

**Univerzita Karlova  
Fakulta tělesné výchovy a sportu**

**Obor kinantropologie**

**Porovnání svalové aktivity vybraných svalů pletence ramenního  
vyšetřením PEMG u vrcholových plavců a vlivu silového tréninku**

Comparison of muscle activity of selected muscles of shoulder girdle  
by PEMG examination among elite swimmers and influence of strength  
training

**Autoreferát disertační práce**

Autor: Mgr. Simona Kubová

Vedoucí práce: Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc.

Odborný konzultant: PhDr. Radim Jebavý, Ph.D.

Praha, 2019

## **Abstrakt**

### **Cíle**

Analyzovat a ohodnotit vliv silové intervence na svalovou aktivitu vybraných svalových skupin pomocí PEMG během plavecké lokomoce kroulovým způsobem u vrcholových plavců.

### **Metody**

Patnáct vrcholových plavců specializujících se na plavecký způsob kraul ve věku 18 – 28 let se zúčastnilo tohoto experimentu. Po stanovení bolesti v oblasti ramenního kloubu pomocí VAS (Eriksen, Rochester, 2007) a dotazníku SFPS (Drake, 2010), který informuje o plaveckém tréninku, zdravotním stavu a užívání analgetik, absolvovali probandi vyšetření PEMG 8 hodnocených svalů. Následně simulovali závod na 100m kraul na VASA, kde byla opět snímána data PEMG. Následně všichni probandi provedli silový intervenční program a poté opět absolvovali simulaci závodu na 100m kraul na VASA. Vyhodnocení a zpracování získaných dat bylo provedeno pomocí programu MyoResearch XP Master Edition od firmy Noraxon se současným videozáznamem. Ke statistickému zpracování dat byla použita základní deskriptivní statistika, Magnitude Based Difference, ANOVA a Cohenovo D.

### **Výsledky**

Svalová aktivita vyšetřovaných svalů se po silové intervenci zvýšila u svalů m. biceps brachii, horní části m. trapezius a m. serratus anterior s malou velikostí efektu dle Hopkinse et al (2010) a se střední velikostí efektu u dolní části m. trapezius mezi vrcholovými plavci. Statistické zpracování dat výzkumu disertační práce pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) neukázalo významné výsledky. Magnitude Based Difference ukázalo velmi pravděpodobnou pozitivní změnu u m. biceps brachii. U m. deltoideus anterior a m. infraspinatus jsou výsledky s pravděpodobně zápornou změnou a u m. serratus anterior a m. pectoralis major s pravděpodobně kladnou změnou. Analýza bolesti ramenního kloubu dominantní horní končetiny podle dotazníku SFPS ukázala, že po intervenčním programu se bolest v ramenním kloubu zvýšila u 6 probandů, z toho u 3 probandů se bolest zvýšila o více než 2 stupně.

### **Klíčová slova**

Ramenní kloub, bolest, plavání, silový trénink, EMG, intervence

## **Aims**

Analyze and evaluate the influence of strength intervention on muscle activity of selected muscle groups by PEMG during swimming locomotion by crawl method in top swimmers.

## **Methods**

Fifteen top swimmers specializing in the crawl style at the age of 18-28 years participated in this experiment. After determining pain in the area of the shoulder joint using VAS (Eriksen, Rochester, 2007) and the SFPS questionnaire (Drake, 2010), which reports about the swimming training, health and analgesic use, probands underwent a PEMG examination of 8 evaluated muscles. Subsequently, they simulated a 100m crawl race on VASA, where PEMG data was again captured. Subsequently, everyone carried out a force intervention program and then again underwent a simulation of the 100m crawl on VASA. The evaluation and processing of the obtained data was performed with the program MyoResearch XP Master Edition from Noraxon company with simultaneous video recording. Basic descriptive statistics, Magnitude Based Difference, ANOVA and Cohen D were used for statistical data processing.

## **Results**

Muscle activity of the examined muscles increased after strength intervention in muscles of biceps brachii, upper part of m. trapezius and m. serratus anterior with low magnitude of effect according to Hopkins et al (2010) and with moderate size of effect in lower part of m. trapezius among top swimmers. Statistical processing of dissertation research data using ANOVA did not show significant results. Magnitude Based Difference has shown a very likely positive change in m. biceps brachii. In m. deltoideus anterior and m. infraspinatus, the results are likely to be probably negative, and in m. serratus anterior and m. pectoralis major, the results are probably positive. Shoulder joint pain analysis of the dominant upper limb according to the SFPS questionnaire showed that after the intervention program, shoulder pain increased in 6 probands, of which 3 probands increased pain by more than 2 degrees.

## **Keywords**

The shoulder joint, pain, swimming, intervention, power training, EMG

## **Obsah**

1	Úvod.....	2
2	Teoretická východiska .....	3
2.1	Plavání .....	3
2.2	Elektromyografie .....	4
2.3	Bolest .....	5
3	Výzkumná část.....	6
3.1	Metodologie .....	6
3.1.1	Vymezení výsledků výzkumu .....	7
3.1.2	Omezení výsledků výzkumu .....	7
3.2	Výzkumné otázky a hypotézy.....	7
4	Výsledky .....	8
5	Diskuze.....	10
6	Závěr .....	12
7	Seznam literatury .....	13
8	Seznam publikací souvisejících s disertační prací .....	17

# 1 Úvod

Plavání v nejširším slova smyslu zahrnuje oblast různorodých pohybových aktivit ve vodě v různých polohách, při vznášení nebo s kontaktem s pevnou oporou (Frömel et al, 1999). Plavání v tom nejužším slova smyslu znamená pohyb lidské bytosti ve vodě, který je skutečně pomocí pohybů končetin a trupu překonávající určitou vzdálenost z místa na místo (Čechovská et al, 2003). Plavání je individuálním sportem, pro který je typický cyklický pohyb ve vodním prostředí. Cílem sportovního výkonu je uplavat závodní trať co nejrychleji. Rozeznáváme čtyři základní plavecké způsoby a to prsa, kraul, znak a motýlek (Bernaciková et al, 2011). Plavání je jedinečný sport, který spojuje práci horních a dolních končetin s kardiovaskulárním tréninkem. Závodní plavci jsou náchylní k poranění pohybového aparátu horních končetin, kolen a páteře (Wanivehaus et al, 2012).

