

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Porovnání zapojení svalových skupin u krouživého pohybu horních končetin
na suchu a ve vodě

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Daniel Jurák

Vypracovala:

Barbora Hejkalová

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité informační zdroje a literaturu. Bakalářská práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání stejného nebo jiného akademického titulu.

V Praze dne:

.....

podpis studenta

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své bakalářské práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto bakalářskou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

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

Poděkování

Zde bych ráda poděkovala Mgr. Danielu Jurákovi za cenné rady, připomínky a vstřícný přístup při konzultacích bakalářské práce. Dále chci poděkovat Mgr. Kateřině Kotalíkové za praktické rady při měření i zpracování mého experimentu.

Abstrakt

Název: Porovnání zapojení svalových skupin u krouživého pohybu horních končetin na suchu a ve vodě

Cíle: Cílem bakalářské práce je zjistit, jaká je svalová aktivita vybraných svalů zapojených při pohybu kroužení horních končetin na suchu a ve vodě.

Metody: Studie se zúčastnil jeden proband, muž – bývalý plavec. Pomocí povrchové EMG byla snímána svalová aktivita vybraných svalů při kroužení horních končetin, ve stoji spojném, na suchu a v bazéně s protiproudem, při provádění plaveckého způsobu kraul stejnou frekvencí. Získaný signál byl následně podroben analýze a byla vyhodnocena průměrná maximální volní kontrakce (MVC) jednotlivých svalů a dále průměrná aktivita svalů zapojených při kroužení horních končetin ve vodě i na suchu. Výsledky byly mezi sebou nakonec porovnány.

Výsledky: Na základě měření můžeme říci, že svalová aktivita u prováděných krouživých pohybů horních končetin je shodná u dvou testovaných svalů, *M. Obliquus external* a *M. Thoracic erector spinae*. Ostatní svaly pracují rozdílně, a to o $\frac{1}{3}$ až $\frac{1}{5}$ více na suchu než ve vodě. U svalů *M. Deltoideus clavicularis*, *M. Triceps brachii*, *M. Trapezius ascendens* a *M. Trapezius descendens* je patrná vyšší aktivace na suchu. Jediný sval *M. Pectoralis major* pracuje na suchu nižší intenzitou, než ve vodě.

Klíčová slova: kraul, EMG, svalová aktivita

Abstract

Title: Comparison involvement of muscle groups in the circular movements of the upper limbs on land and in water

Objectives: The aim of this thesis, is to determine the muscles activity inside the water and out of the water.

Methods: This is a pilot experimental study, which was done on one proband. Proband was a man – in the past professional swimmer. The surface EMG muscle activity was scanned on selected muscles during the circular movements by upper limbs on the land when the proband stand up and in the water where proband swam by crawl technique. Both movemenets were done by the same speed. The EMG signal was then analyzed and evaluated the average of muscule maximum voluntary contraction (MVC) and average of muscules working during the circular movement out of the water and inside the water. The results were compered each other.

Results: Based on the measurements, we can conclude that, the muscle activity is the same in both of the examined muscles, *M. Obliquus external* and *M. Thoracic erector spinae*. Other muscles *M. Deltoideus clavicularis*, *M. Triceps brachii*, *M. Trapezius ascendens* and *M. Trapezius descendens* work differently, the variation can be between $\frac{1}{3}$ to $\frac{1}{5}$ of muscle aktivity higher out of the water. The only muscle that works on land with a lower intensity than in water is *M. pectoralis major*.

Key words: crawl, EMG, muscle aktivity

1.	ÚVOD	9
2.	ROZVOJ SÍLY V PLAVÁNÍ	10
2.1	Silové schopnosti	10
2.2	Míra specifčnosti cvičení	10
2.3	Rozvoj nespecifické síly v plavání	11
2.4	Rozvoj specifické síly v plavání	12
3.	POHYB ČLOVĚKA VE VODĚ	13
3.1	Biomechanika plavání	13
3.2	Působení hydrostatických sil ve vodě na polohu těla	13
3.3	Působení hydrodynamických sil ve vodě na polohu těla	15
3.4	Vznik odporových a vztakových sil během záběrové fáze pohybu paží	16
4.	TECHNIKA PLAVECKÉHO ZPŮSOBU KRAUL	18
4.1	Plavecký způsob kraul v současné podobě	18
4.2	Poloha těla	18
4.3	Pohyby a souhra horních a dolních končetin	19
4.4	Pohyby horních končetin nad hladinou i pod hladinou	20
5.	SVALOVÁ AKTIVITA PLAVCE	22
5.1	Svalová aktivita	22
5.2	Svalová aktivita plaveckého způsobu kraul	23
6.	ELEKTROMYOGRAFIE (EMG)	25
6.1	Polý elektromyografie – svalová kontrakce	25
6.2	Spektrální analýza biologického signálu	26
6.3	Snímání EMG ve vodním prostředí (Water Surface Electromyography)	27
7.	CÍLE PRÁCE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY	27
7.1	Cíle práce	27
7.2	Výzkumné otázky	27
8.	METODIKA	28
8.1	Popis výzkumného plánu	28
8.2	Platnost výzkumu	28
8.3	Sběr dat	29
8.4	Průběh měření	29
8.5	Zpracování dat	30

8.6	Úprava dat.....	30
8.7	Analýza signálu	35
8.8	Maximální volní kontrakce (MVC).....	38
9.	VÝSLEDKY	40
10.	DISKUSE	49
11.	ZÁVĚR.....	52
12.	ZDROJE	53
13.	SOUPIS PŘÍLOH.....	58

1. ÚVOD

U všech sportovních specializací je nutný rozvoj pohybových dovedností daného sportu a stejně důležitý je také rozvoj pohybových schopností. Ty jsou na rozdíl od pohybových dovedností, kterým se člověk v průběhu života učí, podmíněny geneticky, tréninkem je možné je stimulovat a dále je rozvíjet. Každá sportovní specializace má své důležité a méně důležité využití určitých pohybových schopností. U plavců je kladen důraz na jejich silové a vytrvalostní schopnosti, jejichž rozvojem je třeba se zabývat v průběhu tréninkového cyklu. Především posilování trupu a horních končetin by mělo patřit ke každodenní aktivitě plavců.

Vytrvalost je schopnost nejlépe ovlivnitelná tréninkem. Při jejím tréninku jde o plynulé dodávání kyslíku a energetických zdrojů svalovým buňkám a odvod zplodin látkové výměny. Dědičný základ je dán poměrem rychlých a pomalých svalových vláken. Faktor, který lze velmi dobře tréninkem ovlivnit, je kardiovaskulární soustava, kdy ovlivňujeme dýchací systém, oběhový systém a cévní zásobení svalu. Stejně tak jsou dobře trénovatelné silové schopnosti, které z velké části nejsou podmíněny geneticky. Jejich nárůst se projeví na výkonech v silových i rychlostních schopnostech. Pro plavce je důležitá právě silová vytrvalost, protože po určitou dobu překonávají odpor prostředí.

Bakalářská práce se zabývá měřením svalové aktivity vybraných svalů při provádění krouživého pohybu horních končetin vpřed, a to ve dvou prostředích, na suchu a ve vodě. Cílem práce je zjistit, jaké svaly se na práci tohoto pohybového cyklu podílejí. Měření bude provedeno elektromyografickým přístrojem na suchu, ve stojící poloze, za krouživého pohybu horních končetin vpřed a ve vodě, kdy bude prováděn krouživý pohyb pažemi vpřed v poloze lehu na břiše. Dále budou data měření zpracována a vyhodnocena, výsledky měření svalové aktivity v obou prostředích mezi sebou porovnány.

Na dané téma, měření svalové aktivity při kroužení horních končetin na suchu, neexistuje mnoho publikací. Proto, jsem na doporučení vedoucího bakalářské práce, téma přijala. Kromě rozšíření teoretických znalostí sportovní specializace a fungování přístroje EMG, přepokládám také praktické zkušenosti, které získám díky asistenci

při měření, následném vyhodnocení dat a zpracování výsledků. Poznatky bakalářské práce mohou sloužit také jako podklady pro další výzkumy této problematiky.

2. ROZVOJ SÍLY V PLAVÁNÍ

2.1 Silové schopnosti

V každé sportovní specializaci je třeba rozvíjet silové schopnosti pro zajištění co možná nejlepšího výkonu. Rozvoj silových schopností plavců je specifický v tom, že probíhá ve dvou dimenzích, a to ve vodním prostředí a na suchu.

Pro plavce je důležitá vytrvalostní síla (silová vytrvalost), při které nastává nutnost překonávat po delší dobu určitý odpor, tedy vodní prostředí. Stimulovat ji je možné vytrvalostním zatěžováním se zdůrazněním silových složek pohybové činnosti, doplňkovým odporem ve cvičeních i rychlostí provádění pohybu. Tento odpor nesmí podstatně narušit pohybovou strukturu cvičení (Dovalil a kol., 2012). Pro rozvoj vytrvalostní síly Dovalil (2012) doporučuje použít metodu silově vytrvalostní či metodu opakovaných úsilí, kdy *„je velikost odporu taková, aby umožnila delší dobu cvičení: přibližně do 50 % maxima“*. Rychlost pohybu podle něj není v tomto případě důležitá, často se ovšem odvíjí od soutěžní struktury pohybů. Touto činností dochází také k ovlivnění systémů podmiňujících vytrvalostní sílu tedy respirační a kardiovaskulární systém organismu.

2.2 Míra specifčnosti cvičení

Abychom mohli cvičení v obou dimenzích rozlišovat, je nutné uvědomit si míru specifčnosti jednotlivých cvičení. Ta nám udává, nakolik jde o shodu příslušného cvičení s finální sportovní činností v závodním provedení. Dovalil (2012) rozlišuje cvičení specifická a nespecifická, přičemž specifčnost má určitý vztah k posloupnosti zapojování svalových skupin, k rychlosti pohybu, vynaloženému úsilí a době trvání svalového tonu. Dále je možné rozlišovat cvičení závodní, speciální a všeobecně rozvíjející. Cvičení všeobecně rozvíjející napomáhají k celkovému rozvoji sportovce. Zaměřují se na celkový rozvoj svalstva, kardiovaskulárního systému, tak i rozvoji koordinace, pohyblivosti a dalších vlastností. Význam na specializovaný výkon je nepřímý, mají roli zdravotní či kompenzační. Speciální cvičení se velmi shodují se

strukturou sportovní specializace. Představují dílčí části finálního provedení nebo se mu podobají. Cíleně ovlivňují jednotlivé faktory sportovního výkonu. Slouží k přímému zdokonalení techniky, kondice či taktiky. Závodní cvičení jsou shodná s provedením v soutěži, jde o pohybový projev jako celek. Cvičení slouží ke sjednocení všech faktorů výkonu nebo k ověření závodních podmínek.

2.3 Rozvoj nespecifické síly v plavání

Rozvoj síly je pro plavce a jejich výkon důležitý. Dle specifičnosti můžeme sílu rozdělit na specifickou plaveckou sílu a sílu, která je zaměřena komplexně na pohybový aparát, tedy nespecifickou plaveckou sílu. Při rozvoji nespecifické plavecké síly je nutné zaměřit se na rozvoj globální silové vytrvalosti, kdy jsou zapojeny více jak $\frac{2}{3}$ svalové hmoty (Václavíková, 2012).

Žádoucí je, při rozvoji nespecifické plavecké síly, nervová adaptace v důsledku tréninku i adaptace ve svalech, které jsou při pohybové aktivitě zapojeny. Dochází k ovlivnění mnoha faktorů, jako jsou lokální energetické rezervy, enzymatické reakce a zlepšení vnítriosvalové koordinace (Dovalil a kol., 2012).

Jde o sílu, která je rozvíjena především na suchu formou nespecifických cvičení, formou her, kompenzačních cvičení i strečinku. Publikace McLeoda (2010) o těchto cvičeních pojednává. Zaměřuje se na svalové skupiny, které jsou při plavání nejvíce aktivní a uvádí příklady cvičení.

Nejvyužívanější tréninkovou formou obecné, nespecifické síly je kruhový provoz, který využívá nemaximálních odporů a rychlostí. Slouží ke stimulaci silově-vytrvalostních schopností, charakteristický je zapojováním vybraných svalových skupin ve cvičeních na stanovištích, která jsou uspořádána do kruhu a zařazena cvičení s různou mírou specifičnosti pro danou sportovní specializaci. Je vhodné zařazovat cvičení na svaly s tendencí k tonické i cviky zaměřené fázičké svaly. Všechny cviky zařazené do kruhového tréninku by měly být dokonale zvládnuty a zařazovány v pořadí agonista, tedy sval, který vykonává cvik v určitém směru a antagonistu, který vykonává pohyb na stranu opačnou. V praxi po cviku na břišní svaly následuje cvik na svaly zádové. Díky vyššímu počtu opakování cviků na rozvoj nespecifické síly dochází k navýšení energetických zásob ve svalech a také hypertrofie. Pozitivně je ovlivněn také kardiovaskulární systém (Lehnert, Botek, Sigmund, Smékal a kol., 2014).

Další formou je trénink středu těla, kdy dochází k ovlivnění zejména posturálních svalů, které se podílejí na držení těla a takzvaného jádra těla. Cvičení jsou důležitá pro udržení plavecké polohy ve vodě, kdy při dostatečné síle středu těla je možné provádět záběry paží snadněji. Hlavním cílem je využít nesespecifickou sílu v dalším tréninku ve vodě. Studie dokázaly, že rozvoj nesespecifické síly na suchu pozitivně ovlivní následnou plaveckou kondici a stimulaci specifické plavecké síly (Strass, 1986; Giroid, 2012; Sadowski, 2012). Samotné nesespecifické vytrvalostní zatížení ale není dostatečné. Zvyšováním výkonnosti plavce, úroveň použitých cvičení pro rozvoj síly klesá. Proto musí být využit také rozvoj specifických silových schopností plavců.

2.4 Rozvoj specifické síly v plavání

Jedná se o stimulaci silových schopností a síly, která je přímo využita v plavání. K rozvoji specifické plavecké síly dochází tedy ve vodě nebo při cvičení na plaveckém trenažeru VASA, který pohyb ve vodě simuluje. Maglischo (2003) uvádí šest důležitých principů v tréninku specifické síly a přechodu k tréninku ve vodě, jež je třeba tolerovat. Jedná se o adaptaci, přetrénování, pokrok, specifčnost, individualitu a reverzibilitu. Účelem tréninku je zvýšení metabolických, fyziologických i psychologických rezerv plavce. Také ve vodě je tedy možné využívat silového tréninku. Při přípravě takového tréninku musí být v úvahu brána čtyři specifika – pohybová schopnost, kterou plavec tréninkem ovlivňuje, typ záběru, který bude plavec v závodě využívat, soutěžní rychlost a ovlivnění látkových výměn v organismu. Dle Maglischa (2003) je nutné, aby plavci rozvíjeli jak silovou vytrvalost, tak dynamickou sílu a rychlost, protože tréninky jsou založené na rozdílném energetickém krytí. Trénink vytrvalostní síly pozitivně ovlivní aerobní výkon a trénink sprintu ovlivní anaerobní kapacitu. Tímto přístupem plavci ovlivní všechny části metabolického systému a budou se optimálně zlepšovat, nedojde k přetěžování nebo přetrénování.

V rozvoji specifické síly dochází při plavání u některých plavců ke zpomalení. Domnívá se, že je tomu proto, že trénink je náročný a je v něm jen málo času na zotavení, tím dochází k poškození některých svalových vláken v průběhu záběru a vyčerpáním neurotransmiterů podílejících se na svalové kontrakci. V obou případech dochází k ovlivnění aerobní či anaerobní adaptace. Doporučuje dva druhy tréninků, u kterých k přetrénování nedochází.

Vytvořil koncept tréninkového období, které trvá 24 týdnů. Prvních 8 – 12 týdnů by se měli plavci zaměřit na všechny plavecké způsoby a typy záběrů horních končetin. V průběhu 6. – 10. týdne se plavci zaměří na svou specializaci a plavou 60 – 70% aktivitou z jejich maxima. Taková cvičení jsou optimální a pozitivně ovlivní všechny orgány, svaly i klouby a zajišťují optimální adaptační změny, nedochází při nich k přetížení organismu.

