PEF pod 80 % NH. U 45,5 % probandů se hodnoty pohybovaly mezi 80 – 100 % NH. 27,7 % probandů dosáhlo hodnoty PEF nad 100 % NH (Obrázek 8).

Změny po plaveckém tréninku v kombinaci s posturálně-dechovým tréninkem byly prokázány u všech probandů, kteří se zúčastnili 2. kontrolního i výstupního měření. Zastoupení probandů ve výzkumném souboru dle naměřených výstupních hodnot po plaveckém tréninku v kombinaci s posturálně-dechovým tréninkem je znázorněno na souhrnném obrázku 8.



Vysvětlivky: NH – náležité hodnoty normy, VC – vitální kapacita plic, FVC_{ex} – usilovná vitální kapacita, PEF – vrcholový výdechový průtok, MIP – maximální nádechový ústní tlak, MEP – maximální výdechový ústní tlak

Obrázek 8. Výsledky výstupního vyšetření – ventilačních parametrů a síly dýchacích svalů

4týdenní posturálně-dechový trénink má statisticky pozitivní vliv na zvyšování hodnot ventilačních parametrů ploutvových plavců.

V1b1: Jak se mění síla nádechových a výdechových svalů ploutvových plavců po absolvování běžného tréninkového plánu?

Během úvodního setkání byly spirometricky vyšetřena síla dýchacích svalů prostřednictvím naměřených hodnot ústních tlaků (MIP, MEP) u 11 probandů. Všechny uvedené parametry byly analyzovány v procentech náležité hodnoty normy a zaneseny do grafů a tabulek. Statisticky významné změny jsou vyznačeny v tabulce na hladinách * $0,01 < p \leq 0,05$ a ** $0,001 < p \leq 0,01$, a blíže uvedeny do souvislostí s dílčími výsledky naší studie. Z níže uvedené tabulky 8 vyplývá, že standardní plavecký trénink neovlivnil statisticky významně sílu nádechových a výdechových svalů. V případě MIP se jedná o zlepšení středních hodnot o 5,9 % NH, v případě MEP došlo k mírnému poklesu oproti vstupním hodnotám.

Tabulka 8. Síla nádechových a výdechových svalů před a po absolvování běžného tréninkového plánu

<i>parametry % NH</i>	<i>prae (n = 11), median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>post (n = 11) median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>p-value</i>
<i>MIP</i>	124,6 ± 49,66	130,5 ± 38,96	0,213
<i>MEP</i>	117 ± 45,05	116,77 ± 42,58	0,929

Vysvětlivky: prae – před, post – po, n – počet probandů, NH – náležité hodnoty normy, MIP – maximální nádechový ústní tlak, MEP - maximální výdechový ústní tlak, statisticky významné hodnoty * $0,01 < p \leq 0,05$ (Wilcoxon párový test)

Zastoupení probandů ve výzkumném souboru dle naměřených vstupních hodnot před a po plaveckým tréninkem je znázorněno již na dříve uvedeném na souhrnném obrázku 5 a 6. Získané hodnoty jsou v grafu vyznačeny v intervalech ≤ 80 % NH (červeně), 80 – 100 % NH (modře) a ≥ 100 % NH (zeleně).

4týdenní plavecký trénink neovlivnil statisticky významně sílu dechového svalstva.

V1b2: Jak se mění síla nádechových a výdechových svalů ploutvových plavců po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

Z níže doložené tabulky 9 vyplývá, že po přidání posturálně-dechového tréninku k běžnému plaveckému tréninku, došlo k signifikantnímu zlepšení síly nádechových i výdechových svalů. V případě MIP se jedná o zlepšení střední hodnoty o 15,9 procentních bodů, v případě MEP došlo k navýšení střední hodnoty o 18,44 procentních bodů.

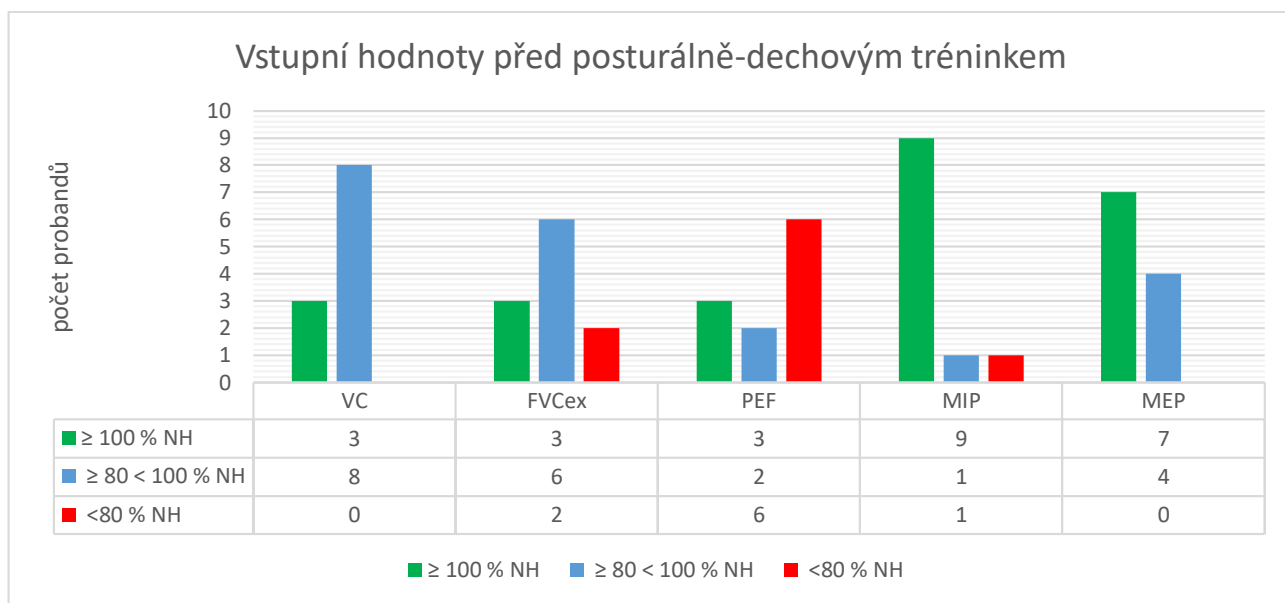
Tabulka 9. Síla nádechových a výdechových svalů před a po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu

<i>parametry % NH</i>	<i>prae (n = 11), median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>post (n = 11) median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>p-value</i>
<i>MIP</i>	122,05 ± 34,36	137,95 ± 22,68	0,003 **
<i>MEP</i>	105,96 ± 26,56	124,4 ± 40,54	0,006 **

Vysvětlivky: prae – před, post – po, n – počet probandů, NH – náležité hodnoty normy, MIP – maximální nádechový ústní tlak, MEP – maximální výdechový ústní tlak, statisticky významné hodnoty ** 0,001 < p ≤ 0,01 (Wilcoxon párový test)

Střední hodnota MIP v rámci celého výzkumného souboru byla před zahájením posturálně-dechového tréninku 122,05 ± 34,36 % NH (Tabulka 9). U jednoho probanda byly hodnoty MIP snižené pod 80 % NH. U druhého probanda se hodnoty pohybovaly mezi 80 – 100 % NH. 81,8 % probandů mělo hodnotu MIP nad 100 % NH (Obrázek 9). Síla výdechových svalů byla ve výzkumném souboru nižší, než síla nádechových svalů. Nacházíme zde také větší kvartilové rozpětí, které vypovídá o větších rozdílech v síle výdechového svalstva. Střední hodnota MEP v rámci celého výzkumného souboru byla před zahájením posturálně-dechového tréninku 105,96 ± 26,56 % NH (Tabulka 9). Žádný z probandů neměl hodnoty MEP snižené pod 80 % NH. U 36,4 % probandů se hodnoty pohybovaly mezi 80 – 100 % NH. 63,6 % probandů mělo hodnotu MEP nad 100 % NH (Obrázek 9).

Zastoupení probandů ve výzkumném souboru dle naměřených vstupních hodnot před zahájením plaveckého tréninku v kombinaci s posturálně dechovým tréninkem je znázorněno na souhrnném obrázku 9.

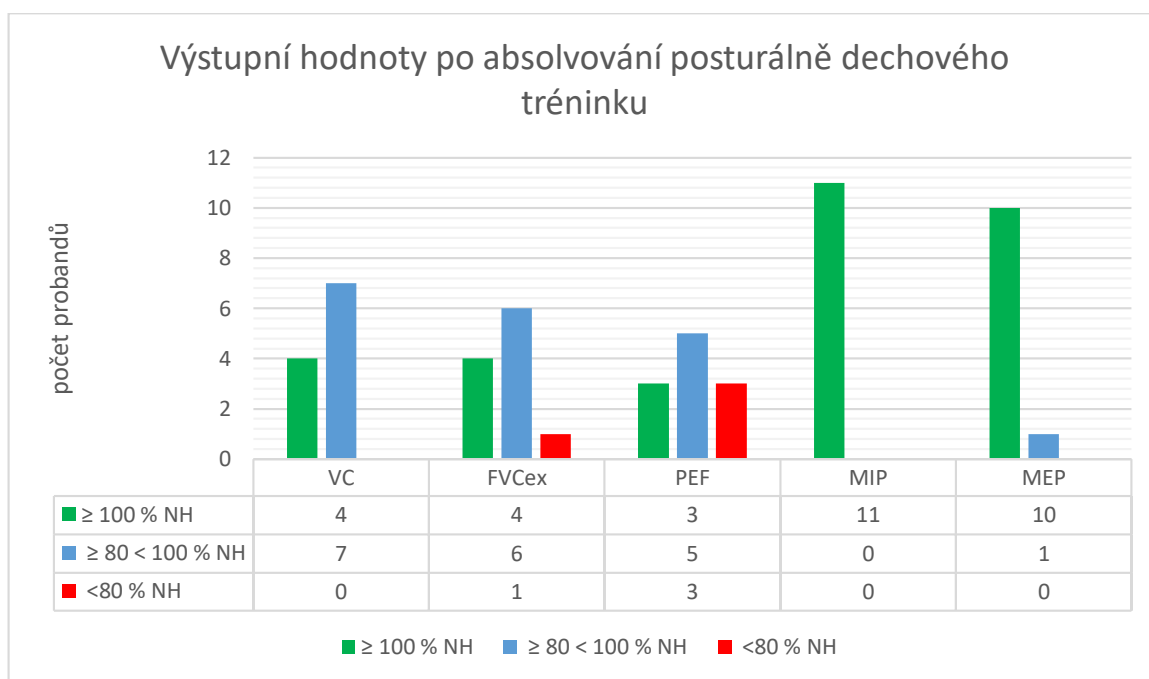


Vysvětlivky: NH – náležité hodnoty normy, VC – vitální kapacita plic, FVC_{ex} – usilovná vitální kapacita, PEF – vrcholový výdechový průtok, MIP – maximální nádechový ústní tlak, MEP – maximální výdechový ústní tlak

Obrázek 9. Výsledky 2. kontrolního měření – ventilačních parametrů a síly dýchacích svalů

Po přidání posturálně-dechového tréninku vzrostla střední hodnota MIP v rámci celého výzkumného souboru na $137,95 \pm 22,68$ % NH (Tabulka 9). Všichni probandi tak dosáhli výsledku nad hranicí normy běžné populace (obrázek 10). Maximální výsledek síly nádechových svalů byl zaznamenán na 193,5 % NH. Po přidání posturálně dechového tréninku vzrostla střední hodnota MEP v rámci celého výzkumného souboru na $124,4 \pm 40,54$ % NH (Tabulka 9). U jednoho probanda přetrvávala snížená síla výdechových svalů, jeho hodnota se pohybovala mezi 80 – 100 % NH. 90,9 % probandů dosáhlo hodnoty nad 100 % NH (obrázek 10). Maximální výsledek byl zaznamenán na 190,6 % NH.

Změny po plaveckém tréninku v kombinaci s posturálně-dechovým tréninkem byly prokázány u všech probandů, kteří se zúčastnili 2. kontrolního i výstupního měření. Zastoupení probandů ve výzkumném souboru dle naměřených výstupních hodnot po plaveckém tréninku v kombinaci s posturálně-dechovým tréninkem je znázorněno na souhrnném obrázku 10.



Vysvětlivky: NH – náležité hodnoty normy, VC – vitální kapacita plic, FVC_{ex} – usilovná vitální kapacita, PEF – vrcholový výdechový průtok, MIP – maximální nádechový ústní tlak, MEP – maximální výdechový ústní tlak, statisticky významné hodnoty * 0,01 < p ≤ 0,05 a ** 0,001 < p ≤ 0,01 (Wilcoxon párový test)

Obrázek 10. Výsledky výstupního vyšetření – ventilačních parametrů a síly dýchacích svalů

4týdenní posturálně-dechový trénink má výrazně pozitivní vliv na zvyšování hodnot síly nádechových a výdechových svalů ploutvových plavců.

V1a1: Jak se mění globální funkce nádechových svalů ploutvových plavců po absolvování běžného tréninkového plánu?

Během úvodního setkání byla také u 11 probandů spirometricky vyšetřena globální funkce nádechových svalů. Pro vyhodnocení globální funkce nádechových svalů byly při vstupním měření zjišťovány hodnoty indexu dechové práce (TT_{mus}), okluzního ústního tlaku v prvních 100 ms po začátku nádechu (P0.1) a respirační kapacity (P0.1/PI_{max}). Na jejich základě hodnotíme únavu a efektivitu práce dýchacích svalů. Hodnoty P0.1 byly zaznamenány v kilopascálech a P0.1/PI_{max} v %. Hranice fyziologické normy je vyznačena v grafech (šedě). Fyziologické hodnoty našeho výzkumného vzorku jsou vyznačeny zelenou barvou, hodnoty pod hranicí normy pak červenou.

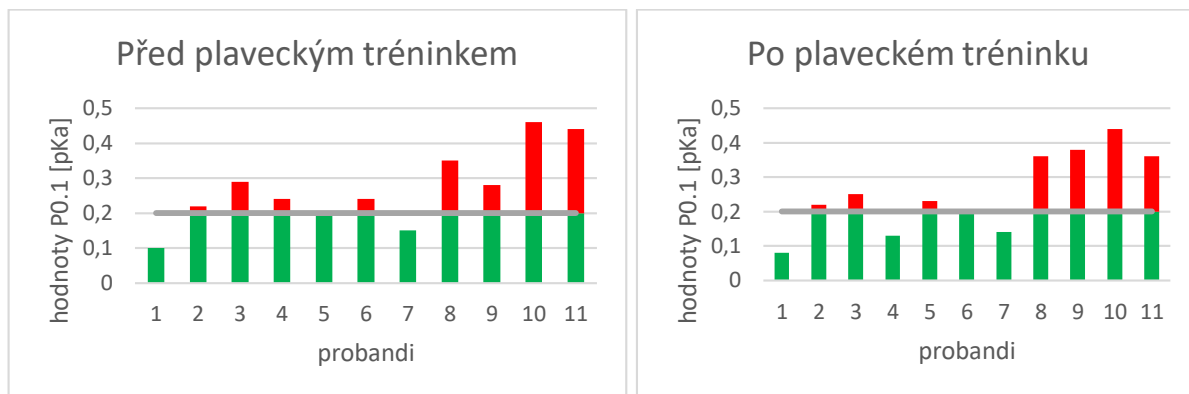
Z níže uvedené tabulky vyplývá, že po absolvování běžného tréninkového plánu nedošlo ke statisticky významným změnám ve sledovaných parametrech hodnotící globální funkci nádechových svalů.

Tabulka 10. Globální funkce nádechových svalů (únava a efektivita práce) před a po absolvování běžného tréninkového plánu

<i>parametry</i>	<i>prae (n = 11), median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>post (n = 11) median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>p-value</i>
<i>P0.1 (kPa)</i>	0,24 ± 0,15	0,23 ± 0,22	0,241
<i>TT_{mus}</i>	0,08 ± 0,04	0,07 ± 0,01	0,285
<i>P0.1/PI_{max} (%)</i>	3 ± 2	2 ± 3	1

Vysvětlivky: prae – před, post – po, n – počet probandů, kPa – kilopascal, P0.1 – neuromuskulární drive, TT_{mus} – index dechové práce, P0.1/PI_{max} – respirační kapacita, statisticky významné hodnoty * 0,01 < p ≤ 0,05 (Wilcoxon párový test)

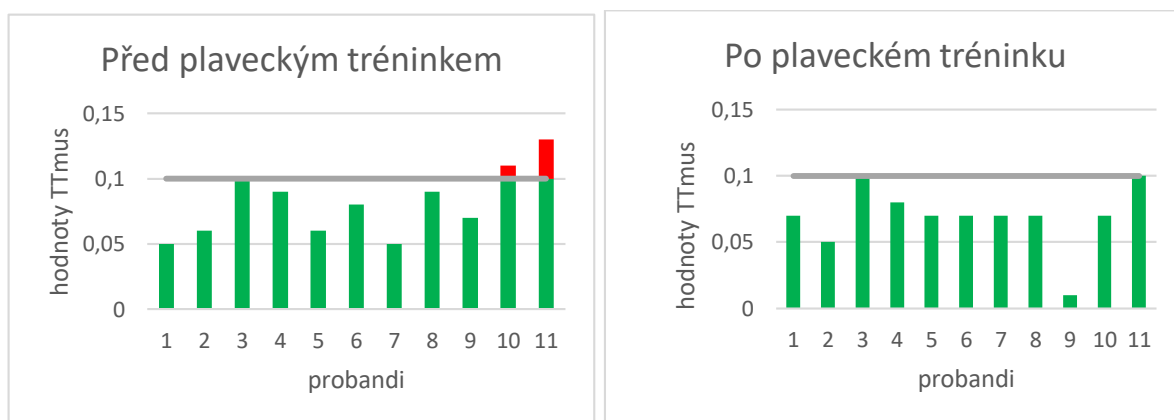
Hodnoty P0.1 menší než 0,2 kPa jsou obvykle považovány za fyziologické. Při zvýšení hodnot mluvíme o neefektivní práci dechových svalů. Vývoj parametru P0.1 je znázorněn na obrázku 11.