Plavání, obzvláště závodní plavání, je známé pro dlouhé a obtížné tréninky (Maglischo, 2003). Plavci na profesionální úrovni trénují 20 – 30 hodin týdně a naplavou až 14 km za den. Během jednoho tréninku, který běžně trvá 2 hodiny, průměrný plavec provede až 5000 záběrů jednou paží (Kirshnan et al, 2004). Tento opakovaný pohyb, který plavci provádí po několik let, se stává hlavním etiologickým faktorem pro vznik tzv. „plaveckého ramene“. Kennedy použil tento název v 70. letech 20. století k popisu bolesti anteriorní části ramenního kloubu během a po skončení plaveckého tréninku (Kirshnan et al, 2004).

Elektromyografie (EMG) je diagnostická metoda, která slouží především k určení poruch nervosvalového aparátu. Podstatou EMG je měření elektrických potenciálů vzniklých v důsledku činnosti kosterní svaloviny. Povrchová EMG slouží také k ohodnocení míry svalové aktivity při provádění různých pohybů, tak i k hodnocení timingu svalů, což má velký význam při posuzování kvality prováděných pohybů. Tím může povrchová EMG diagnostikovat vznik obtíží nebo může pomoci určit nový pohybový stereotyp. Velký význam využití je ve vrcholovém sportu (Hrazdira, 2001).

Díky EMG získáváme informace o změně akčního potenciálu na membráně, který je převáděn na svalová vlákna. Měření poskytuje informace o volních a reflexních pohybech, pořadí a intenzitě zapojení jednotlivých svalů během pohybu. Tím dosáhneme určité objektivizace pohybu a jeho biomechanické analýzy, můžeme ohodnotit výši svalové aktivity, synergie a sekvenčního zapojení (Cifrek et al., 2000).

Protože se plavání věnuji celý život, mám zkušenosti s bolestmi ramen v anteriorní části. Pro plavce je velmi frustrující, když se nemůže pro bolest maximálně věnovat tréninku a rehabilitace nepomáhají. Proto jsem se rozhodla pokusit se v rámci své disertační práce najít způsob minimalizace bolesti v anteriorní části ramenního kloubu u vrcholových plavců a diskutovat možnosti prevence vzniku bolesti.

## 2 Teoretická východiska

### 2.1 Plavání

Plavecký způsob kraul je nejrychlejším plaveckým způsobem a během tréninku je nejčastěji využívaným. Rychlost plavecké lokomoce je poměrně plynulá, nastává pouze mírné kolísání rychlosti během plaveckého cyklu. Plavecký způsob kraul vyžaduje mírně skloněnou hlavu s pohledem očí směrem dolů, která udržuje boky a celé tělo horizontálně s hladinou. Hlava je v jedné přímce s tělem, minimalizuje tím turbulenci, která vzniká při kontaktu hlavy a ramen s vodou. Odpor vytvořený čelním průmětem je velmi nízký, plynulá rotace těla probíhá kolem podélné osy (40 až 50°) a umožňuje, aby se ramena dostala do výhodné polohy pro obě záběrové fáze (Maglisco, 2003; Miler et Čechovská, 2008).

Mezi základní svaly, které se aktivují při plaveckém způsobu kraul, patří m. deltoideus a m. supraspinatus, které se aktivují především při vstupu a výstupu horní končetiny pod hladinu, m. rhomboideus major zajišťující pozici lopatky pro pohyb horní končetiny, m. latissimus dorsi sloužící pro udržení pozice horní končetiny a polohy těla, m. serratus anterior a m. subscapularis pracující konstantně během plaveckého záběru a m. infraspinatus zajišťují funkci zevní rotace horní končetiny při relaxaci. Ze svalů dolních končetin to jsou potom mm. glutei, m. quadriceps femoris, ischiokrurální svaly a m. triceps surae (McLeod, 2010).

Opakování pohybových cyklů během dlouhých a náročných plaveckých tréninků, které plavci absolvují po několik let, se stávají hlavním etiologickým faktorem pro vznik tzv. „plaveckého ramene“. Richardson et al. (1980) zjistil, že bolesti ramene se vyskytují u 52 % elitních plavců a 27 % neprofesionálních plavců. McMaster et Troup (1993) zjistili bolest ramenního kloubu u 47 % 10 - až 18 - letých plavců, u 66 % vrcholových plavců a 73 % elitních plavců. Četnost výskytu bolesti v obou studiích byla nejvyšší mezi elitními plavci, což může korelovat se zvýšením tréninkových dávek a doby strávené tréninkem (Heinlein et Consgarea, 2010).

Z biomechanického hlediska probíhají plavecké pohyby v uzavřeném řetězci, což znamená, že distální úsek (ruka) je relativně pevným segmentem, přičemž těleso se pohybuje na horní části paže (ramenní kloub) (Heinlein et Consgarea, 2010).

Původně byla příčina bolesti v ramenním kloubu známá jako impingement syndrom rotátorové manžety coracoacromiálním obloukem. Nicméně navazující analýzy bolestivosti ramen ukázaly, že příčina je multifaktoriální, včetně přetížení a únavy svalů ramen, lopatky a horní části zad. Výskyt bolesti a zranění v oblasti ramenních kloubů je nejčastěji spojen u sportovců se špatnou technikou pohybového cyklu a svalovou únavou. Výskyt trigger pointů ve svalech, které se účastní plavecké lokomoce, je enormní.