Rozvoj specifické síly je dále postaven na tréninku takového zatížení, kdy dochází k ovlivnění energetických systémů a zvyšuje se trénovanost jedince. Je třeba plavat dostatečnou intenzitou po dostatečně dlouhou dobu, aby došlo k ovlivnění aerobní kapacity aktivních svalových vláken. Nesmíme zapomenout na techniku plaveckého způsobu a provedení záběru, které je pro plaveckou propulzi také důležité. Nemělo by docházet ke zkracování záběru kvůli vysoké rychlosti a výbušné síle paží (Maglischo, 2003).

3. POHYB ČLOVĚKA VE VODĚ

3.1 Biomechanika plavání

Biomechanika se zabývá zkoumáním vnitřních a vnějších sil působících na živé tělo za klidu i za pohybu. Naplňuje požadavek účelnosti pohybu, který se projevuje v procesu motorického učení. Uplatňuje tedy v pohybu mechanické, biologické i psychologické zvláštnosti organismu. Organismus je ve vodě vystaven jak působení hydrostatického tlaku, vztlaku vody i zvýšené tepelné vodivosti prostředí. Plavecké pohyby se dělí na pohyby ve směru a proti směru pohybu. Pohyby prováděné ve směru pohybu pod vodou jsou brzdící, pohyby prováděné nad vodou jsou označovány za pomocné. Pohyby proti směru plavání jsou pohyby kladné. Využívají reaktivních změn odporu a ženou plavce vpřed. Díky těmto zákonitostem musí být pohyb i technika účelná, aby splňovaly fyzikální podmínky pohybu (Motyčka, 2001).

3.2 Působení hydrostatických sil ve vodě na polohu těla

Na člověka ponořeného do kapaliny působí hydrostatické síly jako je hydrostatický tlak, hydrostatický vztlak a Archimedův zákon. Hydrostatický tlak se mění s přibývajícím hloubkou a působí v kapalině všemi směry, kolmo na povrch těla

plavce. Při vdechu plavec překonává tlak silou dýchacích svalů. Rozdíl tlaků, které působí na části těla ponořené v různých hloubkách, se projevuje jako hydrostatický vztlak (Hofer, 2012).

Archimedův zákon říká, že těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, která se rovná tíze kapaliny stejného objemu, jako je ponořená část tělesa. Ponoříme-li lidské tělo do kapaliny, jeho hlava se bude nacházet v hloubce h_1 a jeho nohy v hloubce h_2 , které se od sebe odečtou. Síly působící z boku na lidské tělo jsou stejně velké, opačného směru a dojde k jejich vyrušení. Síly působící na horní a spodní obsah základen tělesa jsou tedy rozhodující. $F_1 = p_1 \cdot S$, ($F_1 = \gamma \cdot h \cdot S = \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot S$). Výsledek se rovná tíze vodního sloupce nad základnou, a tak i $F_2 = p_2 \cdot S$ ($F_2 = \rho \cdot g \cdot h_2 \cdot S$), je síla působící na základnu. Směřuje-li výslednice sil vzhůru je F_2 větší než F_1 a dojde k nadlehčení tělesa. Tento jev se nazývá hydrostatický vztlak, který je závislý na hustotě kapaliny a hloubce obsahu základen těla plavce. Hydrostatický vztlak maximálně snižuje účinek tíhy na jednotlivé části lidského těla (Hofer, 2012).

Colwin (1991) uvádí, že díky hydrostatickému vztlaku a přibližně stejné hustotě lidského těla a vody, setrvává tělo ponořeného plavce při hlubokém zadržení dechu v šikmé poloze u hladiny. Poloha těla je díky individuálním parametrům těla plavce nakloněna do kolmějšího či vodorovnějšího směru. Těmito parametry mohou být délka a hmotnost končetin, distribuce svalové hmoty, poloha těžiště a působení hydrostatického vztlaku. Z těchto zákonitostí vyplývá, že plavec dokáže ovlivnit svou polohu ve vodě. Umí se vznášet i splývat v poloze na prsou i na zádech. Vznášení je základní dovedností plavce.

Podle Čechovské (2003) má být vznášení zahájeno klidným položením se na hladinu. Stabilitu plavec zajistí pokrčení horních i dolních končetin s mírným roznožením a upažením horních končetin. Pro udržení obličeje nad hladinou je nutné zaklonit hlavu. Vdech i výdech probíhají nad hladinou, je prováděn rychlejší výdech, následován hlubokým nádechem, po kterém plavec dech zatají. Může využít i povrchové dýchání, kdy nedochází k velkým změnám v hrudníku. Výdrž v této poloze nevyžaduje žádné doprovodné záběrové pohyby. Předkloní-li plavec v této poloze hlavu, jeho dolní končetiny klesají ke dnu. Při záklonu hlavy se děje pravý opak a dolní končetiny plavce stoupají vzhůru k hladině. Pohybuje-li se plavec na hladině, hydrostatický tlak překonává zvýšenou práci dýchacích svalů.

3.3 Působení hydrodynamických sil ve vodě na polohu těla

Splývání je prováděno při naprostém zpevnění těla za pohybu vpřed, který je zahájen mohutným odrazem od stěny či dna bazénu. Horní i dolní končetiny jsou propnuté až po konečky prstů. Chodidla tisknuta klenbou k sobě, spodní ruka je překryta dlaní horní ruky tak, aby působily co nejmenší odpor. Při splývání v poloze na zádech, plavec tlačí boky k hladině, celé tělo je zpevněné a dýchání probíhá stejně, jako u vznášení. Splývání v poloze na prsou bývá obtížnější díky zanoření obličejové části pod hladinu s následným nádechem, který plavec provádí nad hladinou. Stabilizaci polohy je možné zajistit mírným předklonem hlavy (Čechovská, 2007).

Hofer (2012) říká, že splývací polohu plavce ovlivňuje zezdola hydrodynamický vztlak a shora tíhová síla. Tlak působí přímo do těžiště plavce v oblasti kyčelního kloubu, obě síly jsou v rovnováze. Při pohybu plavce vzniká odpor tření, a to v podobě vody, která přiléhá k povrchu těla. Volný odpor vzniká v důsledku vlnového přetvoření vodní hladiny, kdy jsou některé části těla ponořeny více a jiné méně. Tím dochází k nerovnoměrnému rozdělení tlaku a výslednice již není kolmá na tělo, ale skloněna pod určitým úhlem. Díky tvaru hlavy a ramen je tvořena přední vlna, boky a hýždě vytvářejí zadní vlnu. Velikost tvarového odporu závisí na tvaru tělesa, jeho poloze v kapalině a na štíhlosti tělesa.

Hydrodynamické síly vznikají prouděním vody a jejím účinkem na tělo plavce, které voda obtéká. Tyto síly pohyb plavce ve vodě umožňují a zároveň jej ztěžují. Můžeme je rozdělit na hnací - propulzní síly, které pohyb umožňují a brzdící, které působí proti silám hnacím. Hofer (2012) uvádí, že hydrodynamické síly, vznikají na distálních částech horních a dolních končetin. Při záběrové fázi zajišťují hlavní pohonné složky pohybu – propulze. Neaktivní části těla plavce (hlava, trup, dolní i horní končetiny), jsou zdrojem odporu proti pohybu. Účinek odporu a hydrodynamického vztlaku na trup, horní i dolní končetiny ovlivňují společně s hydrostatickým vztlakem polohu těla plavce. Setrvačné síly se podílejí na zrychlování a zpomalování pohybu plavce v průběhu pohybového cyklu.

Dle Ružbarského a Turka (2006) postupný pohyb lidského těla zajišťují aktivním pohybem horní a dolní končetiny plavce a vzájemné působení svalové síly a hydrodynamických sil. Společně vytváří propulzní sílu, která je výslednicí všech sil udávajících tělo plavce do pohybu. Vztah mezi těmito silami se mění společně s vztlakovou silou, která se částečně posouvá směrem k dolním končetinám a její velikost se zmenšuje. Čím více jsou síly nevyrovnané, tím se vztlaková síla zvětšuje a

tím rychleji se tělo plavce potápí. Lokomoce plavce je také ovlivněna společně čelním odporem vody a silou vztlaku, přičemž jde o hodnotu, která roste současně s rychlostí plavání.

Zákon o zachování energie při proudění kapalin vyjadřuje Bernoulliho rovnice. Dle té dochází zvýšením kinetické energie ke zvýšení dynamického tlaku a snížení tlaku statického. Řeší plaveckou propulzi pouze z pohledu velikosti odporu. Nebere v úvahu, že část mechanické síly vytvořené plavcem, je předána formou kinetické energie vodě. Hnací síla vzniká na základě akce opory na masu vody a reakce této opory na provedený záběr. Tehdy se určitá část vody začne pohybovat ve stejném směru, jako záběrová plocha a na základě směru pohybu záběrové plochy vzad se pohybuje trup plavce směrem vpřed (Hofer, 2012).

Od 80. let přibývali autoři, kteří zpochybňovali dominantní roli vztlaku v plavecké propulzi. Výzkumy ukazovaly na menší význam vztlaku a dominantní roli odporu. Cappaert a Rushal v roce 1994 provedli 3D analýzu naměřených dat a zjistili, že odporové síly jsou vyšší u všech plaveckých způsobů, vyjma plaveckého způsobu prsa.

Ve splývání velikost odporu určuje plavec svou polohou, čelným průmětem a rychlostí plavání. Poloha těla musí být co nejvíce proudnicová, hlava výše než boky a nohy. Změny polohy v průběhu záběru jsou minimální ve směru vertikálním (nádech). Proudnicová poloha tedy zajišťuje co nejmenší odpor plavce. Autoři popisují polohu těla jako rovné, úzké, zpevněné a žádná jeho část kontrastně nevyčnívá. Proudící voda tak může bez překážek „stékat“ po plavcově těle Guzman (1998).

3.4 Vznik odporových a vztlakových sil během záběrové fáze pohybu paží

Plavecký způsob kraul se stále vyvíjí a již dnes jsou v porovnání s minulostí patrné znatelné rozdíly při přenosu horních končetin ve všech fázích pohybu.

Kiphuth (1942) v publikacích poukazuje na záběrové pohyby propnutou paží vzad, jako pádlem, namísto krčení paže v lokti. Propnutou paží pohybovali plavci pod vodou od počátku záběrové fáze až po fázi vytažení, pouze s mírnou rotací trupu dovnitř. Vědci i trenéři věřili, že jakýkoliv pohyb do strany, naruší efektivitu záběru a sníží jeho účinnost. Uvádí, že právě pohyb propnutou paží je zdrojem propulze.

Na základě těchto teorií Counsilman (1974) a Silvia v Maglischovi (2003) uskutečnili měření a poprvé zaznamenali plavce pohybujícího se pod hladinou.

Nezávisle na sobě zveřejnili důkaz o tom, že plavci pod hladinou nezabírají nataženou paži, ale že se poloha paže, předloktí i dlaně v průběhu záběru mění.

Po analýze nových záběrů, které zachycovaly plavce pod hladinou ze tří kolmých rovin, bylo zjištěno, že záběr kraulové techniky je veden po křivce, která měla tvar písmena S. Pohyb paže po esovité křivce, zajistí větší propulzní síly, protože moment síly vytvářený rukou přechází vždy do prostředí klidné vody. Tím je dosaženo větší účinnosti záběru, plavec se může o klidnou vodu opřít a využít tak maximální propulze vpřed (Counsilman, 1974; Maglischo, 2003).

Na základě výzkumů víme, že vztlak není dominantní složkou propulze a že Bernoulliho princip nelze využít k výpočtu vztlakových sil. Přesto je důležité vědět, jakým způsobem ke vztlaku během záběru paží dochází (Jurák, 2013).

Dle Toussainta (2002) teorie vytváření vztlaku spočívá v tom, že plavec při záběru tlačí na masu vody spodní částí ruky, předloktím i nadloktím. Tím dochází k podobnému jevu jako u Bernoulliho principu. Přetlaková strana je ovšem tvořena spodní částí a strana podtlaková horní částí celé paže. Měření tlaku na ruce, předloktí i loktu zjistila, že hodnota tlaku se vzdáleností od ramenní osy stoupá. V ruce tedy naměříme větší tlak než v nadloktí či loktu. Během záběru dochází k proudění vody od ramenní osy k hřbetu ruky. Proto se domnívá, že vzniklý tlakový spád pozitivně ovlivňuje celkovou plaveckou propulsi.

Teorie musí být dále zkoumány, abychom mohli s určitostí říci, na jakém principu je vztlaková síla během záběru tvořena.

V praxi je cílem naučit nebo zdokonalit provedení záběru tak, aby vynaložená síla paží směřovala kolmo na vodní masu. Předloktí je jednou z hlavních záběrových ploch. Čím je rychlost plavání vyšší, tím důležitější je nastavit záběrové plochy předloktí již na počátku záběru. Vznik propulsních sil se musí podle Juráka (2013) rovnat silám odporovým, které vznikají během pohybu člověka vodou. Působení menšího odporu je důležitější, než jeho překonání vyšší frekvencí záběrů a jejich zkracování.

4. TECHNIKA PLAVECKÉHO ZPŮSOBU KRAUL

4.1 Plavecký způsob kraul v současné podobě

Plavecký způsob kraul se vyznačuje střídavým načasováním pohybu horních končetin a plynulým přechodům mezi jednotlivými fázemi pohybu. (Colwin, 1992).

Je neefektivnější plaveckou technikou, protože umožňuje rovnoměrnou rychlost plavání v průběhu jednoho pohybového cyklu. Paže vykonávají hlavní hnací sílu, dolní končetiny mají funkci stabilizační a vyrovnávací (Hofer, 2012).

4.2 Poloha těla

Tělo zaujímá na hladině mírně šikmou polohu, kdy jsou hlava a ramena o něco výše než boky. Při výdechu plavec sklání hlavu obličejovou částí pod hladinou vpřed dolů, hlava rozráží vodní hladinu temenem. Úhel náběhu mezi hladinou a podélnou osou těla je 0 – 10°. Úhel se mění v závislosti na rychlosti plavání. V průběhu jednotlivých záběrů se horní část trupu vychyluje kolem podélné osy těla. K maximálnímu vychýlení dochází v první části záběrové fáze, kdy ramenní osa svírá s hladinou úhel 40 – 50°. Na vdechové straně je úhel vždy větší. Vychýlení na stranu zabírající paže umožňuje plavci zabírat ve výhodné, ekonomické poloze. Může tak využívat svých silových schopností. Rozkvyv těla je výhodný pro přenos druhé paže i vdech. Hlava se při rozkvyvu může natočit do strany částečně ve spojení s trupem plavce (Hofer, 2012).

Colwin (1999) uvádí jako velice důležitou polohu hlavy. Bude-li hlava příliš vysoko, spodní část těla a nohy klesnou níže pod hladinu. Plavec nezachová hydrodynamickou polohu a zvýší se odpor prostředí. Moderní plavání způsobu kraul apeluje na předklon hlavy tak, aby vodní hladina překrývala temeno. Příliš velký předklon hlavy způsobuje zvýšenou polohu boků a hýždí.

4.3 Pohyby a souhra horních a dolních končetin

Hlavní hnací sílu vytvářejí v plaveckém způsobu kraul horní končetiny. Autoři uvádějí, že se jedná o 80 – 85 % práce. Na jeden pohybový cyklus horních končetin zpravidla připadá šest záběrů dolních končetin. Rychlost pohybu paží a uplatňované svalové úsilí se v průběhu záběru zvyšuje. Po ukončení záběru naopak přichází rychlé uvolnění záběrového svalstva, které během přenosu paže odpočívá (Čechovská, Miler, 2008).

Dolní končetiny mají především vyrovnávací funkci, částečně hnací sílu. Pohyb dolních končetin vychází z kyčelních kloubů a odtud přes kolena přechází do hlezenních kloubů. Pohyby bérců jsou vždy opožděny za pohyby stehen, jde o analogii vlnovitých pohybů. Anatomická stavba lidského těla, tuhost stehna i bérce a omezený pohyb v kolenním kloubu dovolí provést pouze vlnu ve směru extenze v kolenním kloubu. Nazýváme ji kraulový kop (Hofer, 2012).