Vysvětlivky: P0.1 – okluzní ústní tlak, pKa – kilopascal

Obrázek 11. Porovnání vstupního a 1. kontrolního měření – parametr P0.1.

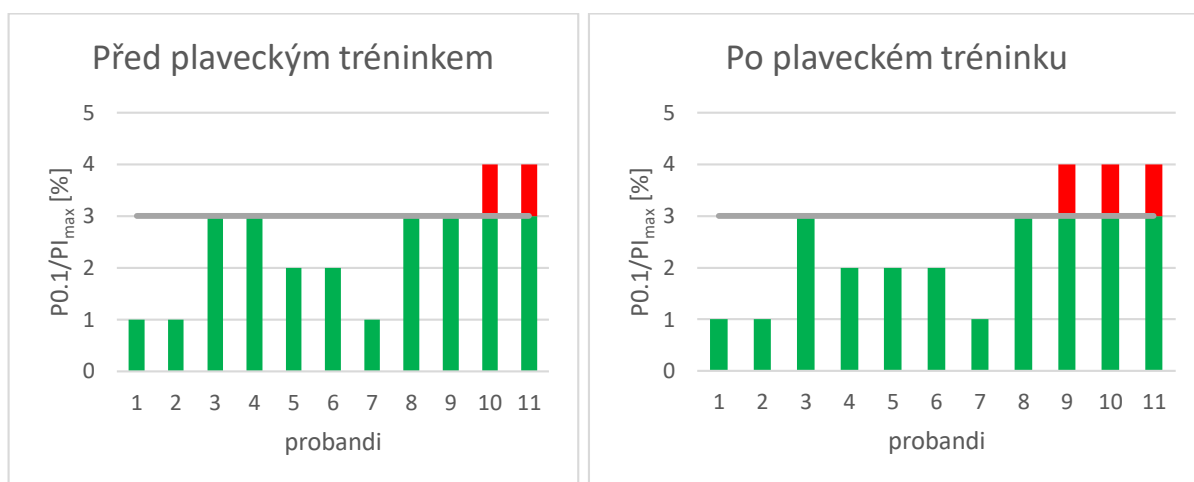
Fyziologická hodnota parametru TTmus je dle Chlumského et al. (2014) stanovena < 0,1 kPa. Vyšší hodnoty jsou označovány za patologické. TTmus $\geq 0,35$ svědčí pro ventilační insuficienci. Vývoj parametru TTmus je znázorněn na obrázku 12.



Vysvětlivky: TTmus – index dechové práce

Obrázek 12. Porovnání vstupního a 1. kontrolního měření – parametr TTmus

$P_{0.1}/PI_{max}$ vyjadřuje momentální funkční nároky inspiračních svalů. Fyziologické hodnoty jsou menších než 3 %. Při hodnotách nad 20-25 % je jedinec ohrožen ventilačním selháním (Criée, 2003). Vývoj parametru $P_{0.1}/PI_{max}$ je znázorněn na obrázku 13.



Vysvětlivky: $P_{0.1}/PI_{max}$ – respirační kapacita

Obrázek 13. Porovnání vstupního a 1. kontrolního měření – parametr $P_{0.1}/PI_{max}$

4týdenní plavecký trénink statisticky významně neovlivnil parametry hodnotící globální funkci nádechových svalů.

V_{1e2}: Jak se mění globální funkce nádechových svalů ploutvových plavců po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

Z níže uvedené tabulky 11 vyplývá, že u všech parametrů, posuzujících globální funkci nádechových svalů (únavu a efektivitu práce) ve vybraném souboru ploutvových plavců, došlo po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu k signifikantnímu statisticky významnému zlepšení. Pokles v uvedených parametrech je spojen se sníženou spotřebou energie pro nádechové svaly, efektivitou dechové práce a s ní spojeným poklesem únavy nádechových svalů.

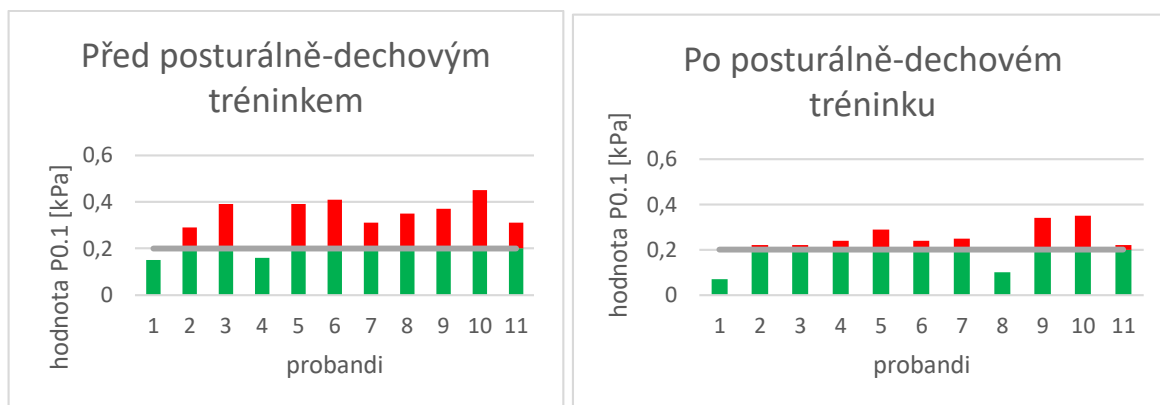
Tabulka 11. Globální funkce nádechových svalů (únava a efektivita práce) před a po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu

<i>parametry</i>	<i>prae (n = 11), median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>post (n = 11) median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>p-value</i>
<i>P0.1 (kPa)</i>	0,35 ± 0,1	0,24 ± 0,07	0,01 **
<i>TTmus</i>	0,11 ± 0,07	0,07 ± 0,05	0,009 **
<i>P0.1/PI_{max} (%)</i>	3 ± 1	2 ± 2	0,01 **

Vysvětlivky: prae – před, post – po, n – počet probandů, kPa – kilopascal, P0.1 – neuromuskulární drive, TTmus – index dechové práce, P0.1/PI_{max} - respirační kapacita, statisticky významné hodnoty **0,001 < p ≤ 0,01 (Wilcoxon párový test)

Střední hodnota P0.1 v rámci celého výzkumného souboru byla před zahájením posturálně-dechového tréninku 0,35 ± 0,1 kPa (Tabulka 11). 81,8 % probandů mělo zvýšené hodnoty nad hranicí 0,2 kPa. Nejvyšší zaznamenanou hodnotou bylo 0,46 kPa. Nejnižší hodnotou pak 0,15 kPa (obrázek 14). Po přidání posturálně-dechového tréninku poklesla střední hodnota P0.1 v rámci celého výzkumného souboru na 0,24 ± 0,07 kPa (Tabulka 11). 81,8 % probandů přetrvaly zvýšené výsledky nad hranicí 0,2 kPa, avšak jejich hodnoty poklesly. Nejvyšší zaznamenaná hodnota byla 0,35 kPa, naopak nejnižší hodnota byla 0,07 kPa (obrázek 14).

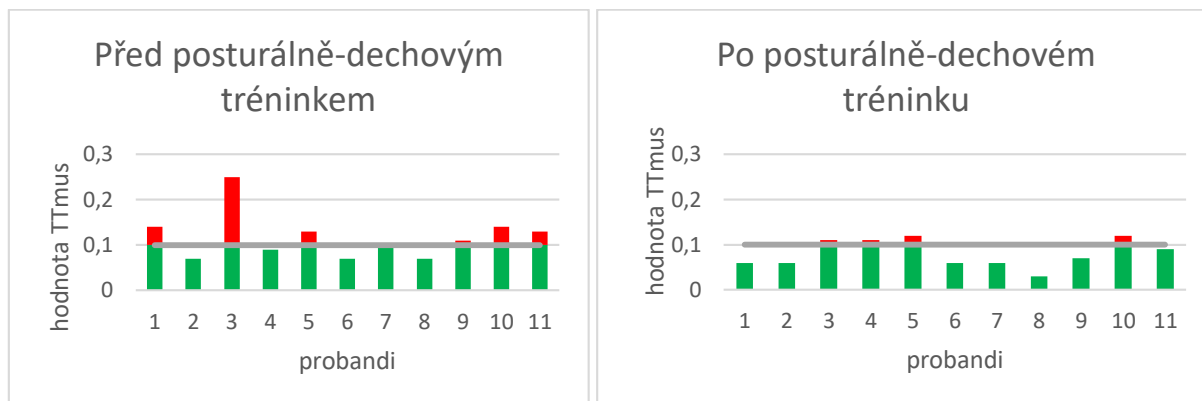
Výsledky měření hodnotící globální funkci nádechových svalů před zahájením plaveckého tréninku v kombinaci s posturálně dechovým tréninkem a po něm jsou znázorněny na obrázcích 14, 15, 16.



Vysvětlivky: P0.1 – okluzní ústní tlak, pKa – kilopascal

Obrázek 14. Porovnání 2. kontrolního měření a výstupního měření – parametr P0.1

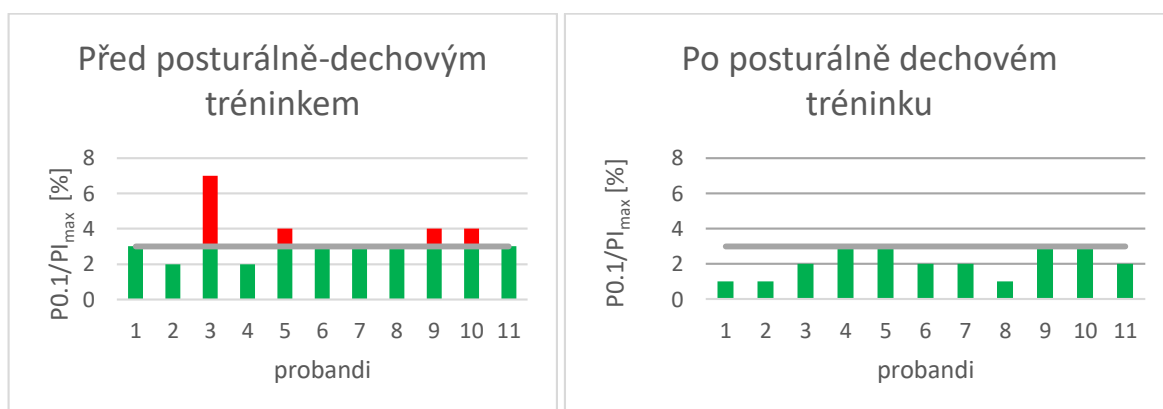
Střední hodnota TTmus v rámci celého výzkumného souboru byla před zahájením posturálně-dechového tréninku $0,11 \pm 0,07$ (Tabulka 11). 54,6 % probandů mělo zvýšené hodnoty nad hranicí 0,1. Nejvyšší zaznamenanou hodnotou bylo 0,25. Nejnižší hodnotou pak 0,07 (obrázek 15). Po přidání posturálně-dechového tréninku poklesla střední hodnota TTmus v rámci celého výzkumného souboru na $0,07 \pm 0,05$ (Tabulka 11). 36,5 % probandů přetrvaly zvýšené výsledky nad hranicí 0,1, avšak jejich hodnoty poklesly. Nejvyšší zaznamenaná hodnota byla 0,12, naopak nejnižší hodnota byla 0,03 (obrázek 15).



Vysvětlivky: TTmus – index dechové práce

Obrázek 15. Porovnání 2. kontrolního měření a výstupního měření – parametr TTmus

Střední hodnota $P0.1/PI_{max}$ v rámci celého výzkumného souboru byla před zahájením posturálně-dechového tréninku 3 ± 1 % (Tabulka 11). 36,4 % probandů mělo zvýšené hodnoty nad hranicí 3 %. Nejvyšší zaznamenanou hodnotou bylo 7 %. Nejnižší hodnotou pak 2 % (Obrázek 16). Po přidání posturálně-dechového tréninku poklesla střední hodnota $P0.1/PI_{max}$ v rámci celého výzkumného souboru na 2 ± 2 (Tabulka 11). U všech probandů byly naměřeny hodnoty nižší nebo rovny 3 %. Nejnižší hodnota byla 1 % (Obrázek 16).



Vysvětlivky: $P0.1/PI_{max}$ – respirační kapacita

Obrázek 16. Porovnání 2. kontrolního měření a výstupního měření – parametr $P0.1/PI_{max}$

4týdenní posturálně-dechový trénink má výrazně pozitivní vliv na snížení hodnot parametrů hodnotící globální funkci nádechových svalů, což vypovídá o zlepšení globální funkce nádechových svalů.

V2: Jak se liší výkon v jednotlivých plaveckých disciplínách ploutvových plavců po 4 týdnech běžného tréninkového plánu a jak po 4 týdnech, kdy byl přidán posturálně-dechový trénink k běžné přípravě v bazénu?

V_{2a1}: Jak se liší sportovní výkon v disciplíně plavání na 1 nádech (RP_{max}) po absolvování běžného tréninkového plánu?

V_{2b1}: Jak se liší sportovní výkon v disciplíně na 100 m po absolvování běžného tréninkového plánu?

V_{2c1}: Jak se liší sportovní výkon na „rozložené“ trati na 200 m po absolvování běžného tréninkového plánu?

V_{2d1}: Jak se liší sportovní výkon v disciplíně na 400 m po absolvování běžného tréninkového plánu?

Z níže uvedené tabulky 12 vyplývá, že ke statisticky významným hodnotám po plaveckém tréninku se začínají ploutvoví plavci přibližovat v rámci „rozložené“ tratě 200 m (2x60+2x40), a to zrychlením střední hodnoty o 4,5 s. V ostatních sledovaných výkonech nedošlo ke statisticky významnému zlepšení.

Tabulka 12. Výsledky plaveckých testů před a po absolvování běžného tréninkového plánu

<i>parametry</i>	<i>prae (n=11), median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>post (n = 11) median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>p-value</i>
<i>RP max (m)</i>	60 ± 8	60 ± 6	0,589
<i>100 m (s)</i>	57,05 ± 4,6	55,95 ± 2,3	0,326
<i>200 (m) (2x60+2x40) (s)</i>	120,5 ± 3	116 ± 6	0,083
<i>400 m (s)</i>	294 ± 34	285 ± 47	0,103

Vysvětlivky: prae – před, post – po, n – počet probandů, m – metry, s – sekundy, RPmax – rychlostní potápění (plavání na 1 nádech), statisticky významné hodnoty * 0,01 < p ≤ 0,05 (Wilcoxon párový test)

Po 4týdenním plaveckém tréninku se objevují tendence ke statisticky významnému zlepšení v rámci „rozložené“ tratě 200 m (2x60+2x40).

V_{2a2}: Jak se liší sportovní výkon v disciplíně plavání na 1 nádech (RP max) po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

V_{2b2}: Jak se liší sportovní výkon v disciplíně na 100 m po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

V_{2c2}: Jak se liší sportovní výkon na „rozložené“ trati na 200 m po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

V_{2d2}: Jak se liší sportovní výkon v disciplíně na 400 m po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

Z níže uvedené tabulky 13 vyplývá, že po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu, se hodnoty v testech vytrvalostního charakteru začínají přibližovat ke statisticky významným hodnotám. Během testu „rozložená“ trať 200 m (2x60+2x40) došlo ke zlepšení střední hodnoty o 2 s. Zvýšení kvartilového rozdílu vypovídá o tom, že narostl rozdíl mezi výkony plavců. U vytrvalostní trati na 400 m došlo ke zlepšení střední hodnoty o 6 s. Během sledovaného období došlo ke zhoršení střední hodnoty o 0,2 s na sprinterské trati na 100 m. Střední hodnota RPmax byla 60 m před i po přidání posturálně-dechového tréninku.

Tabulka 13. Výsledky plaveckých testů před a po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu

<i>parametry</i>	<i>prae (n = 11), median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>post (n = 11) median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>p-value</i>
<i>RP (m)</i>	60 ± 20	60 ± 10	0,345
<i>100 m (s)</i>	56,4 ± 3	56,6 ± 5,7	0,929
<i>200 m (2x60+2x40) (s)</i>	119 ± 12	117 ± 12	0,056
<i>400 m (s)</i>	283 ± 44	277 ± 39	0,082

Vysvětlivky: prae – před, post – po, n – počet probandů, m – metry, s – sekundy, RPmax – rychlostní potápění (plavání na 1 nádech), statisticky významné hodnoty * 0,01 < p ≤ 0,05 (Wilcoxon párový test)

Po 4týdenním posturálně-dechovém tréninku se objevují tendence ke statisticky významnému zlepšení na „rozložené“ trati na 200 m a na trati na 400 m.

V3: Jak se liší výsledky ve zvoleném testu pro ověření rovnovážných funkcí (vybrané ukazatele posturální stability) po 4 týdnech běžného tréninkového plánu a jak po 4 týdnech, kdy byl přidán posturálně-dechový trénink k běžné přípravě v bazénu?

V_{3a1}: Jak se liší výsledky ve zvoleném testu pro ověření rovnovážných funkcí po absolvování běžného tréninkového plánu?

Z níže uvedené tabulky 14 vyplývá, že všechny parametry posuzující rovnovážné funkce s vizuální kontrolou se ve vybraném souboru ploutvových plavců po absolvování běžného tréninkového plánu statisticky významně nezměnily.