Spoušťové body jsou velkým zdrojem bolesti (Simons et al, 1998). Cílem sportovců, trenérů a lékařů musí být biomechanické zlepšení techniky plavecké lokomoce, aby se minimalizoval vznik zranění. Optimální cyklus horních končetin by měl být doprovázen dostatečnou rotací těla, která by měla snižovat protrakci lopatky potřebné k udržení optimální polohy glenohumerálního kloubu. To snižuje nároky na m. serratus anterior a na další svaly okolo lopatky (Richter et Hebgen, 2011).

Mnoho plavců přijímá bolest v ramenním kloubu jako součást tohoto sportu v důsledku tisíce a tisíce opakovaných plaveckých pohybových cyklů. Někteří lidé se bolesti ramene nevyhnou, ale pro mnoho dalších existuje jednoduchá změna v technice plavecké lokomoce. V plaveckém způsobu kraul můžou plavci pociťovat bolest na začátku záběrové fáze. Pokud bolest nastane, je důležité snížit rotaci horní části trupu nebo provést záběr více k tělu, nikoli do šíře. Bolest může být běžným problémem kraulerů na straně, na kterou se běžně nenadechují, protože tuto stranu používají jako oporu kvůli nutnosti nádechu (Russel, 2012).

Predisponujícími faktory k rozvoji obtíží v oblasti ramenního kloubu jsou instabilita ramene, oslabené vazy a svaly, nebo špatná technika provedení plaveckých způsobů. Menší rozsah pohybu ramenního kloubu sám o sobě nezaručuje menší riziko bolesti. Mezi predisponující faktory vzniku „plaveckého ramene“ jsou anatomické odchylky pletence ramenního, dlouhodobé přetěžování, zvýšené svalové napětí, pohlavní dimorfismus a plavecká specializace (Yanai et Hay, 2005).

V praxi sportovní fyzioterapie se stále častěji setkáváme i s velmi mladými sportovci, kteří mají problémy s pohybovým aparátem převážně díky extrémnímu přetěžování během sportovní činnosti a téměř žádné regeneraci a kompenzačnímu nebo preventivnímu programu. Jediným východiskem je naučit samotné sportovce, jak se svým organismem zacházet, předcházet zraněním a prodloužit tak svou aktivní kariéru na maximum, i přes nátlak a dohled osobních trenérů.

## 2.2 Elektromyografie

Elektromyografie je diagnostická metoda, která slouží především k určení poruch nervosvalového aparátu. Podstatou elektromyografie je měření elektrických potenciálů vzniklých v důsledku činnosti kosterní svaloviny (Hrazdira et Morstein, 2001).

Díky EMG získáváme informace o změně akčního potenciálu (AP) na membráně, který je převáděn na svalová vlákna. Měření poskytuje informace o volních a reflexních pohybech, pořadí a intenzitě zapojení jednotlivých svalů během pohybu. Tím dosáhneme určité objektivizace pohybu a jeho biomechanické analýzy, můžeme ohodnotit výši

svalové aktivity, synergie a sekvenčního zapojení (Cifrek et al., 2000).

Zpracování elektromyografického záznamu má několik fází. Prvotní signál nazýváme jako surový. U tohoto surového signálu musí být provedena frekvenční analýza a analýza amplitudy. Při analýze amplitudy dále provádíme rektifikaci a vyhlazení záznamu. V poslední řadě provedeme normalizaci záznamu, aby bylo možné námi změřená data hodnotit. Nejčastějším způsobem normalizace je model MVC (maximální volní kontrakce), vztažený k maximální volní kontrakci měřeného svalu provedené před začátkem samotného měření (Konrad, 2005; Krobot et Kolářová, 2011; Soderberg et Knutson, 2000). Dalšími, ale méně často využívanými normalizačními postupy jsou použití aktivační hodnoty, procentuální porovnání aktivity svalů bilaterálně (Krobot et Kolářová, 2011) či normalizace k submaximálním hodnotám EMG záznamu (Konrad, 2005).

### 2.3 Bolest

Subjektivní vnímání bolesti bylo významným pokrokem v porozumění bolesti mezi pacienty a lékaři. Až asi do poloviny 20. století převládající biomedicínské pojetí bolesti bylo do značné míry jednotně chápáno jako podnět - odezva v nervovém systému (Bond, 1988). Až Hardy (1940) a Melzack (1988) vytvořili spojení mezi hodnocením a subjektivitou bolesti.

Beecher (1957) napsal, že silné emoce mohou zablokovat bolest. Véle (2006) uvádí, že bolest je složena ze dvou složek, a to z organické složky (nociceptivní podnět), která funguje na principu obranné reakce a z psychologické složky, která vyvolává změnu chování a nepříjemné pocity upozorňující na důsledky poruchy. Dvojitým zaslepeným pokusem se podařilo dokázat, že placebo má až 43% antalgický efekt při srovnání s analgetikem i u těžkých bolestí. Proto je psychoterapie velmi důležitou součástí léčby bolestivých motorických poruch.

Možnosti hodnocení bolesti lze rozdělit do tří širokých skupin a to psychofyzických činností, stupnic a standardizovaných dotazníků.



## 3 Výzkumná část

### 3.1 Metodologie

Cílem této disertační práce bylo analyzovat a ohodnotit vliv silové intervence na svalovou aktivitu vybraných svalových skupin pomocí PEMG během plavecké lokomoce kraulovým způsobem u vrcholových plavců.