Richards (2004) považuje práci dolních končetin za zásadní sílu při plavání kraulu. Silné kopy jsou podmíněné trénovaností velkých svalů dolních končetin, měly by být vysoké intensity a rychlého tempa, při závodech na krátkých tratích. Pomalé kopy o nižší frekvenci jsou vhodné pouze pro zotavení. Typický je pro závodní provedení šesti úderový a dvou úderový kop. Při rychlém tempu se dostávají boky i poloha trupu výše. Rychlejší, šesti úderový kop, je využíván ve sprintech. Dvou úderový je vhodný pro stabilizaci a usměrnění polohy těla, používá se při závodech na dlouhé tratě. Motyčka (2001) uvádí, že podíl hnacích sil dolních končetin oproti horním je 15 – 20 %.

Za začátek pohybového cyklu dolních končetin považujeme dolní krajní polohu nohy. Končetina je propnutá, v sagitální rovině mírně přesahuje podélnou osu těla, nárt vytočeny dovnitř. Dále se celá končetina pohybuje nahoru, je natažená, česka další pohyb kolene nedovoluje. Pohyb nahoru je prováděn poměrně malým úsilím. Pohyb dolů začíná flexí v kyčelním kloubu, noha i bérce ještě pokračují nahoru a končetina se ohýbá v kolenním kloubu. Díky extenzi v kolenním kloubu dochází k vlnovitému pohybu, relaxovaný nárt se vlivem tlaku vody otáčí dovnitř. Rozsah pohybu je omezen mobilitou hlezenního kloubu. Hnací sílu vytváří plocha nártu a dolní část bérce. Vertikální složka síly se projevuje v reakci stehna při pohybu nahoru, kterým je započat další cyklus (Hofer, 2012).

Colwin (1999) popisuje několik důležitých momentů při souhře horních a dolních končetin. Pohyb paží dle něj a mnoha dalších autorů začíná propnutím hladiny a nazývá ji přípravnou (startovní) fází. Uvádí, že přípravná fáze musí být efektivní, protože jakákoliv chyba v tomto okamžiku způsobí neefektivní záběr ve fázi přitažení. Jako přednostní uvádí polohu vysokého lokte, která umožňuje sklopenému zápěstí, směrem dolů k hladině, aby volně prošlo hladinou. Jako další důležitý moment uvádí ten, kdy paže svírají pravý úhel. Jedna paže se nachází ve fázi přechodné, druhá paže ve fázi odtlačení. Podle Colwina jde o kontrolní bod, kde je zřejmé správné načasování práce paží. Ruka i předloktí mají ideální polohu pro vykonání silného přitažení vody. Vysoká poloha lokte umožňuje vytočit jej do vnější strany a ruka začíná opisovat esovitou křivku. Po dokončení záběru ve fázi vytažení vykonává rameno nejvíce práce, protože zvedá paži nad hladinu a přenáší ji vpřed. Relaxovaná končetina se sklopeným předloktím vykonává kruhový pohyb vpřed a přenáší paži blíže k hladině. Práci dolních končetin popisuje jako vyvažující, kdy kop vždy provádí protilehlá dolní končetina.

4.4 Pohyby horních končetin nad hladinou i pod hladinou

Od českých autorů je práce horních končetin popsána a rozdělena do pěti fází. Fází přípravnou, přechodnou, fázi záběrovou, kterou dělí na fáze přitažení a odtlačení, následuje fáze vytažení a přenosu paže nad hladinou.

Přípravná fáze začíná stejně, jak uvádí Colwin, protnutím hladiny, paže se pohybuje ve směru lokomoce. Zvyšuje se odpor plavce a je nutné, aby ruka zachovala příznivý hydrodynamický tvar a správnou polohu s nataženými prsty, směřujícími vpřed. Poté se paže krčí směrem dolů do úhlu asi 90° a nastupuje přechodná fáze, která je velmi krátká. Většina zahraničních autorů řadí přechodnou fázi k přípravné nebo záběrové fázi. V této části cyklu ruka přechází z brzdící polohy do záběrové, působí na ni vodní prostředí, což je signálem pro nasazení záběrového úsilí. Zpočátku se ruka pohybuje dolů, aby tak dosáhla maximální hloubky, po jejím dosažení se ohýbá v lokti a směřuje k podélné ose těla, zároveň dochází k vnitřní rotaci v ramenním kloubu, spojenou s elevací lopatky. Dochází právě k výhodné poloze vysokého lokte, na jejíž důležitosti se všichni autoři shodnou. Náběžnou hranou je tehdy palcová strana ruky.

Ve fázi odtlačování se začíná paže opět natahovat, pohybuje se pod břicho a odtud vně od podélné osy těla nazad. Důvody záběru horních končetin po esovité křivce během práce paže popsal v roce 1974 Counsilman, od té doby se toto vysvětlení příliš

nemění. Stále řešený je problém propulze a vztlaku, který jsem se snažila vysvětlit v kapitole „Biomechanika plavání“. Autoři se zmiňují o účinnosti velikosti křivky na celkovou propulzi (Colwin, 1999; Maglischo, 2003; Hofer, 2012). Záběr je ukončen v oblasti kyčelního kloubu. Nekončí-li záběr v této poloze, ztrácí na efektivitě a snižuje se plavcova propulze. Během odtlačování se ramenní osa vrací do vodorovné polohy. Tím jsou vytvořeny podmínky pro záběr druhé paže.

Na ukončení záběru navazuje fáze vytažení, ruka se pohybuje nahoru a vpřed, vznikají brzdící síly. Nejlepší plavci vytahují paži z vody loktem napřed a nastupuje fáze přenosu, tehdy jsou záběrové svalové skupiny relaxované. Uvolněnou paži plavci přenášejí dvěma způsoby. Ti, kteří disponují velkou pohyblivostí v ramenním kloubu, loket přenáší po nejvyšší dráze, ti s menší mobilitou kloubu přenášejí paži níže nad hladinou. Uvolněná ruka i předloktí vykonávají kyvadlový pohyb (Hofer, 2012).

5. SVALOVÁ AKTIVITA PLAVCE

5.1 Svalová aktivita

Zapojení svalů na suchu a ve vodě je rozdílné díky specifčnosti obou prostředí. Na suchu je zapojení podmíněné postojem člověka, působí na něj síly zemského povrchu a musí je překonávat. Ve vodním prostředí dochází dle pravidel Archimedova zákona k nadlehčování. Lidský pohybový aparát není ve vodě zatěžován stejně, jako na suchu. V poloze stoje spatného člověk zapojuje posturální svaly, které zajišťují vzpřímený postoj. Jedná se o svaly tonické a fázické (Lánik, 1990).

Svaly tonické jsou zapojené při každodenních činnostech, jako je stoj a chůze.

Jedná se o svalové skupiny, které mají tendenci ke zkrácení. Jsou jimi tyto svaly:

- Kývač hlavy (*M. Sternocleidomastoideus*)
- Horní fixátor lopatky: zdvihač lopatky (*M. Levator scapulae*) a horní část trapézového svalu (*M. Trapezius descendus*)
- Spodní a horní vlákna prsního svalu (*M. Pectoralis major*)
- Extenzory bederní páteře vč. čtyřhlavého svalu bederního (*M. Quadratus lumborum*)
- Flexory kyčelního kloubu
- Adduktory kyčelního kloubu (*Mm. Adductores*)
- Flexory kolenního kloubu
- Trojhlavý sval lýtkový (*M. Triceps surae*)

Dle Lánika (1990) se fázické svaly podílejí na posturální funkci a mají tendenci k ochabování či oslabování. Jedná se o hypoaktivní svaly a na denních stereotypch se podílejí méně. Jsou ale nezbytné pro držení těla:

- Prevertebrální svaly
 - rotátory páteře
 - extenzory páteře v oblasti hrudníku

- Dolní fixátory lopatky
 - střední a spodní vlákna trapézového svalu (*M. Trapezius*)
 - rombické svaly (*M. Rhomboidei*)
 - široký sval zádový (*M. Latissimus dorsi*)
 - přední sval pilovitý (*M. Serratus anterior*)
- Střední a zadní část deltového svalu (*M. Deltoideus*)
- Vnější rotátory ramenního kloubu – podhřebenový sval (*M. Infraspinatus*)
- Hýžděové svaly (*M. Gluteus maximus*)
- Břišní svaly (*Mm. Abdominis*)

5.2 Svalová aktivita plaveckého způsobu kraul

Svalová aktivita plaveckého způsobu kraul je ovlivněna polohou plavce, ležmo na břicho. Dále také působením vodního prostředí a vytvářením hnacích sil horních i dolních končetin. Rozdíly ve svalové činnosti jsou znatelné mezi svaly, které zajišťují stabilní polohu plavce, vytvářejí hnací sílu a svaly, které umožňují přenos paže nad vodou (Bělková-Preislerová, 1994).

Ve své publikaci McLeod (2010) uvádí, že ve chvíli, kdy paže protne hladinu v pořadí ruka, zápěstí, loket, následuje natažení paže vpřed. Rotace ramene a lopatky napomáhá plavci k prodloužené poloze paže, to umožňuje plavci efektivní nastavení záběhových ploch dlaně na tekoucí vodu. Počáteční pohyby záběrové fáze jsou generovány klavikulární částí velkého prsního svalu *M. Pectoralis major* a následně začíná pracovat široký zádový sval *M. Latissimus dorsi*. Tyto dva svaly zajišťují hlavní sílu při přitahování vody v první části záběrové fáze. Flexory zápěstí umožňují plavci v přípravné fázi nastavit zápěstí a umožňují chycení vody, následně pracují flexory loktu – *M. Triceps brachii* a *M. Biceps brachialis*. Díky těm dochází ke krčení v lokti do úhlu cca 30°. Ve fázi odtlačení umožňuje *M. Triceps brachii* natažení v lokti, čímž se paže dostává do připravení v blízkosti kyčelního kloubu a pokračuje vzhůru k vodní hladině. Ve fázi přenosu jsou zapojovány deltové svaly a rotátory lopatky – *M. Supraspinatus*, *M. Infraspinatus*, *M. Teres minor* a *M. Subscapularis*. Tyto svaly umožňují přenést paži nad vodní hladinou a zasunout ji zpět do vody. Několik svalových skupin zajišťuje stabilizaci polohy plavce a stabilizaci i ukotvení ramene – *M. Pectoralis*

minor, *M. Rhomboideus*, *M. Levator scapulae*, *M. Trapezius* a *M. Serratus anterior*. Tyto svaly zajišťují hnací sílu paže a jsou závislé na pevné opoře pletence ramenního. Stabilizátory lopatky konají práci s rotátory, deltové a trapézové svaly jsou aktivní při přenosu paže (McLeod, 2010).

Bělková-Preislerová (1994) uvádí, že jsou při přenosu paže aktivovány svaly, které způsobují vnitřní rotaci předloktí a vykonávají krouživý pohyb pletence ramenního. Pracuje velký prsní sval, trapézový sval, deltový sval, široký sval zádový, hákový sval, podlopatkový sval a velký oblý sval.

Elektromyografické výzkumy ukázaly, že v počínající fázi přenosu se svaly smrští (*M. Deltoideus*, *M. Trapezius*) a tím dají pokyn k přenesení paže nad vodou, následuje jejich uvolnění. Napětí svalů stačí k tomu, aby paže neklesla pod hladinu. Další silné stažení svalů není žádoucí, protože by svaly unavilo (Ikai, Ishii, Miyashita, 1964).

Výzkum ukázal, že vrcholoví plavci zapojují svaly méně intenzivně, po kratší dobu než plavci, kteří nejsou specialisty na vrcholové úrovni. Vrcholoví plavci intenzivně zapojují ty svaly, které přitahují paži k tělu, tedy široký sval zádový, velký sval oblý a trojhlavý sval pažní. Tím, že plavec aktivuje právě tyto svaly, dosahuje účinnějšího záběru (Požgayová, 2008).

6. ELEKTROMYOGRAFIE (EMG)

Elektromyografie zaznamenává bioelektrickou aktivitu svalů, rychlost vedení nervů po podráždění lehce nadprahovým stimulem nebo repetitivní stimulaci nervu. Vyšetření je neurofyziologickou metodou hodnotící funkci svalového vlákna, periferního nervu a nepřímo i míšních struktur a jejich vzájemnou integraci. Pro vyšetření se používají jehlové nebo povrchové elektrody. Signál ze svalu se po zesílení objeví na monitoru počítače a je v digitalizované formě uložen k dalšímu zpracování (Seidl, Obenberger, 2004).

6.1 Poly elektromyografie – svalová kontrakce

Dle Seidla a Obenbergera (2004) je základem činnosti svalu potenciál motorické jednotky, kterou tvoří motoneuron předního rohu míšního a vlákna svalu, inervována jeho axonem. Stimulovat lze jednu motorickou jednotku, nikoliv jedno svalové vlákno.

Sval je z elektrofyzilogického pohledu generátorem elektrické aktivity, kterou lze registrovat prostřednictvím povrchové či jehlové elektromyografie. Tato elektrická aktivita koresponduje do určité míry s výstupní svalovou silou, vztah ale není lineární a je ovlivněn řadou fyziologických, mechanických i elektrických změn (Otáhal, Tlapáková, Šorfová, 2003).

Dle Pánka (2009) motorická jednotka, která je tvořena různým počtem svalových vláken, představuje základní funkční jednotku svalové činnosti. V průběhu kontrakce svalu dochází k časoprostorové aktivaci motorických jednotek, jejichž elektrickou sumační odpověď registrujeme pomocí elektromyografie.

Keller (1999) uvádí, že akční potenciál z jednotlivých svalových vláken je konstantní ve své amplitudě i tvaru. Ve zdravém svalu vznikají akční potenciály aktivací nervových vláken a přechodem přes nervosvalovou ploténku. Proto všechna vlákna patřící k jedné motorické jednotce jsou aktivovaná simultánně a tvar odpovědi závisí na množství svalových vláken a na jejich umístění vzhledem k elektrodě.

Pro volní kontrakci motorické jednotky je typické, že pracuje semirytmicky, přibližně o stejné frekvenci. Při zvyšování volní kontrakce dochází ke dvěma současně probíhajícím dějům. K časovému náboru vedoucímu ke zvyšování frekvence pálení z počáteční frekvence 4 – 5 Hz až k frekvenci 50 Hz. Dále k prostorovému náboru

motorických jednotek, tím dochází k aktivaci dalších dosud neaktivovaných motorických jednotek s vyšším prahem dráždivosti. Při maximální kontrakci fyziologicky dostáváme tzv. interferenční vzorec, který je charakterizovaný překrýváním elektrické aktivity motorických jednotek. Hustota tohoto vzorce je měřítkem počtu funkčních jednotek (Bednařík a kol., 2001).

Původní naměřený signál je spojitý a měřený v μV . Musíme jej převést do tzv. diskrétního signálu. Tím dosáhneme filtrací pro potlačení artefaktů s ohledem na zvolení minimální nutné vzorkovací frekvence. Digitalizace probíhá přes digitální převodník. Bio-signal je převeden na diskrétní posloupnost vzorků signálu, vybraných v pravidelných časových intervalech (Mohylová, Krajča, 2004). Důležitý je výběr optimální vzorkovací frekvence F_{SAMP} . Nesmí být ani příliš nízká ani příliš vysoká. Řešením tohoto problému je Nyquistův teorém, který definuje minimální vzorkovací frekvenci jako dvojnásobnou k nejvyšší frekvenci obsažené v naměřeném signálu. Tuto nejvyšší frekvenci signálu určujeme před převodem analogového signálu do diskrétního. Měříme-li povrchovou EMG, pásmová propustnost činí 5 – 5000 Hz, nejvyšší obsažená frekvence v signálu je 500 Hz a vzorkovací frekvence musí být minimálně dvojnásobná.

$$F_{\text{SAMP}} \geq 2 \times 500 \text{ Hz} \geq 1000 \text{ Hz}.$$

Takto získaný signál je připraven k aplikaci spektrální analýzy, která představuje významnou část analýzy biologických signálů.