Tabulka 14. Výsledky měření rovnováhy během testu s otevřenými očima před a po absolvování běžného tréninkového plánu

<i>parametry</i>	<i>prae (n = 11), median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>post (n = 11) median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>p-value</i>
<i>SDx (mm)</i>	7,5 ± 2,78	8,17 ± 1,5	0,328
<i>SDy (mm)</i>	9,87 ± 1,8	9,27 ± 2,66	0,722
<i>Vx (mm/s)</i>	16,87 ± 7,61	18,33 ± 5,34	0,477
<i>Vy (mm/s)</i>	15,06 ± 5,65	16,77 ± 5,74	0,534
<i>V (mm/s)</i>	26,21 ± 10,07	27,73 ± 7,56	0,424

Vysvětlivky: prae – před, post – po, n – počet probandů, SDx – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru, SDy – směrodatná odchylka v anteroposteriorním směru, Vx – rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru, Vy – rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru, V – celková rychlost pohybu COP

Po 4týdenním plaveckém tréninku nedošlo ke statisticky významnému ovlivnění parametrů ve zvoleném testu rovnováhy s vizuální kontrolou.

Výsledky měření rovnováhy během testu se zavřenýma očima ukázaly, že žádný z parametrů posuzující rovnovážné funkce bez vizuální kontroly, se ve vybraném souboru ploutvových plavců po absolvování běžného tréninkového plánu statisticky významně nezměnil (Tabulka 15). Dále je patrné, že modifikace sensorických vstupů vede k navýšení hodnot směrodatné odchylky COP v obou směrech a hodnoty narůstají i v případě rychlosti pohybu COP oproti hodnotám, které byly naměřena se zrakovou kontrolou.

Tabulka 15. Výsledky měření rovnováhy během testu se zavřenýma očima před a po absolvování běžného tréninkového plánu

<i>Parametry</i>	<i>prae (n = 11), median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>post (n = 11) median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>p-value</i>
<i>SDx (mm)</i>	12,71 ± 4,19	11,99 ± 5,09	0,534
<i>SDy (mm)</i>	11,58 ± 2,98	12,07 ± 6,38	0,534
<i>Vx (mm/s)</i>	32,28 ± 9,13	35,93 ± 10,18	0,722
<i>Vy (mm/s)</i>	31,78 ± 11,60	31,26 ± 13,75	0,722
<i>V (mm/s)</i>	51,26 ± 17,50	52,74 ± 17,29	0,594

Vysvětlivky: Prae – před, Post – po, n – počet probandů, SDx – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru, SDy – směrodatná odchylka v anteroposteriorním směru, Vx – rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru, Vy – rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru, V – celková rychlost pohybu COP

Po 4týdenním plaveckém tréninku nedošlo ke statisticky významnému ovlivnění parametrů ve zvoleném testu rovnováhy bez vizuální kontroly.

V_{3a2}: Jak se liší výsledky ve zvoleném testu pro ověření rovnovážných funkcí po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu?

Výsledky měření rovnováhy během testu s otevřenýma očima ukázaly, že všechny parametry posuzující rovnovážné funkce s vizuální kontrolou se ve vybraném souboru ploutvových plavců po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu statisticky významně nezměnily (Tabulka 16).

Tabulka 16. Výsledky měření rovnováhy během testu s otevřenýma očima před a po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu

<i>parametry</i>	<i>prae (n = 11), median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>post (n=11) median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>p-value</i>
<i>SDx (mm)</i>	7,37 ± 0,93	6,95 ± 2,97	0,79
<i>SDy (mm)</i>	9,72 ± 3,59	10,16 ± 2,65	0,47
<i>Vx (mm/s)</i>	16,80 ± 4,3	18,40 ± 5,77	0,131
<i>Vy (mm/s)</i>	14,36 ± 4,88	15,56 ± 5,08	0,182
<i>V (mm/s)</i>	25,71 ± 9,65	26,51 ± 9,27	0,374

Vysvětlivky: Prae – před, Post – po, n – počet probandů, SDx – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru, SDy – směrodatná odchylka v anteroposteriorním směru, Vx – rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru, Vy – rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru, V – celková rychlost pohybu COP

Po 4týdenním posturálně-dechovém tréninku nedošlo ke statisticky významnému ovlivnění parametrů ve zvoleném testu rovnováhy s vizuální kontrolou.

Výsledky měření rovnováhy během testu se zavřenýma očima před a po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu ukázaly, že se hodnoty rychlosti pohybu COP v mediolaterálním směru a celkové rychlosti COP začínají přibližovat statistické významnosti. Střední hodnota V_x poklesla z $35,27 \pm 6,48$ mm/s na $31,57 \pm 8,36$ mm/s. Celková rychlost COP poklesla z $55,70 \pm 13,08$ na $52,84 \pm 14,37$ mm/s. Ostatní sledované parametry nedosáhly statisticky významných změn. Dále je patrné, že modifikace sensorických vstupů vede k navýšení hodnot směrodatné odchylky COP v obou směrech a hodnoty narůstají i v případě rychlosti pohybu COP oproti hodnotám, která byla naměřena se zrakovou kontrolou (Tabulka 17).

Tabulka 16. Výsledky měření rovnováhy během testu se zavřenýma očima před a po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě v bazénu

<i>parametry</i>	<i>prae (n = 11), median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>post (n = 11) median ± kvartilové rozpětí</i>	<i>p-value</i>
<i>SDx (mm)</i>	12,44 ± 2,66	12,51 ± 2,31	0,875
<i>SDy (mm)</i>	12,83 ± 1,95	12,02 ± 3,59	0,53
<i>Vx (mm/s)</i>	35,27 ± 6,48	31,57 ± 8,36	0,084
<i>Vy (mm/s)</i>	36,06 ± 12,75	34,64 ± 12,28	0,117
<i>V (mm/s)</i>	55,70 ± 13,08	52,84 ± 14,37	0,084

Vysvětlivky: prae – před, post – po, n – počet probandů, SDx – směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru, SDy – směrodatná odchylka v anteroposteriorním směru, V_x – rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru, V_y – rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru, V – celková rychlost pohybu COP, statisticky významné hodnoty * $0,01 < p \leq 0,05$ (Wilcoxon párový test)

Po 4týdenním posturálně-dechovém tréninku se objevují tendence ke statisticky významnému zlepšení hodnot rychlosti výchylky COP v mediolaterálním směru a celkové rychlosti COP při zvoleném testu rovnováhy s vyřazením zrakové kontroly.

5.3 Shrnutí

Výsledky měření dechových funkcí po absolvování 4 týdenního posturálně-dechového tréninku prokázaly statisticky významný rozdíl ve všech ventilačních parametrech, síle nádechových a výdechových svalů i v parametrech hodnotící globální funkci nádechových svalů. Za výsledky blížící se statistické významnosti lze považovat hodnoty na vytrvalostních plaveckých tratích („rozložená“ trať na 200 m a 400 m). Zároveň však nebyl zjištěn signifikantní rozdíl průměrných hodnot v disciplínách RP max a 100 m. V rámci hodnocení vlivu na rovnovážné funkce (vybrané ukazatele posturální stability) se objevují tendence ke statisticky významnému zlepšení hodnot rychlosti výchylky těžiště těla (COP – center of pressure) v mediolaterálním směru a celkové rychlosti COP při zvoleném testu rovnováhy s vyřazením zrakové kontroly.

Výsledky měření dechových funkcí po plaveckém tréninku prokázaly statisticky významné zlepšení pouze v parametru VC. Ve zvolených výkonnostních a rovnovážných testech nebyly zaznamenány statisticky významné změny.

6 DISKUZE

Ploutvové plavání se začíná dostávat do povědomí stále širší veřejnosti. Velice diskutovaným tématem je účast ploutvového plavání na letní olympiádě v Paříži 2024. Lze předpokládat další nárůst zájmu o tento sport. Tendence posouvat hranice sportovních výkonů nevynechává ani toto sportovní odvětví, i zde rozhoduje každá setina sekundy o vítězných příčkách. V České republice máme několik ploutvových plavců, kteří dosahují elitních výkonů. Z pohledu fyzioterapie nás zajímá kompenzace této velké sportovní zátěže a zároveň je předmětem výzkumu, zda by právě posturálně-dechový trénink mohl napomoci k lepším sportovním výsledkům. Ve světě se tato metoda používá u celé řady sportovců, avšak v České republice se jedná o ojedinělé případy. V rámci přípravy ploutvových plavců se tato forma tréninku standardně neobjevuje.

Diplomová práce se zaměřuje na posouzení efektu vytrvalostního i silového posturálně-dechového tréninku, který má velký potenciál v celé řadě sportovních odvětví. Konkrétně bylo sledováno, jaký vliv má 4 týdenní posturálně-dechový trénink s trenažéry POWERbreathe (nádechový) a EMST 150 (výdechový) spolu v kombinaci s balanční čočkou v posturálně náročnějších pozicích na ventilační parametry, sílu dýchacích svalů, globální nádechovou funkci, sportovní výkon a na rovnovážné funkce ploutvových plavců. V následujících kapitolách budou diskutovány jednotlivé sledované parametry a výzkumné otázky, které se k nim vztahují.

6.1 Diskuze k výsledkům výzkumné otázky V1

V1: Jak se mění ventilační parametry, síla dýchacích svalů a globální funkce nádechových svalů ploutvových plavců po 4 týdnech běžného tréninkového plánu a jak po 4 týdnech, kdy byl přidán posturálně-dechový trénink k běžné přípravě v bazénu?

6.1.1 Ventilační parametry - V_{1a1} , V_{1a2}

V této diplomové práci bylo potvrzeno zlepšení sledovaných ventilačních parametrů po posturálně-dechovém tréninku. Nejvýraznějšího zlepšení bylo dosaženo u VC, která vykazovala zlepšení již během samotného plaveckého tréninku. Dlouhodobý systematický plavecký trénink sám o sobě vede ke zlepšení ventilačních parametrů, toto zjištění bylo potvrzeno také ve studii autorů Courteix, Obert, Lecoq, Guenon, & Koch (1997).

Signifikantnímu zvýšení PEF odpovídají zlepšené výsledky síly výdechových svalů. Na tomto parametru mohl mít výraznější podíl silový trénink usilovného výdechu, který byl součástí posturálně-dechového tréninku. Parametr PEF může ovlivnit také změna síly nádechového svalstva, která vyplývá ze studie Alwohayeb et al. (2018). Ti porovnávali trénink dýchacích svalů s trenažérou Threshold IMT a POWERbreathe, přičemž zjistili signifikantní zvýšení hodnoty parametru PEF u skupiny probandů, která cvičila s pomůckou POWERbreathe ($p=0,012$). POWERbreathe umožňuje sportovci nastavení většího dechového odporu pro zabezpečení tréninkového efektu, který vede k posílení svalů i již trénovaných jedinců. Posílení nádechového svalstva, tedy schopnost provést větší a silnější nádech, následně generuje větší sílu podporující výdech a tudíž může ovlivnit také parametr PEF.

Pozitivní efekt dechového tréninku s trenažérou na dechové parametry sportovců uvádějí také autoři systematického review z roku 2013, kteří ověřovali jeho efektivitu na sportovní výkon (HajGhanbari et al., 2013).

6.1.2 Síla nádechových a výdechových svalů - V_{1b1} , V_{1b2}

Síla nádechových a výdechových svalů je pro ploutvové plavce zásadním aspektem jejich výkonu. Silné nádechové svaly umožní efektivní nádech, stejně tak silné výdechové svaly zabezpečí výdech proti odporu vodního prostředí se všemi benefity optimální dechové práce, která má dopad na změny metabolismu. Dechové svaly jsou důležité nejen pro jejich ventilační funkci, ale jsou také

zapojeny do pohybu těla vpřed. Pomocné svaly jsou zapojeny při únavě hlavních dechových svalů (Pendergast, Moon, Krasney, Held, & Zamparo, 2015). Pomocné svaly se zásadně podílejí na pohybu a nemohou dlouhodobě vynaložit svou sílu pro dechovou funkci. Faktorem, který dále ovlivňuje mechaniku dýchání je komprese svalů plavkami, které tak dále zvyšují odpor dechové práci. Komprese plavkami ale podporuje aerodynamické vlastnosti, které se zdají být výhodou při výkonu (Pendergast, Mollendorf, Cuviallo, & Termin, 2006).

Střední hodnota MIP v rámci celého výzkumného souboru byla před zahájením posturálně-dechového tréninku $122,05 \pm 34,36$ % NH. U jednoho probanda byly hodnoty MIP snižené pod 80 % NH. U druhého probanda se hodnoty pohybovaly mezi 80 – 100 % NH. 81,8 % probandů mělo hodnotu MIP nad 100 % NH. Síla výdechových svalů byla ve výzkumném souboru nižší, než síla nádechových svalů. Nacházíme zde také větší kvartilové rozpětí, které vypovídá o větších rozdílech v síle výdechového svalstva. Střední hodnota MEP v rámci celého výzkumného souboru byla před zahájením posturálně-dechového tréninku $105,96 \pm 26,56$ % NH. Žádný z probandů neměl hodnoty MEP snižené pod 80 % NH. U 36,4 % probandů se hodnoty pohybovaly mezi 80 – 100 % NH. 63,6 % probandů mělo hodnotu MEP nad 100 % NH.

Analýzu vstupních hodnot ve své práci uvedli Vašíčková, Neumannová a Svozil (2017), kteří naměřili vstupní data 28 plavců s ploutvemi ve věku 10-15 let. Během hodnocení síly dýchacích svalů v porovnání s konvenčními hodnotami pro zdravou populaci byly u 75 % účastníků hodnoty nad 100 % P_Imax a 46 % účastníků dosáhlo hodnoty nad 100 % P_Emax. Pouze 7 % účastníků dosáhlo nižších hodnot (P_Imax méně než 80 % předpokládaných hodnot) a 21 % účastníků mělo sníženou sílu výdechových svalů (P_Emax méně než 80 %).

Dosažené výsledky podporují závěry studii McConnella a Lomaxe (2003), která uvádí, že závodní plavání je jednou z nejnáročnějších aktivit pro dechové svalstvo. Po 200 m dlouhém úseku, který profesionální plavci plavali na 90 - 95 % maxima, poklesla síla nádechového svalstva o 29 %. V průběhu 200 m úseku se plavci v průměru nadechli pouze 70krát a výkon trval přibližně 2,5 minuty. U sportů, které jsou prováděny na souši při intenzitě 90 - 95 % maxima po dobu 2,5 minuty, poklesne svalová síla nádechového svalstva o 10 - 20 %. Nádechové svalstvo je také přibližně o 16 % slabší v poloze, kdy plavec leží na vodě v porovnání se stojem na souši. Proto lze předpokládat, že pravidelným dlouholetým tréninkem, budou ploutvoví plavci vystupovat nad

hodnotami norem běžné populace. Předpoklad byl splněn, avšak je nutné poukázat na klinicky významné snížení svalové síly jednotlivce před zahájením posturálně-dechového tréninku.

Nejnižší hodnoty byly zaznamenány u plavce trpícího astmatem. S diagnózou astmatu se ve výzkumném vzorku objevili celkem 4 ploutvoví plavci (n = 11). Levai et al., (2016) se zabývali vlivem prostředí na dysfunkci dýchacích cest u elitních sportovců. Účelem této studie bylo vyhodnotit prevalenci bronchokonstrikce vyvolané zátěží, často známou jako pozátěžové astma, u elitních boxerů a plavců z Velké Británie. Tato studie byla první, která prohlédla celé elitní plavecké a boxerské týmy pomocí dobrovolné hyperpnoe. Zjištění ze studie podporují názor, že sportovci, kteří trénují a soutěží v provokativních prostředích (bazén) při trvalé vysoké ventilaci, mají zvýšenou náchylnost k dysfunkci dýchacích cest. Prevalence pozátěžového astmatu byla u plavců ve srovnání s boxery devětkrát vyšší. Není ale zcela jasné, zda tato zvýšená citlivost ovlivňuje elitní sportovní výkonnost a dlouhodobé zdraví dýchacích cest u elitních sportovců.

Ve vědeckých studiích bylo prokázáno, že dechový trénink snižuje dušnost, zvyšuje inspirační svalovou sílu a zlepšuje výkon u astmatických osob. Má tak velký potenciál napomoci těmto jedincům během přípravy v bazénovém prostředí. Na základě našich výsledků a výsledků dalších studií (Weiner, Azgad, Ganam, & Weiner, 1992; Weiner, Magadle, Massrwa, Beckerman, & Berar-Yanay, 2002), doporučujeme těmto plavcům pokračovat v dechovém tréninku i mimo studii, aby efektivním způsobem posílili nádechové i výdechové svaly, které jsou následkem astmatu oslabeny. Oslabení svalů přichází zejména po astmatickém záchvatu, které je zároveň predilekčním polem pro jeho opakování.