Disertační práce je vědecko – výzkumnou kvantitativní studií, která má charakter experimentu. Účastníci této studie byli záměrně vybráni z řad vrcholových plavců a tvoří jednu homogenní skupinu.

Teoretická východiska práce představují rešerši, ve které byla zpracována témata plavání, PEMG a možnosti hodnocení bolesti. Zdrojem čerpání jsou odborné publikace, články periodik, i zdroje online publikací PubMed, MedLine, Web of Science a Národní lékařské knihovny.

Výzkumná část obsahuje informace k experimentu a měření. Vyšetřující osobou byla osoba doktorandky. Na vyšetření každého probanda byla vyčleněna doba přibližně 60 minut a celé vyšetření bylo provedeno během jednoho dne. U každého vybraného probanda, který se tohoto výzkumu zúčastnil, byly pečlivě zaznamenány údaje ohledně výskytu, nástupu a lokalizace bolesti pomocí analogové škály bolesti a dotazníku SFPS, jejichž hodnoty jsou uvedeny v tabulkách. Před začátkem vlastního výzkumu bylo nutné doložit potvrzení specialistou o provedení ultrazvukového vyšetření ve zkoumané oblasti pletence ramenního všech probandů k vyloučení sktrukturálního poškození vyšetřované oblasti. Následně byl proband vyzván ke druhé části vyšetření, které proběhlo v laboratoři a v posilovně na FTVS UK v Praze. Průběh měření a sběr dat byl před samotným měřením prodiskutován a schválen školitelkou práce.

Disertační práce byla schválena Etickou komisí FTVS UK pod jednacím číslem 86/2016, která je uvedena v příloze disertační práce jako Příloha č. 1. Informovaný souhlas byl předán každému probandovi, vzor Informovaného souhlasu je součástí příloh disertační práce, Příloha č. 2. Každý proband byl informován o průběhu měření a výzkumu práce, byl seznámen s podmínkami a dobrovolně se rozhodl výzkumu zúčastnit, což stvrdil svým podpisem. Oba dokumenty budou unifikovanými materiály FTVS UK. Tato disertační práce bude podléhat pravidlům a zásadám o ochraně osobních dat a informací.

Výzkumný soubor tvoří homogenní skupina 15 probandů záměrně vybraná z řad reprezentantů České republiky v plavání specializující se na plavecký způsob kraul ve věkovém rozpětí 18 – 28 let bez rozdílu pohlaví. Tato skupina probandů je maximální možná, která splňuje podmínky výzkumu.

Mezi metody výzkumu byly využity numerická stupnice bolesti, dotazník SFPS (Swimmer's Functional Pain Scale), vyšetření aktivace vybraných svalů pomocí PEMG,

statistické zpracování Cohena D, ANOVA, p-value a Magnitude Based Difference.

### 3.1.1 Vymezení výsledků výzkumu

Výsledky výzkumu jsou platné pro profesionální plavce specializující se na plavecký způsob kraul bez rozdílu pohlaví ve věkovém rozmezí 18 – 28 let s výborně zvládnutou kraulovou technikou, s minimálně pětiletou dobou plaveckého tréninku a vysokou výkonnostní úrovní, bez výrazného patologického nálezu v oblasti pletence ramenního kloubu a akutních zdravotních obtíží.

### 3.1.2 Omezení výsledků výzkumu

Výzkum je omezen použitím povrchové elektromyografie, která umožňuje snímat elektrický potenciál z povrchově uložených svalů, z tohoto důvodu je výběr svalů limitován.

## 3.2 Výzkumné otázky a hypotézy

### **Výzkumná otázka č.1**

Jak se změní svalová aktivita vybraných svalů v oblasti pletence ramenního po silové intervenci u skupiny vrcholových plavců?

### **Výzkumná otázka č.2**

Jaký má vliv silová intervence na vnímání bolesti v ramenním kloubu u skupiny vrcholových plavců?

### **Hypotéza č.1**

Míra zvýšení svalové aktivity vyšetřovaných svalů hodnocená PEMG bude alespoň u jednoho vybraného svalu po silové intervenci 30 minut střední velikosti efektu dle Cohena.

### **Hypotéza č.2**

Běžně prováděný silový trénink v posilovně trvajícím v celkové době 30 minut u vrcholových plavců vede ke zvýšení bolesti v anteriorní části ramenního kloubu alespoň o jeden stupeň, hodnocené dotazníkem SFPS a VAS.

## 4 Výsledky

Analýza dat PEMG vyšetření ukázala, že se po intervenčním programu zvýšila svalová aktivita dolní části m. trapezius ve 13 případech, ve 12 případech se zvýšila svalová aktivita horní části m. trapezius a v 10 případech se zvýšila svalová aktivita m. biceps brachii. U 9 probandů se zvýšila svalová aktivita v m. serratus anterior a po 8 případech došlo ke zvýšení svalové aktivity v m. triceps brachii a m. infraspinatus.

O více jak 5 % se svalová aktivita po silové intervenci zvýšila v 6 případech u m. triceps brachii a po 5 případech u m. pectoralis major, m. serratus anterior a dolní části m. trapezius.