6.2 Spektrální analýza biologického signálu

Spektrální či frekvenční analýza zjišťuje, z jakých frekvenčních komponent je výsledná křivka složena. Zaneseme-li základní frekvence a jejich amplitudy do grafu, získáme frekvenční spektrum – závislost sinusovek na frekvenci. Měříme je v jednotkách μV^2 nebo Hz. Výsledná spektrální analýza se skládá ze zprůměrnění jednotlivých dílčích epoch určených z celkového intervalu vyšetřovaného úseku signálu TM (time of measurement) (Pánek, 2010).

6.3 Snímání EMG ve vodním prostředí (Water Surface Electromyography)

Snímání EMG signálu ve vodním prostředí se od povrchové EMG liší pouze specifiky připevnění elektrod na kůži a umístění zesilovače a vysílače do voděvzdorného vaku. Měření ve vodním prostředí představuje zajímavou oblast výzkumu hlavně proto, že dochází ke změně gravitačního působení, mění se chování jednotlivých svalů a celých pohybových vzorců. Vlastní vyhodnocení WaS-EMG je shodné se zpracováním EMG signálu (Pánek, 2010).

7. CÍLE PRÁCE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

7.1 Cíle práce

Cílem práce je zjistit a pozorovat, jaká je svalová aktivita vybraných svalů během plaveckého způsobu kraul a kroužení horních končetin ve stoje a zda se práce těchto svalů shoduje.

7.2 Výzkumné otázky

- *Do jaké míry je shodná svalová aktivita měřených svalů při provádění plaveckého způsobu kraul a kroužení horních končetin ve stoji na suchu?*
- *Kolikrát je svalová aktivita různá?*
- *Ve které dimenzi je pohyb snazší?*
- *Může mít opakované kroužení horních končetin na suchu vliv, na záběrový cyklus horních končetin u kraulu ve vodě?*

8. METODIKA

8.1 Popis výzkumného plánu

Pomocí přístroje EMG byla u probanda zjišťována svalová aktivita vybraných svalů. Výběr svalů byl uskutečněn po odborné konzultaci s Mgr. Jurákem a Mgr. Kotalíkovou. Bylo přihlédnuto k výsledkům již známých měření svalové aktivity pomocí EMG při plavání kraulem.

Dále bylo zhodnoceno, které svaly pracují při kroužení paží na suchu i ve vodě, ke kterému pomohl fyzioterapeut. Pro měření jsme zvolili tyto svaly:

1. *M. Pectoralis major*
2. *M. Deltoideus clavicularis*
3. *M. Deltoideus spinalis*
4. *M. Obliquus externus abdominis*
5. *M. Triceps brachii*
6. *M. Trapezius descendens*
7. *M. Trapezius ascendens*
8. *M. Thoracic erector spinae*

8.2 Platnost výzkumu

Zjišťování svalové aktivity je omezeno výběrem svalů, protože k dispozici je pouze 8 párů elektrod. Jedna z nich při výzkumu nepracovala správně a data z ní nebyla pro výzkum naměřena. Vzhledem k tomu, že se jedná o pilotní studii, náročnou na přípravu, průběh měření i zpracování dat, uskutečnilo se v jednom vzorku. Výsledek nelze brát jako plošně platný. Výzkum je ovlivněn vnějšími vlivy, tedy individuálním projevem plaveckého stylu probanda. Chyby měření mohou nastat kvůli nesprávnému nainstalování elektrod na tělo plavce, může dojít ke snížení přenosu informace či poškozením elektrody, poté přístroj neměří správně. Systémové chyby byly zjištěny použitým softwarem pro měření a vyhodnocení elektromyografického záznamu.

8.3 Sběr dat

Sběr dat proběhl metodou EMG sledováním, doplněným 2D kinematickou analýzou. Při měření byl pohyb snímán také videokamerou, synchronizovanou se záznamem EMG. Materiál použitý pro sběr dat byl zapůjčen Univerzitou Karlovou, Fakultou tělesné výchovy a sportu, katedrou fyzioterapie a katedrou plaveckých sportů. Přístroj EMG obsahoval vysílač se zesilovačem spojený s bipolárními elektrodami a 2 samostatné antény určené k přijímání signálu z vysílače, materiál pro upevnění elektrod na tělo plavce, videokameru a notebook. Ovládala jej Mgr. Kotalíková.

Elektrody byly upevněny přelepky a voděodolnou leukoplastí na očištěné tělo probanda, v místě střední linie svalových bříšek. Dráty vedoucí od elektrod byly připevněny k tělu leukoplastí tak, aby nedošlo k jejich odstranění při provádění pohybu a ani probandovi v pohybu nebránily. Antény umístěny na bazén s protiproudem a snímač vložen do nepromokavého vaku, aby nedošlo k poškození přístroje ve vodě.

Měření v bazénu s protiproudem proběhlo v hodinách určených vedoucím práce. Vyhodnocování a zpracování dat bylo provedeno pomocí softwaru Noraxon MR3 3.6.20, které je volně ke stažení na internetových stránkách společnosti Noraxon.

8.4 Průběh měření

Jako první bylo nutné provést měření maximální volní kontrakce (maximum voluntary contraction) výše uvedených svalů, na jejímž základě je možné vypočítat procento svalové aktivity. Zjistili jsme, že elektroda připevněná na *M. Deltoideus spinalis* nepracuje správně a měření aktivity tohoto svalu není možné. Elektroda ale zůstala připevněna na těle probanda. Měřením MVC je získána hodnota, která udává 100% svalovou kontrakci. Dále byl měřen záznam svalové aktivity při kroužení horních končetin na suchu, to proběhlo ve dvojitým tempu, 40 a 50 BPM. Kroužení probíhalo 40 – 60 sek, v prvních 10 sek se proband dostával do správného tempa metronomu. Po naměření hodnot na suchu byla měřena svalová aktivita v bazénu s protiproudem. Teplota vody byla 26°C, teplota vzduchu 27°C, kvalita vody odpovídala zákonným hygienickým podmínkám. Proband plaval 30 – 60 sek kraulem, střední intenzitou (40 a 50 BPM). Výzkum je doplněný o videozáznam s elektromyografem.

Do zahájení výzkumu se proband věnoval plavání jen rekreačně, a to z časových důvodů. Plavecká kariéra probanda trvala sedm let a byla ukončena v jeho devatenácti letech. Proband pracuje jako učitel plavání na vysoké škole.

Testování proběhlo v letním semestru akademického roku 2014/2015 na FTVS UK, v bazénu s protiproudem. Zpracování a vyhodnocení výsledků také v průběhu letního semestru roku 2014/2015.

8.5 Zpracování dat

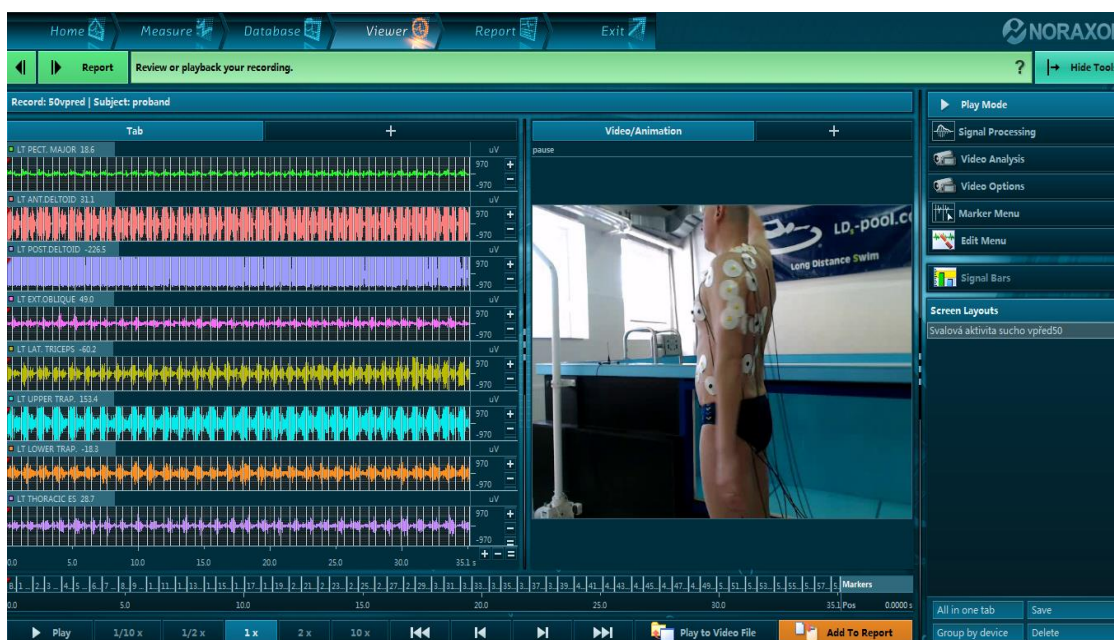
Využili jsme program Noraxon MR 3.6.20, který je volně ke stažení na internetových stránkách společnosti Noraxon - www.noraxon.com.

Do programu byla nahrána naměřená data, která byla následně vyhodnocena.

Na doporučení paní Kotalíkové byla zpracována data naměřená při rychlosti 50 BPM.

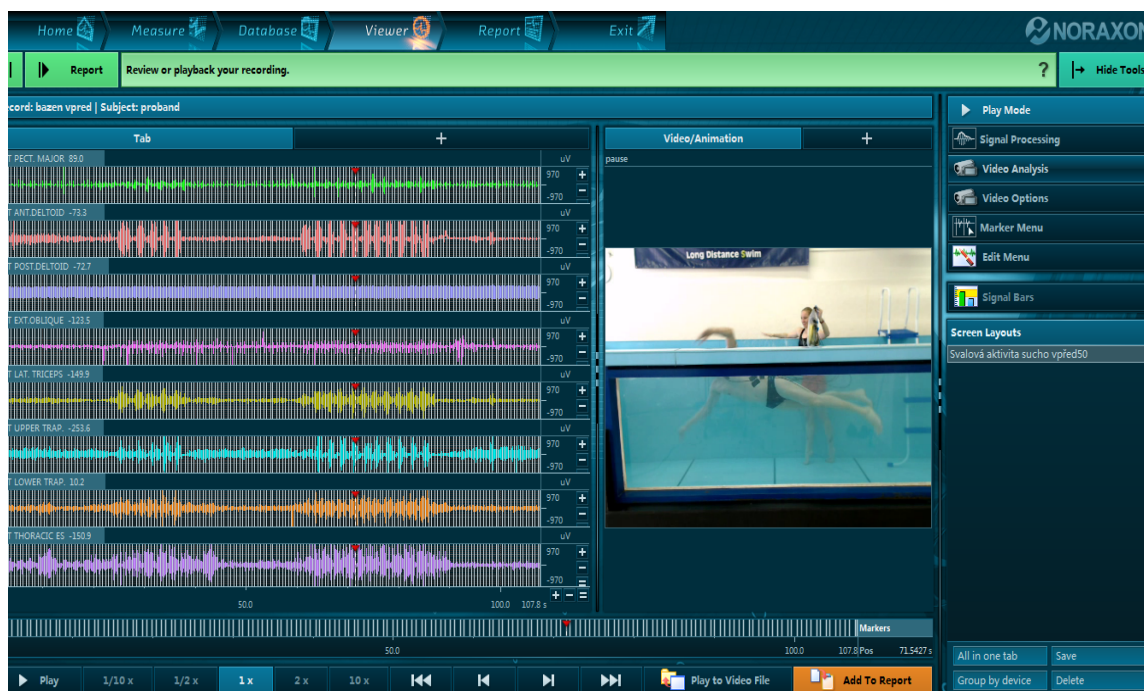
8.6 Úprava dat

Data je třeba po importu do programu upravit tak, abychom pracovali s reálnými hodnotami. Program zobrazí signál všech sledovaných svalů ve stejném měřítku $<-970 \mu\text{V}, +970 \mu\text{V}>$, proto je patrný výraznější signál u svalů 2, 3, 6 a u svalů 1, 4, 5, 7 a 8 signál méně výrazný. Měřítko jsem manuálně upravila tak, aby byly křivky výrazné a práce s vyhodnocením dat snazší.



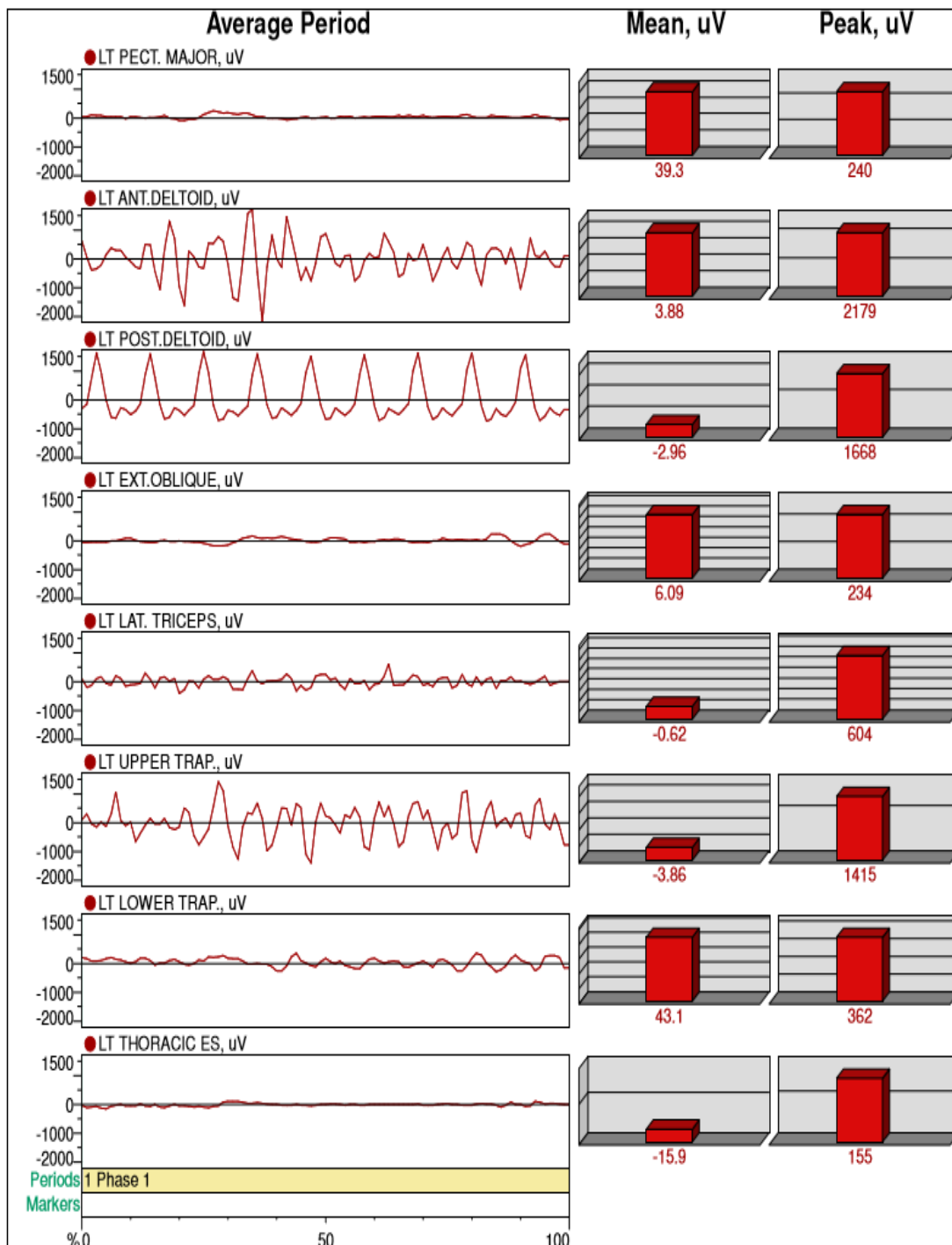
Obrázek č. 1: Záznam EMG před filtrací – sucho

Stejný postup jsem zvolila také u vyhodnocení dat záznamu vodního prostředí. Zde je patrný vyšší signál u svalů 2, 3, 5, 6, 7, 8 a nižší u svalů 1 a 4.