V roce 2013 byla publikována systematická review s metanalýzou hodnotící efekt respiračního tréninku na sportovní výkon. V celé řadě sportovních odvětví (cyklistika, běh, fotbal, ragby, atletika...) byly prokázány statisticky významné pozitivní změny. Autoři přehledu (HajGhanbari et al., 2013) uvádějí, že neúspěch většiny studií respiračního tréninku u plavců může být dán malými výzkumnými soubory, kdy klinicky velká zlepšení nemusí být nutně také statisticky potvrzena. Dále upozorňují na fakt, že mohou být plavci na hranici svého dechového maxima. Nedostatky shledávají také v neadekvátním tréninkovém dechovém odporu, který může být pro plavce nízký. Výsledky naší studie prokázaly, že i přes počáteční zvýšení síly nádechových i výdechových svalů u některých plavců, se po přidání posturálně-dechového tréninku dokázali

zlepšit všichni plavci, respektive i ti, kteří měli předchozí hodnoty již nad 100 % NH. Maximální hodnoty po posturálně-dechovém tréninku byly v případě zvýšení síly nádechových svalů až na 193,5 % NH, v případě výdechových svalů 190,6 % NH. Zvýšení síly dýchacích svalů po dechovém tréninku u ploutvových plavců potvrdili také ve své studii Neumannová, Vašíčková a Svozil (2017). Posturálně-dechový trénink s nádechovým trenažérem POWERbreathe a výdechovým trenažérem EMST150 je tak dle výsledků této diplomové práce efektivním nástrojem pro ovlivnění síly dechových svalů ploutvových plavců.

6.1.3 Globální funkce nádechových svalů – V_{Ic1}

Pro komplexnější analýzu efektu posturálně-dechového tréninku na nádechové svalstvo, byly hodnoceny parametry TTmus, P0.1 a P0.1/PI_{max}. Dassios, Katelari, Doudounakis a Dimitriou (2013) poukazují na to, že vyšší účinnost nádechových svalů je demonstrována nižšími hodnotami TTmus, zatímco vysoké hodnoty TTmus souvisejí se zvýšeným rizikem únavy nádechových svalů. Parametr TTmus bývá často zvýšen dříve, než dojde k poklesu svalové síly a vyjadřuje tak kompenzační mechanismy zvýšených nároků na dechovou práci. Svaly mohou být silné, ale rychle unavitelné. Hodnoty okluzního ústního tlaku 100 ms po začátku nádechu při klidném dýchání popisují efektivitu práce dýchacích svalů. Respirační kapacita pak vyjadřuje momentální funkční nároky nádechových svalů. Přesto, že se v našem výzkumném souboru jedná o zdravé a sportující jedince, hodnoty některých ploutvových plavců vystupovaly během našeho měření nad hodnotami normy. Cenným zjištěním je fakt, že po přidání posturálně dechového tréninku k běžné přípravě v bazenu statisticky významně poklesly všechny parametry hodnotící globální funkce nádechových svalů, což ukazuje na efektivnější dechový vzor. S efektivní dechovou prací je spojen pokles dechové frekvence, který je pro ploutvové plavce významný.

Přestože se zdá, že zvolené parametry jsou dobrým indikátorem efektu dechového tréninku (svaly mohou mít dostatečné hodnoty MIP a MEP, tedy normální svalovou sílu, ale mohou být více unavitelné), ve studiích tohoto druhu se příliš neobjevují. Nejčastěji se využívají ventilační parametry hodnotící plicní funkce nebo ústní tlaky MIP, MEP či VO_{2max} (HajGhanbari et al., 2013).

Kužilková (2018) ve své studii popsala u jedinců po transplantaci plic korelaci mezi parametrem TTmus a parametrem PEF. Je-li zvýšen parametr TTmus ($r = -0,45$, $p < 0,05$), znamená

to, že u osob po transplantaci plic je tendence ke snížení parametru PEF, což může pak znesnadňovat u pacientů expektoraci. Zároveň prokázala, že dechovým tréninkem s trenažérem Threshold IMT a Treshold PEP došlo ke snížení hodnot všech parametrů (TTmus, P0.1, P0.1/PI_{max}) a tím ke snížení únavy dechového svalstva. Ramírez-Sarmiento et al. (2002) potvrzují pozitivní vliv dechového tréninku u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí na snížení parametru TTmus. Samotný plavecký trénink nevedl ke statisticky významným změnám globální funkce nádechových svalů. Kombinace posturálně-dechového tréninku a plaveckého tréninku prokázala efektivní snížení hodnot, tím došlo ke snížení svalové únavy. Významnou roli může hrát zlepšení nervosvalové koordinace nejen dechového svalstva, zvýšení síly bránice spolu s efektivnějším zapojováním jejich jednotlivých částí, ale i samotný dopad 4týdenního vytrvalostního tréninku se všemi jeho metabolickými adaptacemi. Z uvedených zjištění lze konstatovat, že posturálně-dechový trénink má signifikantní vliv na tyto dechové parametry. Na základě našich výsledků doporučujeme využívání těchto parametrů pro přesnější diagnostiku funkce nádechových svalů.

Statisticky významné zlepšení bylo zaznamenáno jak pro všechny ventilační parametry, sílu dýchacích svalů, tak pro globální funkci nádechových svalů. Lze tedy říci, že posturálně-dechový trénink měl pozitivní efekt v rámci dechových funkcí u ploutvových plavců.

6.2 Diskuze k výsledkům výzkumné otázky V2

V2: Jak se liší výkon v jednotlivých plaveckých disciplínách ploutvových plavců po 4 týdnech běžného tréninkového plánu a jak po 4 týdnech, kdy byl přidán posturálně-dechový trénink k běžné přípravě v bazénu?

Efekt a přínos dechového tréninku byl popsán v celé řadě studií. Dechový trénink zvyšuje sportovní výkon netrénovaných jedinců (Edwards & Cooke, 2004; Gething, Williams, & Davies, 2004), vytrvalostních sportovců (Edwards, Wells, & Butterly, 2008; Griffiths & McConnell 2007, (HajGhanbari et al., 2013) i sprinterů (Romer, McConnell, & Jones, 2002; HajGhanbari et al., 2013). HajGhanbari et al. (2013) provedli systematickou review s meta analýzou efektivnosti RMT u celé řady sportů. Jednoznačně potvrzují, že se jedná o efektivní metodu, která zvyšuje sportovní výkon, je však nutné adekvátní zvýšení zatížení, aby bylo dosaženo benefitů. Za žádoucí považují vytvoření optimálních protokolů pro jednotlivé sporty. Jako důvod nedostatečného efektu

v některých studiích u plavců vnímají nízký dechový odpor, jelikož plavci jsou již zvyklí dýchat proti odporu vodního prostředí. Mohou být zároveň na hranici svého dechového maxima.

Pro ohodnocení efektu na sportovní výkon v naší studii nalézáme hodnoty blízké se statisticky významnému zlepšení pro hodnoty výkonu na rychlostně-vytrvalostní trati („rozložená“ trať 200 m). Měřeny byly opakované sprinty, které vypovídají o aktuální úrovni rychlostně vytrvalostní výkonnosti plavců. Také na vytrvalostní trati 400m se objevují tendence přibližující se ke statisticky významným hodnotám. V obou případech může být výsledek dán zejména vytrvalostním charakterem dechového tréninku, který probíhal v 5 sériích s nádechovou i výdechovou pomůckou po 10 cyklech. Posílení dýchacích svalů mohlo napomoci ke snížení jejich únavy a tím mohla být energie vydána na pohyb končetinami. Tato tvrzení podporuje studie Harms et al. (1997), ve které autoři našli vzájemný vztah mezi dechovou prací a prouděním krve na periférii (dolní končetiny) během maximální zátěže na ergometru. Poté několik autorů (St Croix et al., 2000, Sheel et al. 2001, 2002) dospělo k závěru, že vasokonstrikční stimul (metaboreflex) pro končetiny vznikl uvnitř inspiračních svalů. Jak připomíná McConnell (2009), tento reflex se zdá být aktivován, když se akumulují metabolity v inspiračních svalech. Tyto metabolity skutečně stimulují aferentní nervová vlákna, čímž dochází ke zvýšení neurálního toku sympatiku, který vyvolá generalizovanou vasokonstrikci. Ta vede k přesměrování krve z pohybového aparátu na dýchací svaly. Únava nádechových svalů snižuje průtok krve v pracujících končetinách a zhoršuje tak jejich únavu (Romer, Lovering, Haverkamp, Pegelow, & Dempsey, 2006).

V důsledku toho lze předpokládat, že dechový trénink může zlepšit výkon. Tuto hypotézu potvrdil McConnell a Lomax (2006), kteří naznačili, že trénink nádechových svalů zmírňuje nebo zpomaluje vyvolané vazomotorické změny v končetinách. Tento efekt může být nejzjevnější právě u vytrvalostních disciplín (400 m) nebo při opakovaných sprintech. Nelze ale s jistotou říct, jak velký podíl měl ve zlepšení výkonu při vytrvalostních tratích posturálně-dechový trénink. Již během plaveckého tréninku docházelo ke zlepšení výsledných časů právě u vytrvalostních disciplín oproti plavání na 1 nádech (RP max a 100 m), avšak po přidání posturálně-dechového tréninku k běžné přípravě ploutvových plavců byly dosažené změny větší a hodnoty se začaly přibližovat statistické významnosti. Koncepce posturálně-dechového tréninku neměla statisticky významný vliv v disciplíně RP max. K opačným závěrům dospěla Dostálová (2016), která přidala k běžnému

tréninku ploutvových plavců trénink dýchacích svalů s pomůckami Threshold® PEP a IMT, které se využívají v respirační fyzioterapii. Trénink byl rozdělen na trénink síly a vytrvalosti. Trénink síly spočíval ve dvaceti opakováních maximálního nádechu s pomůckou Threshold® IMT a ve dvaceti opakováních maximálního výdechu s pomůckou Threshold® PEP. Trénink vytrvalosti probíhal vždy 15 minut a úkolem bylo plynulé dýchání proti odporu s oběma pomůckami v pozici sedu na židli. Signifikantní zlepšení u plaveckých disciplín bezprostředně po ukončení tréninku dýchacích svalů bylo zaznamenáno pouze u dvou ze tří sledovaných disciplín. V disciplíně RP max se závodníci zlepšili o 4,8 metry a v disciplíně 50 PP o 0,4 sekundy. Přetrvávající efekt měsíc po skončení intervence pomocí dechových trenažérů u experimentální skupiny byl zaznamenán ve sledovaných ventilačních parametrech a u disciplíny plavání s ploutvemi RP max. Pozitivní efekt dechového tréninku na uplavané metry na 1 nádech (RP = AP max) prokázali také Neumannová, Vašíčková a Svozil (2017), kteří provedli pilotní studii, která rovněž potvrzuje efektivnost RMT. Po měsíční intervenci plavci v průměru uplavali o 11,36 metrů více (27,4 %), což ukazuje na významné zlepšení AP max po kombinaci RMT s pravidelným plaveckým tréninkem. Experimentální skupina výrazně zlepšila vzdálenost AP max nejen bezprostředně po 1 měsíčním experimentu (27,4 % a kontrolní o 20,7 %), ale účinek trval delší dobu (23 % v experimentální skupině).

Rozdílné výsledky v naší studii by mohly být způsobeny nejen rozdílnou koncepcí dechového tréninku (trenažéry s větším dechovým odporem a posturálně náročnější pozice) ale také tím, že plavci byli testováni čtyřmi plaveckými testy v ten stejný den, kdy pro ně mohlo být přednější podat maximální výkon v plaveckém testu, který odráží jejich specializaci. Plavání na 1 nádech není závodní disciplínou. Plavci v závodě potřebují uplavat maximálně 15 metrů pod vodou (otočka+výjezd) a následně se znovu přes šnorchl nadechují. Význam má také rychlost, při které byly uplavány dosažené metry. Plavci zároveň nebyli cíleně trénováni na zádrž dechu. V koncepci posturálně-dechového tréninku převažoval vytrvalostní trénink (oproti silovému), kdy nádech i výdech neměly být maximální, naopak byli plavci vedeni k optimálnímu stereotypu s plynulým prodlouženým výdechem. K tomuto tréninku sportovci využívali jak nádechových trenažérů POWERbreathe, tak výdechový trenažér EMST150.

Rozdílnou koncepci tréninku avšak také s nádechovým trenažérem POWERbreathe zvolili Kilding, Brown a McConnell (2009), kdy potvrdili efekt dechového tréninku na plavecký výkon (klasické plavání) v disciplínách 100 m a 200 m. Pro plaveckou disciplínu 400 m nebyly výsledky průkazné. Jejich koncepce tréninku zahrnovala 30 nádechů přes trenažér POWERbreathe 2x denně po dobu 6 týdnů. Dechový odpor byl na začátku nastaven na 50 % MIP a následně byli probandi instruováni, aby si navyšovali odpor na trenažéru právě tak, aby s daným odporem dokázali dokončit pouze 30 opakování. Ve studii také uvedli, že nárůst síly nádechových svalů (hodnocen MIP) odpovídal subjektivnímu vnímání námahy při plaveckých testech. Naše studie nepotvrdila efekt zvolené koncepce posturálně-dechového tréninku na trati 100 m.

Již v roce 2008 Kapus, Usaj a Strumbelja uvedli, že je vhodné trénovat kvalitu dechového vzoru pro synchronizaci mezi potřebami dýchání a odezvou dýchání při maximálním usilovném plaveckém výkonu. Koordinovaná a efektivní práce nejen dechových svalů byla cílem naší intervence. Efektivita práce nádechových svalů byla vyhodnocena pomocí TT_{mus}, P0.1 a P0.1/PI_{max} a po posturálně dechovém tréninku potvrdila statisticky významné zlepšení těchto parametrů. Na základě zvýšených hodnot dýchacích svalů (MIP, MEP) hodnotí pozitivní efekt na sportovní výkon HajGhanbari et al., (2013). Na základě značně zlepšených dechových funkcí (ventilační parametry, síla dýchacích svalů, globální funkce nádechových svalů), jakožto zásadního aspektu plaveckého sportovního výkonu usuzujeme, že posturálně-dechový trénink je přínosný pro zlepšení výkonnosti ploutvových plavců. Dopad posturálně-dechového tréninku na držení těla při výkonu nebyl hodnocen, zároveň jednotliví plavci nebyli podrobeni kineziologickému vyšetření. Zdravotní problematika byla vyhodnocována na základě anamnestických dotazníků, osobních konzultací a korektivní intervence probíhala během řízených lekcí posturálně-dechového tréninku.

Za metodu volby považujeme využití dechových trenažérů v případě oslabení dýchacích svalů i dalších ventilačních parametrů, ať už z důvodů astmatu nebo nemožnosti účastnit se plaveckém tréninku z celé řady příčin. Jedna plavkyně utrpěla úraz na lyžích, kdy se nemohla dlouhodoběji účastnit pravidelných plaveckých tréninků. Intervenci s trenažéry prováděla sama v domácím prostředí po úpravě cvičebních pozic. Po přeměření hodnot dechových funkcí prokázala klinicky významné zlepšení dechových funkcí, což jí po zhojení mohlo napomoci k rychlejšímu návrat do

dechově náročného tréninkového cyklu. Její výsledky pro nepřítomnost na tréninku a kontrolním měření (rovnováhy, plavecké testy) byly však ze studie vyřazeny.

6.3. Diskuze k výsledkům výzkumné otázky V3

V3: Jak se liší výsledky ve zvoleném testu pro ověření rovnovážných funkcí po 4 týdnech běžného tréninkového plánu a jak po 4 týdnech, kdy byl přidán posturálně-dechový trénink k běžné přípravě v bazénu?

Zatím neexistuje žádná studie, která by hodnotila posturální stabilitu (rovnováhu) ploutvových plavců. Nejčastěji se objevují studie, které porovnávají sportovce různých odvětví mezi sebou ve zvolených testech rovnováhy. Zároveň je minimum studií zabývajících se efektem dechového tréninku na posturální stabilitu (Zeren, Cakir, & Gurses, 2019). Proto se k tématu posturální stability ploutvových plavců budeme vyjadřovat v podobě diskuze, a zároveň se pokusíme odpovědět na výzkumnou otázku, která se k tomuto tématu vztahuje. Stále je velkým tématem, zda existuje vztah mezi rovnováhou (měřenou mimo vodní prostředí) a plaveckým výkonem. Předpokládá se, že lepší rovnováha bude pozitivně korelována s rychlejšími plaveckými časy. V řadě sportů odpovídá úroveň rovnováhy kvalitě výkonu a s ním spojenými lepšími výsledky. Po rešerši celé řady článků, nejsou výsledky plavců zcela jasné. Problémem se zdá být adekvátní testovací metoda (Hrysomallis, 2011).

Z pohledu biomechaniky, se jedná o testování procesů, které souvisejí s udržením vertikální postury v ochraně před pádem. Nejčastěji se tak využívá různých modifikací stoje, kdy jsou následně měřeny titubace jedince. V širším pojetí lze nahlížet na posturální kontrolu nejen jako na kontrolu polohy, ale také kontrolu celého prováděného pohybu v určitém prostředí za daných podmínek (Bizovská, Janura, Míková, & Svoboda, 2017). Z pohledu kineziologie se jedná o funkci posturální a lokomoční motoriky (Véle, 2006).

Celá řada autorů (např. Baratto, Morasso, Re, & Spada, 2002; Horak, 1997; Ragnarsdóttir, 1996), kteří se zabývají posturální stabilitou a její kontrolou, opakovaně zdůrazňují skutečnost, že pro tak složitou a komplexní schopnost nelze provádět globální testy. Je možné hodnotit pouze dílčí aspekty posturální kontroly a jejich vliv na bilanci. Z tohoto pohledu mají nejfrekventovanější testy posturální stability v lékařské praxi (bipedální stoje se změnou velikosti opěrné báze a se změnou

zrakové kontroly) pouze „hrubě orientační“ výpovědní hodnotu (Bizovská, Janura, Míková, Svoboda, 2017). Eshuis, Leichty, Spanger a Giesen (2018) pro nalezení vhodného testu využili Upper Quarter Y Balance Test pro zhodnocení dynamické stability horních končetin a Lower Quarter Y Balance Test pro dolní končetiny. Statickou rovnováhu otestovali na balanční plošině s otevřenými i zavřenými očima, s dolními končetinami paralelně a v tandemovém stoji. Nejvýraznější korelace našli u sprinterských disciplín 50 a 100 metrů volným způsobem při testu statické balance s DKK paralelně a otevřenými očima. Naopak při testu dynamické balance dolních končetin a tandemovém stoji nenalezli téměř žádnou shodu s výslednými časy. Nalezení vhodného testu je stále předmětem výzkumu, předpokládá se, že by bádání v této oblasti mohlo napomoci lepším sportovním výsledkům. Pro účely naší studie jsme zvolili testování statické balance ve výchozí pozici měření: korigovaný stoj o úzké bázi na kontakt nohou na airex podložce s oční fixací pevného bodu ve výšce očí a s horními končetinami v zákrytu. Druhá měřicí pozice byla ve stejném držení, avšak se zavřenými očima. V posturálně-dechovém tréninku byly zařazeny cvičební pozice, ve kterých se toto držení také objevovalo.