Ze statistického zpracování výsledků můžeme říct, že silová intervence v celkové délce trvání 30 minut nemá vliv na změnu svalové aktivity u svalů m. pectoralis major, m. triceps brachii, m. infraspinatus a m. deltoideus anterior na plaveckou lokomoci ve vysoké intenzitě vrcholových plavců. Velikost efektu u těchto svalů je nulová (triviální) (Cohen, 1988; Hopkins et al, 2010). U m. biceps brachii, horní části m. trapezius a m. serratus anterior, pracující konstantně během záběrové fáze, je efekt malý 0,33; 0,46; resp. 0,22 (small) po silové intervenci v době trvání 30 minut u vrcholových plavců (Cohen, 1988; Hopkins et al, 2010). K nejvyšší změně svalové aktivity po třicetiminutové silové intervenci je v dolní části m. trapezius, který se aktivuje především při vstupu a výstupu horní končetiny nad hladinu. Tento sval vykazuje střední velikost efektu 0,62 (moderate) (Cohen, 1988; Hopkins et al, 2010). Výchozí prahové hodnoty velikosti efektu Cohena D pro rozdíl v průměru pocházejí ze standardizace (děleno standardní směrodatnou odchylkou mezi subjekty): 0,20; 0,60; 1,2; 2,0 a 4,0 pro malé, střední, velké, velmi velké a extrémně velké (Hopkins et al, 2010). Dle Cohena (1988) je efekt popsán jako malý 0,2, střední 0,5 a jako velký od 0,8. Wolf (1986) uvádí, že efekt je buď akademicky signifikantní 0,25, nebo terapeuticky signifikantní 0,50. Můžeme říct, že hypotéza č. 1 se potvrdila.

Statistické zpracování výsledků dle Hopkinse (Magnitude Based Difference) ukázalo, že se po intervenčním programu objevila z hlediska významnosti výše uvedených hodnot velmi pravděpodobná pozitivní změna u m. biceps brachii. U m. deltoideus anterior a m. infraspinatus výsledky hodnotíme jako pravděpodobně zápornou změnu a u m. serratus anterior a m. pectoralis major pravděpodobně kladnou změnu.

Statistické zpracování dat výzkumu disertační práce pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) neukázalo významné výsledky vlivu intervenčního programu na svalovou aktivitu vyšetřovaných svalů pletence ramenního u vrcholových plavců.

P-hodnota byla testována na hladině statistické významnosti  $p = 0,05$ . Všechny dosažené výsledky nebyly na hranici statistické významnosti, tudíž hodnoty vlivu

intervenčního programu na vyšetřované svaly pletence ramenního jsou nevýznamné.

Analýza bolesti ramenního kloubu dominantní horní končetiny podle analogové škály bolesti ukázala, že po intervenčním programu se bolest v ramenním kloubu zvýšila u 6 probandů, z toho u 3 probandů se bolest zvýšila o více než 2 stupně.

Analýza bolesti ramenního kloubu dominantní horní končetiny podle dotazníku SFPS ukázala, že po intervenčním programu se bolest v ramenním kloubu zvýšila u 6 probandů, z toho u 3 probandů se bolest zvýšila o více než 2 stupně. Výsledky hodnocení bolesti dle VAS korespondují s výsledky hodnocené dotazníkem SFPS. Můžeme říct, že i hypotéza č. 2 se potvrdila.

## 5 Diskuze

Každá vzdálenost a plavecký způsob vyžaduje mírně odlišný přístup k silovému tréninku, a to i s ohledem na procento zaměření na konkrétní části těla. Plavci se obvykle zaměřují na svaly tvořící jádro a poté na větší svalové skupiny. Důležitost se klade dokonalé technické provedení především při posilování s velkým odporem (Fig, 2010; Morouco, 2011). Kondiční příprava plavců probíhá 3x až 4x týdně v celkové délce trvání od 30 do 120 minut v závislosti na období plavecké sezony a energetické specializaci každého plavce. Silová příprava je v plavání nezbytná. Význam plavecké lokomoce je v překonávání odporu vodního prostředí co nejvyšší možnou rychlostí (Miler et Čechovská, 2008). Počet tréninkových hodin přesahuje v některých případech i 20 odtrénovaných hodin týdně u vrcholových plavců (Kirshnan et al, 2004).

Téměř 90 % hnací síly v plavání pochází z horních končetin (Rouard et al, 1997), což vysvětluje příčiny bolestí a zranění ramene. Ve skutečnosti je nejčastější pohybovým problémem plavců bolestivé rameno – „plavecké rameno“ (Stocker et al, 1995). Studie Richardson et al. (1980) ukázala, že bolest ramene se vyskytuje v 52% u profesionálních plavců a ve 27 % neprofesionálních plavců. Ve studii McMaster et Troup (1993) je uvedeno, že 47 % plavců ve věku 10-18 let, 66 % vrcholových plavců a 73 % profesionálních plavců ohlásilo dlouhodobou bolest v ramenním kloubu. Četnost výskytu bolesti v obou studiích byl nejvyšší mezi profesionálními plavci, což může být v důsledku zvýšeného tréninkového času a počtu let strávených plaveckým tréninkem.

V několika zahraničních studiích je uveden vliv silového tréninku na zvýšení svalové aktivity v oblasti pletence ramenního (Alizadehkhayat et al, 2015; Sakita et al, 2015; Yasojima et al, 2008).

Tohoto výzkumu se zúčastnilo 15 elitních plavců, kteří se specializují na plavecký způsob kraul a splňují podmínky výzkumu. I přes značnou individualitu sportovců odhalilo statistické zpracování výsledků významné změny v zapojení vyšetřovaných svalů. Výsledky jsou diskutovány v předchozí kapitole.

Každému plaveckému tréninku by mělo předcházet kvalitní rozcvičení, prohřátí nejvíce zatěžovaných svalů a krátké kompenzační cvičení ramenního kloubu jako prevence bolesti. Bohužel dohled osobních trenérů nad kompenzačními cviky nebo rozcvičením není příliš důsledný. K prevenci vzniku obtíží stačí pouze krátké rozehrátí a lehké kompenzační cviky, např. s Thera-Bandem (Pavlů, 2004), cviky na podkladě akrální koaktivační terapie nebo cviky na podkladě vývojové kineziologie (Kolář, 2009; Špringorvá, 2011). Během plaveckého tréninku by měl trenér neustále dohlížet na provedení kvalitní techniky plavecké lokomoce jednotlivých plavců. Tím by mělo dojít k minimalizaci rizika přetížení zatěžovaných svalů. Po tréninku by mělo následovat protažení a kompenzační cvičení

svalů ramenního kloubu, ideálně s využitím elastického odporu nebo manuálních technik (Český svaz plaveckých sportů, 2011). Plavecký trénink by měla zakončit relaxace, např. dle Jacobsena (Šafář et Hřebíčková, 2014). Stejný postup by měl být aplikován i během silového tréninku v posilovně. Důležitost se klade na precizně zvládnutou techniku jednotlivých cviků a dostatečné kompenzaci nejvíce zatěžovaných svalových skupin (Jebavý, 2011; Jebavý, 2012; Jebavý, 2014).

Z osobní zkušenosti elitní plavkyně vím, že k prevenci vzniku obtíží stačí pouze 10 minut dlouhá baterie kompenzačních cviků vykonaná před tréninkem a 5 minut dlouhá baterie cviků po tréninku zakončená relaxační metodou. Kompenzační cviky v takto krátkém časovém zatížení mi umožnily absolvovat patnáctiletou kariéru vrcholového sportovce bez vážnějších zdravotních komplikací pohybového aparátu. Absolvovala jsem i zahraniční stáže v tréninkových centrech v Dánsku, Turecku, USA, Španělsku a Nizozemsku. V každé této destinaci probíhalo kompenzační cvičení podobně jako výše zmíněné. Pouze v Dánsku absolvovali někteří sportovci kompenzační cvičení před tréninkem v delším časovém rozpětí. Zásadní rozdíl byl ale v přístupu k regeneračním a rehabilitačním technikám. Každý den sportovci z těchto vrcholových center absolvovali alespoň jednu regenerační proceduru. Nejčastěji se využívají masáže nebo manuální techniky, často se také využívá i kryoterapie a manuální lymfodrenáž dolních končetin.

## 6 Závěr

Na vrcholové sportovce jsou v dnešní době kladeny extrémní nároky ve všech sportovních odvětvích. Vzhledem k tomu je sportovní příprava zahajována v co nejužším věku, specifickém pro dané sporty s poměrně vysokou intenzitou zatížení. Do plavecké přípravy začínají mladí sportovci docházet okolo 6. roku věku a začínají se učit základům plavecké lokomoce, plavecké gramotnosti a postupně zvládnutí plavecké techniky jednotlivých plaveckých způsobů. Velmi často se pro výběr talentů používají testovací baterie, které by měly komplexně hodnotit plavecké předpoklady každého mladého sportovce a schopnost pohybovat se ve vodě. Za výhodu se dále považuje vyšší tělesná výška, délka paží a dlouhá chodidla. Tyto parametry ovlivňují biomechaniku ramenního pletence, který je navíc extrémně zatížen při tréninkovém i závodním výkonu. Vrcholový sport je pro lidský organismus velmi náročný díky dlouhodobé submaximální až maximální zátěži. Mnoho talentovaných hráčů končí se sportovní kariérou předčasně vlivem zranění a nedostatečné zdravotní péči, prevenci a regeneraci. Je proto nutné zařadit do režimu vrcholových sportovců preventivní či kompenzační program pod vedením fyzioterapeuta nebo správně vedenou kondiční přípravu pod dohledem specialisty, který je důležitou součástí všech sportovních odvětví.

Výsledky disertační práce jasně odpověděly na položené výzkumné otázky. Byla prokázána změna svalové aktivity u některých svalů pletence ramenního po silové intervenci mezi vrcholovými plavci a i silový trénink měl vliv na zvýšení bolesti v ramenním kloubu u některých probandů.

Podařilo se nám také potvrdit hypotézu H1, že míra zvýšení svalové aktivity vyšetřovaných svalů bude alespoň u jednoho vybraného svalu po silové intervenci 30 minut statisticky významná a hypotézu H2, že běžně prováděný silový trénink v posilovně trvající v celkové délce 30 minut u vrcholových plavců vede ke zvýšení bolesti v anteriorní části ramenního kloubu alespoň o jeden stupeň, hodnocené dotazníkem SFPS a VAS.

Celkové benefity, které lze vyvodit na základě předložené disertační práce, byly již diskutovány v předchozí kapitole.

Závěrem můžeme říct, že v praxi sportovní fyzioterapie se stále častěji setkáváme i s velmi mladými sportovci, kteří mají problémy s pohybovým aparátem převážně díky extrémnímu přetěžování během sportovní činnosti a téměř žádné regeneraci a kompenzačnímu nebo preventivnímu programu. Jediným východiskem je naučit samotné sportovce, jak se svým organismem zacházet, předcházet zraněním a prodloužit tak svou aktivní kariéru na maximum, i přes nátlak a dohled osobních trenérů.