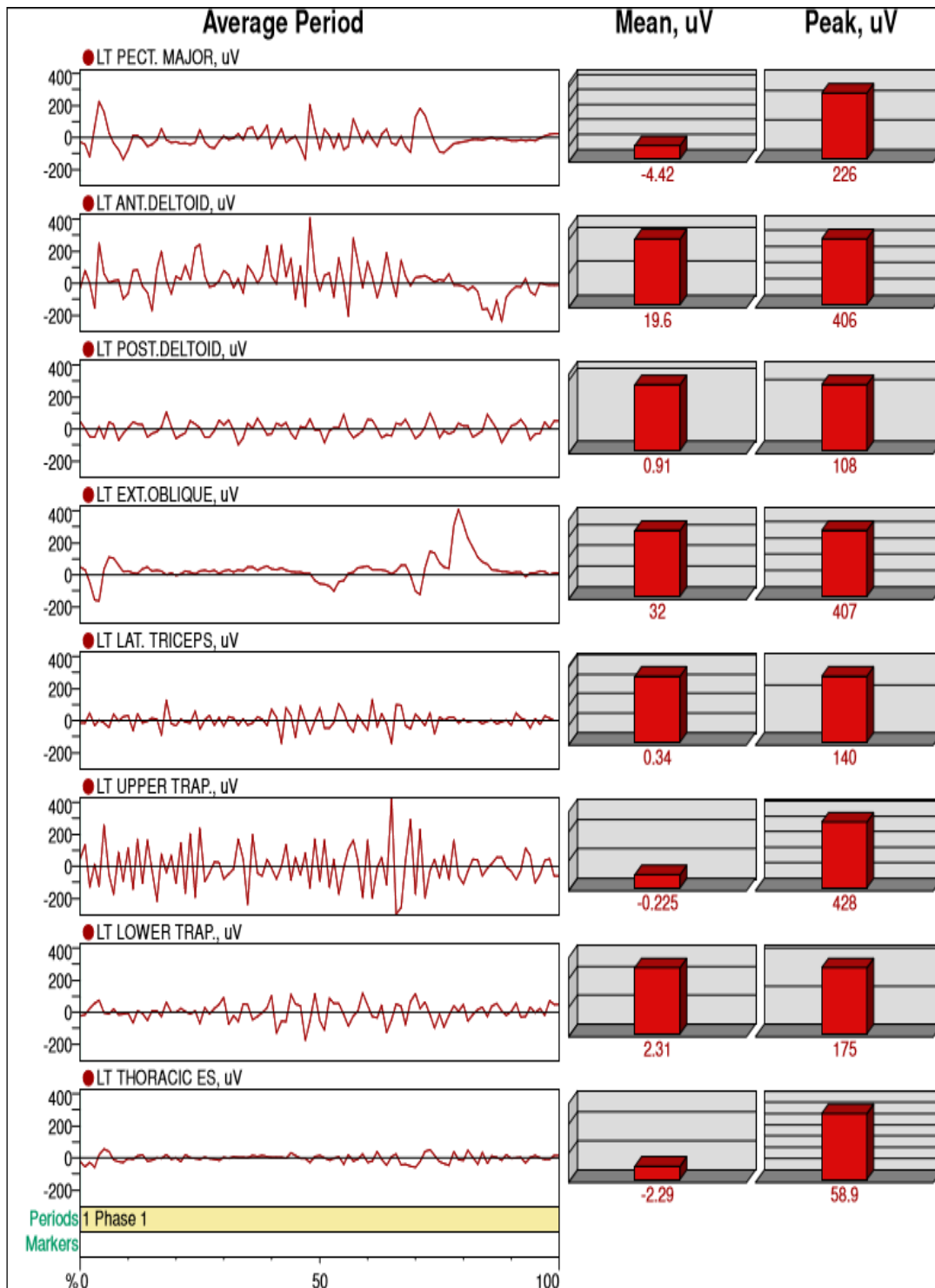


Obrázek č. 2: Záznam EMG před filtrací – voda

Nejsou-li data před zpracováním upravena filtry, které program nabízí, není možné získat jejich vyhodnocením odpovídající hodnoty. Ty jsou bez úpravy zkreslené a znehodnocené zápornými hodnotami. Křivka vyhodnocení se nesmí dostat po nulovou přímku. Křivky vyhodnocení dat, kdy nebyly použity filtry, vidím na obrázku č. 3 a 4.



Obrázek č. 3: Vyhodnocený záznam před filtrací EMG – sucho

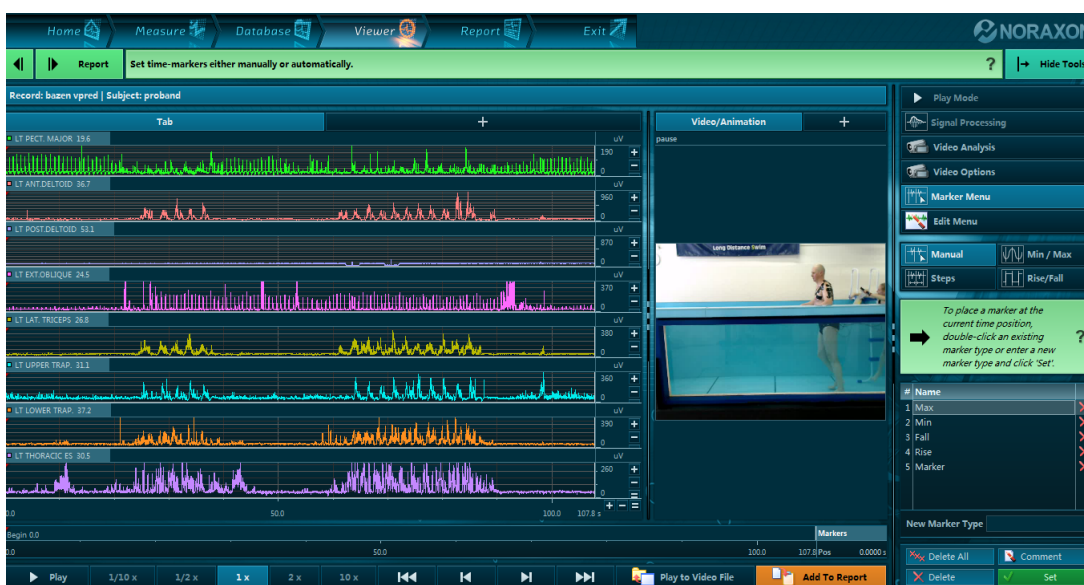


Obrázek č. 4: Vyhodnocený záznam před filtrací EMG – voda

Program nabízí několik filtrů. Jedním z nich je redukce EKG (ECG Reduction) sloužící k odstranění vlivu EKG, který je vyvolán tlukotem srdce. Dále filtr rektifikace (Rectification), který ze všech hodnot vypočítá absolutní hodnotu, pozitivní hodnoty ponechá tak jak jsou a negativní hodnoty převede na pozitivní. Filtr vyhlazení (Smoothing) souží k vyhlazení křivky dané oblasti, ve které se data průměrují. Zde je doporučena metoda RMS (Root Mean Square), kvadratický průměr. Perioda, kterou bude oblast zprůměrována, musí být adekvátní, doporučena mi byla perioda 50, která je v softwaru také přednastavena (Koderová, 2014). Na obrázcích č. 5 a 6 vidíme křivky grafů po použití tří filtrů softwaru.



Obrázek č. 5: Záznam EMG po použití filtrů – sucho



Obrázek č. 6: Záznam EMG po použití filtrů - voda

Práce pokračuje umístěním značek (markerů). Umístila jsem je tak, aby ohraničovaly jednotlivé pohybové cykly. V obou případech jsem vybrala osm úseků s ustáleným signálem. Značku jsem umístila vždy na začátek pohybového cyklu. Při kroužení pažemi na suchu je začátkem pohybového cyklu horních končetin poloha levá připažit, následně provádí kruhový pohyb vpřed. Ve vodě je počátkem pohybového cyklu přípravná fáze záběru horní končetiny, kdy je paže natažená, již protřala hladinu, nachází se ve splývavé, pasivní poloze. Značky jsem umístila manuálně za vizuální kontroly videa. Byly tak umístěny přesně v momentě, kdy se proband v této poloze nacházel.

8.7 Analýza signálu

Pro určení maximální a průměrné svalové aktivity jsem využila analýzu průměrné aktivace (Average Activation Report). Tento report je navržený tak, aby z jednotlivých pohybových cyklů, zobrazil průměr opakování +/- 1 směrodatné odchylky jako odpovídající statistiku, průměr a maximální amplitudu, pro jednotlivé pohybové cykly.

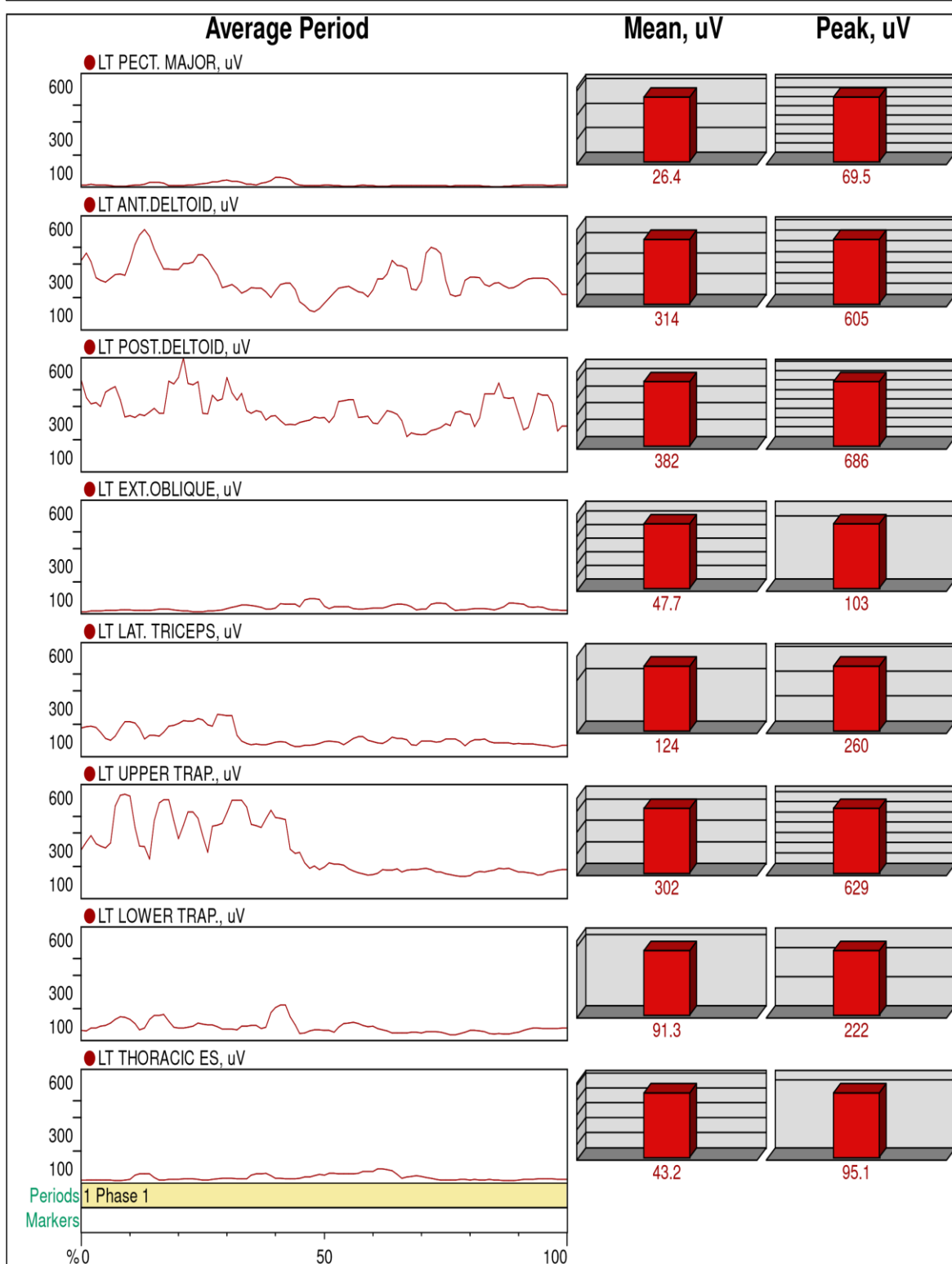
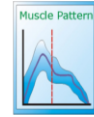
Níže přikládám záznam zpracovaných dat svalové aktivity na suchu a ve vodním prostředí, obrázek č. 7 a 8. Na záznamu jsou patrné vyhodnocené křivky signálu a činnost jednotlivých svalů (včetně *M. Deltoideus spinalis*). V levé části je vyhodnocena průměrná aktivita formou křivky. V pravé části vidíme průměrnou hodnotu a maximální hodnotu v μV . Nás zajímá právě průměrná hodnota, ze které je dále možné vypočítat svalovou aktivitu v procentech.

**Subject**

First Name
Last Name proband
Sex Male
Date of birth

Record

Name 50vpred
Date Measured 16. 3. 2015 10:35
Number of periods 1



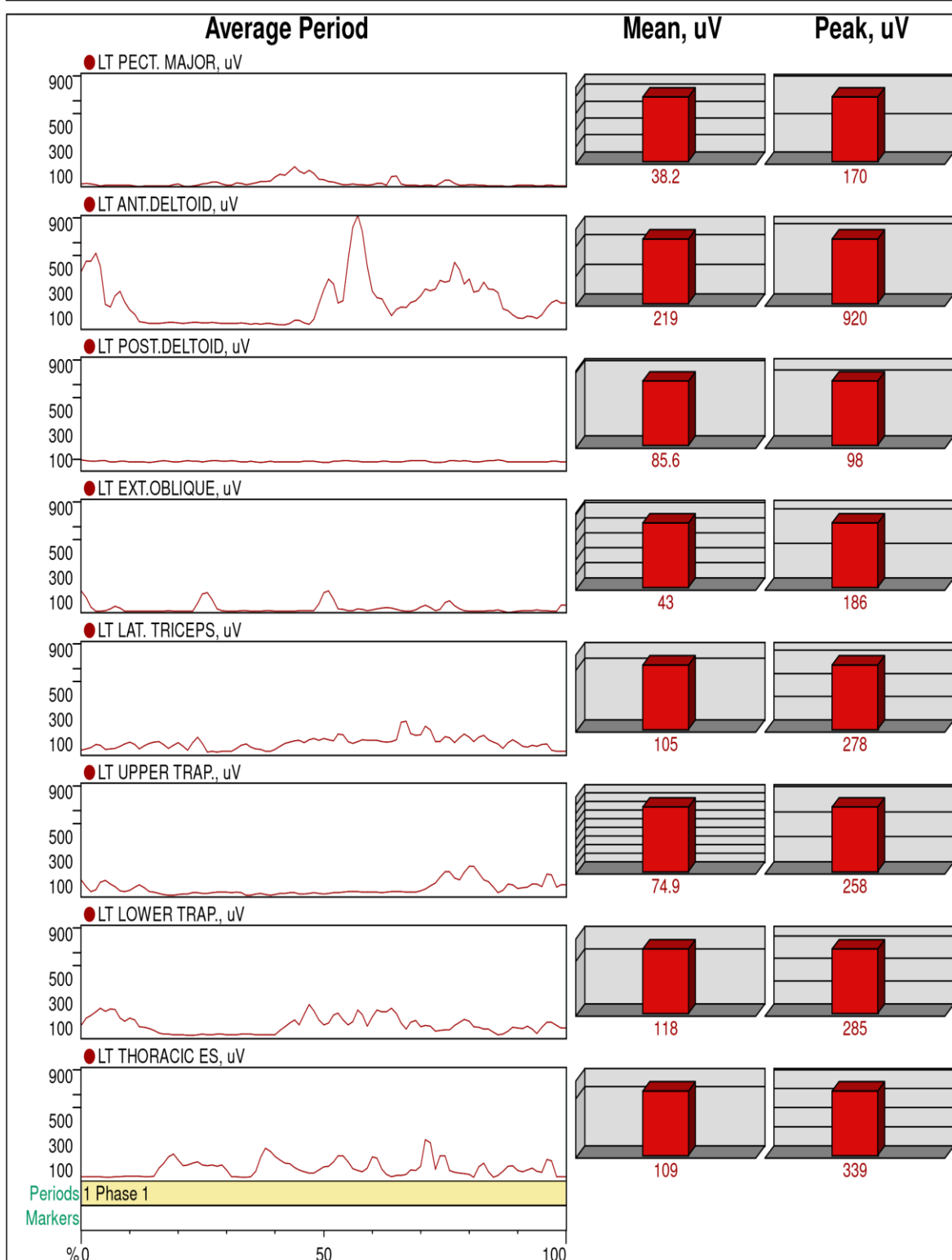
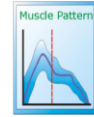
Obrázek č. 7: Vyhodnocená data EMG – sucho