Paillard (2014) ve svém článku uvádí, že rozvoj specifických posturálních dovedností spočívá v jejich specifickém tréninku prostřednictvím daných poloh a pohybů. Jinými slovy, tréninkem získáme posturální zajištění právě pro tento sport. Dokládá studii, srovnávající posturální stabilitu dvou skupin judistů. Zatímco v první skupině trénovali judisté pouze cviky na jedné noze, druhá skupina prováděla cvičení na obou končetinách. Při testování na jedné končetině pak dosáhli lepších výsledků judisté, kteří se na tuto dovednost specializovali také v tréninku. Naopak druhá skupina trénující na obou končetinách měla lepší výsledky právě při testování v této poloze. Z výše uvedeného je zřejmé, že i když se jednalo o tentýž sport, rozhodující byl především nácvik konkrétních motorických dovedností.

Paillard (2014) zároveň připisuje značný význam prostředí, ve kterém sportovní trénink probíhá. Jedním z důvodů jsou senzory signály, které ke sportovci z daného prostředí přicházejí. Každý sport přitom tyto somatosenzitivní, vestibulární či zrakové signály stimuluje v různé míře. Existují úvahy, že vodní prostředí představuje proprioceptivní vstup pro ponořenou část těla (Geigle, Cheek, Gould, Hunt & Shafi, 1997). Senzorická zpětná vazba ve vodním prostředí, díky vyššímu odporu než představuje vzduch pro pohyb na souši, usnadňuje tělesné vnímání. Z tohoto

pohledu může být vodní prostředí účinným prostředkem pro výcvik rovnováhy, avšak horizontální plavecká pozice představuje minimální gravitační stimul pro posturální (antigravitační) svalstvo (Roth, Miller, Ricard, Ritenour & Chapman, 2006). Podobná tvrzení uvádějí i Sigmundsson a Hopkins (2009), kdy dle jejich slov plavcům pro usnadnění posturální kontroly napomáhá vztlak vody, který značně snižuje účinky gravitace. Proto mohou mít plavci horší výsledky v běžných testech rovnováhy než sportovci trénující mimo vodní prostředí.

Dále pak Travis (1944) poznamenal, že účastníci studií, kteří hlásili předchozí trénink (zkušenosti) v oblasti tance, lyžování, gymnastiky a bruslení, mají tendenci vystupovat nad běžnými hodnotami v dynamických testech rovnováhy. Jedna z plavkyň vykazovala stabilně nejlepší výsledky ve všech měřeních rovnováhy. Její hodnoty představovaly nejnižší výchylky COP v obou směrech i rychlost výchylek byla výrazně nižší. U této plavkyně došlo k dalšímu snížení hodnot po přidání posturálně-dechového tréninku. Při bližším dotazování uvedla, že chodí 1x týdně do gymnastiky. Zdá se, že její pohybová variabilita napomohla k lepším výsledkům i v případě statické rovnováhy. Ostatní plavci tyto zájmy neuvedli.

Hlavová (2015) ve své práci porovnávala posturální stabilitu 20 plavců a 20 orientačních běžců obou pohlaví ve věku 15-16 let. Provedla vyšetření stability stoje za pomoci kulové úseče s optickou zpětnou vazbou. Naměřené hodnoty prokázaly mezi oběma soubory statisticky významný rozdíl ve prospěch lepší posturální stability orientačních běžců. Argumentuje tím, že na rozdíl od orientačních běžců pohyb plavce probíhá ve vymezeném a téměř neměnném prostoru dráhy, který nepřináší plavci mnoho neočekávatelných situací, na které by musel reagovat. Plavec v podstatě vykonává stereotypní sled přesně daných pohybů charakteristických pro konkrétní plavecký styl. Protože jsou plavecké styly po technické stránce náročné a vyžadují detailní nastavení jednotlivých segmentů těla pro nejekonomičtější polohu a následně celý pohyb, můžeme předpokládat, že plavci disponují velmi dobrou propriocepcí, tedy polohocitem a pohybovým cítem. Ve vodním prostředí jsou se zároveň plavci méně vycvičení pro kontrolu zrakem, než běžci v terénu.

Na otázku, zda při plaveckém výkonu používají zrakovou kontrolu, odpověděli všichni plavci v týmu (14) a to tak, že 10 z nich kontroluje pouze vodící čáru na dně bazénu a 4 sledují veškeré dění kolem sebe. Vzhledem ke ztíženým podmínkám zraku ve vodním prostředí se zdá, že zraková kontrola jednoho bodu (soustředění na vodící čáru) je důležitá pro výkon ploutvových plavců.

Plavání se řadí mezi sporty, ve kterých začínají sportovci s tréninkem již v nízkém dětském věku (Martinez et al., 2011). Tréninkové zatížení mezi 11. - 15 rokem se pohybuje mezi 6-10 tréninkovými jednotkami za týden. Mimo tyto tréninky ve vodě doporučuje Sterlin (1999) další 2-4 tréninky na suchu. Jejich velice časná profílace a nemožnost nahradit plavání jiným sportem nejen kvůli specifčnosti vodního prostředí, tak příliš nepodporuje rozvoj dalších motorických dovedností, které by napomohly lepší posturální kontrole během běžně zvolených testů (Hlavová, 2015).

Naše výsledky měření nezahrnovaly kontrolní skupinu (stejnou věkovou skupinu bez tréninku ploutvového plavání) či srovnání s konvečními hodnotami, abychom se mohli blíže vyjadřovat o rovnováze ploutvových plavců v našem výzkumném souboru. Lze však dodat, že větší výchylky těžiště a větší rychlost výchylek COP byla pozorována u vysokých jedinců mužského pohlaví. Tito ploutvoví plavci měli zároveň výrazný problém při cvičích na jedné dolní končetině. Na základě výše uvedených poznatků lze doporučit balanční trénink do suché přípravy ploutvových plavců.

Existuje celá řada studií, které ověřují efekt dechového tréninku na dechové funkce u různých sportů či onemocnění (Weiner, Magadle, Massrwa, Beckerman, & Berar-Yanay, 2002; Sheel, 2002; Neumannová & Zatloukal, 2011; HajGhanbari et al., 2013). Zech et al. (2010) provedli systematickou review přínosu balančního tréninku pro sportovní výkon. V práci uvádějí, že nejčastějším důvodem zařazení balančního tréninku je optimalizace či zvýšení sportovního výkonu a prevence zranění. Tento typ tréninku zlepšuje neuromuskulární kontrolu prostřednictvím rozvoje proprioceptivního vnímání. Z výsledků vyvozují, že zhoršená rovnováha je predilekcí pro výskyt zranění, tím se balanční trénink stává nástrojem pro zlepšení sportovního výkonu. Efektivita balančního tréninku byla potvrzena v celé řadě dalších studií (Aman, Elangovan, Yeh, & Konczak, 2015; Emery, Cassidy, Klassen, Rosychuk, Rowe, 2005; McGuine, & Keene, 2006). Minimum studií zkoumá efekt dechového tréninku na posturální funkce (Poláková, 2018; Zeren, Cakir, & Gurses, 2019). Přitom hlavní nádechový sval, který je posilován během tohoto cvičení je bránice, která má zároveň důležitou posturální roli.

V rámci posouzení efektu posturálně-dechového tréninku na rovnovážné funkce ploutvových plavců jsme již všechna měření prováděli ve ztížených podmínkách, kdy byl omezen proprioceptivní vstup z oblasti plosky nohy prostřednictvím gumové Airex podložky. Jelikož se jedná o mladé a zdravé sportovce, předpokládali jsme, že nebudou mít problémy s rovnováhou.

Při klidovém stoji je tělo nejméně stabilní v anteroposteriorním směru, důležitou úlohu pro vyrovnání výchylek mají kotníky. Při náročnějších situacích či případně s působením zevních sil přichází nutnost vzdorovat i mediolaterálnímu vychýlení, a je tak uplatněna kyčelní strategie přenosem váhy mezi končetinami (Vařeka, 2002). Důvodem velkých rozdílů výchylek mezi probandy může být také nedostatečná koncentrace plavce během měření, rozdíly plynoucí z antropometrických parametrů či velké rozdíly v rovnovážných schopnostech ve vybraném vzorku ploutvových plavců.

Mitchell, Collin, Luca, Burrows a Lipsitz (1995) uvádějí, že vyšší hodnoty výchylek a rychlosti COP v mediolaterálním směru ukazují na strategii kyčelní a vyšší hodnoty v anteroposteriorním směru na kotníkovou strategii. Zapojování jednotlivých strategií je typické pro každého jedince a liší se dle náročnosti situace. Kyčelní strategie (pro eliminaci mediolaterálních výchylek) je typičtější například pro seniory při zvýšené tuhosti kotníku. Hodges (2013) tvrdí, že lidé s chronickými plicními obtížemi (zejména pacienti s chronickou obstrukční plicní nemocí), mají zhoršenou schopnost balance ve smyslu deficitu posturální stability v mediolaterálním směru více než ve směru anteroposteriorním. Toto tvrzení by mohlo nahrávat faktu, že posturálně-dechový trénink napomohl zlepšení právě v mediolaterálním směru. Dále došlo ke snížení celkové rychlosti COP, která je spojována se zlepšením stability (Mitchell, Collin, Luca, Burrows, & Lipsitz, 1995). Jedná se však o výsledky (2 parametrů z 5), které se pouze přibližují statistické významnosti. Efekt posturálně-dechového tréninku na rovnovážné funkce ploutvových plavců nebyl v rámci statistické významnosti prokázán. Po absolvování pouze plaveckého tréninku nebyly zaznamenány změny v žádném z parametrů, které by se alespoň přibližovaly statistické významnosti. Poláková (2018) hodnotila stejné parametry na silových plošinách u pacientů s Parkinsonovou chorobou při jiných testech statické rovnováhy. Po šestitýdenní posturálně-respirační terapii (využity trenažéry Threshold IMT a Threshold PEP) nenalezla významný rozdíl mezi experimentální skupinou, která vykonávala posturálně-dechový trénink a kontrolní skupinou.

6.4. Doporučení pro výzkum a klinickou praxi

Doporučení pro výzkum

1) Větší počet účastníků experimentu

Porovnání výsledků měření u větší skupiny plavců by mohlo eliminovat náhodné výkyvy ve výkonech jednotlivců. Větší počet probandů by umožnil posouzení efektu dle pohlaví, věku, plaveckého stylu nebo traťové specializace. Což by mohlo dále napomoci k lepší specifikaci efektivních parametrů pro vybrané skupiny.

2) Ověření výsledků této studie

Studie rozvíjí možnosti dechového tréninku u ploutvových, který byl proveden Dostálovou (2013), kdy bylo využito dechového tréninku přes trenažéry Threshold® PEP a IMT s nízkým odporem, které jsou využívány v rámci respirační fyzioterapie. Dechové cvičení vedené Dostálovou probíhalo v pozici sedu.

Doposud neexistuje podobná studie posturálně-dechového tréninku s trenažéry POWERbreathe a EMST150 (díky vyššímu nastavitelnému dechovému odporu vhodné pro sportovce) u plavců s ploutvemi, bylo by proto vhodné ověřit výsledky tohoto experimentu i v budoucnu na větším počtu probandů.

3) Dlouhodobější posturálně-respirační trénink pod vedením fyzioterapeuta

Z výsledků lze usoudit, že 4 týdny posturálně-dechového tréninku je krátká doba na to, aby se projevila významná změna v posturální stabilitě. Dlouhodobějším aplikováním tohoto tréninku by se mohl projevit jeho kompenzační a léčebný přínos. V případě realizace dlouhodobějšího experimentu by vyhodnocení mohlo zahrnovat také sledování sportovního výkonu v rámci jednotlivých fází přípravy během roku. Pro vyhodnocení efektu by mohly být také použity časy během účasti na soutěžích a srovnání osobních rekordů. Zde by bylo nutné sledovat pro správné vyhodnocení výsledků experimentu také počet a náročnost plavecké i všeobecné přípravy.

4) *Modifikovat posturálně-dechový trénink pro sprintery a vytrvalce*

Tento bod rozvíjí myšlenku, kterou zahrnovalo již 1. doporučení. Přestože považujeme rozvoj vytrvalostních dechových schopností za přínosný pro všechny ploutvové plavce, zdá se, že zvolená koncepce tréninku nebyla tak efektivní pro plavce závodící na krátkých tratích. Doporučujeme pokračovat ve výzkumu v rámci nalezení vhodné metodiky posturálně-dechového tréninku pro sprinterské disciplíny a ověřit, zda má pro ně tento typ tréninku reálný přínos v podobě rychlejších plaveckých časů.

5) *Náměty pro další výzkum v této oblasti*

Předmětem dalších studií by mohlo být srovnání, zda koreluje individuální zvýšení svalové síly dechových svalů s hodnotami výsledných časů.

Doporučení pro praxi

1) *Zařazení posturálně-dechového tréninku s dechovými trenažéry POWERbreathe a EMST 150 do sportovní přípravy plavců s ploutvemi*

Na základě výsledků naší studie lze doporučit tuto metodu pro zvýšení sportovního výkonu v rámci „suché“ přípravy ploutvových plavců. Koncepce tréninku v této studii je přínosná zejména pro vytrvalostní závodníky, plavce s astmatem a také pro ty, kteří se ze zdravotních důvodů (například úraz) nemohou naplno věnovat přípravě v bazénu.

2) *Zařazení náročnějšího odporového tréninku a dynamických prvků*

Trenažéry POWERbreathe a EMST 150 poskytují dostatečné rozpětí pro nastavení dechového odporu, které během tohoto experimentu nebylo plně využito, což zároveň umožňuje další navýšení odporu během déle trvající intervence nebo v závodním období, aniž by docházelo ke stagnaci pozitivního efektu. Druhým způsobem, jak rozvíjet potenciál této metody, je zařazení náročnějších labilních pozic spolu s dynamickými prvky. Koncepce tréninku během experimentu byla omezena na základě dostupnosti všech pomůcek pro zúčastněné plavce. Z hlediska kvalitnější aferentace z akra DKK považujeme za lepší volbu pevnou balanční pomůcku, která umožní

optimální nastavení akra, a to například otočené bossu oproti celogumové čočce. Vhodné by mohlo být také propojení s TRX, gymbally nebo dynamickým funkčním tréninkem. Hlavní zásadou zůstává udržení kvalitního dechového vzoru během maximální zátěže. Trénink by měl být řízený fyzioterapeutem nebo kondičním trenérem.

3) Domácí individuální používání

Požizovací cena dechových trenažerů není příliš vysoká. Také použití a údržba pomůcek neklade žádné speciální nároky na závodníky. Pomůcku lze doporučit starším ploutvovým plavcům, kteří zvládnou optimálně navyšovat potřebný odpor. Při nízkém odporu dochází ke stagnaci efektu, s vysokým odporem se může objevit motání hlavy případně přetížení svalů spojené s pozátěžovou bolestí. Podmínkou je udržení správného dechového stereotypu bez patologických souhybů. V začátcích je vhodná korekce pomocí zrcadla. Po zkušenostech během experimentu by všichni plavci mohli být schopni používat kvalitně pomůcku v domácím prostředí. Pečlivé zaškolení, možnost konzultace a několik lekcí s fyzioterapeutem je nutné pro následné efektivní individuální používání v domácím prostředí.

4) Dlouhodobější používání dechových trenažerů

Závěry této studie byly limitovány délkou experimentu a zvoleným obdobím plavecké přípravy. Lze předpokládat, že dlouhodobější používání dechových trenažerů zvýší nejen ventilační parametry plavců s ploutvemi, ale i jejich sportovní výkon a posturální stabilitu. Přínosné by mohlo být využití dechových trenažerů i v závodním období.

5) Pravidelné spirometrické vyšetření

Kontrolní spirometrické vyšetření například v rámci pravidelné sportovní prohlídky by mohlo poskytnout plavcům s ploutvemi nejen informaci o aktuálním stavu síly jejich dýchacích svalů, ale zaručí také vhodné individuální nastavení odporu pro další používání dechových trenažerů v rámci RMT.

7 ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo zhodnotit vliv posturálně-dechového tréninku na sportovní výkon, rovnovážné a dechové funkce u ploutvových plavců. Výsledky měření dechových funkcí po absolvování posturálně-dechového tréninku prokázaly statisticky významný rozdíl ve všech ventilačních parametrech, síle nádechových a výdechových svalů i v parametrech hodnotící globální funkci nádechových svalů. Jednoznačně došlo k pozitivnímu ovlivnění dechových funkcí ploutvových plavců. Za výsledky blíží se statistické významnosti lze považovat výsledky na vytrvalostních plaveckých tratích („rozložená“ trať na 200 m a 400 m). Zároveň však nebyl zjištěn signifikantní rozdíl průměrných hodnot v disciplínách RP max a 100 m. V rámci hodnocení vlivu na rovnovážné funkce (vybrané ukazatele posturální stability) se objevují tendence ke statisticky významnému zlepšení hodnot rychlosti výchylky COP v mediolaterálním směru a celkové rychlosti COP při zvoleném testu rovnováhy s vyřazením zrakové kontroly.