## 7 Seznam literatury

- ALIZADEHKHAIYAT, O., HAWKES, D.H., KEMP, G.J., FROSTICK, S.P. Electromyographic Analysis of the Shoulder Girdle Musculature During External Rotation Exercises. *Orthop J Sports Med.*, 2015. 3 (11).
- BEACH, M.L., WHITNEY, S.L., DICKOFF-HOFFMAN, S.A. Relationship of shoulder flexibility, strength, and endurance to shoulder pain in competitive swimmers. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1992. 16 (6), 262-268.
- BEECHER, H.K. The Measurement of Pain: Prototype for the Quantitative Study of Subjective Response. *Pharmacological Reviews*, 1957. 9 (1), 59-509.
- BEITLER, S. Measurement and Subjectivity in the History of Pain. *Western Humanities Review* [online]. 2015. 69 (3), 324-345
- BERNACIKOVÁ, M., KAPOUNKOVÁ, K., NOVOTNÝ, J. *Fyziologie sportovních disciplín*. [online]. 2011 [cit. 2014-02-22]. Dostupné z <<http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsps/ps10/fyziol/web/sport/plavani.html>>.
- CIFREK, M., TONKOVIC, S., MEDVED, V. Measurement and analysis of surface myoelectric signals during fatigued cyclic dynamic contractions. *Measurement*. 2000, 27, 85-92.
- COHEN, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, L. Erlbaum Associates, 1988.
- COHEN, R.C., CLEARY, P.W., MASON, B.R., PEASE, D.L. The Role of the Hand During Freestyle Swimming. *J Biomech Eng*. 2015. 137 (11).
- COUANIS, G., BREIDAHL, W., BURNHAM, S. The Relationship between Subacromial Bursa Thickness on Ultrasound and Shoulder Pain in Open Water Endurance Swimmers Over Time. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2015. 18, 337 - 377.
- CRONIN, J., JONES, J., FROST, D. The Relationship between Dryland Power Measures and Tumble Turn Velocity in Elite Swimmers. *Journal Swimming Research*, 2007. 17, 17-23.
- ČECHOVSKÁ, I. Plavecká gramotnost. *Těl. Vých. Sport Mlád.*, 2008, 74 (8), 27-32.
- ČESKÝ SVAZ PLAVECKÝCH SPORTŮ. *Struktura plaveckého tréninku, regenerace a rehabilitace*. Praha: Český svaz plaveckých sportů, 2011.
- DOSTÁL, M. *Elektromyografie*. [online]. 2013 [cit. 2015-10-07]. Dostupné z: <[www.vysetreni.vitalion.cz/elektromyografie/](http://www.vysetreni.vitalion.cz/elektromyografie/)>.
- DOVALIL, J. et al. *Výkon a trénink ve sportu*. 3. vydání. Praha: Olympia, 2009. 336 stran. ISBN 978-80-7376-130-1.
- DRAKE, S.M., et al. Development and Validation of a Swimmer's Functional Pain



- Scale. *Journal of Swimming Research* [online]. 2015. 23, 21-32. Ročník 23, strana 21-32.
- FIG, G. Why competitive Swimmers Need Explosive Power. *Strenght and Conditioning Journal*, 2010. 32 (4), 84-86.
- FIGUEIREDO, P., SANDERS, R., GORSKI, T., VILAS-BOAS, J.P, FERNANDES, R.J. Kinematic and electromyographic changes during 200 m front crawl at race pace. *International Journal Of Sports Medicine*, 2013. 34 (1), 49 - 55.
- FORD, S. Vasa ergometer. [online]. 2016 [cit. 2016-12-31]. Dostupné z <<http://www.xtri.com/all-articles/detail/284-itemId.511709056.html>>.
- FRÖMEL, K., NOVOSAD, J., SVOZIL, Z. *Pohybová aktivita a sportovní zájmy mládeže*. 1.vydání. Olomouc: UP FTK, 1999. 173s. ISBN 80-496-7896-2.
- HARDY, J.D. A New Method for Measuring Pain Threshold: Observations on Spatial Summation of Pain. *The Journal of Clinical Investigation*, 1940. 19 (6), 659-680.
- HAYCRAFT, J., ROBERTSON, S. The Effects of Concurent Aerobic Training and Maximal Strenght, Power and Swim-Specific Dryland Training Methods on Swim Performance. A review. *Journal of Australian Strenght and Conditioning*, 2015. 23 (2), 91-99.
- HEINLEIN, S.A, CONSGAREA, A.J. Biomechanical Considerations in the Competitive Swimmer's Shoulder. *Sports Health*, 2010. 2 (6), 519 – 525.
- HRAZDIRA, I., MORNSTEIN, M. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vydání. Brno: Neptun, 2001. 396 s. ISBN 80-902896-1-4.
- IKUTA, Y., MATSUDA, Y., YAMADA, Y., KIDA, N., ODA, S., MORITANI, T. Relationship between decreased swimming velocity and muscle activity during 200-m front crawl. *Eur J Appl Physiol*, 2012. 112, 3417–3429.
- JEBAVÝ, R., DOUBRAVSKÝ, P. *Posilování s medicinbaly*. 1.vydání. Praha: Grada, 2011. 144 stran. ISBN 978-80-247-3364-7.
- JEBAVÝ, R. *Posilování v ČR a ve světě*. Ústní vyjádření. Nymburk, 2012.
- JEBAVÝ, R., ZEMR, T. *Posilování s balančními pomůckami*. 2.vydání. Praha: Grada, 2014. 216 stran. ISBN 978-80-247-5130-6.
- KONRAD, P., *ABC of EMG*. Scottsdale: Noraxon, USA, 2005.
- KRISHNAN, G.S., HAWKINS, R.J., WARREN, R.J. The shoulder and the overhead athlete. Lippincott Williams & Wilkins, 2004. 381s. ISBN 549-0987-6785-X.
- KROBOT, A., KOLÁŘOVÁ, B. *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Oloumouci, Fakulta zdravotnických věd, 2011. ISBN 978-80-244-2762-1.
- KOLÁŘ, P.et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1.vydání. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-

80-7262-567-1.

MAGLISCHO, E.W. *Swimming fastest*. Arizona, Human Kinetics, 2003. 791s. ISBN 768-098-78965-0.

MANSKE, R.C., LEWIS, S., WOLFF, S., SMITH, B. Effects of a Dry-land Strengthening Program in Competitive Adolescent Swimmers. *Int J Sports Phys Ther*, 2015. 10 (6), 858 - 867.

MARTINS, L.C.X., PAIVA, J.R., FREITAS, A.C., MIGUEL, L.B., MAIA, F.R.C. Prevalence of Pain and Associated Factors in Elite Swimmers. *Journal of Science and Sports*, 2014. 29, 11 -14.

McLEOD, I. *Swimming anatomy*. USA, 2010. 193s. ISBN 978-0-7360-7571-8.

MILER, T., ČECHOVSKÁ, I. *Plavání*. 2.vydání. Praha: Grada Publishing, 2008. 136s. ISBN 978-80-247-2154-5.

MCMASTER, W.C., TROUP, J. A survey of interfering shoulder pain in United States competitive swimmers. *Am J Sports Med*, 1993. 21 (1), 67-70.

MOROUCO, P. et al. Associations Between Dry Land Strength and Power Measurements with Swimming Performance in Elite Athletes: A pilot study. *Journal of Human Kinetics Special Issue*, 2011. 105 – 112.

PÁNEK, D., PAVLŮ, D., ČEMUSOVÁ, J. *EMG Methods for Evaluating Muscle and Nerve Function: Water Surface Electromyography*. 1.vydání. Croatia: Intech, 2012. Kap.23. ISBN 978-953-307-793-2.

PAVLŮ, D. *Cvičení s Thera-Bandem*. 1. vydání. CERM, 2004. 99 stran. ISBN 80-720-43-34X.

PINK, M., PERRY, J., BROWNE, A., SCOVAZZO, M.L., KERRIGAN, J. The normal shoulder during Freestyle swimming. An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *Am J Sports Med.*, 1991. 19 (6). 569 – 576.

RICHARDSON, A.B., JOBE, F.W., COLLINS, H.R. The shoulder in competitive swimming. *Am J Sports Med*, 1980. 8 (3), 159-163.

RICHTER, P., HEBGEN, E. *Spouštěcí body a funkční svalové řetězce v osteopatii a manuální terapii*. Praha: Pragma, 2011. 237 stran.

RITTER, P.L., GONZÁLES, V.M., LAURENT, D.D., LORIG, K.R. Measurement of pain using the visual numeric scale – *The Journal of Rheumatology*. 2006. 33 (3). 574 – 580.

RUSSEL, M. *Shoulder problém: Fix your technique*. [online]. 2012 [cit. 2016-02-11]. Dostupné z: <  
<http://www.usaswimming.org/ViewNewsArticle.aspx?TabId=0&itemid=4177&mid=8712>  
>.

- SAKITA, K., SEELEY, M.K., MYRER, J.W., HOPKINS, J.T. Shoulder-muscle electromyography during shoulder external-rotation exercises with and without slight abduction. *J Sport Rehabil.*, 2015. 24 (2), 109 - 115.
- SIMONS, D., TRAVELL, J.G., SIMONS, L.S. *Travell & Simons' Myofascial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual*. 2.vydání. USA, 1998. 74 stran. ISBN-10: 0683307711.
- SODERBERG, G., KNUTSON, L., A Guide for Use and Interpretation of Kinesiologic Electromyographic Data. *Physical Therapy*, 2000. 80 (5), 485 - 498.
- STOCKER, D., PINK, M., JOBE, F.W. Comparison of shoulder injury in collegiate- and master's-level swimmers. *Clin J Sport Med*. 1995. 5 (1), 4-8.
- STRUYF, F., NIJS, J., GRAEVE, J., MOTTRAM, S., MEEUSEN, R. Scapular Positioning in Overhead Athletes with and without Shoulder Pain: a Case Control Study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2011. 21, 809 -818.
- ŠAFÁŘ, M., HŘEBÍČKOVÁ, H. *Vybrané kapitoly z mentálního tréninku*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2014.
- ŠPRINGROVÁ, I. *Akrální koaktivační terapie*. 1. vydání. Rehaspring, 2011. 142 stran. ISBN 978-80-260-0912-2.
- TATE, A., TURNER, G.N., KNAB, S.E., JORGENSEN, C., STRITTMATTER, A., MICHENER, L.A. Risk Factors Associated With Shoulder Pain and Disability Across the Lifespan of Competitive Swimmers. *Journal of Athletic Training*, 2012. 47 (2), 149 -158.
- VÉLE, F. *Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2. Vydání. Praha: Triton, 2006. 375 stran. ISBN 80-7254-87-9.
- WANIVENHAUS, F., FOX, J.S.A, CHAUDHURY, S., RODEO, S.A. Epidemiology of injuries and prevention strategies in competitive swimmers. *Orthopedic Sumery*. Velká Británie, 2012. 4 (3), 246 – 251.
- YANAI, T. HAY, JG. Shoulder impingement in front-crawl swimming: II.analysis of smoking techniques. *Medical science*, 2000. 32, 30 – 40.
- YASOJIMA, T., KIZUKA, T., NOGUCHI, H., SHIRAKI, H., MUKAI, N., MIYANAGA, Y. Differences in EMG activity in scapular plane abduction under variable arm positions and loading conditions. *Med Sci Sports Exerc.*, 2008. Ročník 40, číslo 4, strana 716 - 721. Doi: 10.1249/MSS.0b013e31816073fb.

## 8 Seznam publikací souvisejících s disertační prací

BAUMRTOVÁ, S., JEBAVÝ, R., HOJKA, V. The influence of explosive power on the performance of an elite swimmer in 25 and 50 metre pools. *AUC Kinanthropologica*, 2018. 53 (2), 107–115.

JEBAVÝ, R., HOJKA, V., CROSSAN, W., BAUMRTOVÁ, S. A Comparison of Lower Extremity Explosive Power Among Elite Swimmers Throughout the Yearly Training Cycle. *Česká Kinantropologie*, 2016. 20 (3), 89–97.