**Subject**

First Name
Last Name proband
Sex Male
Date of birth

Record

Name bazen vpred
Date Measured 16. 3. 2015 10:49
Number of periods 1

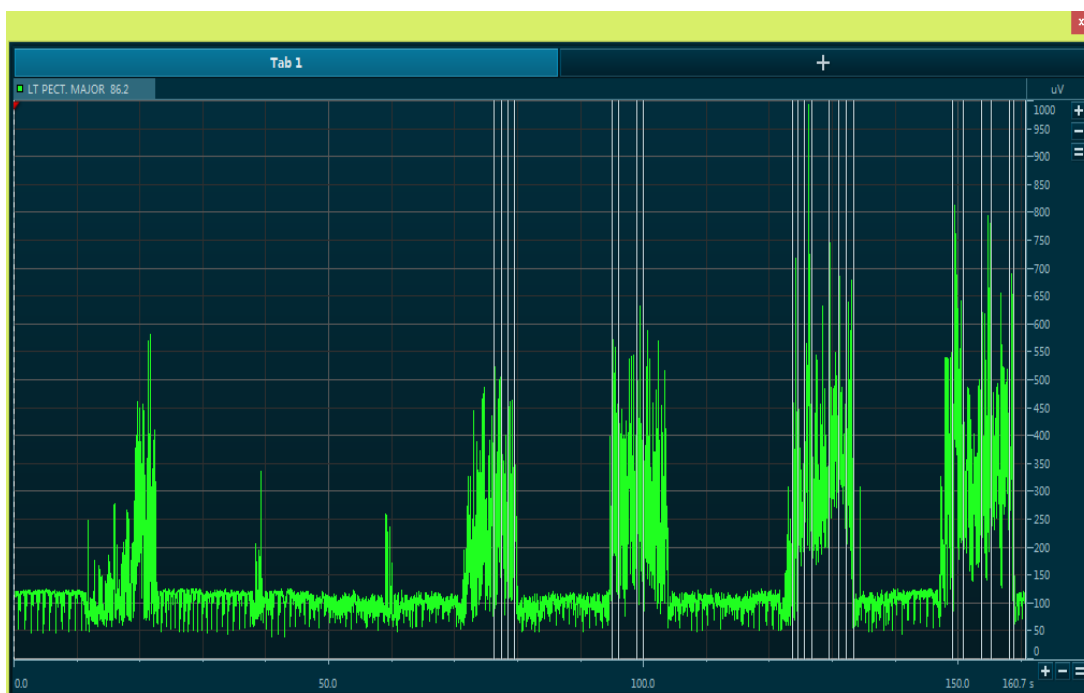


Obrázek č. 8: Vyhodnocená data EMG - voda

8.8 Maximální volní kontrakce (MVC)

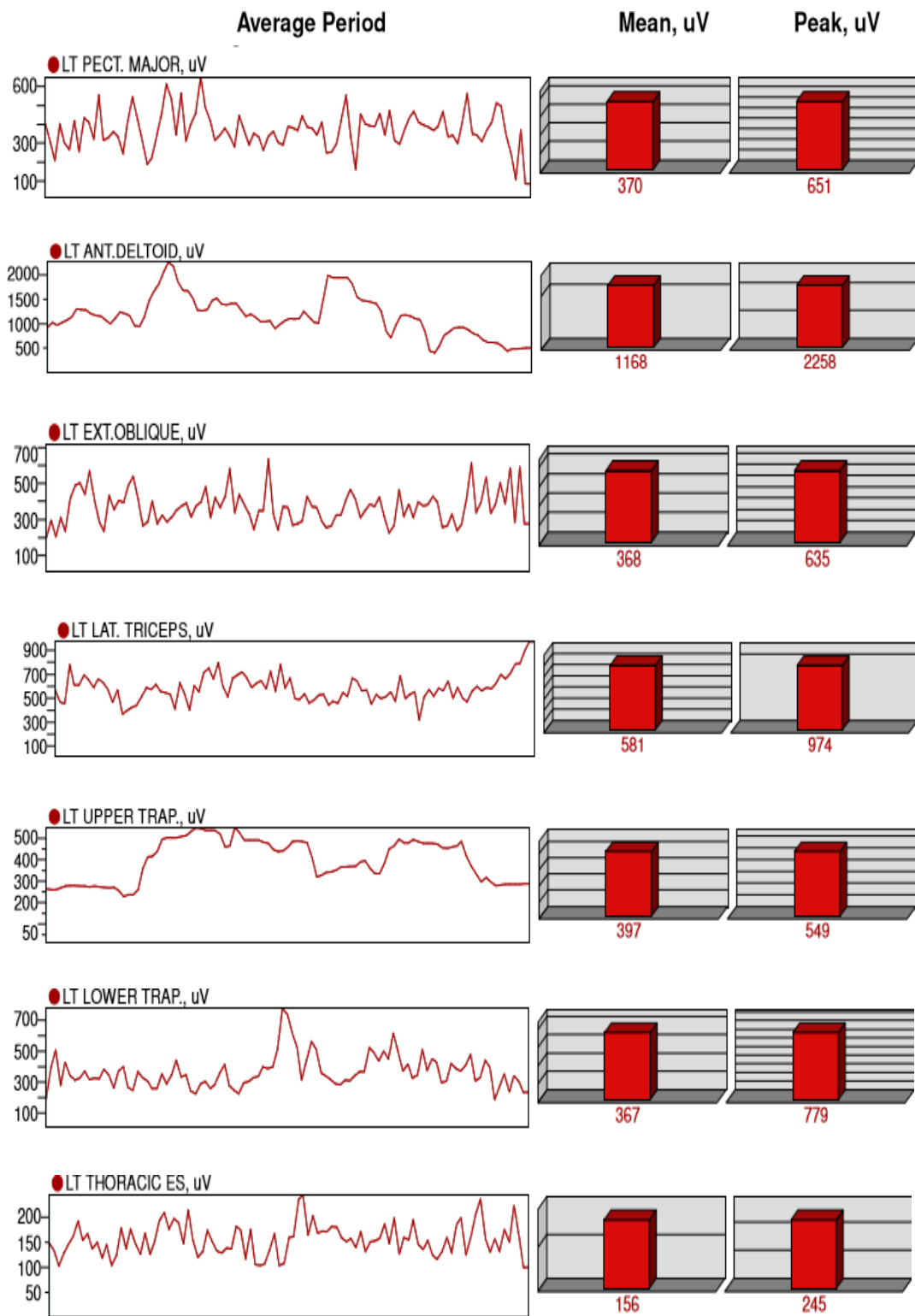
Maximální volní kontrakce (maximum voluntary contraction) byla změřena před samotným zahájením měření svalové aktivity při provádění krouživých pohybů horních končetin na suchu a ve vodě. Měření MVC probíhalo s upevněnými elektrodami, kdy proband za asistence vykonával maximální svalové napětí jednotlivých svalů a snažil se tak dosáhnout maximální svalové kontrakce. Záznam se promítl do notebooku a byl uložen v programu Noraxon. Naměřit hodnoty MVC je důležité pro další výpočty svalové aktivity.

Vyhodnocení MVC, musí být v programu Noraxon provedeno pro každý sval zvlášť. Po úpravě vhodnými filtry, tedy EKG redukcí, rektifikací s vyhlazením, je možné data vyhodnotit. Značky se v případě analýzy signálu MVC umísťují na nejvyšší hodnoty křivky, jako na obrázku č. 9. Dále jsem postupovala stejně, jako u analýzy průměrné a maximální svalové aktivity pohybových cyklů. Zvolila jsem analýzu průměrné aktivace. Na základě určení MVC a průměrné svalové aktivity je dále vypočítáno procento svalové aktivity.



Obrázek č. 9: Vyhodnocení MVC *M. Pectoralis major*

Zde přikládám výsledky a křivky MVC měřených svalů vyjma *M. Deltoideus spinalis*, jehož signál není možné zpracovat kvůli nefunkční elektrodě.



Obrázek č. 10: MVC vybraných svalů

9. VÝSLEDKY

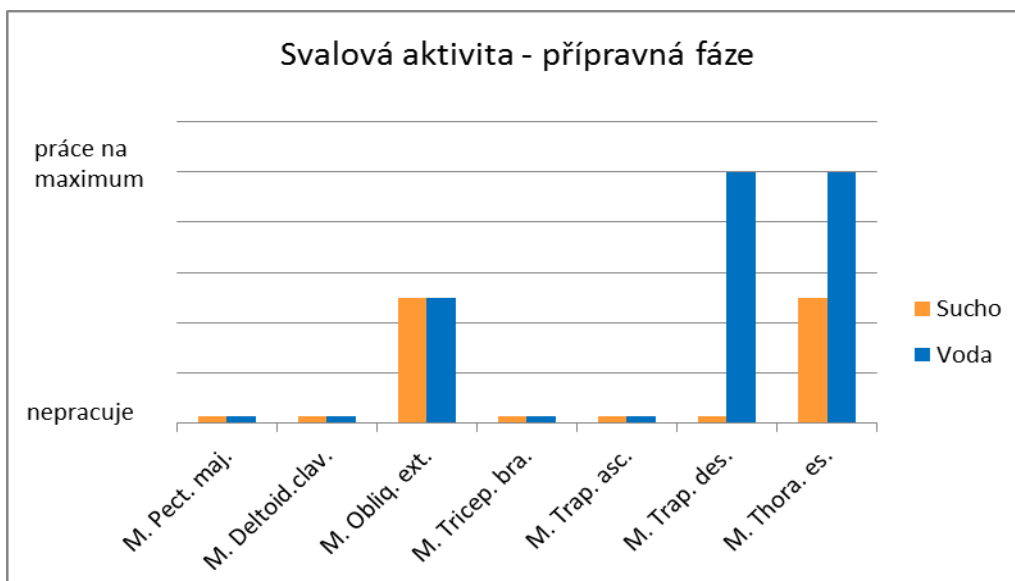
Porovnála jsem, v jaké fázi pohybové cyklu horních končetin, je ten který sval více aktivní, a to ze signálu, který byl zaznamenán při kroužení pažemi na suchu i v bazénu s protiproudem. Pro lepší znázornění příkládám ke každé fázi pohybového cyklu horních končetin graf, na kterém je zřejmé, kdy jaké svaly pracovali více či méně aktivně.

Při hodnocení jsem za počáteční polohu zvolila přípravnou fázi záběru horních končetin, kdy je levá paže natažená, již protřala hladinu, nachází se ve splývavé, pasivní poloze předtím, než dojde k přetočení dlaně a paže přejde do přechodné fáze. Fáze přechodná je velmi krátká a velmi důležitá. Dochází při ní k aktivaci a zapojení svalových skupin, které v záběrové fázi pracují, vykonávají propulzi, kotví lopatku a ramenní kloub. V záběrové fázi dlaň přechází do protipohybu plavce a dochází ke svalovému napětí. Na suchu jde o stejnou počáteční polohu paží, tedy vzpažit vpřed levou, připažit pravou.

Přípravná fáze:

Sucho i voda: paže se nachází v poloze vzpažit vpřed levou, pravá připažit

1. *M. Pectoralis major* – sucho nepracuje, voda nepracuje
2. *M. Deltoideus clavicularis* – sucho nepracuje, voda nepracuje
3. *M. Obliquus external* – sucho pracuje, voda pracuje
4. *M. Triceps brachii* – sucho nepracuje, voda nepracuje
5. *M. Trapezius ascendens* – sucho nepracuje, voda nepracuje
6. *M. Trapezius descendens* – sucho nepracuje, voda pracuje na maximum
7. *M. Thoracic erector spinae* – sucho pracuje, voda pracuje na maximum

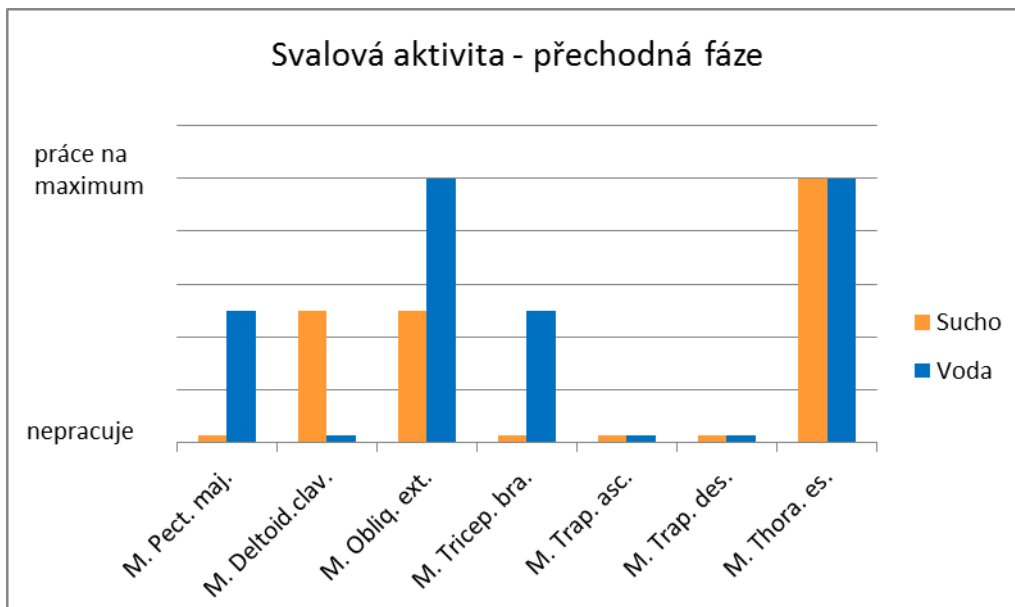


Graf č. 1: Porovnání svalové aktivity – přípravná fáze

Přechodná fáze:

Sucho i voda: paže se nachází v poloze vzpažit vpřed levou, dlaň mírně vytočená vně

1. *M. Pectoralis major* – sucho nepracuje, voda pracuje
2. *M. Deltoideus clavicularis* – sucho pracuje, voda nepracuje
3. *M. Obliquus external* – sucho pracuje, voda pracuje na maximum
4. *M. Triceps brachii* – sucho nepracuje, voda pracuje
5. *M. Trapezius ascendens* – sucho nepracuje, voda nepracuje
6. *M. Trapezius descendens* – sucho nepracuje, voda nepracuje
7. *M. Thoracic erector spinae* – sucho pracuje na maximum, voda pracuje na maximum