Na podkladě výsledků této diplomové práce lze usuzovat, že zvolená koncepce posturálně-dechového tréninku s trenažéry POWERbreathe a EMST 150 by mohla představovat vhodný doplněk tréninku ploutvového plavání.

8 SOUHRN

Výkon ploutvových plavců je obzvláště náročný pro dechovou práci a silové záběry končetin si žádají kvalitní posturální zajištění. Rychlý pohyb horní či dolní končetinou minimálně narušuje proces dýchání. Opakované pohyby už ale vyžadují posturální kontrolu trupu, představují tak výzvu pro CNS k souběžné koordinaci respiračních a nerespiračních funkcí. Když CNS čelí konfliktu mezi dýcháním a posturou, vždy je upřednostněno dýchání. Maximální a déletrvající výkon nelze podávat se zádrží dechu. Proces dýchání je významným faktorem ovlivňující energetické krytí během zátěže a s ním spojenými metabolickými pochody. Zásadně se také podílí na následné regeneraci po sportovním zatížení. Únava dýchacích svalů byla spojena s neúčinnými strategiemi posturálního řízení, které vedou k neefektivnímu a energeticky náročnému pohybu. Ten neumožní plavci další zrychlení a může v horším případě vyústit v poranění. Postura se následně může uplatňovat jako významný etiopatologický faktor celé řady tělesných poškození. Nemluvíme pouze o úrazech, ale především o repetitivních mikrotraumatech z neadekvátní posturální zátěže.

Hlavním cílem této práce bylo zhodnotit vliv připravené koncepce posturálně-dechového tréninku na sportovní výkon, rovnovážné a dechové funkce u ploutvových plavců. U 11 ploutvových plavců z týmu SKP Olomouc byla provedena vstupní a výstupní klinická vyšetření (odběr anamnestických údajů, spirometrické vyšetření, diagnostika síly dýchacích svalů, vyšetření rovnováhy, plavecké testy). Výzkumný soubor se skládal ze 7 dívek (věk = $14,71 \pm 1,7$ let) a 4 chlapců (věk = $15,75 \pm 1,71$ let). Intervence byla sestavena z následujících metod: instruktáž pro cvičení s dechovými trenažery, instruktáž pro každodenní samostatné domácí cvičení, 1x týdně (celkem 4) nácvik nových pozic, korekce domácího cvičení a zvýšení odporu na dechovém trenažeru pod vedením fyzioterapeuta. Každý plavec obdržel obrazový materiál s popisem provedení jednotlivých cvičení a záznamový arch pro domácí cvičení. Dále byly plavci zapůjčeny 2 dechové trenažery (nádechový trenažér POWERbreathe a výdechový trenažér EMST 150) a balanční pomůcka.

Všichni plavci nejprve absolvovali 4 týdny standartního plaveckého tréninku. Po měsíci od zahájení experimentu proběhlo první kontrolní spirometrické vyšetření, diagnostika síly dýchacích svalů, vyšetření rovnováhy a plavecké testy. Sledovány byly stejné parametry jako u vstupního měření. Následovalo krátké období bez tréninku (vánoční svátky) a poté proběhlo 2. kontrolní

měření, při kterém nyní byly navíc určeny tréninkové hodnoty dechového odporu pro všechny plavce. Následující 4 týdny ploutvoví plavci pokračovali ve standardním plaveckém tréninku, ke kterému byl přidán posturálně-dechový trénink. Opět po měsíci bylo provedeno výstupní vyšetření a měření sledující změny v uvedených parametrech.

Výsledky měření dechových funkcí po plaveckém tréninku prokázaly statisticky významné zlepšení pouze v parametru VC. Ve zvolených výkonnostních a rovnovážných testech nebyly zaznamenány statisticky významné změny. Naopak výsledky měření dechových funkcí po absolvování posturálně-dechového tréninku prokázaly statisticky významný rozdíl ve všech ventilačních parametrech, síle nádechových a výdechových svalů i v parametrech hodnotící globální funkci nádechových svalů. Jednoznačně došlo k pozitivnímu ovlivnění dechových funkcí všech ploutvových plavců. Za výsledky blížící se statistické významnosti lze považovat hodnoty na vytrvalostních plaveckých tratích („rozložená“ trať na 200 m a 400 m). Zároveň však nebyl zjištěn signifikantní rozdíl průměrných hodnot v disciplínách RP a 100 m. V rámci hodnocení vlivu na rovnovážné funkce se objevují tendence ke statisticky významnému zlepšení hodnot rychlosti výchylky COP v mediolaterálním směru a celkové rychlosti COP při zvoleném testu rovnováhy s vyřazením zrakové kontroly. V ostatních testech hodnotících rovnováhu nebyly zaznamenány statisticky významné změny

Na podkladě výsledků této diplomové práce lze usuzovat, že zvolená koncepce posturálně-dechového tréninku s trenažéry POWERbreathe a EMST 150 by mohla představovat vhodný doplněk tréninku ploutvového plavání.

9 SUMMARY

The performance of fin swimmers is particularly demanding for respiratory work and the limb force shots require good postural security. Rapid movement of the upper or lower limb minimally disrupts the breathing process. However, repetitive movements require postural torso control, thus posing a challenge for the CNS to co-ordinate respiratory and non-respiratory functions simultaneously. When the CNS faces a conflict between breathing and posture, breathing is always preferred. Maximum and prolonged performance cannot be delivered with a held breath. The breathing process is an important factor affecting energy coverage during exercise and associated metabolic processes. It also significantly contributes to the subsequent regeneration after sports load. Respiratory muscle fatigue has been linked to ineffective postural management strategies that lead to inefficient and energy-intensive movement. This will not allow swimmers to accelerate further, and in the worst case it may result in injury. Posture can then act as a significant etiopathological factor in a variety of bodily damage. We are not talking only about injuries, but mainly about repetitive microtraumas due to inadequate postural burden.

The main aim of this thesis was to evaluate the impact of the prepared concept of posturalrespiratory training on athletic performance, postural stability and breathing functions in fin swimmers. 11 fin swimmers from the SKP Olomouc team performed initial and final clinical examinations (collection of anamnestic data, spirometric examination, diagnostics of respiratory muscle strength, balance examination, and swimming tests). The research group consisted of 7 girls (age = 14.71 ± 1.7 years) and 4 boys (age = 15.75 ± 1.71 years). The intervention consisted of the following methods: training for respiratory trainers, training for daily independent home exercise, once a week (a total of 4) training of new positions, correcting home exercise and increasing resistance on the respiratory trainer led by a physiotherapist. Each swimmer received pictorial material describing the performance of each exercise and a record sheet for home exercise. In addition, two swimmers (POWERbreathe inhaler and EMST 150 exhaler) and a balancing aid were lent to swimmers. All swimmers first completed 4 weeks of standard swimming training. One month after the start of the experiment, the first check-up spirometry, respiratory muscle strength diagnostics, and balance and swimming tests were performed. The same parameters as in the input measurement were monitored. This was followed by a short period without training (Christmas

holidays) and then a second control measurement was carried out, in which the breathing resistance training values for all swimmers were now determined. For the next 4 weeks, fin swimmers continued with standard swimming training, to which postural-respiratory training was added. Again, after a month, an outcome examination and measurements were made to monitor changes in these parameters.

The results of measurement of respiratory function after swimming training showed statistically significant improvement only in the parameter VC. There were no statistically significant changes in the selected performance and balance tests. On the contrary, the results of measurement of respiratory functions after completing post-respiratory training showed statistically significant difference in all ventilation parameters, inhaling and exhaling muscle strength and in parameters evaluating general function of inhaling muscles. The breathing functions of all fin swimmers were clearly positively influenced. Values on endurance swimming tracks (200 m and 400 m “medley” track) can be considered as results approaching statistical significance. At the same time, however, there was no significant difference in average values in the RP max and 100 m. In the assessment of the effect on equilibrium functions, there is a tendency towards a statistically significant improvement in the values of the median-lateral COP rate of deflection, and the total COP rate in the selected equilibrium test with the visual control excluded. No statistically significant changes were noted in other equilibrium tests. Based on the results of this thesis, it can be concluded that the chosen concept of posturalrespiratory training with POWERbreathe and EMST 150 could represent a suitable complement to fin swimming training.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Adamek, M., Czyzewski, D., Gzik-Zroska, J., Kocjan, J., & Rydel, M. (2017). Network of breathing. Multifunctional role of the diaphragm: a review. *Advances in Respiratory Medicine*, 85(4), 224-232.
- Alwohayeb, N. S., Alenazi, B. A., Albuainain, F. A., & Alrayes, M. M. (2018). A comparison between two types of resistive inspiratory muscle training devices in normal subjects in regards to pulmonary functions. *International journal of physical medicine & rehabilitation*, 6(1), 1-8.
- Aman, J. E., Elangovan, N., Yeh, I. L., & Konczak, J. (2015). The effectiveness of proprioceptive training for improving motor function: a systematic review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8.
- Baccouch, R., Rebai, H., & Sahli, S. (2015). Kung-fu versus swimming training and the effects on balance abilities in young adolescents. *Physical Therapy in Sport*, 16(4), 349-354.
- Baratto, L., Morasso, P. G., Re, C., & Spada, G. (2002). A new look at posturographic analysis in the clinical context: Sway-density versus other parametrization techniques. *Motor Control*, 6(3), 246-270.
- Bartens, K. M. & Kreichbaum, E. (1985). *Biomechanics : A qualitative approach for studying human motion*, Minesota.
- Batalha, N., Dias, S., Marinho, D. A., & Parraca, J. A. (2018). The Effectiveness of Land and Water Based Resistance Training on Shoulder Rotator Cuff Strength and Balance of Youth Swimmers, *Journal of Human Kinetics*, 62(1), 91-102.
- Bizovská, L., Janura, M., Míková, M., & Svoboda, Z. (2017). *Rovnováha a možnosti jejího hodnocení*, Univerzita Palackého v Olomouci.
- Bouisset, S. & Zattara, M. (1981). A sequence of postural adjustments precedes voluntary movement, *Neuroscience Letters*, 22, 263-270.

- Boutellier, U., & Piwko, P. (1992). The respiratory system as an exercise limiting factor in normal sedentary subjects. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64(2), 145-152.
- Boyle K. L., Olinick, J., & Lewis C. (2010). The value of blowing up a balloon. *N Am J Sports Phys Ther*, 5(3), 179-188.
- Courteix, D., Obert, P., Lecoq, A. M., Guenon, P. & Koch, G. (1997). Effect of intensive swimming training on lung volumes, airway resistances and on maximal expiratory flow-volume relationship in prepubertal girls. *Eur J Appl Physiol*, 76, 264-269.
- Criée, C. P. (2003). Recommendations of the German Airway League (Deutsche Atemwegsliga) for the determination of inspiratory muscle function. *Pneumologie*, 57, 98-100.
- Čechovská, I. & Miler, T. (2001). *Plavání. I*. Praha: Grada.
- Čumpelík, J., Krobot, A., Strnad, P., Veverková, M., & Véle F. (2006). Vztah mezi dechovými pohyby a držením těla. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 13(2), 62-70.
- Čuříková, L. (2013). *Vodní sporty a zábavné formy plavání* [Vysokoškolská skripta]. Liberec: Technická univerzita.
- Dassios, T., Katelari, A., Doudounakis, S., & Dimitriou, G. (2013). Aerobic exercise and respiratory muscle strength in patients with cystic fibrosis. *Respiratory medicine*, 107(5), 684-690.
- De Troyer, A. & Estenne, M. (1988). Functional anatomy of the respiratory muscles. *Clin Chest Med*, 9(2), 175-193.
- Domènech-Clar, R., López-Andreu, J. A., Compte-Torrero, L., De Diego-Damiá, A., Macián-Gisbert, V., Perpiñá-Tordera, M., & Roqués-Serradilla, J. M. (2003). Maximal static respiratory pressures in children and adolescents. *Pediatric Pulmonology*, 35(2), 126-132.
- Dostálová, J. (2016). *Ověření efektivity respiračního tréninku u plavců s ploutvemi*. Diplomová práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.

- Downey, A. E., Chenoweth, L. M., Townsend, D. K., Ranum, J. D., Ferguson, C. S., & Harms, C. A. (2007). Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. *Respiratory physiology & neurobiology*, 156(2), 137-146.
- Dvořák, T., Kračmár, B., & Smolík, P. (2008) Vliv delfínového vlnění na pohybovou soustavu člověka. In Pokotná, J. (Ed.) *Problematika plavání a plaveckých sportů V*. Praha: UK FTVS.
- Edwards, A. M., & Cooke, C. B. (2004). Oxygen uptake kinetics and maximal aerobic power are unaffected by inspiratory muscle training in healthy subjects where time to exhaustion is extended. *Eur J Appl Physiol*, 93, 139-144.
- Edwards, A. M., Wells, C., & Butterly, R. (2008). Concurrent inspiratory muscle and cardiovascular training differentially improves both perceptions of effort and 5000 m running performance compared with cardiovascular training alone. *Br J Sports Med*, 42, 523-527.
- Emery, C. A., Cassidy, J. D., Klassen, T. P, Rosychuk, R. J., & Rowe B. H. (2005). Effectiveness of a home-based balance-training program in reducing sports-related injuries among healthy adolescents: a cluster randomized controlled trial. *CMAJ*, 172(6), 749-754.
- Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of human movement* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Eshuis, S., Leichty, J. Spanger, G., & Giesen, V., (2008). The Correlation between Balance and Performance in Collegiate Swimmers, *17th Annual Celebration of Undergraduate Research and Creative Performance*, 13.
- Frank, C., Kobesova, A., & Kolar P. (2013). Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther*, 8(1): 62-73.
- Gautier, J, Baly, L, Zanone, P_G, & Watier, B. (2004) A kinematic study of finswimming at surface. *J Sports Sci Med*. 1, 3(2), 91-95.
- Geigle, P. R., Cheek, W. L., Gould, M. L., Hunt, H. C., & Shafi, B. (1997). Aquatic physical therapy on balance: the interaction of somatosensory and hydrodynamic principles. *J Aquatic Phys Ther*, 5(1), 4-10.

- Gething, A. D., Williams, M., & Davies, B. (2004) Inspiratory resistive loading improves cycling capacity: a placebo controlled trial. *Br J Sports Med*, 38, 730-736.
- Goldman, M. D. & Mead, J. (1973). Mechanical interaction between the diaphragm and rib cage, *J Appl Physiol*, 35(2), 197–204.
- Grelot, L. & Miller, A. D. (1994). Vomiting - its ins and outs. *News in Physiological Sciences*, 9, 142.
- Griffiths, L. A. & McConnell, A. K. (2007). The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance. *Eur J Appl Physiol*, 99, 457-466.
- Hagins, M., Hodges, P. W., Massery, M., Moerchen, V., & Stafford, R. (2013). Effect of airway control by glottal structures on postural stability. *J Appl Physiol*, 115(4), 483-490.
- HajGhanbari, B., Yamabayashi, C, Buna, T. R., Coelho, J.D., Freedman, K. D., Morton, T. A., Palmer, S. A., Toy, M. A., Walsh, C, Sheel, A. W., & Reid, W. D. (2013) Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: A systematic review with meta-analysis. *J Strength Cond Res*, 27(6), 1643-1663.
- Harms, C.A., Babcock, M.A., McClaran, S.R., Pegelow, D.F., Nিকেle, G.A., Nelson, W.B. & Dempsey, J.A. (1997) Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. *J Applied Physiology*, 82, 1573-1583.
- Hemborg, B., Moritz, U., & Löwing, H. (1985). Intra-abdominal pressure and trunk muscle activity during lifting. IV. The causal factors of the intra-abdominal pressure rise. *Scand J Rehabil Med.*, 17(1), 25-38.
- Hirakoba, K., & Yunaki, T. (2002). Blood lactate changes during isocapnic buffering in sprinters and long distance runners. *J Physiol Anthropol Appl Hum Sci*, 21, 143-149.
- Hirjaková, Z, Hlavačka, F., Janura, M., Kimijanová, J., Neumannová, K., Kimijanová, J., & Šuttová, K. (2017). Breathing changes accompanying balance improvement during biofeedback, *Neuroscience Letters*, 651, 30-35.

- Hlavová, J. (2015). *Posturální stabilita u sportovních aktivit*. Diplomová práce, Masarykova Univerzita, lékařská Fakulta, Brno.
- Hodges, P. W. (2013). Equilibrium, balance and increased risk of falls related to COPD. COPD a Comorbidity, 45-48.
- Hodges, P. W., Butler, J. E, McKenzie, D. K., & Gandevia, S. C. (1997). Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments. *J Physiol*, 505(2), 539-548.
- Hodges P. W., Eriksson AE, Shirley D., & Gandevia, S. C. (2005). Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *J Biomech*, 38(9),1873-1880.
- Hodges, P. W. & Gandevia, S. C. (2000). Activation of the human diaphragm during a repetitive
- Hodges, P. W., Heijnen, I., & Gandevia, S. C. (2001). Postural activity of the diaphragm is reduced in humans when respiratory demand increases. *Journal of Physiology*, 537(3), 999-1008.
- Hopkins, B., & Sigmundsson, H. (2009). Baby swimming: exploring the effects of early intervention on subsequent motor abilities. *Child: care, health and development*, 36, 428-430.
- Horak, F.B. (1997). Clinical assesment of balance disorders. *Gait and Posture*, 6(1), 76-84.
- Horak, F. B. & Macpherson, J. M. (1996). Postural orientation and equilibrium. In: Rowell LB, Shepherd JT, editors. *Handbook of Physiology*, Section 12. New York/Oxford:Oxford University Press, 255-292.
- Hrysomallis, C. (2011). Balance ability and athletic performance. *Sports Med*. 41(3), 221-32.
- Hue, O., Galy, O., Blanc, S., & Hertogh, C. (2006). Anthropometrical and Physiological Determinants of Performance in French West Indian Monofin Swimmers: A First Approach. *International Journal of Sports Medicine*, 27(8), 605-609.
- Hue, O., Le Gallais, D., Boussana, A., Chollet, D., Préfaut, C. (2000). Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake in present triathletes. *Can J Appl Physiol*, 25, 102-113.
- Chlumský, J. (2014). *Plicní funkce pro klinickou praxi*. Praha: Maxdorf.

- Illi, S. K., Held, U., Frank, I., & Spengler, C. M. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals. *Sports Medicine*, 42(8), 707-724.
- Ivanenko, Y. & Gurfinkel, V. S. (2018). Human Postural Control. *Frontiers in Neuroscience* 12(171), 1-9.
- Ivančić, N., Kuzmanic, B., & Miketa, T. (2017). Relationship of breathing exercises with improvement of postural stability in healthy adults, *Acta Kinesiologica* 11, 2, 59-62.
- Janura, M. (2003). Úvod do biomechaniky pohybového systému človeka. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Janda, V. (1982) Základy kliniky funkčních (nepatetických) hybných poruch, Brno: IDVPVZ
- Janda, V. & Vávrová, M. (1992). Senzomotorická stimulace. Základy metodiky proprioceptivního cvičení. *Rehabilitácia*, 25(3), 14-34.
- Janssens, L., Brumagne, S., Polspoel, K., Troosters, T., & McConnell, A. (2010). The effect of inspiratory muscles fatigue on postural control in people with and without recurrent low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*, 35(10), 1088-1094.
- Janssens, L., McConnell, A. K., Pijnenburg, M. K. Claeys, N., Goossens, R., Lysens, T., Troosters, T., & Brumagne, S. (2015). Inspiratory muscle training affects proprioceptive use and low back pain. *Med Sci Sports Exerc*, 47(1),12-19.
- Kapus, J., Ušaj, A., Strumbelj, B., & Kapus, V. (2008). Can Blood Gas and Acid-Base Parameters at Maximal 200 Meters Front Crawl Swimming be Different Between Former Competitive and Recreational Swimmers?. *Journal of sports science & medicine*, 7(1), 106-113.
- Kibler, W.B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports medicine*, 36(3), 189-198.
- Kilding, A. E, Brown, S., & McConnell, A. K. (2010). Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *Eur J Appl Physiol.*, 108(3), 505-11.

- Kolar, P., Neuwirth, J., Šanda J, Suchánek, V., Svatá, Z., Volejník, J., & Pivec., M. (2009). Analysis of diaphragm movement during tidal breathing and during its activation while breath holding using MRI synchronized with spirometry. *Physiol Res.* 58(3): 383–392.
- Kolar, P., Sulc, J., Kyncl, M., Sanda, J., Cakrt, O., Anđel, R., Kumagai, K., & Kobesova, A. (2012). Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 42(4), 352-362.
- Kolář, P. (2002). Vadné držení těla z pohledu posturální ontogeneze. *Pediatric pro praxi*. 2002, vol. 3. pp. 106-109. ISSN 1803-5264.
- Kolář, P. (2006). Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů – diagnostika, *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 4, 155-170.
- Kužílková, V. (2018). *Vliv tréninku dýchacích svalů na ventilační parametry a sílu dýchacích svalů u pacientů po transplantaci plic*. Diplomová práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Lando, Y., Boiselle, & P.M, Shade, D. (1999). Effect of lung volume reduction surgery on diaphragm length in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.*, 159(3), 796-805.
- Leith, D. E., Butler, J. P., Sneddon, S. L., & Brain, J. D. (1986). Cough. *Handbook of Physiology*, 1, 315-336. American Physiological Society, Washington.
- Levai, I. K., Hull, J. H., Loosemore, M., Greenwell, J., Whyte, G., & Dickinson, J. W. (2016). Environmental influence on the prevalence and pattern of airway dysfunction in elite athletes. *Respirology*, 21(8), 1391–1396.
- Máček, M. & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fastest*. Champaign, IL: Human Kinetics.

- Martínez, S., Pasquarelli, B. N., Romaguera, D., Arasa, C., Tauler, P., & Aguiló, A. (2011). *Anthropometric Characteristics and Nutritional Profile of Young Amateur Swimmers. Journal of Strength and Conditioning Research, 25(4), 1126-1133.*
- McConnell, A. K. (2009). Respiratory muscle training as an ergogenic aid. *Journal of Exercise Science and Fitness, 2, 18-27.*
- McConnell, A. K., & Lomax, M. (2006). The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *Journal of Physiology, 577, 445-457.*
- McConnell, A. K., & Lomax, M. E., (2003). Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim. *Journal of Sports Sciences, 21(8), 659-664.*
- McGuine, T. A., & Keene, J. S. (2006). The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *Am J Sports Med., 34(7), 1103-1111.*
- Mitchell, S. L., Collin, J. J., Luca, C. J. D., Burrows, A. & Lipsitz, L. A. (1995). Open-loop and closed loop postural control mechanism in Parkinson's disease: Increased mediolateral activity during quiet standing. *Neuroscience Letters, 197(2), 133-136.*
- Neumannová, K. (2013). Threshold® IMT a Threshold® PEP. Dechové rehabilitační pomůcky (informační brožura pro lékaře a fyzioterapeuty). Retrieved 20.12.2016 from the World Wide Web:
http://www.lindehealthcare.cz/internet.lh.lh.cze/cs/images/Bro%C5%BEura_1%C3%A9ka%C5%99i_orig_o_pravena_2013031188_87580.pdf
- Neumannová, K., Vašíčková, J., & Svozil, Z. (2017). The Effect of Respiratory Muscle Training on Fin-Swimmers' Performance. *Journal of Sports Science and Medicine, 16, 521-526.*
- Neumannová, K., & Zatloukal, J. (2011). Ovlivnění poruch dýchání pomocí tréninku dýchacích svalů. *Rehabilitace a fyzikální lékařství, 18(4), 188-192.*
- Neuls, F., & Viktorjeník, D. (2013). *KAS/KTDPL (Teorie a didaktika plavání pro kombinované studium)* [Distanční texty]. Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.

- Novák, D., Rychnovská, Š., Rychnovský, T., & Vostatek, P. (2013) Diaphragm postural function analysis using magnetic resonance imaging. *PLoS One*. 8(3).
- Ortiz, M. A. C. (2018). New Campaign: Finswimming for the Olympic Games Paris 2024. Retrieved 16.11.2018 from the World Wide Web:https://www.finswimmer.com/new-campaign-finswimming-for-the-olympic-games-paris-2024/?fbclid=IwAR0qW6Jey_aGlGDWo6sb8a4VqbSWSe4-EtHz rkNrjy9JiJ3PCC8EG_2QF
- Paillard, T. (2014). Sport – specific balance develops specific postural skills. *Sports Medicine*, 44(7), 1019-1020.
- Pendergast, D .R., Mollendorf, J.C., Cuviallo, R. & Termin, A. C. (2006). Application of theoretical principles to swimsuit drag reduction. *Sports Engineering*, 9, 65-76.
- Pendergast, D. R., Moon, R.E., Krasney, J.J., Held, H.E. & Zamparo, P. (2015). Human physiology in an aquatic environment. *Comprehensive Physiology*, 5, 1705-1750.
- Poláková, Z. (2018). *Vliv posturálně-respiračního tréninku na vybrané ukazatele posturální stability u osob s Parkinsonovou nemocí*. Diplomová práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Pyš, J. (1989). *Plavání s ploutvemi a rychlostní plavání pod vodou*. Ilustrace Vondrouš, M. 1. vyd. Praha: ČO ČSTV Sportpropag.
- Ragnasdóttir, M. (1996). The concept of balance. *Physiotherapy*, 82(6), 368-375.
- Ramírez-Sarmiento, A., Orozco-Levi, M., Güell, R., Barreiro, E., Hernandez, N., Mota, S., Sangenis, M., Broquetas, J. M., Casan, P., & Gea, J. (2018). Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease structural adaptation and physiologic outcomes. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 196(11), 1491-1497.
- Rašev, E. (1992). *Nejen bolesti zad vás zbaví Škola zad*. Praha: 1992, 216 s. ISBN 80- 900272-6-1.
- Rodriguez, F. A. (2000). Maximal oxygen uptake and cardiorespiratory response to maximal 400-m free swimming, running and cycling tests in competitive swimmers. *J Sports Med Phys Fitness*, 40, 87-95.

- Romer, L. M., Lovering, A.T., Haverkamp, H.C., Pegelow, D.F., & Dempsey, J.A. (2006). Effect of inspiratory muscle work on peripheral fatigue of locomotor muscles in healthy humans. *Journal of Physiology*, 571, 425-439.
- Romer, L. M., McConnell, A. K., & Jones, D. A. (2002). Effects of inspiratory muscle training upon recovery time during high intensity, repetitive sprint activity. *Int J Sports Med*. 23, 353-360.
- Roth, A. E., Miller, M. G., Ricard, M., Ritenour, D., & Chapman, B. L. (2006). Comparisons of Static and Dynamic Balance Following Training in Aquatic and Land Environments. *Journal of Sport Rehabilitation*, 15(4), 299-311.
- Sanders, R. H., Cappaert, J. M. and Devlin, R. K. (1995) Wave characteristics of butterfly swimming. *Journal of Biomechanics*, 28, 9-16.
- Sheel, A.W. (2002). Respiratory muscle training in healthy individuals: physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports Medicine*, 32, 567-581.
- Sheel, A.W., Derchak, P.A., Morgan, B.J., Pegelow, D.F., Jacques, A.J. & Dempsey, J.A. (2001). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *Journal of Physiology*, 537, 277-289.
- Sheel, A.W., Derchak, P.A., Pegelow, D.F. & Dempsey, J.A. (2002) Threshold effects of respiratory muscle work on limb vascular resistance. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 282, 1732-1738.
- Siders, W., Lukaski, H. & Bolonchuk, W. (1993). Relationships among swimming performance, body composition and somatotype in competitive collegiate swimmers. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 33(2), 166-171.
- Skladal, J., Skarvan, K., Ruth, C., & Mikulenska, V. (1969). Propos de l'activitie posturale du diaphragme chez l'Homme. *Journale de Physiologie*. 2, 405-406.
- Stanton, R., Reaburn, P.R., & Humphries, B. (2004). The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 522-528.

- St Croix, C.M., Morgan, B.J., Wetter, T.J., & Dempsey, J.A. (2000). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. *Journal of Physiology*, 529, 493-504.
- Sterlin, L. (1999). Annual swimming volumes for balanced age group swimming programming. *Swimming in Australia - Journal of the Australian swimming coaches and teachers association*, 15 (6), 5-6.
- Svaz potápěčů České republiky (2017). Plavání s ploutvemi. Mezinárodní pravidla a národní pravidla České republiky. Retrieved 31.10.2018 from the World Wide Web: http://www.ploutve.info/dokumenty/Pravidla_PP_2017_final_zmeny.pdf
- Svozil, Z. (2005). *Plavání s ploutvemi a rychlostní potápění*. In Z. Dvořáková (Ed.), *Potápění*. Praha: Grada.
- Tamura, H., Nakazawa, Y., Sugiyama, Y., Nomura, T. & Torii, N. (2002). Motion analysis and shape evaluation swimming monofin. In: *The Engineering of Sport*. Eds: Ujihashi, S. and Haake, S.J., *Blackwell Science*, 4, 716-724.
- Taylor, A. (1960). The contribution of the intercostal muscles to the effort of respiration in man. *Journal of Physiology*, 151, 390-402.
- Travis, R. (1944) .A new stabilometer for measuring dynamic equilibrium in a standing position. *Journal of Experimental Psychology*, 34, 418-424.
- Ungerechts, B. E. (1982) A comparison of the movements of the rear parts of dolphins and butterfly swimmers. In: *Biomechanics and Medicine in Swimming*. Ed: Hollander, A. P., Champaign, Human Kinetics, 215-221.
- Vařeka, I. (2002). Posturální stabilita (II. část), řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 9(4), 122-129.
- Véle, F. (1997). *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada.
- Véle, F. (2006). *Kineziologie: Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2. vydání. Praha: TRITON, 2006, 375 s. ISBN: 80-7254-837-9.

- Videler, J. (1981) Swimming movements, body structure and propulsion. *Cod Gadusmorhua*, Symposia of the Zoological Society of London 48, 1-27.
- Weiner, P., Azgad, Y., Ganam, R., & Weiner, M. (1992). Inspiratory Muscle Training in Patients with Bronchial Asthma. *Chest*, 102(5), 1357-1361.
- Weiner, P., Magadle, R., Massrwa, F., Beckerman, M., & Berar-Yanay, N. (2002). Influence of gender and inspiratory muscle training on the perception of dyspnea in Patients with asthma. *Chest*, 122, 1, 197-201.
- Wilson, S. H., Cooke, N. T., Edwards, R. H., & Spiro, S. G. (1984). Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. *Thorax*, 39(7), 535-8.
- Willson, J. D., Dougherty, C. P., Ireland, M.L., & Davis, I.M. (2005). Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *J of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 13(5), 316-325.
- Wylegala, J. A., Pendergast, D.R., Gosselin, L.E., Warkander, D.E. & Lundgren, C. E. G. (2007). Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. *European Journal of Applied Physiology*, 99, 393-404.
- Zech, A, Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F., & Pfeifer K. (2010). Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: a systematic review. *J Athl Train.*,45(4), 392-403.
- Zedka, M. & Prochazka, A. (1997). Phasic activity in the human erector spinae during repetitive hand movements. *Journal of Physiology* 504, 727-734.
- Zeren, M., Cakir, E., & Gurses, H. N. (2019). Effects of inspiratory muscle training on postural stability, pulmonary function and functional capacity in children with cystic fibrosis: A randomised controlled trial. *Respiratory Medicine*, 148, 24-30.

11 PŘÍLOHY

Příloha 1. Vyjádření Etické komise FTK UP



Fakulta
tělesné kultury

Vyjádření Etické komise FTK UP

Složení komise: doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.
doc. MUDr. Pavel Maňák, CSc.
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.
doc. Mgr. Erik Sigmund, Ph.D.
Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 19. 10. 2018 byl projekt diplomové práce

autor (hlavní řešitel): Bc. Markéta Janošcová

s názvem

Vliv posturálně-dechového tréninku na sportovní výkon, rovnovážné a dechové funkce u ploutvových plavců

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **66/ 2018**
dne: **30. 11. 2018.**

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnicemi pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

Řešitelka projektu splnila podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

za EK FTK UP
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.
předsedkyně
Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury
Komise etická
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009
www.ftk.upol.cz

Posturálně-dechový trénink pro ploutvové plavce



**Informační brožura pro plavce
ve věku 13-18 let**

**Doc. Mgr. Kateřina Neumannová, Ph.D
Bc. Markéta Janošcová**

Milí plavci,

do rukou se Vám dostává brožura, ve které jsou obsaženy informace o cvičení, které budete provádět každý den po dobu 4 týdnů. Jedná se o cvičení s dechovými trenažéry v posturálně náročnějších pozicích spolu s využitím lability čočky. První část tohoto materiálu je věnována popisu techniky dýchání s pomůckami POWERbreathe (nádechový trenažér) a EMST 150 (výdechový trenažér).

Ve druhé části této brožury pak naleznete podrobný 4 týdenní cvičební plán. Je důležité, aby cvičení probíhalo každý den a vy se pokusili dodržet všechny uvedené pokyny a pozice. Pro kontrolu během domácího cvičení je vhodné využít zrcadlo, díky kterému snáze opravíte chyby (neideální pozice).

V případě jakýchkoliv nejasností se mne neváhejte zeptat. Ráda Vám s čímkoliv pomůžu. 😊

Bc. Markéta Janošcová, fyzioterapeutka



2



Nádechový trenažér POWERbreathe

Během používání nádechového trenažeru **nezapomeňte nasadit nosní klip**, aby nádech probíhal pouze ústy přes odpor trenažeru.



Výdechový trenažér EMST 150

S tímto trenažérem cvičte bez nosního klipu – nádech bude nosem, výdech ústy přes trenažér.



Každý den cvičte s oběma trenažéry. Po dechovém tréninku důkladně **propláchněte** všechny pomůcky proudem teplé vody a **osušte** je. Neschovávejte pomůcky, dokud nejsou zcela suché.

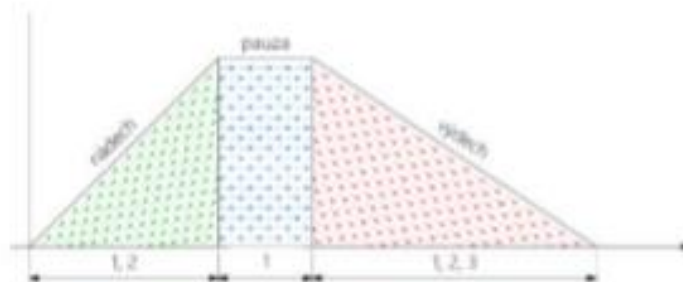
Technika správného dýchání přes pomůcku

Je důležité, abyste během nádechu přes nádechovou pomůcku POWER breathe a během výdechu přes výdechovou pomůcku EMST 150 **slyšeli proudění vzduchu**. Jiný zvuk, např. „vrčení“ pomůcek, nebo „ticho“ při cvičení je nežádoucí.

Základním předpokladem správného cvičení je **nastavení odpovídajícího odporu**, proti němuž budete v průběhu cvičení dýchat. Tento odpor Vám jako fyzioterapeut pomůžu nastavit na základě výsledku vyšetření síly dýchacích svalů. V průběhu dechového tréninku lze přednastavený odpor měnit dle aktuálního zdravotního stavu. My se budeme pokoušet **odpor každý týden zvedat**, jelikož Vaše svaly budou tréninkem sílit a původní odpor by byl pro ně příliš malý.

Cvičení s dechovým trenažér představuje výzvu pro celý organismus, může být náročné, proto si **po každé sérii dejte pauzu**, klidně se i napijte.

Nádech je proti odporu, ale není maximální a výdech je delší než nádech. Během tréninku je nutno si počítat. V průběhu nádechu si v duchu počítejte „jedna, dvě“, při pauze „jedna“ a při výdechu „jedna, dvě, tři“.



Nádech začíná v oblasti břicha, postupuje směrem nahoru přes dolní hrudní oblast až do horní části hrudníku, tak aby se hrudník během nádechu rozvíjel do stran a předozadně. Pohyb hrudníku nahoru je nežádoucí. Výdech začíná opět v břiše a postupuje směrem nahoru, stejně jako nádech. S výdechem se snažte stáhnout dolní žebra směrem dolů do břišní oblasti.

Na co si dát pozor !

DÝCHÁNÍ

- Během dýchání zabraňte souhybům těla.
- Nezaklánějte a nepředsunujte hlavu.
- Nezvedejte ramena během nádechu.
- S výdechem udržte napřímenou páteř.
- Dýchání by nemělo být vyčerpávající a nepříjemné.
- Během cvičení nikdy nezadržujte dech, po každé sérii si dejte pauzu.



STOJ

- Chodidla jsou od sebe vzdálena na šířku pánve.
- Zatižte obě končetiny rovnoměrně.
- Koleno směřujte mírně ven, pánev je mírně podsazená.
- Udržte napřímenou páteř.

Na co si dát pozor!

HORNÍ KONČETINY (HKK) V ZÁKRYTU

- Nepředsunujte hlavu.
- Mějte plně propnuté lokty těsně u uší.
- Schovejte dolní žebra, nesmějí odstávat.
- Střídejte ruce v zákrytu po 1 sérii (s výměnou trenažéru).
- Jestliže nezvládnete ruce v zákrytu, mějte je ve vzpažení.

PRKNO

- Udržte napřímenou páteř.
- Na ruce mějte rozevřenou dlaň, 3. prst směřuje dopředu.
- Předloktí obou horních končetin jsou vodorovná.
- Udržte vodorovnou pánev.
- Trup nesmí být vyvěšen v ramenních kloubech.
- Lopatky nesmějí odstávat.



7

Cvičební pozice

posturálně-respiračního tréninku

Tato část je věnována jednotlivým polohám, v nichž budete po následující 4 týdny vykonávat svá cvičení. Jedná se o polohy v sedě (vzpřímený sed, sed s HKK v zákrytu), stoj (stoj na labilní čočce, stoj s HKK v zákrytu, stoj na 1 DK, stoj na 1 DK se zavřenýma očima), výdrž v podřepu (bez čocky, s čockou, výdrž v podřepu s HKK v zákrytu na labilní čočce) a prkno (s oporou o kolena a oporou o špičky).

Každou cvičební pozici budete provádět s **oběma dechovými trenažéry**. Na fotografii je využit vždy jeden z nich. Součástí posturálně-respiračního tréninku je nejen **vytrvalostní trénink dýchacích svalů** (skládá se z několika sérií, jejichž počet se v průběhu cvičebního období navyšuje, v každé sérii je pak obsaženo 10 cyklů složených z nádechu, ponádechové pauzy a výdechu), ale také **trénink silového nádechu a výdechu**.

Vzpřímený sed



V poloze vzpřímeného sedu jsou chodidla plně zatížená a umístěna pod kolenními klouby, stehna svírají s trupem pravý úhel, kolena jsou od sebe na šířku pánve, pánev je napřímená, ramena volně visí směrem dolů k pánvi, dlaně volně položeny na stehnech a brada je zasunutá. Během dýchání by měla být páteř co nejvíce napřímená, přičemž daná poloha pro vás musí být příjemná. Vyhněte se souhybům trupu během dýchání.

Vzpřímený sed s horními končetinami v zákrytu



Pozici vzpřímeného sedu s HKK v zákrytu zaujměte stejně jako v předcházejícím vzpřímeném sedu. Horní končetiny nyní umístěte do zákrytu jako během vašeho plaveckého tréninku. Maximálně vzpažte paže, kdy jsou ruce v oblasti předloktí položeny přes sebe, a palec horní ruky přidržuje spodní ruku na malíkové straně. Hlava je v poloze prodloužení trupu a maximálně skrytá mezi pažemi. Udržte napřímenou pánev i páteř, neprohýbejte se v bedrech. Nedovoľte,

aby vaše žebra odstávala, musí být součástí pevného trupu. Po 1 sérii (s výměnou trenážeru) vyměňte horní končetinu v zákrytu.

Prkno – opora o kolena



Prkno – opora o špičky



Prkno s dechovým trenažérem



Pozici prkna nejprve nacvičte bez dechového trenažéru s oporou o kolena a poté s propnutými špičkami. Horní končetiny opřete o rozevřené dlaně, 3. prst směřuje dopředu. 3. prst, zápěstí a lokty obou končetin představují 2 rovnoběžky, které jsou od sebe o kousek dále, než je šířka trupu. Rameno je nad loketním kloubem. Udržte napřímenou páteř a hlavu v jejím prodloužení. Pozor na prohýbání v bedrech a odstávající lopatky. Jestliže tuto pozici zvládáte, zaujměte prkno s propnutými dolními končetinami o špičky. Nezapomínejte pravidelně dýchat přes trenažér.

Stoj na 1 dolní končetině



Při cvičení v této pozici spočívá váha těla na 1 DK, přičemž druhá DK je pokrčena v pravém úhlu (v kyčelním i kolenním kloubu). Pokuste se udržet rovnoměrné zatížení celé plošky nohy a kyčelní kloub v 90 ° pokrčení po celou dobu série. Ramena nejprve volně visí směrem dolů k pánvi, hlava je vzpřímená (pohled očí směruje dopředu) a brada zasunutá. S výměnou trenažéru vystřídejte stejnou DK, abychom posílili obě DKK. Pro ztížení podmínek zavřete oči a vydržte v napřímění po celou dobu série.

Stoj na 1 dolní končetině s horními končetinami v zákrytu



Stoj na 1 DK s HKK v zákrytu je obdobou klasického stoje na 1 DK. Jestliže tuto pozici zvládáte, přidejte pozici HKK v zákrytu. Ruce v zákrytu i stojnou DK po 1 sérii (= s výměnou trenažéru) vystřídejte. Dbejte všech zásad dýchání, stoje i HKK v zákrytu.

Stoj na labilní čočce



Při korigovaném stoji na labilní ploše je váha těla rozložena rovnoměrně mezi obě DKK, chodidla jsou od sebe vzdálena na šířku pánve, kolena v mírném pokrčení, pánev je mírně podsazena, hlava je vzpřímená a brada zasunutá vzad, ramena jsou stahována dolů.

Výdrž v podřepu s horními končetinami v zákrytu



Pozici výdrž v podřepu nejprve natrénujte bez balanční podložky. Stoj lehce přes šířku pánve. Kolena vytočena ven. Špičky následují vytočení kyčelních kloubů. Jděte do takové hloubky podřepu, dokud jste schopni udržet napřimenou páteř. Váha těla je ve vrcholu klenby nohy. Přidejte HKK do zákrytu. V dosažené pozici nezapomeňte pravidelně dýchat. Po jedné sérii si odpočiňte a znovu zaujměte výchozí pozici, nyní již s druhou HKK v zákrytu. Jestliže nezvládáte ruce v zákrytu, pouze je udržte ve vzpažení bez odstávajících žeber a prohnuté páteře.

Výdrž v podřepu na labilní čočce



Pozice výdrže v podřepu na čočce je posturálně náročnější, než samotný podřep. Dbejte na to, abyste pozici bez čočky zvládli co nejlépe. Dodržujte všech zásad správného podřepu. Jděte do takové hloubky podřepu, dokud jste schopni udržet napřimenou páteř a kolena nesmí jít k sobě. Horní končetiny můžete před tělem spojit.

Výdrž v podřepu s horními končetinami v zákrytu na labilní čočce



Nejnáročnější pozicí našeho posturálně-respiračního tréninku je právě výdrž v podřepu s horními končetinami v zákrytu na labilní čočce. Dbejte na to, abyste předchozí pozice zvládli co nejlépe. Buďte plně soustředění na každý sval ve vašem těle, vnímejte váš dech. Dech nezadržujte! Udržte napřímenou páteř, zátěž na celých ploškách obou nohou, nepředsunujte hlavu. Setrvejte v dané pozici během celé dechové série.

Cvičební plán

Každý den budete cvičit vytrvalostní i silový trénink s oběma dechovými trenažéry. Nejprve provedte všechny doporučené pozice s nádechovým trenažérem a následně všechny pozice s výdechovým trenažérem. S výměnou dechové pomůcky vystřídejte končetiny (stoj na 1 DK, HK v zákrytu). Po každé sérii si dejte pauzu, klidně se i napijte. Plné soustředění v celém průběhu cvičení je nezbytné.

V průběhu 1. týdne budete cvičit 1x denně, a to 3 série s nádechovou i výdechovou pomůckou po 10 cyklech (3x10 odporovaných nádechů a 3x10 odporovaných výdechů). Toto dýchání není maximální. Vždy dýchejte podle uvedeného vzoru – 1,2: nádech, 1: pauza, 1, 2, 3: výdech. Při úvodním setkání vám bude nastaven počáteční odpor, který vám bude fyzioterapeut postupně zvyšovat. V prvním týdnu budete uvedená dechová cvičení provádět v poloze vzpřímeného sedu (2x10) a vzpřímeného sedu s HKK v zákrytu (1x10). Stoj na labilní čočce a cvik prkno s oporou o kolena a s propnutými DKK o špičky bude zatím bez dechového trenažeru. V pozicích bez trenažeru se pokuste setrvat po dobu 10 dechů.

V průběhu 2. týdne dojde k navýšení dechového odporu, cvičení budete provádět 1x denně, a to 5 sérií s nádechovou i výdechovou pomůckou po 10 cyklech (5x10 odporovaných nádechů a 5x 10 odporovaných výdechů). Cvičení z 1. týdne již neprovádějte, nyní bude posturálně-respirační trénink probíhat ve stoji na 1DK ruce

podél těla (1x10), stojí na 1 DK ruce v zákrytu (1x10), vzpřímeném stojí na labilní čočce (1x10) a v pozici prkna s oporou o kolena (1x10) a s oporou o špičky (1x10) s dechovým trenažerem.

3. týden bude znovu navýšen dechový odpor na obou trenažérech. Cvičení budete provádět 1x denně, a to 5 sérií s nádechovou i výdechovou pomůckou po 10 cyklech (5x10 odporovaných nádechů a 5x 10 odporovaných výdechů). Posturálně-respirační trénink bude probíhat v podřepu s HKK v zákrytu (1x10), ve stojí na 1DK se zavřenýma očima (1x10), podřepu na čočce s HKK podél těla (1x10), podřepu na čočce s HKK v zákrytu (1x10) a v pozici prkna s oporou o špičky s dechovým trenažerem (1x10).

4. týden budete cvičit ve stejných pozicích jako ve 3. týdnu, avšak s navýšeným dechovým odporem.

Během celých 4 týdnů bude probíhat každý den také trénink silového nádechu a výdechu. Pozicemi pro silový trénink bude vzpřímený sed a stoj na čočce. Silový trénink provádějte jako 2 silové nádechy/výdechy a následně pauza v 5 sériích. Tedy 5x2 nádechy přes nádechový trenažér a 5x2 výdechy přes výdechový trenažér v obou pozicích. Snažte se vždy provést maximální nádech, pokud dýcháte přes nádechový trenažér, a maximální výdech, pokud dýcháte přes výdechový trenažér. První dva týdny cviky budete provádět ve vzpřímeném sedu, druhé dva týdny ve vzpřímeném stojí na labilní čočce.

Brožura posturálně-respiračního tréninku pro ploutvové plavce vznikla ve spolupráci s paní docentkou Mgr. Kateřinou Neumannovou, Ph.D, které bych chtěla poděkovat za odborné vedení. Díky patří také plavkyni Kláře Křepelkové za pořízené fotografie.

Všem plavcům bychom chtěly popřát, ať je pro ně posturálně-dechový trénink co nejpřínosnější, zranění se vyhýbají obloukem a s chutí dělají, co je baví.

S plným dechem do toho! ☺

Bc. Markéta Janošková, fyzioterapeutka

Příloha 3. Záznamový arch domácího cvičení

Den	cviky	Cvičení:ANO/NE	poznámky
1.	2x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	2x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	1x 10 dechů stoj na čičce		
	1x10 dechů prkno – opora o kolena		
	1x 10 dechů prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě			
2.	2x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	2x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	1x 10 dechů stoj na čičce		
	1x10 dechů prkno – opora o kolena		
	1x 10 dechů prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě			
3.	2x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	2x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	1x 10 dechů stoj na čičce		
	1x10 dechů prkno – opora o kolena		
	1x 10 dechů prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě			
4.	2x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	2x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	1x 10 dechů stoj na čičce		
	1x10 dechů prkno – opora o kolena		
	1x 10 dechů prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě			
5.	2x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	2x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	1x 10 dechů stoj na čičce		

	1x10 dechů prkno – opora o kolena		
	1x 10 dechů prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě		
6.	2x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	2x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	1x 10 dechů stoj na čičce		
	1x10 dechů prkno – opora o kolena		
	1x 10 dechů prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě		
7.	2x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 nádechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	2x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed		
	1x 10 výdechů přes trenažér vzpřímený sed, HKK v zákrytu		
	1x 10 dechů stoj na čičce		
	1x10 dechů prkno – opora o kolena		
	1x 10 dechů prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě		
8.	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čičce		
	1x10 nádechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čičce		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě		
9.	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čičce		
	1x10 nádechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce		

	v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce		
	1x10 výdechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě		
10.	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce		
	1x10 nádechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce		
	1x10 výdechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě		
11.	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce		
	1x10 nádechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce		
	1x10 výdechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě		
12.	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce		
	1x10 nádechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce		
	1x10 výdechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		

	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě		
13.	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čičce		
	1x10 nádechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čičce		
	1x10 výdechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě		
14.	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čičce		
	1x10 nádechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce podél těla		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na 1 DK ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čičce		
	1x10 výdechů přes trenažér prkno – opora o kolena		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér vsedě		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér vsedě		
15.	1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čičce, ruce podél těla		
	1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čičce, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čičce, ruce podél těla		
	1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čičce, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čičce		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní		

	čočce		
16.	1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čočce, ruce podél těla		
	1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čočce, ruce podél těla		
	1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
	17.	1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu	
1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči			
1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čočce, ruce podél těla			
1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu			
1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky			
1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu			
1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči			
1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čočce, ruce podél těla			
1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu			
1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky			
5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce			
5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce			
18.		1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu	
	1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čočce, ruce podél těla		
	1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čočce, ruce		

	podél těla		
	1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
19.	1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čočce, ruce podél těla		
	1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čočce, ruce podél těla		
	1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
20.	1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čočce, ruce podél těla		
	1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čočce, ruce podél těla		
	1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
21.	1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čočce, ruce podél těla		

	1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čočce, ruce podél těla		
	1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
22.	1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čočce, ruce podél těla		
	1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čočce, ruce podél těla		
	1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
23.	1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čočce, ruce podél těla		
	1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čočce, ruce podél těla		
	1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		

	5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
24.	1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čočce, ruce podél těla		
	1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čočce, ruce podél těla		
	1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce		
	25.	1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu	
1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči			
1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čočce, ruce podél těla			
1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu			
1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky			
1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu			
1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči			
1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čočce, ruce podél těla			
1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu			
1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky			
5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce			
5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní čočce			
26.		1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu	
	1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čočce, ruce podél těla		
	1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čočce, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		

	1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čochce, ruce podél těla		
	1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čochce, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čochce		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní čochce		
27.	1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čochce, ruce podél těla		
	1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čochce, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čochce, ruce podél těla		
	1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čochce, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čochce		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní čochce		
28.	1x 10 nádechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 nádechů přes trenažér podřep na labilní čochce, ruce podél těla		
	1x10 nádechů přes trenažér stoj na labilní čochce, ruce v zákrytu		
	1x 10 nádechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér, stoj na 1DK, zavřené oči		
	1x 10 výdechů přes trenažér podřep na čochce, ruce podél těla		
	1x10 výdechů přes trenažér stoj na labilní čochce, ruce v zákrytu		
	1x 10 výdechů přes trenažér prkno – opora o špičky		
	5x 2 silové nádechy přes trenažér ve stoji na labilní čochce		
	5x 2 silové výdechy přes trenažér ve stoji na labilní čochce		

Pokud daný den některé cvičení nebudete provádět, zaznamenejte důvod, proč jste cvičení neprovedli, do poznámky. Pokud budete u cvičení mít jakýkoli problém (bolest, pocit napětí, tlak apod.), také jej zaznamenejte do tabulky, aby se mohl následně konzultovat s fyzioterapeutkou.