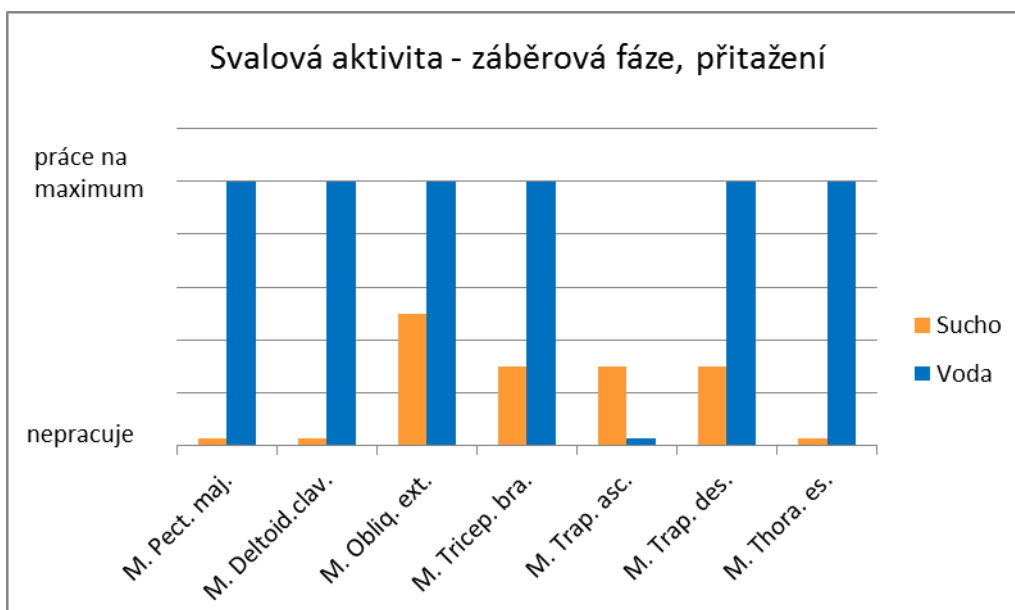
Graf č. 2: Porovnání svalové aktivity – přechodná fáze

Záběrová fáze, přitažení:

Sucho: poloha levou předpažit pokrčmo poníž, paže opisuje oblouk vzad z polohy předpažit povýš do polohy připažit

Voda: poloha předpažit poníž pokrčít dovnitř

1. *M. Pectoralis major* – sucho nepracuje, voda pracuje na maximum
2. *M. Deltoideus clavicularis* – sucho nepracuje, voda pracuje na maximum
3. *M. Obliquus external* – sucho pracuje, voda pracuje na maximum
4. *M. Triceps brachii* – sucho práci začíná, voda pracuje na maximum
5. *M. Trapezius ascendes* – sucho práci začíná, voda nepracuje
6. *M. Trapezius descendes* – sucho na počátku práce, voda pracuje na maximum
7. *M. Thoracic erector spinae* – sucho nepracuje, voda pracuje na maximum

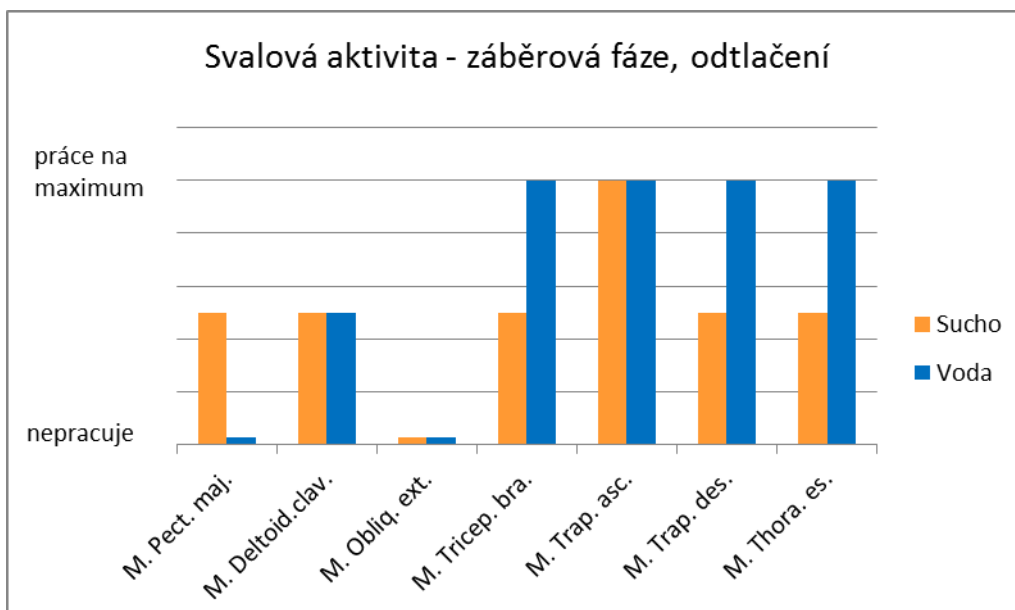


Graf č. 3: Porovnání svalové aktivity – záběrová fáze, přitažení

Záběrová fáze, odtlačení:

Sucho i voda: paže se pohybuje z polohy předpažit do polohy zapažit poníž

1. *M. Pectoralis major* – sucho pracuje, voda nepracuje
2. *M. Deltoideus clavicularis* – sucho pracuje, voda pracuje
3. *M. Obliquus external* – sucho nepracuje, voda nepracuje
4. *M. Triceps brachii* – sucho pracuje, voda pracuje na maximum
5. *M. Trapezius ascendes* – sucho pracuje na maximum, voda pracuje na maximum
6. *M. Trapezius descendes* – sucho pracuje, voda pracuje na maximum
7. *M. Thoracic erector spinae* – sucho pracuje, voda pracuje na maximum

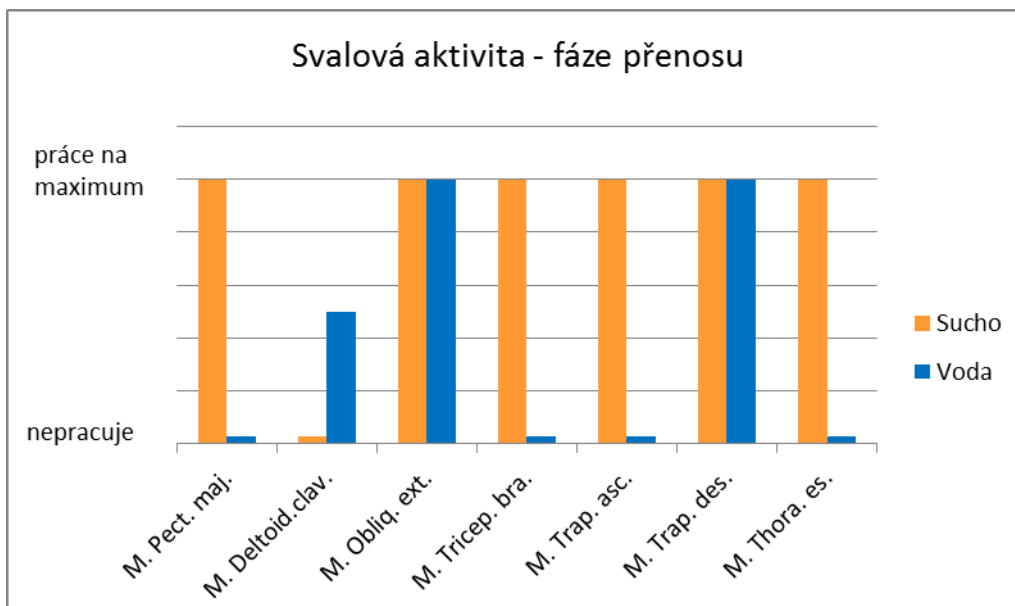


Graf č. 4: Porovnání svalové aktivity – záběrová fáze, odtlačení

Fáze přenosu:

Sucho i voda: paže se pohybuje po kruhové ose z polohy zapažit povýš do polohy předpažit, po dokončení fáze se paže nachází v poloze vzpažit

1. *M. Pectoralis major* – sucho pracuje na maximum, voda nepracuje
2. *M. Deltoideus clavicularis* – sucho nepracuje, voda pracuje
3. *M. Obliquus external* – sucho pracuje na maximum, voda pracuje na maximum
4. *M. Triceps brachii* – sucho vykonal maximální práci, voda nepracuje
5. *M. Trapezius ascendes* – sucho vykonal maximální práci, voda nepracuje
6. *M. Trapezius descendes* – sucho vykonal maximální práci, voda pracuje na maximum
7. *M. Thoracic erector spinae* – sucho vykonal maximální práci, voda nepracuje



Graf č. 5: Porovnání svalové aktivity – fáze přenosu

Na základě měření jsme mimo jiné dospěli k hodnotám, ze kterých je dále možné vypočítat procento svalové aktivity krouživého pohybu horních končetin na suchu i ve vodě. Do výpočtu shodnosti práce svalů již není řazen sval *M. Deltoideus spinalis*, jehož svalová aktivita nebyla změřena.

Z hodnot $\mu\text{V MVC}$ a průměrné svalové aktivity vypočteme přímou úměrností procento svalové aktivity pro krouživý pohyb horních končetin ve stoji na suchu i pro krouživý pohyb paží při plavání kraulem ve vodě. Tyto výpočty jsou uvedeny v tabulkách č. 1 a 2. Zvýraznila jsem ty hodnoty, které se téměř shodují.

Tabulka č. 1: Výsledná aktivita v % - sucho

Hodnoty	Svaly sucho						
	<i>Pect. maj.</i>	<i>Deltoid. cla.</i>	<i>Obliquus ext.</i>	<i>Tricep. bra.</i>	<i>Trap. asc.</i>	<i>Trap. des.</i>	<i>Thorac. es.</i>
MVC (μV)	370,10	1168,00	367,70	581,10	396,90	367,00	155,70
Průměr (μV)	26,43	314,20	47,73	123,50	301,80	91,34	43,18
Výsledek (%)	7,14	26,90	12,98	21,25	76,04	24,89	27,73

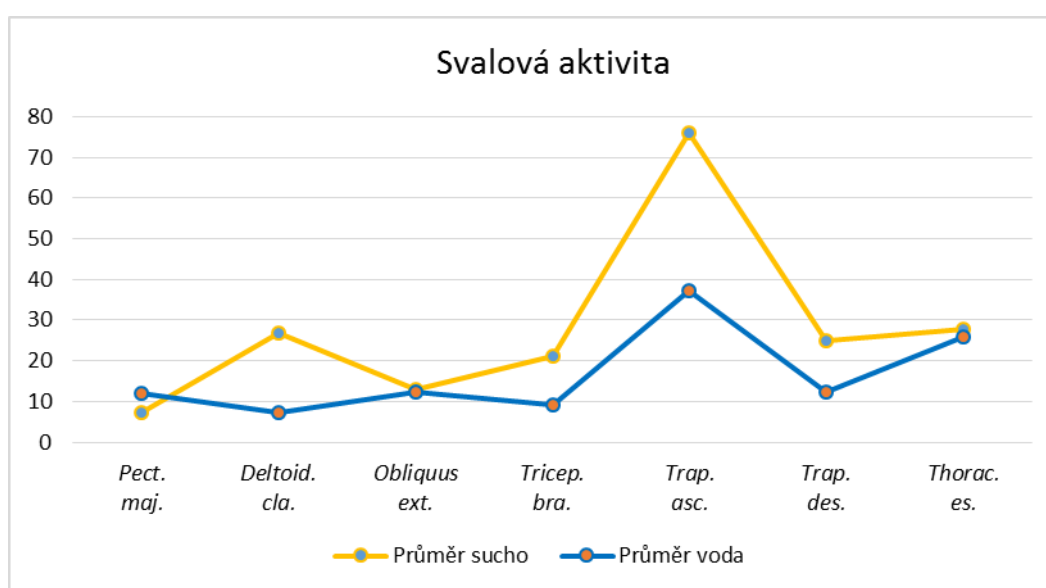
Tabulka č. 2: Výsledná aktivita v % - voda

Hodnoty	Svaly voda						
	<i>Pect. maj.</i>	<i>Deltoid. cla.</i>	<i>Obliquus ext.</i>	<i>Tricep. bra.</i>	<i>Trap. asc.</i>	<i>Trap. des.</i>	<i>Thorac. es.</i>
MVC (μV)	370,10	1168,00	367,70	581,10	396,90	367,00	155,70
Průměr (μV)	43,27	86,84	45,15	53,23	147,90	44,74	40,51
Výsledek (%)	11,69	7,43	12,28	9,16	37,26	12,19	26,02

Porovnání svalové aktivity krouživého pohybu v obou prostředích je uvedeno v tabulce č. 3. Pro znázornění svalové aktivity na suchu i ve vodě přikládám graf.

Tabulka č. 3: Porovnání svalové aktivity na suchu a ve vodě

Hodnoty	Svalová aktivita v %						
	<i>Pect. maj.</i>	<i>Deltoid. cla.</i>	<i>Obliquus ext.</i>	<i>Tricep. bra.</i>	<i>Trap. asc.</i>	<i>Trap. des.</i>	<i>Thora. es.</i>
Průměr sucho	7,14	26,90	12,98	21,25	76,04	24,89	27,73
Průměr voda	11,96	7,43	12,28	9,16	37,26	12,19	26,02



Graf č. 6: Porovnání svalové aktivity na suchu a ve vodě

Z výsledků a jejich porovnání je patrné, že svaly *M. Obliquus external* a *M. Thoracic erector spinae* pracovaly téměř shodně v obou dimenzích. K tomu dochází kvůli velice podobnému pohybu trupu v obou prostředích. Na suchu ve stoji i ve vodě v poloze ležmo, paže vykonávají krouživý pohyb, trup se při něm přetáčí ze strany na stranu. Na suchu jsou tyto dva svaly nezbytné pro vzpřímený postoj, za pohybu přetáčí trup a usnadňují kroužení pažemi. Ve vodě se podílí na stabilizaci polohy stejně jako na suchu, při plavání ještě umožňují dostatečné natažení paže pro záběr a přetočení se na bok pro nádech.

Ostatní svaly pracují rozdílně, a to o $\frac{1}{3}$ až $\frac{1}{5}$ více aktivně na suchu než ve vodě.

U svalů *M. Deltoideus clavicularis*, *M. Triceps brachii*, *M. Trapezius ascendens* a *M. Trapezius descendens* je patrná vyšší intenzita na suchu, protože horní končetiny překonávají působení gravitační síly. Nejprve musí paže překonat gravitační sílu,

po přechodu z polohy vzpažit ji musí naopak brzdit tak, aby šlo o kontrolovaný pohyb. Svaly tedy stále pracují. Pouze sval *M. Pectoralis major* pracuje na suchu nižší intenzitou, než ve vodě. Ve vodě sval pracuje více, protože zajišťuje oporu a část hlavní síly. Ruka se v záběrové fázi pohybového cyklu horních končetin opírá o vodu tak, aby následně zajistila co největší propulzi, na *M. Pectoralis major* jsou kladeny velké silové nároky.

Výzkumem, měřením a vyhodnocením svalové aktivity svalů při provádění pohybu kroužení horních končetin na suchu a ve vodě, jsme připravili půdu pro další zkoumání dané problematiky. Práce je podkladem pro další studie svalové aktivity, na základě kterých, může dojít k ovlivnění silových schopností plavců.

Na základě výsledků výzkumu je možné zaměřit se na ovlivnění specifické plavecké síly měřených svalových skupin, a to jak v tréninku plaveckém, tak v přípravě na suchu.

10. DISKUSE

Do jaké míry je shodná svalová aktivita měřených svalů při provádění plaveckého způsobu kraul a kroužení horních končetin ve stoji na suchu?

Ze zpracovaných výsledků víme, že téměř shodná je aktivita svalů *M. Obliquus external* a *M. Thoracic erector spinae*. To proto, že se trup při provádění krouživého pohybu horními končetinami pohybuje na suchu i ve vodě podobně, přetáčí se ze strany na stranu. Na suchu jsou tyto dva svaly nezbytné pro vzpřímený postoj, za krouživého pohybu přetáčí trup a usnadňují kroužení pažemi. Ve vodě se podílí na stabilizaci polohy stejně jako na suchu, při plavání umožňují dostatečné natažení pro záběr a přetočení se na bok kvůli nádechu. Ostatní svaly, až na *M. Pectoralis major*, pracují rozdílně, vždy vyšší intenzitou na suchu, protože překonávají tíhovou sílu a podmínky prostředí. Jedním z důvodů, proč *M. Pectoralis major* pracuje nižší aktivitou při krouživém pohybu horních končetin na suchu je proto, že nevzniká situace, kdy by paže narazila na překážku a bylo nutné ji tlakem přitlačit směrem k tělu tak, jako je tomu ve vodě. Ve vodě *M. Pectoralis major* zajišťuje oporu a část hlavní hnací síly, ruka se v záběrové fázi opírá o vodu tak, aby následně zajistila co největší propulzi. Bohužel se nepodařilo naměřit svalovou aktivitu u *M. Deltoideus spinalis*, můžeme se tedy pouze domnívat, zda je stejně jako *M. Deltoideus clavicularis* více aktivní při kroužení horních končetin na suchu.

Kolikrát je svalová aktivita různá?

Svalová aktivita je v šesti případech ze sedmi vyšší, při provádění krouživého pohybu ve stoji na suchu:

Ve dvou případech téměř shodná:

- *M. Obliquus external*
- *M. Thoracic erector spinae*

V dalších čtyřech případech je rozdílná, tedy vyšší na suchu:

- *M. Deltoideus clavicularis* 3,6×
- *M. Triceps brachii* 2,3×
- *M. Trapezius ascendens* 2×
- *M. Trapezius descendens* 2×

V posledním případě je rozdílná, vyšší ve vodě:

- *M. Pectoralis major* 1,6×

Ve které dimenzi, je krouživý pohyb horních končetin snazší?

V šesti případech ze sedmi je prováděný krouživý pohyb horních končetin snazší ve vodním prostředí. Na suchu je pohyb ztížený vnějšími podmínkami. Jde o gravitační sílu, odpor prostředí či setrvačné síly (Kovařík, Langer, 1994). Tíhovou sílu musí člověk při krouživých pohybech horních končetin na suchu nejprve překonat a následně ji brzdít tak, aby šlo o kontrolovaný pohyb. Výsledky ukázaly, že svaly pracují vyšší intenzitou na suchu, proto můžeme říci, že ve vodě je pohyb testovaných svalů snazší.

Může mít opakované kroužení horních končetin na suchu vliv, na záběrový cyklus horních končetin u kraulu ve vodě?

Vzhledem k ztíženým podmínkám provádění krouživého pohybu paží i vyšší svalové aktivitě na suchu se můžeme domnívat, že tato aktivita bude ovlivňovat vytrvalostní sílu horních končetin plavce. Při kroužení horních končetin na suchu neodpovídá zapojení svalů stejnému zapojení, jaké je ve vodě během záběrového cyklu paží. Domníváme se, že cvičení může nespecificky ovlivnit sílu svalových skupin, které jsou na suchu zapojeny ve vyšší míře. Vzhledem k tomu, že *M. Thoracic erector spinae*, *M. Obliquus external*, *M. Deltoideus clavicularis* a *M. Trapezius descendens* mají

tendenci k ochabování, je jejich posilování důležité. Využijeme-li při kroužení horních končetin na suchu dodatečný odpor, posílení svalů a nárůst svalové hypertrofie by se měl ještě zvýšit. Dodatkového odporu docílíme, budou-li plavci provádět cvičení s expandery připevněnými k pevné opoře nebo činkami. Ostatní svaly s tendencí ke zkrácení, *M. Pectoralis major*, *M. Triceps brachii* a *M. Trapezius ascendens* je třeba protahovat a vědomě je nezapojovat do pohybového stereotypu, často nahrazují práci svalů fázických.

Výběr svalů je při měření povrchovou EMG omezen pouze na ty, které se nacházejí na povrchu. Signál povrchové EMG nedokáže snímat signály hluboko uložených svalů. Zaujalo mě, jak rychlá může být práce s přístrojem EMG. Nejvíce času je třeba k připevnění elektrod na tělo plavce, samotné měření MVC a svalové aktivity v prováděných pohybech je otázka několika minut. Vyhodnocení dat v programu Noraxon není snadné, je třeba mu věnovat čas a trpělivost. Díky užitečné literatuře a četným radám jsem se v programu naučila pracovat a ráda bych se k takové práci v budoucnu vrátila.

11. ZÁVĚR

Koncepce této bakalářské práce se snaží objasnit shodnost či rozdílnost svalové aktivity při kroužení horních končetin na suchu ve stoji a ve vodě v poloze leh na břiše s dalším využitím do praxe. Vliv cvičení kroužení horních končetin na suchu s dopadem na výkon plavců nebyl dříve zkoumán. Jedná se o pilotní studii a jsou zveřejněny výsledky, které je dále nutné zkoumat.

Na základě literárních podkladů byla vypracována východiska, která se zabývají plaveckou polohou a činností horních končetin. Byla uvedena charakteristika silových schopností a speciálních cvičení i teoretická východiska pro práci s přístrojem EMG. Praktickým výstupem této práce je měření svalové aktivity, na základě kterého byla zodpovězena řada otázek. Jednou z nich je dopad speciálního cvičení na rozvoj silových schopností plavců, a tím i jejich výkonnosti. Rozvoj silových schopností je dlouhodobý proces, který by měl být kromě kvantitativní stránky zaměřen také na kvalitativní hodnoty provedení cvičení.

Z měření bylo zjištěno, že svalová aktivita vykonaná při kroužení horních končetin na suchu a ve vodě, je u dvou sledovaných svalů téměř shodná, a to u svalů *M. Obliquus externus abdominis* a *M. Thoracic erector spinae*.

U dalších čtyř sledovaných svalů, tedy *M. Deltoideus clavicularis*, *M. Triceps brachii*, *M. Trapezius ascendens* a *M. Trapezius descendens*, byla změřena vyšší svalová aktivita při provádění krouživého pohybu paží na suchu oproti svalové aktivitě ve vodě. Pouze u svalů *M. Pectoralis major* byla změřena vyšší svalová aktivita při provádění krouživého pohybu pažemi ve vodě.

Pro objektivní zhodnocení této problematiky jsou nutná další měření s vyšším počtem probandů. V dalším výzkumu je možné rozdělit skupinu plavců na dvě poloviny, kdy jedna bude provádět speciální cvičení, druhá nikoliv. Následovat bude měření svalové aktivity pomocí WaS-EMG a měření času plavců na kratších úsecích. Po dalším zkoumání je možné cvičení zahrnout do tréninkového programu.

12. ZDROJE

1. BĚLKOVÁ-PREISLEROVÁ, Taťána. Zdravotní a léčebné plavání: skripta pro studenty fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1994, 42 s. ISBN 80-7066-990-x.
2. BROOKS, M. Developing swimmers. Champaign, Ill.: Human Kinetics, c2011, xii, 227 p. ISBN 9780736089357.
3. COLWIN, C. Swimming dynamics: winning techniques and strategies. Chicago, Ill.: Masters Press, c1999, xiv, 370 p. ISBN 1570282064.
4. COLWIN, C. Swimming into the 21st century. Champaign: Human Kinetics, c1992, xvi, 255 s. ISBN 0873224566.
5. COUNSILMAN, J. E. a B. E., COUNSILMAN. The new science of swimming. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, c1994, xi, 420 p. ISBN 0130998885.
6. COUNSILMAN, J. E. Závodní plavání. 1. vyd. Praha: Olympia, 1974, 333 s.
7. ČECHOVSKÁ, I., MILER, T., Plavání. 2., upr. vyd. Praha: Grada, 2008, 127 s. ISBN 978-80-247-2154-5.
8. ČECHOVSKÁ, I., POKORNÁ, J. Vznášení, splývání a hydrodynamická poloha. Telesná výchova & šport. XVII., 3/2007, s. 18-20. ISSN 1335-2245.
9. ČIHÁK, R. Anatomie. 2. upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2001, 497 s. ISBN 80-7169-970-5.
10. DAUBER, W. Feneisův obrazový slovník anatomie: obsahuje na 8000 odborných anatomických pojmů a na 800 vyobrazení. Vyd. 3. české. Praha: Grada, 2007, xii, 536 s. ISBN 978-80-247-1456-1.

11. GUZMAN, R. J. Swimming drills for every stroke. Champaign, IL: Human Kinetics, c1998, v, 201 p. ISBN 0880117699.
12. HOFER, Z. Technika plaveckých způsobů. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2006, 100 s. ISBN 80-246-1205-4.
13. JURÁK, D. Současné vnímání plavecké propulze ve světě. In ČECHOVSKÁ, I. (editor). Problematika plavání a plaveckých sportů IV: sborník příspěvků z vědeckého semináře. 1. vyd. Praha : KPS FTVS UK, 2005. ISBN 80-903285-3-9.
14. KELLER, O. Obecná elektromyografie: Fyziologické základy a elektrofyziologická vyšetření. 1. vyd. Praha: Triton, 1999, 173 s., grafy. ISBN 80-725-4047-5.
15. KODEROVÁ, M. Vliv PNF na změnu pohybového stereotypu abdukce v ramenním kloubu. Praha 2014. Diplomová práce. Karlova univerzita v Praze. Fakulta tělesné výchovy a sportu.
16. KOVAŘÍK, V. a LANGER F. Biomechanika tělesných cvičení I: [určeno pro posl. pedagog. fak.]. 2. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1994, 79 s. ISBN 80-210-0838-5.
17. KRAJČA, V. a MOHYLOVÁ J. Číslicové zpracování neurofyziologických signálů. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2011, 168 s. ISBN 978-80-01-04721-7.
18. KUČEROVÁ, K., Historický vývoj plaveckých způsobů Bakalářská práce, Brno 2013. Bakalářská práce. Masarykova universita v Brně. Fakulta sportovních studií.
19. KUMAR, S. Biomechanics in ergonomics. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, c2008, xvii, 724 p. ISBN 0849379083.

20. LÁNIK, V. Kineziológia: učebnica pre stredné zdravotnícke školy, študijný odbor rehabilitačný pracovník. 1. vyd. Martin: Osveta, 1990, 242 s. Učebnice pre stredné zdravotnícke školy. ISBN 80-217-0136-6.
21. MAGLISCHO, E. W. Swimming fastest. Rev. ed. Champaign: Human Kinetics, c2003, viii, 791 s. ISBN 0736031804.
22. MAGLISCHO, E.W. Swimming even faster. Mountain View, Calif.: Mayfield Pub. Co., c1993, xxvi, 755 p. ISBN 1559340363.
23. MCLEOD, I. Swimming anatomy. Champaign, Ill.: Human Kinetics, c2010, iii, 193 p. ISBN 9780736075718.
24. MICHIO IKAI, KIHACHI ISHII a MITSUMASA MIYASHITA. An electromyography Study of swimming. Research journal of Physical education. 1964, (4).
25. MOTYČKA, J. Teorie plaveckých sportů: plavání, synchronizované plavání, vodní pólo, skoky do vody, záchrana tonoucích. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2001, 202 s. ISBN 80-210-2711-8.
26. OTÁHAL, S., TLAPÁKOVÁ, E., ŠORFOVÁ, M. Kompendium biomechanika. Univerzita Karlova v Praze, FTVS, 2003.
27. PÁNEK D., PAVLŮ D., ČEMUSOVÁ J.: POČÍTAČOVÉ ZPRACOVÁNÍ DAT ZÍSKANÝCH POMOCÍ POVRCHOVÉHO EMG. Rehabil. fyz. Lék., 16, 2009, No. 4, pp. 177-180.
28. PÁNEK, D. Metodika snímání povrchové emg ve vodním prostředí. 2010, (1). ISSN 1211-2658.

29. PÁNEK D., JURÁK D., PAVLŮ D., KRAJČA V., ČEMUSOVÁ J.: METODIKA SNÍMÁNÍ POVRCHOVÉHO EMG VE VODNÍM PROSTŘEDÍ. Rehabil. fyz. Lék., 17, 2010, No. 1, pp. 21-25.
30. PÁNEK, D., PAVLŮ, D., ČEMUSOVÁ, J. Počítačové zpracování dat získaných pomocí povrchového EMG. Rehabilitace a fyzikální lékařství, 2009, vol. 16, no. 4, p. 177-180. ISSN 1211-2658.
31. POŽGAYOVÁ, Š., Využití EMG pro porovnání techniky přenosu paže v plaveckém způsobu kraul, Praha 2008. Karlova univerzita v Praze. Fakulta tělesné výchovy a sportu.
32. RICHARDS, Dr. R., Coaching essentials: a swimming coach's guidebook. 3. Lavington: Australian Swimming Coaches & Teachers Association, 2009. ISBN 0975208829.
33. RUŽBARSKÝ P., TUREK, M., Didaktika, technika a trénink v plavání - 1. vyd. - Prešov : Prešovská univerzita v Prešove, Fakulta športu, 2006. - 137 s. - ISBN 80-8068-532-0.
34. SEIDL, Z., OBENBERGER J., Neurologie pro studium i praxi. Vyd. 1. Praha: Grada, 2004, 363 s. ISBN 80-247-0623-7.
35. WABERŽINEK, Gerhard. Základy obecné neurologie. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2004, 243 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0803-0.

INTERNETOVÉ ZDROJE

URL₁: LEHNERT, BOTEK, SIGMUND, SMÉKAL a kol., 2014. Kondiční trénink [online] 2014 [cit. 2015-8-13]. ISBN 978-80-244-4369-0 (e-kniha). Dostupné z: <<https://publi.cz/books/149/08.html>>

URL₂: STRASS, 1986; GIROLD, 2012; SADOWSKI, 2012. Science of Performance: Strength Training and Swimming Performance [online] 2014 [cit. 2015-08-12]. Dostupné z: <<http://www.swimmingworldmagazine.com/news/science-of-performance-strength-training-and-swimming-performance/>>

13. SOUPIS PŘÍLOH

Příloha 1: Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

Příloha 2: Informovaný souhlas



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešteslavín
tel.: 220 171 111
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, deklarační, diplomové (bakalářské) práce, zahrnující lidské účastníky

Název: Porovnání zapojení svalových skupin u krouživého pohybu horních končetin na suchu a ve vodě

Forma projektu: bakalářská práce

Autor (hlavní řešitel): Barbura Hejkalová

Školitel (v případě studentské práce): Mgr. Daniel Jurák

Popis projektu

V práci se zabývá výzkumem svalové procenta aktivity při pohybu kroužení horními končetinami ve smyčce spojení na suchu a dále při plaveckém způsobu kroužení. Zaujímá nás, jaké svaly jsou použity v obou pohybech. Získaná data budou využita pro cvičení, která budou pro plavce efektivní. A dále tak budou využita pro rozvoj fyzické kondice plavců. Data jsou získána pomocí měření v bazénu a protiproudem a venku a nej pomocí přístroje pro měření svalové aktivity JEM7.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky: během testování nebudou použity žádné invazivní metody.

Etické aspekty výzkumu: Výsledky nebudou zneužity a osobní data nebudou zveřejněna.

Informovaný souhlas (příložen)

V Praze dne 1. 6. 2015

Podpis autora:

Vyjádření etické komise UK FTVS

Složení komise: Prof. Ing. Václav Hunc, CSc.
Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.
Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem:

104/2015
2.6.2015
dne:

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a **neviděla žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění bio-medicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

razítko školy

podpis předsedy EK

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

Informovaný souhlas

Oslovila jsem probanda, k účasti na výzkumné části bakalářské práce. Žádám Vás tímto o souhlas k provedení měření svalové aktivit pracujících svalů při plavání plaveckého způsobu kraul a kroužení horních končetin na suchu, dále zpracování a uveřejnění získaných dat v rámci bakalářské práce na FTVS UK.

Cílem tohoto projektu je zjištění svalové aktivity při pohybu kroužení horních končetin ve vodě, v poloze kraul a při tomtéž pohybu na suchu ve stoji, prostřednictvím EMG.

Měření svalové aktivity proběhne v jednom dni v bazénu s protiproudem na FTVS UK. Zde za odborné asistence probandovi na vybrané svaly upevníme elektrody přístroje pro snímání svalové aktivity. Před samotným měřením krouživého pohybu ve vodě a na suchu bude změřena maximální volní kontrakce, po které může dojít k mírnému vyčerpání. Následně budeme měřit svalovou aktivitu na suchu a dále ve vodě. Měření proběhne za přítomnosti vedoucího bakalářské práce a odborné asistence.

Osobní data nebudou v této studii zveřejněna a získané informace nebudou zneužity.

Prohlašuji, že jsem shora uvedenému poučení porozuměl a souhlasím s účastí na projektu.

Podpis osoby, která provedla poučení:

Vlastnoruční podpis probanda: