

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Komparativní analýza přímého záběru vpřed na kajaku

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Mgr. Radka Bačáková, PhD.

Vypracovala:

Bc. Kristýna Tunková

Praha, 2015

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Radky Bačákové, PhD. a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....
Bc. Kristýna Tunková

Evidenční list

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

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

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí diplomové práce Mgr. Radce Bačákové, PhD. za odborné vedení a trpělivé zodpovězení mé tisíce a jedné otázky. Dále chci poděkovat IT odbornici Magdaleně Tunkové, renesančnímu muži Milanu Ďuríkovi a všem probandům, kteří se zúčastnili mého výzkumu.

ABSTRAKT

- Název:** Komparativní analýza přímého záběru vpřed na kajaku
- Cíle:** Cílem diplomové práce je popsat a porovnat přímý záběr vpřed na kajaku v bazénu s protiproudem a na klidné vodě.
- Metody:** Výzkum byl proveden u záměrně vybraného vzorku osmi probandů s vysokou výkonnostní úrovní ve vodním slalomu. Pomocí povrchové elektromyografie a kinematické analýzy jsme sledovali aktivitu dvanácti vybraných svalů při přímém záběru vpřed na kajaku v bazénu s protiproudem a na klidné vodě. Práce hodnotí intraindividuálně a následně interindividuálně sled aktivace svalů a velikost aktivace svalů vzhledem k maximální volní kontrakci.
- Výsledky:** Výsledky práce prokázaly shodný sled aktivace svalů v bazénu s protiproudem a na klidné vodě. Velikost aktivace svalů byla v bazénu s protiproudem větší než na klidné vodě.
- Klíčová slova:** kajak, bazén s protiproudem, povrchová elektromyografie, pádlování

ABSTRACT

- Title:** Comparative analysis of the kayak forward stroke
- Objectives:** The aim of this study is to describe and to compare the kayak forward stroke performed in the pool with countercurrent and on the flat water.
- Methods:** The research was conducted in an intentionally chosen sample of eight kayakers with high level of performance in whitewater slalom. We watched activity of twelve selected muscles during kayak forward stroke performed in the counterflow pool and on the flat water by surface electromyography and kinematic analysis. Study evaluates intraindividual and subsequently interindividual muscle timing and the size of the muscle activation due to maximal voluntary contraction.
- Results:** The results proved the same timing of muscles in counterflow pool and on flat water. The muscle activity in the counterflow pool was bigger than on flat water.
- Key words:** kayak, counterflow pool, surface electromyography, paddling

Obsah

1. ÚVOD	10
2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA	11
2.1 KANOISTIKA	11
2.1.1 <i>Vodní slalom</i>	12
2.1.2 <i>Technika jízdy na kajaku</i>	12
2.1.2.1 Sezení v kajaku	14
2.1.2.2 Pádla	14
2.1.1 <i>Kineziologie přímého záběru na kajaku</i>	15
2.1.1.1 Fáze zasazení.....	15
2.1.1.2 Fáze tažení	16
2.1.1.3 Fáze vytažení	17
2.1.1.4 Fáze přenesení	17
2.1.2 <i>Biomechanika jízdy na kajaku</i>	18
2.2 KINEZIOLOGIE HORNÍ KONČETINY	19
2.2.1 <i>Kosti ramenního pletence:</i>	20
2.2.1.1 Klíční kost	20
2.2.1.2 Lopatka	20
2.2.1.3 Pažní kost	21
2.2.2 <i>Klouby ramenního pletence:</i>	21
2.2.2.1 Articulatio sternoclavicularis	21
2.2.2.2 Articulatio acromioclavicularis	22
2.2.2.3 Articulatio glenohumeralis	22
2.2.2.4 Articulatio scapulothoracalis	22
2.2.2.5 Articulatio subacromialis.....	23
2.2.3 <i>Charakteristika vybraných svalů</i>	23
2.3 BAZÉN S PROTIPROUDEM	25
2.4 ELEKTROMYOGRAFIE	27
2.4.1 <i>Historie</i>	27
2.4.2 <i>EMG zařízení</i>	28
2.4.3 <i>Elektrody</i>	28
2.4.4 <i>Snímání EMG signálu</i>	29
2.4.5 <i>Zpracování dat</i>	29
2.4.6 <i>Faktory ovlivňující elektromyografický signál</i>	30
2.1.3 <i>Elektromyografie v kanoistice</i>	32
3. CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY	34
3.1 CÍL PRÁCE	34
3.2 ÚKOLY	34

3.3	HYPOTÉZY	34
4.	METODIKA PRÁCE.....	35
4.1	CHARAKTER VÝZKUMU	35
4.2	VÝZKUMNÝ SOUBOR	35
4.3	SBĚR DAT	36
4.3.1	<i>Povrchová elektromyografie.....</i>	36
4.3.2	<i>Kinematická analýza</i>	36
4.3.3	<i>Popis používaného materiálu</i>	37
4.3.4	<i>Průběh elektromyografického vyšetření.....</i>	37
4.3.5	<i>Určení maximální volní kontrakce.....</i>	39
4.3.6	<i>Vlastní měření a standardizace podmínek.....</i>	40
4.4	ANALÝZA DAT	41
5.	VÝSLEDKY	45
5.1	PROBAND Č. 1.....	46
5.2	PROBAND Č. 2.....	48
5.3	PROBAND Č. 3.....	50
5.4	PROBAND Č. 4.....	52
5.5	PROBAND Č. 5.....	54
5.6	PROBAND Č. 6.....	56
5.7	PROBAND Č. 7.....	58
5.8	PROBAND Č. 8.....	60
5.9	INTERINDIVIDUÁLNÍ POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ	62
5.9.1	<i>Výsledky velikosti aktivace svalu vzhledem k MVC</i>	62
5.9.2	<i>Výsledky sledu aktivace svalů.....</i>	63
6.	DISKUZE.....	64
6.1	DISKUZE K VELIKOSTI AKTIVACE SVALU.....	64
6.2	DISKUZE KE SLEDU AKTIVACE SVALŮ.....	67
7.	ZÁVĚR.....	69
8.	SEZNAM LITERATURY.....	70
9.	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	77

Seznam použitých zkratek

A1	první aktivace svalu
A2	druhá aktivace svalu
Ag	stříbro
AgCl	chlorid stříbrný
AP	akční potenciál
C1ž	kánoe jednotlivců - ženy
C1m	kajak jednotlivců - muži
C2	kánoe dvojic
K1ž	kajak jednotlivců - ženy
K1m	kajak jednotlivců - muži
MVC	maximální volní kontrakce
dx.	dexter (pravý)
sin.	sinister (levý)
EMG	elektromyografie
PEMG	povrchová elektromyografie
SEMG	surface electromyography
m.	musculus
mm.	musculi
TF	tepová frekvence

1. Úvod

Vodní slalom se stejně jako ostatní sporty čím dál více profesionalizuje. Doby, kdy slalomáři na podzim odkládali své lodě na krakorec do loděnice, brali běžky, které jim stačili na celou zimní přípravu a k lodím se vraceli zase až na jaře, jsou již daleko za námi. Podobně jako v jiných sezónních sportech, i zde je nutno řešit alternativu k tréninku v nepříznivém zimním počasí. Pro udržení se ve špičce je celoroční specifická příprava nutností a to i v juniorských kategoriích. Slalomáři v zimě běžně odjíždějí do teplých krajín, zejména do Austrálie a v posledních letech také na nový slalomový kanál do Spojených Arabských Emirátů, aby zde natrénovali to, co v České republice v tuto dobu není možné. Soustředění jsou však finančně velmi náročná a vodní slalom bohužel nepatří mezi sporty, kde by se vydělávaly veliké částky peněz. Proto se hledají další způsoby jak nahradit specifický pohyb jízdy na lodi. Existují klikové ergometry, pádlovací trenažéry i pádlovací bazény, avšak žádná z těchto alternativ nedokáže nahradit samotnou jízdu na kajaku či kánoi. Zcela novou možností by mohl být bazén s protiproudem, který se nachází na FTVS UK a nově i na jiných místech v České republice.

V této diplomové práci se budeme zabývat porovnáním jízdy na kajaku v bazénu s protiproudem a na klidné vodě. Ráda bych z mého výzkumu přinesla praktické doporučení, které by pomohl trenérům i závodníkům objasnit vhodnost tohoto způsobu tréninku v zimním období.

Další zvažované využití bazénu s protiproudem je pro testování funkčních ukazatelů vodních slalomářů. Dosud se testy prováděly na běhátku, případně na rotopedu. Obě možnosti jsou ale zaměřeny převážně na činnost dolních končetin a nemohou plně nahradit specifický pohyb pádlování. Vzhledem k tomu, že se bazén s protiproudem nachází v laboratoři plaveckých sportů FTVS UK je vybaven i vším příslušenstvím nutným pro testování funkčních ukazatelů.

2. Teoretická východiska

2.1 Kanoistika

Počátky kanoistiky sahají do hluboké minulosti, první zmínky pocházejí z dob před šesti tisíci lety z oblasti Mezopotámie. Kánoe používali severoameričtí indiáni k překonávání vodních toků, dopravě nebo lovu. Do Evropy se dostaly po objevení Ameriky Kryštofem Kolumbem v roce 1492. Kajaky pocházejí ze severských zemí, kde byly používány Eskymáky k přepravě a lovu ve vodním terénu, avšak do zbytku Evropy dlouhou dobu nepronikly (Bílý, 2001).



*Obrázek č. 1 Eskymák v kajaku
(Gullion, 1994)*



*Obrázek č. 2 Severoameričtí indiáni v kánoi
(Chandross, 2003)*

Češi jsou nazýváni národem vodáků. Sjíždění řek je zde velmi rozšířené a čím dál více populární. Svaz kanoistů království českého je jedním z nejstarších svazů na světě, byl založen již v roce 1913. V roce 1925 přistoupil do mezinárodní kanoistické federace a je považován za jednoho z pěti zakládajících členů (Kašparová, 2010).

Kajak i kánoe se postupně staly oblíbeným prostředkem nejrůznějších turistických plaveb, pronikly do soutěží a postupně i do vrcholového sportu. Technika pádlování byla zpočátku nesespecializovaná, základem byl pohon lodi vpřed a pádlo napomáhalo také lepší stabilitě. S rozvojem sportu a postupnou specializací na rozdílné disciplíny, slalom a sjezd na divoké vodě, které jsou velmi technicky náročné a kde je nutné se neustále přizpůsobovat měnícím se vodním podmínkám, se začala odlišovat i technika pádlování tak, aby byla co nejekonomičtější a nejúčelnější. K tomuto vymezení přispěl i vývoj nových materiálů pro stavbu lodí a pádel, stejně tak

konstrukce nových tvarů listů a kajaků lépe přizpůsobených konkrétním vodním podmínkám (Pišvejc, 2006).

2.1.1 Vodní slalom

Vodní slalom je disciplínou kanoistiky provozovanou na divoké vodě. Závodníci na kánoi či kajaku se snaží projet co nejrychleji a bez dotyku bran vytyčenou trať. Brány jsou dvojího typu: zelené povodné branky, které je nutné projet po směru proudu a červené protivodné branky, které se jezdí proti směru proudu (Bílý, 2012).

První mistrovství světa ve vodním slalomu se konalo již v roce 1949 ve švýcarské Ženevě, avšak největší rozmach přišel až v sedmdesátých letech 20. století. V roce 1972 byl poprvé zařazen do programu olympijských her v Mnichově a dostal se tak do podvědomí široké veřejnosti.

Ve vodním slalomu se závodí v pěti disciplínách a to v kajaku mužů a žen (K1m a K1ž), v kánoích jednotlivců muži a ženy (C1m a C1ž) a v kanoích mužských dvojic (C2). Kategorie vodního slalomu se v průběhu času vyvíjejí. Zatímco v minulosti se závodilo i v kategorii C2 mix (muž a žena), kategorie C1ž byla na mezinárodní úrovni poprvé zařazena až v roce 2011. Dříve byl vodní slalom především záležitostí provozovanou v přírodním prostředí, postupně se čím dál více přesouvá do uměle vytvořených kanálů. To přináší změnu celkového pojetí vodního slalomu. Zejména v posledním desetiletí došlo k výrazným změnám. Zkrátila se minimální délka lodě a snížila se její minimální hmotnost. Trať se staví s menším množstvím bran, ale jsou náročnější na techniku jízdy (Kossl, 2003).

2.1.2 Technika jízdy na kajaku

Jízda na kajaku je dynamická svalová činnost, která se skládá z cyklických a acyklických úseků o nestejně dlouhém trvání. Všechny pohyby potřebné ke zvládnutí průjezdu slalomové tratě tvoří velmi složitý nervosvalový komplex. Kajakář řeší pohybové úkony pomocí řady dynamických stereotypů o vysoké plasticitě. Pádlování je složeno z pohybů hnacích a řídících. Účinnost pádlování je tím vyšší, čím je vyšší procento hnacích záběrů oproti řídícím. Motoricky je pádlování zajišťováno zejména svaly paží a trupu, dolní končetiny hrají pasivnější úlohu. Jejich úkolem je fixace kajakáře a ovládání lodi pomocí náklonů.

Obdobně jako u jiných sportovních odvětví je výkon i u slalomu na divoké vodě tvořen celým souborem předpokladů. Mezi základní složky patří somatické parametry, psychická odolnost, fyzická kondice, technická úroveň, taktické dovednosti a schopnost vyladit sportovní formu. Výsledek závodníka ovlivňuje i kvalita výstroje a výzbroje, zevní prostředí a řada dalších faktorů (Bílý, 2002; Perič, 2010).

Technikou rozumíme způsob provedení pohybového úkolu, jedná se o přesné, ekonomické a rychlé zapojování příslušných svalových skupin. V jízdě na kajaku se technikou rozumí správné provedení jednotlivých záběrů a jejich plynulá návaznost a dále je to i optimální výběr stopy, dokonalé projíždění vln a proudů, objíždění nejrůznějších překážek na trati. (Bílý, 2002; Perič, 2010). Jednu ze složek techniky označuje Strnadová (2004, s. 23) jako cit pro vodu: *„Je to nastavení pádla do správné výchozí polohy, ve správném úhlu; a tažení, ne pomalu ani příliš rychle, s přiměřeným silovým úsilím tak, aby nedošlo k protržení vody a vzniku turbulencí za listem pádla. V takovém případě by záběr nebyl efektivní a rychlost lodě by neodpovídala vynaloženému svalovému úsilí. Cit pro vodu se vytrácí při příliš velkém silovém tréninku, kdy dochází k otupení tohoto smyslu a ztrátě jemné svalové koordinace. Při nesprávně uchopeném záběru voda uniká z listu a vyčerpávající svalová práce nemá odezvu.“* Jedná se o velmi jemnou a vysoce koordinovanou svalovou činnost, která má své uplatnění především ve zvlněném vodním terénu (Strnadová, 2004).

Správná technika se vyznačuje vysokou svalovou koordinací a ekonomičností pohybu, což znamená, že se zapojí jen ty svaly, které jsou nutné k vykonání pohybu. Ostatní svaly by měly relaxovat. Při špatné svalové koordinaci, tedy neekonomičnosti pohybu, se zapojují i další svaly, které jsou tak zbytečně ve zvýšeném napětí. V hypertonických svalech nemůže ideálně probíhat odvod metabolitů a zvyšuje se únava kajakáře. S únavou přichází další snížení koordinace. Mezi zbytečné pohyby patří i grimasy, tedy zapojování mimických svalů v obličeji. Jedná se o zbytečné plýtvání energie, které navíc může způsobit i zapojování dalších svalů prostřednictvím svalových řetězců (Perič, 2010; Véle, 2006).

Techniku pádlování je vhodné nacvičovat v co nejméně náročném terénu, vybíráme klidnou či mírně tekoucí vodu, snižujeme tak chyby způsobené zevním prostředím. Neustálým opakováním dochází k fixaci a zautomatizování pohybu. Kajakář je pak schopen dokonalé techniky i za ztížených podmínek a to zcela automaticky (Bílý, 2002; Perič, 2010).

V následujícím odstavci je popsána ideální technika pádlování. Každý kajakář má však osobitý ráz techniky, to znamená individuální zvláštnosti provedení, které se označují jako styl. Můžeme to přirovnat například k pohybovému programu chůze. Stejně tak jako je pro člověka charakteristický určitý styl chůze, podle kterého našeho známého na dálku poznáme, lze identifikovat z dálky známou osobu i dle stylu pádlování. Přestože technika podléhá individuálnímu stylu a každý ji přizpůsobuje svým možnostem, měla by za každých okolností dodržovat základní pravidla správného pádlování (Perič, 2010; Věle, 2006).

2.1.2.1 Sezení v kajaku

Pro optimální ovládání kajaku je důležité, aby byl kajakář pevně spojen s lodí. Sedačka je proto pevná a těsná, výhodná je profilovaná sedačka se zvýšenou zadní plochou nebo opěrkou. Kajakář má dolní končetiny v zevní rotaci, kolena jsou v semiflexi zapřena o palubu a boky lodi. Chodidla jsou rovněž v zevní rotaci a opírají se o přední opěrku. Pevné sezení umožňuje dokonalejší a snadnější ovládání lodi při pádlování (Bílý, 2002).

2.1.2.2 Pádla

Na kajaku se používá pádlo se dvěma listy. Délka pádla je závislá zejména na typu lodi a výšce jedince, respektive na délce rozpětí jeho paží a výšce trupu. Listy pádla jsou proti sobě natočeny v rozmezí od šedesáti pěti do osmdesáti stupňů. Dle natočení listů a z toho vyplývající pevné fixaci jednou rukou se rozlišují pravá a levá pádla. Pádla se liší tvarem i velikostí záběrové plochy podle výrobce a typu pádla (Bílý, 2002). Někteří závodníci používají zalomené žerdě, které umožňují vhodnější úhel úchopu a jsou výhodnější pro fyziologické postavení v zápěstních a ramenních kloubech.



Obrázek č. 3 Pádlo (vlastní snímek)

2.1.1 Kineziologie přímého záběru na kajaku

Kineziologii definuje Dylevský (2007) jako vědu o pohybu a jeho řízení. Zabývá se pochody pobíhající v nervové soustavě, které volní pohyb řídí. Zdroje informací pro kineziologii hledáme v biomechanice, fyziologii a anatomii resp. morfologii (Dylevský, 2007; Véle, 2006).

Základní a současně nejpoužívanější je hnací přímý záběr pro jízdu vpřed. Další záběry se řadí mezi záběry řídicí, používají se pro změnu směru jízdy. Patří mezi ně obloukovitý záběr od špice lodi, záběr vzad tzv. kontra záběr a široký záběr od zádi (Bílý, 2001).

Závodník sedí v lodi ve vzpřímené poloze s trupem mírně flektovaným do směru pohybu. Mírného předklonu by mělo být docíleno flexí v kyčlích, flexe v hrudní a krční páteři není žádoucí. Hlava je držena zpřímá v jedné ose, pohled směřuje do směru pohybu lodě. Obě ruce jsou před tělem, lokty mírně vytočeny vně. Záběrová spodní paže je téměř extendována v loketním kloubu. Nezáběrová horní paže je cca ve třicetistupňové flexi v loketním kloubu (Bílý, 2001).

Správné provedené techniky pádlování se vyznačuje pohybem lodi po nejdelší možné dráze požadovanou rychlostí. Základním pohybem při pádlování je rotace trupu, kdy osu rotace tvoří páteř. Na přímém záběru se podílejí zejména svaly zad (m. latissimus dorsi, m. trapezius), svaly trupu (m. pectoralis major, m. serratus anterior, m. obliquus externus a internus) svaly paže (m. biceps brachii, m. triceps brachii) (Kračmar, 2002). Svaly paží podléhají únavě dříve než veliké svaly trupu, proto se zaměřujeme na jejich co největší využití. Důležitá je vědomá relaxace nepoužívaného svalstva, která nám i během závodu dovolí krátkou částečnou regeneraci (Prskavec, 2001).

Bílý (2002) popisuje přímý záběr na kajaku ve čtyřech fázích, které na sebe bezprostředně navazují a záběr se tak jeví jako celek.

2.1.1.1 Fáze zasazení

V okamžiku zasazení je záběrová paže téměř extendovaná v loketním kloubu. Kajakář se snaží zasadit list co nejbliže u boku lodi a to „měkce“, to znamená bez cákání, tak aby nedošlo k odtržení vody od záběrové plochy vlivem špatně nastaveného listu nebo vlivem předčasného zatažení.



Obrázek č. 4 Fáze zasazení (Pišvejc, 2006)

2.1.1.2 Fáze tažení

Tato fáze navazuje bezprostředně na zasazení. Tažení probíhá u boku lodi po přímé dráze, mírně šikmo od lodi, přibližně pod úhlem třicet stupňů. List pádla je po celou dobu tažení pod vodou. Při zahájení tahu je spodní (záběrová) paže téměř extendována, v druhé části tahu se flektuje a dotahuje pádlo k tělu.



Obrázek č. 5 Fáze tažení (Pišvejc, 2006)

. Během záběru trup včetně ramenních pletenců rotuje, vnitřní rameno dozadu, vnější dopředu. Osu rotace tvoří páteř. Lod' i celé tělo kajakáře je taženo za spodním listem pádla, které tvoří *punktum fixum* pohybu. Horní nezáběrová paže slouží jako opora pro pohyb paže záběrové. Horní paže se pohybuje po horizontální dráze, neměla by klesnout pod úroveň očí o více jak dvacet centimetrů.

2.1.1.3 Fáze vytažení

Fáze vytažení neboli ukončení začíná v okamžiku, kdy se list záběrové paže dostane na úroveň boků závodníka. List je volně vytahován z vody šikmo stranou, je to způsobeno horní paží, která již klesá k hladině a připravuje se na záběr na druhé straně.



Obrázek č. 6 Fáze vytažení (Pišvejc, 2006)

2.1.1.4 Fáze přenesení

Ve fázi přenosu dochází k rychlému přetočení pádla v tzv. volné ruce, a tím k nastavení listu k dalšímu záběru. Snahou závodníka je tuto fázi zkrátit na minimální časový úsek, neboť pouze v této fázi pádlo nemá jakýkoli kontakt s vodní hladinou a lod' je proto nejméně stabilní. Fáze přenosu slouží ke krátké regeneraci svalstva a přípravě na další záběr na opačné straně (Bílý, 2002).



Obrázek č. 7 Fáze přenosu (Pišvejc, 2006)

2.1.2 Biomechanika jízdy na kajaku

Biomechanika je transdisciplinární obor zabývající se mechanickou strukturou, mechanickým chováním a mechanickými vlastnostmi živých organismů a jeho částí, a interakcemi mezi nimi a vnějším okolím z hlediska mechaniky. Poznatky sbírá z oborů jako morfologie, fyziologie, matematika, fyzika a další. Transdisciplinárnost biomechaniky se pak projevuje také v širší aplikačních směřů, do nichž patří například klinické lékařské obory, technické i společenské obory, přírodní vědy, zemědělské obory atd. (Janura, 2011; Knudson, 2007).

Pádlo, je při záběru zasazeno u předě lodi a kajakář je poháněn tažnou silou dolní (záběrové) paže a tlačnou silou horní (nezáběrové) paže. Spodní list pádla v tuto chvíli tvoří punktum fixum pohybu a kajakář společně s lodí je k tomuto bodu přitahován. V momentu zasazení listu pádla do vody je osa otáčení pádla umístěna blízko zápěstí tažné dolní paže. Většina úhlové rotace je v tuto chvíli tvořena zanořeným listem pádla. V průběhu záběru se osa otáčení posunuje po pádle od tažné dolní paže distálně až k horní tlačné paži. V průběhu záběru se snižuje tah dolní paže a převažuje tlačná síla horní paže a klesá tím efektivita záběru. Úhel, pod kterým pádlo vstupuje a vystupuje z vody je tedy neefektivní pro produkci akcelerační síly. Závodník proto dává při zasazení listu pádla do vody co největší silový impuls a snaží se tak co nejrychleji opustit tuto nevýhodnou pozici.

V momentě, kdy je pádlo ve vertikále a současně je před límcem lodi za pomoci vytočení ramen, dochází k největší horizontální akceleraci lodě a kajakáře, v tuto chvíli je záběr nejefektivnější (Craig, 2007; Szanto; 1997). Prodloužit dobu zabírání pádla ve vertikále a proto zefektivnit záběr je možné pomocí rotace trupu. Nejefektivnějšího záběru se tedy dosáhne, když je pádlo co nejrychleji od zasazení ve vertikále a poté v ní zůstane po co nejdelší čas. Od momentu překlopení pádla přes vertikálu začíná efektivita záběru klesat (Craig, 2007). Vytažení pádla z vody musí proběhnout co nejrychleji, aby loď nebrzdilo. Kajakář se snaží vytáhnout list těsně po přetočení z vertikály, aby co nejvíce eliminovat stáčení směrem k horizontále a tím nabírání vody na pádlo, které loď zpomaluje.

Další důležitou složkou je odpor lodi. Nemělo by docházet ke snížení rychlosti jeho zvýšením. Loď by se neměla pohybovat nahoru a dolů, měl by se eliminovat její pohyb i naklánění do stran během jednotlivých záběrů. Snahou je co nejlepší klouzání lodi bez sebemenších vedlejších pohybů (Knebel, 2000).

2.2 Kineziologie horní končetiny

Horní končetina je tvořena pletencem ramenním, kostí pažní, kostmi předloktí (loketní a vřetenní) a drobnými kostmi ruky. Horní končetiny jsou využívány především jako uchopovací a manipulační orgán. Pro tuto funkci vyžadují zajištění stabilizace osovým orgánem. Vazba mezi funkcí horních končetin a osovým orgánem je ale volnější než u končetin dolních. Vzhledem k zaměření práce se věnujeme především ramennímu pletenci. Ramenní pletenec tvoří spojení mezi osovým orgánem a horní končetinou, má podpůrnou funkci a zajišťuje hrubou motoriku (Véle, 2006).

Kořenový kloub horní končetiny je tvořen pasivní komponentou skládající se z lopatky a kosti klíční a jejich spoji plus spoji s kostí pažní a hrudní. Jednotlivé segmenty jsou spojeny třemi pravými klouby, kterými jsou *articulatio glenohumeralis*, *articulatio acromioclavicularis* a *articulatio sternoclavicularis* a dále dvěma specifickými spojeními *articulatio scapulothoracalis* a *articulatio subacromialis*, která jsou označována za klouby nepravé (Kolář, 2009). Dále je tvořen komponentou aktivní, kterou představují svaly (Dylevský, 2009).

V okolí ramenního pletence převládají svaly mohutné a vícekloubové. Pro předloktí jsou typické štíhlé, ploché a dlouhé vícekloubové svaly, které se sdružují do funkčních vrstev a skupin. Krátké svaly ruky jsou soustředěny do dlaně a na hřbet ruky

zasahují dlouhé svaly prostřednictvím jejich šlach z předloktí. Svaly ruky, zvláště pak svaly palce mají ze svalů horní končetiny nejmenší motorické jednotky, a tím pádem i nejjemněji diferencovaný pohyb (Dylevský, 2009).

2.2.1 Kostí ramenního pletence:

Mezi kosti ramenního pletence patří klíční kost, lopatka a pažní kost.

2.2.1.1 Klíční kost

klíční kost (clavicula) je štíhlá kost esovitého tvaru, dlouhá 12-16 cm, transversálně spojuje akromion lopatky s hrudní kostí. Směrem od akromia ke sternu se mírně svažuje (Čihák, 2011). Clavicula při pohybu v ramenním kloubu opisuje tvar kužele, jehož vrchol je v sternoklavikulárním kloubu. Zejména při elevaci horní končetiny rotuje clavicula kolem své podélné osy, čímž výrazně zvyšuje rozsah pohybu. Velikost této rotace je přibližně 45° (Kolář, 2009).

2.2.1.2 Lopatka

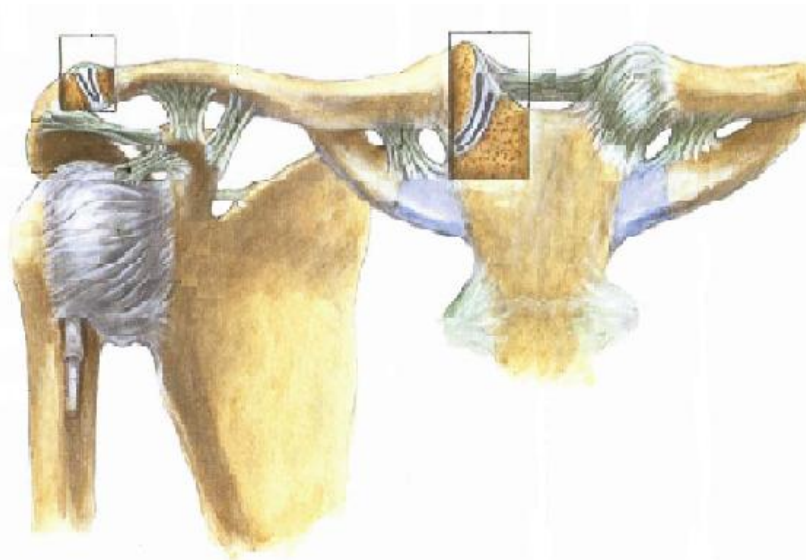
Lopatka (scapula) plochá kost trojúhelníkového tvaru. Na jejím laterálním úhlu je kloubní jamka ramenního kloubu (cavitas glenoidalis). Zadní strana scapuly je rozdělena vyvýšeným hřebenem spina scapulae, která vede šikmo napříč až nad zevní úhel, kde vyčnívá laterálně a ventrálně jako plochý výběžek zvaný acromion (Tichý, 2008). Scapula je zešikmena ventrálně, to znamená, že kloubní jamka kosti pažní směřuje šikmo dopředu. Neutrální pozice scapuly je mezi 2. a 7. žebrem, kdy dolní úhel scapuly je v úrovni 7. hrudního obratle a spina scapulae je v úrovni 3. hrudního obratle (Kolář, 2009). Scapula svým charakteristickým tvarem a mohutnými výběžky slouží především jako plocha pro začátky svalů pohybujících pletencem horní končetiny (Dylevský, 2009). Scapula doprovází všechny pohyby claviculy, je to dáno způsobem mechanického propojení sternoklavikulárního a akromioklavikulárního kloubu, pohybuje tzv. klouzáním po hrudní stěně (Kolář, 2009).

2.2.1.3 Pažní kost

Pažní kost (humerus) je typická dlouhá kost se dvěma kloubními konci. Hlavice humeru na kraniálním konci nese kulovitou styčnou plochu glenohumerálního kloubu (Čihák, 2011). Osa hlavice humeru směřuje kraniálně, mediálně a dorsálně. Kapitodiafyzární úhel tj. úhel mezi hlavicí a diafýzou je sto třicet stupňů. Distální konec humeru je rotován zevně vůči konci proximálnímu. Tato rotace je se během ontogeneze zmenšuje, což je dáno změnou postavení scapuly v dospělosti (Kolář, 2009).

2.2.2 Klouby ramenního pletence:

V ramenním kloubu se nachází pět kloubů, z nichž tři jsou pravé a dva nepravé. Postupně si popíšeme každý z nich.



Obrázek č. 8 Klouby ramenního pletence (Čihák, 2011)

2.2.2.1 *Articulatio sternoclavicularis*

Je to složený kloub, v němž se stýkají clavicula a sternum, mezi ně je vložen disk z vazivové chrupavky (Čihák, 2011). Disk vyrovnává nestejně zakřivení kloubních ploch a pohlcuje drobné nárazy přenášené z claviculy na sternum. Pohyby v kloubu jsou umožněny všemi směry, jedná se ale o posuny jen velmi malého rozsahu (Dylevský, 2009).

2.2.2.2 *Articulatio acromioclavicularis*

Spojuje zevní konec claviculy s acromionem. Je to tuhý kloub, jehož pohyby doplňují pohyby v kloubu sternoclaviculárním a mají malý rozsah. Někdy se v kloubu nachází malý discus articularis. Kloubní pouzdro zpevňuje ligamentum acromioclaviculare. Pohyby mezi claviculou a scapulou ještě ovlivňuje ligamentum coracoclaviculare, spojující processus coracoideus se spodní plochou claviculy (Čihák, 2011). Clavicula a scapula se pohybují jako jeden funkční celek (Dylevský, 2009).

2.2.2.3 *Articulatio glenohumeralis*

Scapula je propojena s volnou horní končetinou - humerem prostřednictvím articulatio glenohumeralis. Jedná se o volný kulovitý kloub, který umožňuje pohyb ve třech stupních volnosti, tzn. do šesti směrů (Kolář, 2009). Jamka scapuly je tvořena cavitas glenoidalis, chrupavčitý lem labrum glenoidale rozšiřuje rozsah jamky, ta je ale přesto mnohem menší než hlavice. Rozsah jamky představuje pouze třetinu nebo čtvrtinu plochy hlavice (Čihák, 2011). Osa kloubní jamky směřuje v neutrální pozici laterálně, ventrálně a kraniálně (Kolář, 2009). Kloubní pouzdro je volné a zesilují ho šlachy kolemjdoucích svalů (m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. teres minor, m. subscapularis), které se klinicky nazývají rotátorová manžeta. Dále pouzdro zesilují vazy ramenního kloubu, na přední straně jsou to ligamentum coracohumerale a ligameta glenohumeralia (Čihák, 2011). Stabilitu ramenního kloubu zajišťují hlavně svaly, chrupavčitý lem jamky ani vazy nedokáží kloub zajistit tak, aby při výpadku svalové funkce v některých případech nedošlo k luxaci humeru (Dylevský, 2009). Svaly rotátorové manžety sice aktivně vtlačují hlavici do jamky, ale nezabrání jejímu oddálení (Véle, 2006). Ramenní kloub je nejvíce stabilizovaný při abdukci až mírné elevaci (Dylevský, 2009).

2.2.2.4 *Articulatio scapulothoracalis*

Spojení mezi scapulou a hrudníkem je realizováno pomocí vmezeřeného řídkého vaziva, které vyplňuje štěrbiny mezi svaly na přední ploše scapuly a hrudní stěnou (žebry a mezižeberními svaly). Toto vazivo umožňuje klouzavý pohyb, který je předpokladem pro posun scapuly. Nejedná se tedy kloubní spojení v pravém smyslu, ale

o kloub nepravý neboli spoj funkční, ve kterém pohybovou i stabilizační funkci zabezpečují svaly pletence ramenního (Dylevský, 2009).

2.2.2.5 *Articulatio subacromialis*

Kolář (2009) popisuje subacromiální (subdeltoideální) spojení jako klinický název pro řídké vazivo a burzy, které vyplňují úzký prostor mezi spodní plochou acromionu, úpony svalů rotátorové manžety ramenního kloubu, kloubním pouzdem a spodní plochou deltového svalu. Pro pohyby v tomto spojení plní významnou funkci bursa subacromialis. Podobně jako u *articulatio scapulothoracalis* se v případě *articulatio subacromialis* nejedná o pravý kloub, ale o funkční spoj dále zvyšující pohyblivost celé končetiny (Kolář, 2009). Přestože se nejedná o kloubní spoj, ale o třecí plochu, může se stát zdrojem obtíží. Subdeltoideální oblast představuje fragilní úžinu, kam se při upažování posouvá úpon *m. supraspinatus* na humeru a drážděním subdeltové bursy dochází k bolestivému omezení při abdukci paže nazývanému bursitis subdeltoidea (Véle, 2006).

2.2.3 Charakteristika vybraných svalů

M. latissimus dorsi je rozsáhlý trojúhelníkovitý sval, který začíná především od křížové kosti, bederních a dolních hrudních obratlů. Část svalu odstupuje i z kyčelní kosti a dolních žeber. Všechny snopce se upínají na humerus. *M. latissimus dorsi* provádí vnitřní rotaci, extenzi a addukci.

M. pectoralis major je mohutný sval na přední straně hrudníku. Začíná na clavicule, sternu a prvních šesti žebrech a od pochvy přímého břišního svalu a upíná se na humerus. Sval dělíme dle začátku na tři části: *pars clavicularis*, *pars sternocostalis* a *pars abdominalis*, podle kterých se liší i funkce svalu. Claviculární část dělá flexi paže, sternokostální a abdominální části paži addukují a rotují vnitřně.

M. biceps brachii spojuje scapulu s předloktím. Dělí se na dvě hlavy: dlouhá hlava provádí abdukci humeru, krátká hlava naopak addukci. Společně supinují pronované předloktí a flektují předloktí supinované.

M. triceps brachii je tvořen třemi hlavami. Dlouhá hlava začíná na scapule, hlava laterální a mediální pak na humeru a společně se upínají na ulnu. Funkcí celého

svalu je extenze v loketním kloubu, dlouhá hlava ještě provádí addukci a extenzi v ramenním kloubu.

Mm. extensores antebrachii jsou svaly, které dělají dorsální flexi ruky. Jsou uspořádány do dvou vrstev, povrchové a hluboké. Vzhledem k povrchové elektromyografii nás zajímají svaly z povrchové vrstvy, mezi které patří: m. extensor carpi radialis longus et brevis, m. extensor digitorum, m. extensor digiti minimi a m. extensor carpi ulnaris.

Mm. flexores antebrachii jsou svaly na ventrální straně předloktí, které jsou uspořádány ve čtyřech vrstvách. Svaly s funkcí ventrální flexe ruky v povrchové vrstvě jsou: m. flexor carpi radialis, m. palmaris longus a m. flexor carpi ulnaris (Čihák, 2011; Dylevský, 2009).

2.3 Bazén s protiproudem

Bazén s protiproudem (flum) je plavecký тренаžér, který je umístěn ve výzkumné laboratoři na UK FTVS. Toto zařízení vyrobila firma LD-Pool a nese název Super Pro A7. Nádrž bazénu je 5 m dlouhá, 2,3 m široká a 1,15 m hluboká. Hřídele, které jsou umístěny v tubusech pod dvojitým dnem, jsou poháněny 7 vysokovýkonnostními motory napájenými 400 V / 32 A. Motory mají celkový výkon 21 kW a jsou schopny v nádrži vytvořit proud vody o rychlosti 0,5 – 2,5 m/s (Balvín, 2010). Motory na základě patentovaného systému pohonu zajišťují konstantní laminární proudění vody. Na zadní straně nádrže je zabudován sací a odtokový kanál, který nasává vodu, ta je turbínami pumpována do přední části a zde po celé šíři bazénu vypouštěna, tím je zajištěn plynulý tok vody bez většího počtu bublin. Součástí levé boční stěny bazénu je pozorovací okno o rozměrech 3x1 m (Kouba, 2010).



Obrázek č. 9 Bazén s protiproudem (Kotalíková, 2013)

Super Pro A7 je bazén komerčního charakteru a oproti bazénu profesionálnímu má určité nedostatky. Mezi nejzásadnější patří rozdílnost v odsávacích kanálech a udávání rychlosti proudění. Profesionální bazény s protiproudem mají po celé šíři

zadní stěny bazénu odsávací kanály, které nabírají proudící vodu a zabraňují tak její zpětné cirkulaci. Odsávací kanál komerčního bazénu přítomného na UK FTVS má odsávací kanál od 30 cm do 65 cm pod hladinou, což zapříčiňuje nedokonalé odsátí proudící vody. Voda, která místo odsátí narazí do stěny, se vrací zpět a způsobí tak snížení rychlosti proudění v hlubších vrstvách (Kozel, 2012). Dalším rozdílem je nastavení rychlosti proudu, který se ovládá pomocí panelu v přední části bazénu. Profesionální bazény umožňují udávání rychlosti ve standardizovaných podmínkách (m/s), avšak komerční zařízení umožňuje nastavení rychlosti proudu pouze pomocí stupňů 1 až 16, kdy stupeň 1 se rovná rychlosti 0,5 m/s a stupeň 16 je 2,5 m/s (Kouba, 2010).

2.4 Elektromyografie

Elektromyografie (EMG) je elektrofyziologická technika napomáhající hodnocení funkčního stavu motorického systému pomocí snímání akčního potenciálu aktivních motorických jednotek. Zabývá se detekcí, analýzou a využitím elektrického signálu vydávaného kontrakcí svalových vláken (De Luca, 1997). Akční potenciál je změna napětí, která se šíří dle zákona vše-nebo-nic v jednotlivém nervu nebo po membráně svalové buňky (Deschel, 1999). Je vyvolán vzruchem probíhajícím nervovým vláknem, který provádí depolarizaci buněčné membrány svalového vlákna. Akční potenciál spouští proces kontrakce motorické jednotky. Zákon „vše nebo nic“ probíhající na motoneuronu vysvětluje Véle (2006) na logickém součinu: $A * B * C = X$. Znamená to, že na vyvolání podráždění, které se projeví záškubem svalu, je nutné podráždění všech vstupních synapsí, pouze za tohoto předpokladu bude překročen práh dráždivosti (Guyton, 2006; Véle, 2006).

Elektromyografii dělíme na jehlovou - invazivní metodu a povrchovou, která je neinvazivní a označuje se PEMG nebo SEMG (surface EMG) (Keller, 1998; Otáhal, 1999). Zatímco jehlová elektromyografie se nejčastěji používá v neurologii, povrchová elektromyografie má své využití hlavně v experimentální kineziologii. Umožňuje nám určit míru aktivace měřených svalů, časovou souslednost zapojování jednotlivých svalů, míru unavitelnosti a svalové synergie a agonisticko-antagonistické koaktivace (Krobot, 2011). Je to bezpečné, bezbolestné a relativně jednoduché snímání akčního potenciálu aktivních motorických jednotek a to i aktivity více svalů současně a detekci svalových synergií, které nelze vidět pouhým okem. PEMG můžeme provádět v jakémkoliv prostředí (Criswell, 2011).

Přístroj, pomocí něhož měříme, se nazývá elektromyograf (Keller, 1998, Otáhal, 1999).

2.4.1 Historie

Počátky elektromyografie stejně tak jako kineziologie jsou spojovány s renesancí a jejím nejznámějším představitelem Leonardo da Vinci, který bývá často nazýván i prvním kineziologem. Zmínky o souvislostech mezi elektřinou a svalovou činností pocházejí ze 17. století, kdy Jan Swammerdam demonstroval reakci svalového preparátu při dotyku stříbrným drátkem. Roku 1668 publikoval Francesco Redi svojí

úvahu o elektrických výbojích mořského úhoře a jejich spojitosti s činností svaloviny. V 70. letech 18. století popsal italský lékař Luigi Galvani jednoznačný vztah mezi svalovou kontrakcí a elektřinou (Krobot, 2011).

První detekci elektrické odpovědi při kontrakci svalu zaznamenal v roce 1838 Matteucci. Kolem roku 1850 zkoumal Helmholtz rychlost vedení nervem na zvířeti a pak i u lidí. Počátek elektromyografie se však datuje do roku 1851, kdy Du-Bois-Reymond použil jako registrační elektrody baňky s elektrolytem a registroval elektrickou odpověď ze svalu při volní kontrakci. Na přelomu století registroval Piper volní svalovou aktivitu jako opakované AP a elektromyografie se dále zdokonalovala, snímání akčních potenciálů bylo rozšířeno i na senzitivní systém (Cram, 2003; Dufek, 1995).

Ve 40. letech minulého století nastal velký rozvoj elektrofyziologie, čehož je důkazem i udělování Nobelových cen v tomto oboru. Bylo objeveno, že buněčná membrána je nositelem elektrické náboje, ale že je schopna tento potenciál i přechodně změnit. A právě tato změna lze EMG zaznamenat. O další zdokonalování se zasloužili pánové Adrian, Erlanger, Gasser a další a proto se v roce 1961 mohl konat 1. Mezinárodní elektromyografický kongres v Itálii (Cram, 2003; Dufek, 1995). Ze současných elektrofyziologů je nejvýraznější osobností Carl De Luca (Krobot, 2011).

2.4.2 EMG zařízení

Zařízení pro elektromyografické vyšetření se skládá z komponentů pro měření, analýzu a dokumentaci ze stimulační jednotky. Jsou to elektrody, zesilovače, filtry, zobrazovací zařízení (optické a akustické), registrační zařízení, stimulátor, usměrňovač a monitor (Deschel, 1999).

Dnešní EMG přístroje jsou postaveny na bázi počítače, nebo vlastní přístroj spolupracuje se softwarem v počítači a počítač slouží jako zobrazovací a paměťové zařízení (Cibulčík, 1998).

2.4.3 Elektrody

Pro povrchovou elektromyografii se používají tři typy elektrod. Elektrody registrační, umístěné nad bříškem svalu, snímají elektrickou aktivitu. Stimulační elektrody jsou uzpůsobené pro vyvolání stimulace. Zemní elektrody jsou nulovým

referenčním bodem pro zesilovače a zkratovacím obvodem pro rušivé proudy z napájecí sítě (De Luca, 2002; Otáhal, 1999). Registrační elektrody jsou dvě, jsou vyrobeny z vodivého materiálu, nejčastěji ze stříbra (Ag) nebo chloridu stříbrného (AgCl). Elektrody se umísťují do střední linie svalu, do místa největšího bříška, a to mezi motorický bod a úpon šlachy nebo mezi dva motorické body. Orientují se kolmo na svalová vlákna (De Luca, 1997). Zemní elektroda by měla být umístěna na co nejvíce elektricky neutrální tkáni, tzn. tam kde je bioelektrická odezva co nejmenší (Otáhal, 1999). De Luca (1997) doporučuje elektrody o průměru 1 cm a šířce 1mm. Vzdálenost mezi nimi by měla být 1 cm (De Luca, 1997; Otáhal, 1999). Pro co nejpřesnější výsledek je důležitý stabilní kontakt elektrod a nízká impedance kůže, té dosáhneme díky pevnému kontaktu mezi elektrodou a kůží, použitím elektrodového gelu, oholením kůže a jejím omytím alkoholem nebo její abrazi (Deuschel, 1999).

2.4.4 Snímání EMG signálu

V průběhu provádění testu musí registrační zařízení přesně reprodukovat potenciály, které jsou při vyšetření generovány svalem či nervovými vlákny. Amplituda potenciálů sahá od hodnot menších než 1 μ V až k několika mV a obsahuje komponenty frekvence od 2 Hz po více než 10 kHz. Tyto potenciály se nacházejí v prostředí elektrického šumu, který může být až o několik řádů větší než je právě vyšetřovaný potenciál. Při snímání signálu elektrodou je signál zesílen zesilovačem. EMG zesilovač musí být schopen znásobit amplitudu v rámci dostatečného rozsahu frekvence. Výkon zesilovače se rovná poměru mezi výstupním a vstupním napětím a je pro EMG zesilovač obvykle nastavitelný mezi 1000 a 1 000 000 (Deuschel, 1999). Nezpracovaný signál snímáný elektrodami se nazývá surový, pro jeho interpretaci je nutné jeho další matematické zpracování zavedenými metodami (Keller, 1998).

2.4.5 Zpracování dat

Pro zpracování EMG signálu využíváme filtraci, rektifikaci a vyhlazení signálu EMG. Filtrace je proces, při kterém se pomocí dvoupásmového filtru odfiltrují frekvence nižší než 20 Hz a vyšší než 500 Hz. Také je nutné odfiltrout frekvenci střídavého napětí, která je u nás na hodnotě 50 Hz. Rektifikací rozumíme usměrnění elektromyografického signálu. Negativní fáze EMG signálu, který kolísá nad a pod

bazální linií je převedena do fáze pozitivní, a tím získáme absolutní hodnotu elektromyografického signálu. Dále se využívá integrace, což je proces, který upraví rektifikovaný záznam vypuštěním ostrých hrotů z křivky, které značí vysoké frekvence (Krobot, 2011; Otáhal, 1999; Rodová, 2001).

Z důvodů porovnání výsledků mezi jednotlivými svaly i probandy je nutné amplitudu EMG normalizovat. Normalizace se obvykle provádí vzhledem k maximální volní kontrakci (MVC) a její hodnotu získáme ze tří po sobě jdoucích maximálních izometrických kontrakcí, u nichž následně vybereme nejvyšší hodnoty. Mezi jednotlivými kontrakcemi je nutné zařadit minimálně dvouminutovou pauzu pro odpočinek svalu. Při měření MVC by měly být elektrody umístěny na totožném místě jako při vlastním zkoumaném pohybu a výsledky by měly být zpracovány stejným způsobem (Otáhal, 1999).

Popis velikosti aktivity svalu se dle autorů různí. Illyés (2003) hodnotí 0% - 10% MVC jako inaktivitu, 10% - 40% jako malou aktivitu, 40% - 75% jako střední aktivitu, 75% - 100% jako aktivitu maximální. Dle Bernarda (2006) je hodnocení následující:

Tabulka č. 1 Velikost aktivace svalu vzhledem k MVC dle Bernarda (2006)

Stupeň	Slovní ohodnocení aktivity	% MVC
0	Žádná	0
0,5	Extrémně slabá	5
1	Velmi slabá	10
2	Slabá	20
3	Střední	30
4		40
5	Silná	50
6		60
7	Velmi silná	70
8		80
9		90
10	Extrémně silná	100

2.4.6 Faktory ovlivňující elektromyografický signál

Hodnota jednotlivých parametrů elektromyografického signálu je ovlivněna jak vnitřními tak i vnějšími faktory. Vnitřní faktory závisí na anatomických,

biomechanických a fyziologických vlastnostech svalu a nelze je tedy ovlivnit. Jedná se o počet detekovaných aktivovaných motorických jednotek, typ a průměr svalových vláken, hloubku a umístění aktivních svalových vláken uvnitř svalu, množství a vlastnosti tkáně mezi elektrodami a aktivními motorickými jednotkami, aktivitu okolních svalů, tzv. cross-talk apod. (De Luca, 1993; Krobot, 2011; Rodová, 2001).

Vnějšími faktory je myšlen metodický postup detekce a zpracování signálu (De Luca, 1993). Mezi nejzásadnější faktory pro kvalitu naměřeného signálu patří elektrodová konfigurace, tedy umístění elektrod, jejich velikost, tvar a vzdálenost, kontakt mezi elektrodou a kůží. Kvalitu signálu mohou také snížit externí šумы, které vznikají narušením elektromagnetického pole v okolí snímaného objektu. Nejčastěji se jedná o elektronické komunikační systémy a pohybové artefakty, ty jsou způsobené pohyby snímacích kabelů při měření dynamických činností nebo při prudkých pohybech těla. K minimalizaci externích šumů využíváme diferenciální předzesilovače (Krobot, 2011). V případě umístění elektrod v blízkosti srdce (na svalstvu levého ramene a trupu) může záznam rušit činnost srdce. Správným očištěním kůže a úpravou zemnicí elektrody lze tento artefakt minimalizovat (Karas, 1991; Keller, 1999).

2.1.3 Elektromyografie v kanoistice

Práce týkající se kanoistiky a PEMG se zaměřují především na timing svalů a rozdělení svalové aktivity ve smyslu fázická a tonická činnost.

Strnadová (2004) pomocí PEMG analyzovala zapojování svalových řetězců při záběru vpřed na kajaku ve sjezdu na divoké vodě. Strnadová (2004) ve své práci také vymezuje pojem „*cit pro vodu*“ jako schopnost ideálního uchopení a udržení puncta fixa. Tato dovednost je těžko změřitelná, ale zcela zásadní pro výkonnost jedince. Výsledky její studie ukázaly, že práce sledovaných svalových skupin při pádlování je lokomočního charakteru, naproti tomu, že zásadní hybné stereotypy pro člověka jsou úchop a manipulace, které jsou charakteru fázického. Předpokládá, že lokomoční charakter práce je organizován ve zkříženém kvadrupedálním vzoru. To se povedlo potvrdit Pišvejcovi (2006). Novotný (2007) se ve své disertační práci věnoval fylogenetickým souvislostem lokomoce přes pletenec ramenní a zkoumal také záběr vpřed na slalomovém kajaku. Z výsledků jeho studie vyplývá, že synergie popisované v kineziologickém rozboru jízdy na slalomovém kajaku jsou popisovány u reflexního plazení dle Vojty. Tzn., že vrozené pohybové vzory se aktivují i pro pohyb jakým je záběr na kajaku (Novotný, 2007 dle Vojta, 1995).

Většina výzkumných prací v oblasti kanoistiky se zabývá porovnáním dvou a více forem pádlování. Máder (2012) porovnával timing vybraných svalů při záběru vpřed na slalomovém, sjezdovém a rychlostním kajaku. Mrůzková (2011) prostřednictvím povrchové elektromyografie zjišťovala, jak se mění vnitrosvalová a mezisvalová koordinace při záběru vpřed na kajaku a v pádlovacím bazénu, tedy při dvou činnostech s rozdílným uložením bodu opory. Práce odhalila rozdílný charakter svalové funkce v pádlovacím bazénu a při jízdě na kajaku, ve smyslu fázická – tonická svalová činnost i změnu timingu, což je způsobeno již zmíněným rozdílným uložením bodu opory. Při jízdě na kajaku je místo opory na paži, ke které se kajakář i s lodí přitahuje, zatímco v pádlovacím bazénu je místem opory sedačka a kajakář přitahuje paži k trupu.

Charvátová (2011) zkoumala timing svalů při záběru vpřed na rychlostním kajaku a na pádlovacím trenažéru. Výsledky ukazují na odlišnosti z důvodů nutnosti udržování postury při jízdě na kajaku a dochází k závěru, že pádlovací trenažér nemůže plnohodnotně nahradit trénink na kajaku, dokonce varuje před jeho negativním vlivem na techniku záběru. Ke stejnému závěru došel i Fleming (2007), jehož studie

vyhodnocovala rozdíly v aktivaci vybraných čtyř svalů na kajaku a pádlovacím trenažéru. Elektromyograficky byly sledovány svaly: m. deltoideus, m. triceps brachii, latissimus dorsi a quadriceps femoris. Vyhodnocován byl peak, timing svalů a délka aktivace jednotlivých svalů v průběhu záběru. Výsledky ukázaly při záběru na pádlovacím trenažéru, v porovnání se záběrem na kajaku, vyšší peak u m. deltoideus, m. triceps brachii a m. quadriceps femoris. Největší rozdíly vyhodnotili autoři u m. triceps brachii, který byl na trenažéru aktivní po delší část záběru a pracoval dvouvrcholově.

Součková (2015) porovnávala timing vybraných svalů ve flumu a na klidné vodě při přímém záběru na C1 v rychlostní kanoistice. Výsledky testování ukázaly rozdílné zapojení svalů v rozdílných prostředích. Shodné zapojení svalů nachází ve fázi zasazení a vytažení záběru, v ostatních fázích záběru nenachází dostatečnou podobnost. Na základě výsledků své práce doporučuje bazén s protiproudem jako vedlejší tréninkový prostředek v zimním období z důvodů tréninku stability, ale jako náhradu klasického tréninku ho nedoporučuje. Pro vysokou psychickou náročnost tréninku na rychlostní kánoi v bazénu s protiproudem doporučuje trénink pouze pro závodníky vrcholové úrovně.

Zahraniční studie týkající se kanoistiky a využívající EMG se zaměřují na svalový timing, ale pouze na pádlovacím ergometru Trevithick (2007) a Wassinger (2011). Fleming (2012a) pak srovnával pádlování na rovné vodě a ergometru, kdy našel výrazně vyšší zapojení svalů m. triceps brachii a m. latissimus dorsi na rovné vodě a naopak m. deltoideus anterior se zapojoval více na ergometru, z důvodu zpětného rázu napětí.

3. Cíle a úkoly práce, hypotézy

3.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je pomocí povrchové elektromyografie popsat a porovnat přímý záběr vpřed na kajaku v bazénu s protiproudem a na klidné vodě.

Na základě výsledků výzkumu bude navrženo praktické doporučení do tréninkového procesu vodních slalomářů.

3.2 Úkoly

Na základě výše uvedených cílů byly stanoveny následující úkoly:

- přehledné zpracování literatury zabývající se danou problematikou,
- určení svalů, které budou sledovány,
- zajištění prostoru a technického vybavení pro provedení výzkumu,
- vytvoření homogenního vzorku probandů pro výzkum,
- pomocí PEMG změřit vybrané svaly při jízdě na kajaku ve flumu a na klidné vodě, současně zaznamenat sledované činnosti na videokameru,
- zpracování a interpretace výsledků experimentu,
- vyvodit diskusi, formulovat závěr a na základě zjištěných poznatků vytvořit doporučení pro praxi.

3.3 Hypotézy

Hypotézy byly sestaveny vzhledem k vytyčenému cíli diplomové práce, na základě studia dostupných literárních zdrojů zabývajících se kanoistikou a na základě teoretických východisek práce.

H₁: Sled aktivace vybraných svalů (timing) bude shodný při pádlování v bazénu s protiproudem a na klidné vodě.

H₂: Velikost aktivity vybraných svalů bude vyšší v bazénu s protiproudem než na klidné vodě.

4. Metodika práce

4.1 Charakter výzkumu

Studie je deskriptivní komparativně analytického charakteru s intraindividuálním a následným interindividuálním zhodnocením. Výzkum byl proveden u vzorku osmi probandů vrcholové výkonnosti ve vodním slalomu. Cílem bylo sledovat aktivitu dvanácti vybraných svalů pomocí povrchové elektromyografie při přímém záběru na kajaku v bazénu s protiproudem a na klidné vodě. Metoda PEMG umožnila posoudit sled aktivace svalů (timing) a velikost aktivace svalů vzhledem k MVC. Práce vychází z kvantitativního zpracování dat. Zobecnění výsledků na celou populaci není možné.

4.2 Výzkumný soubor

Výběr probandů byl založen na základě ankety sestavené pro účely diplomové práce (viz. Příloha č. 3). Probandi museli splňovat následující kritéria:

- dostatečná zkušenost (alespoň 7 let závodní praxe) ve vodním slalomu
- stejná věková kategorie (senioři) ve vodním slalomu
- vysoká výkonnostní úroveň stanovená účastí v nejvyšší české soutěži - Český pohár v roce 2014
- negativní anamnéza úrazů, operací, chronické i akutní bolesti v oblasti ramenního pletence
- absence vrozených či získaných abnormalit horní končetiny, poruch nervosvalového přenosu a svalové dráždivosti

Na základě ankety byl záměrně vybrán reprezentativní vzorek 8 probandů mužského pohlaví ve věku od 20 do 28 let, jejichž průměrný věk činil 23 let.

Tabulka č. 2 Základní charakteristika probandů

	Proband číslo							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Věk	22	20	22	28	24	26	20	24

Probandi se výzkumu účastnili dobrovolně. Před zařazením do výzkumu podepsali informovaný souhlas (viz. Příloha č. 2), kde byli předem seznámeni s účelem a průběhem výzkumu a interpretací výsledků. Výzkum byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem 140/2014 (viz Příloha č. 1).

4.3 Sběr dat

4.3.1 Povrchová elektromyografie

K získání dat jsme použili šestnáctikanálový EMG přístroj ME - 6000 značky Megawins s těmito parametry:

Tabulka č. 3 Charakteristika EMG přístroje

Sledovaný parametr	
Značka:	Megawin (Meg electronics)
Místo výroby:	Finsko
Vzorkování (Hz):	100/250/1000/2000/5000/10000
Počet kanálů:	16
Rozlišení (bit):	14
Typ EMG:	Průměrný/RAW/RMS/Integrovaný
Příslušenství:	8 kabelů zakončených dvojicemi Ag elektrod



Obrázek č. 10 EMG přístroj (Součková, 2014)

4.3.2 Kinematická analýza

Synchronně s EMG záznamem byl pořízen videozáznam prostřednictvím digitální kamery značky Sony 900VCR. Díky synchronizaci obou přístrojů, jsme měli možnost kontrolovat průběh záběru, věrnost záznamu a analyzovat jednotlivé záběrové fáze.

4.3.3 Popis používaného materiálu

Pro měření aktivity vybraných svalů při jízdě na kajaku byla zvolena loď značky Prijon Soča. Z důvodu zachování co nejlepší techniky pádlování měl každý z probandů vlastní pádlo.

4.3.4 Průběh elektromyografického vyšetření

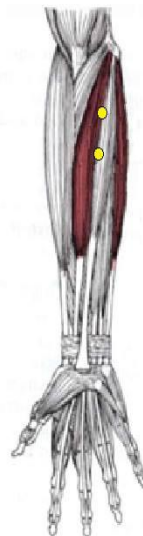
Všechna měření proběhla během jednoho týdne v prostorách Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy. Na jeden den připadlo měření dvou probandů, kdy první měření probíhalo v laboratoři katedry plaveckých sportů v bazénu s protiproudem, poté byli probandi převezeni do prostorů Loděnice Troja, kde se na klidné vodě na Vltavě uskutečnila druhá část měření.

Polyelektromyografické vyšetření bylo prováděno přístrojem ME - 6000 značky Megawins. Probandům byly na suchou pokožku (očištěnou lihobenzinem následně obroušenou brusným papírem a očištěnou na závěr vlhkou gázou) nalepeny párové Ag/AgCl elektrody ECD Electrodes o průměru 1 cm (respektive 0,5 cm pro svaly předloktí) od firmy Medico Lead-Lok. Vzdálenost mezi středy elektrod snímající jeden sval byla 3 cm. Umístěny byly vždy paralelně s průběhem svalových vláken mimo oblast motorického bodu či šlachy svalu (De Luca, 2002). Zemní elektroda byla umístěna dle protokolu programu Megawin. Pro zajištění co největší objektivity měření byly elektrody nalepeny na kůži vždy stejnou osobou a během celého měření s nimi nebylo manipulováno. Vzhledem k zapojování svalů při přímém záběru na kajaku a možnostem povrchové elektromyografie byly vybrány následující svaly (vždy bilaterálně): m. biceps brachii - caput longum, m. triceps brachii - caput longum, m. pectoralis major - pars sternalis, m. latissimus dorsi (Kračmar, 2001). Svaly mm. extensores antebrachii a mm. flexores antebrachii byly vybrány na základě subjektivního hodnocení jízdy v bazénu s protiproudem kajakáři, kteří udávali vyčerpání svalů předloktí při výzkumu Busty (2013).

Elektrody pro mm. extensores byly umístěny nad svalovým bříškem na dorsolaterální straně předloktí, jak naznačuje obrázek č. 11. Lokalizace elektrod pro mm. flexores je zobrazena na obrázku č. 12, elektrody byly umístěny nad svalovým bříškem z ventrální strany předloktí.

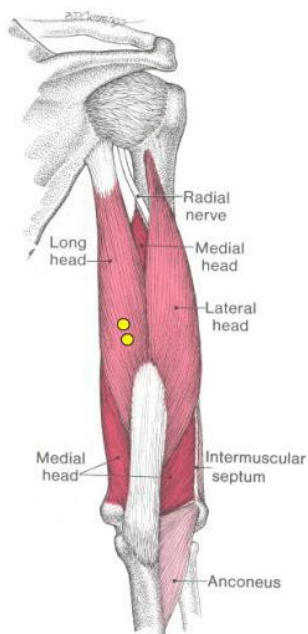


Obrázek č. 11 Lokalizace elektrod
mm. extensores (Travell, 1999)

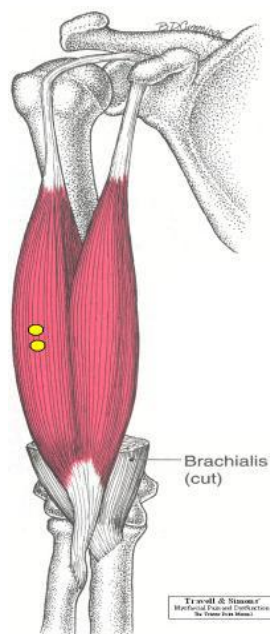


Obrázek č. 12 Lokalizace elektrod
mm. flexores (Travell, 1999)

Elektrody pro m. biceps brachii byly umístěny přibližně v polovině délky humeru ventrálně (Obrázek č. 14) pro m. triceps brachii taktéž přibližně v polovině délky humeru z dorsální strany (Obrázek č. 13).



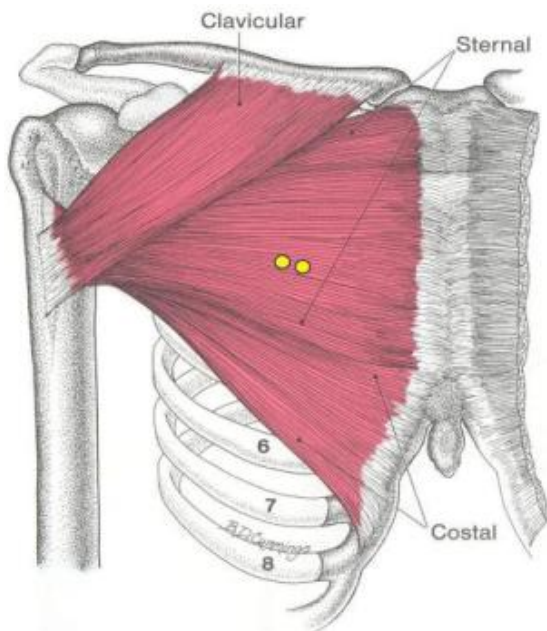
Obrázek č. 13 Lokalizace elektrod m.
triceps brachii (Travell, 1999)



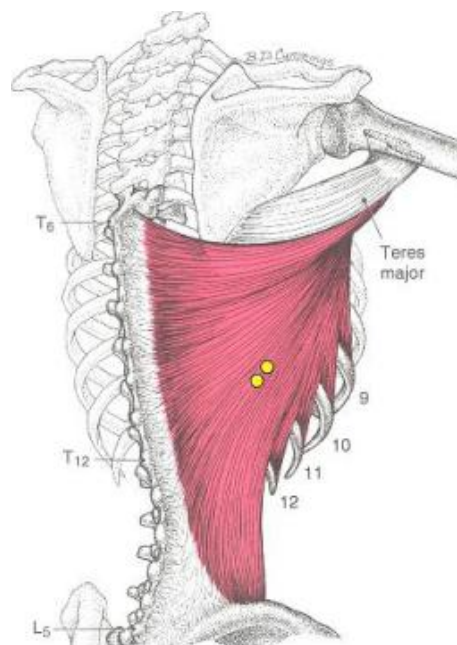
Obrázek č. 14 Lokalizace elektrod m.
biceps brachii (Travell, 1999)

Elektrody pro m. pectoralis major byly umístěny na ventrální straně hrudníku, v místě svalového břicha sternální části svalu (Obrázek č. 15) a pro m. latissimus dorsi

bylo umístění na dorsální straně hrudníku (Obrázek č. 16). Všechny elektrody byly umístěny v souladu s protokolem programu Megawin. Přesná lokalizace se může u jednotlivých probandů nepatrně lišit.



Obrázek č. 15 Lokalizace elektrod *m. pectoralis major* (Travell, 1999)



Obrázek č. 16 Lokalizace elektrod *m. latissimus dorsi* (Travell, 1999)

Kabely byly pomocí náplasti připevněny na kůži, abychom předešli vzniku artefaktů jejich volným pohybem. Při jízdě na kajaku byli probandi oblečení do elastického trička, které snižovalo pohyb kabelů a riziko vypadnutí elektrody při pádlování.

4.3.5 Určení maximální volní kontrakce

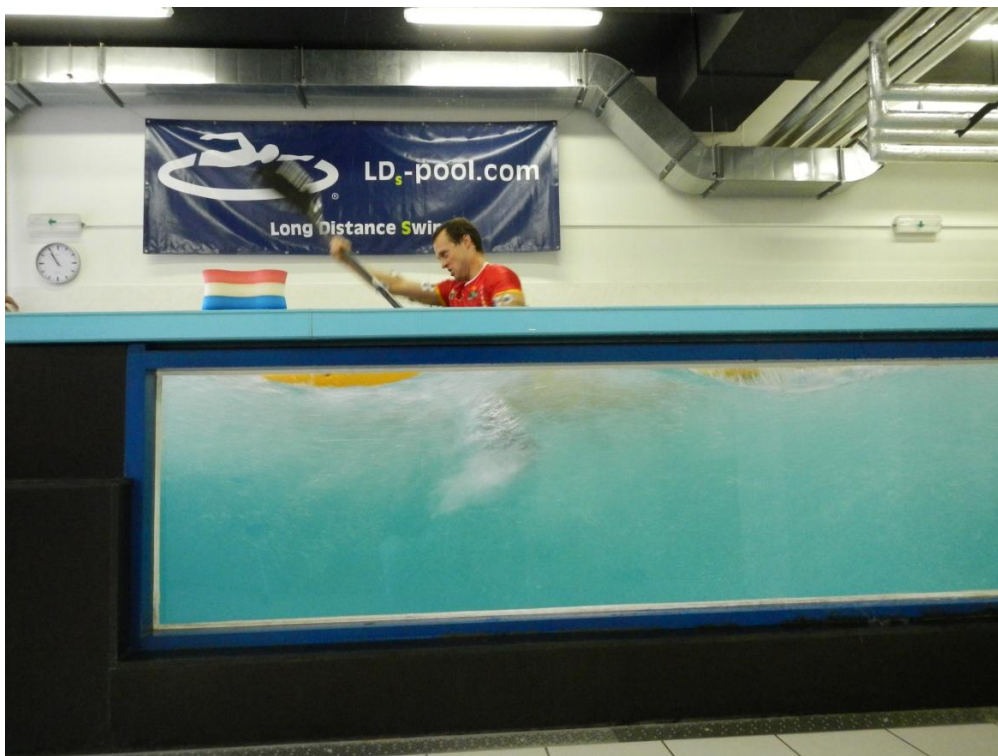
Před vlastním měřením lokomoce byla u každého probanda z důvodu normalizace změřena hodnota maximální volní kontrakce (MVC) pro každý ze sledovaných svalů. Výchozí poloha, provedení pohybu a kladení odporu terapeutem odpovídaly Jandovu (2004) svalovému testu.

U každého ze sledovaných svalů byla měřena maximální volní kontrakce třikrát. Doba provedení MVC byla deset vteřin mezi pokusy byla zařazena dvouminutová pauza na regeneraci svalů. Z desetivteřinové kontrakce Pro další zpracování výsledků

byla ze tří měřených pokusů vypočítána průměrná hodnota MVC každého svalu (Otáhal, 1999).

4.3.6 Vlastní měření a standardizace podmínek

Po určení MVC následovalo vlastní měření vybraných svalů při přímém záběru na kajaku a to nejprve v bazénu s protiproudem a poté na klidné vodě v areálu Loděnice Troja. Před začátkem měření byl přístroj EMG ME - 6000 nastaven a synchronizován s videokamerou, poté vložen probandovi do kajaku. Před měřením proběhla desetiminutová adaptace na dané podmínky. Jedinec se rozpádloval v bazénu s protiproudem, čímž se rozcvičil a zahřál. Následoval test, při kterém proband pádloval jednu minutu v submaximální intenzitě zátěže (60 - 70% dle TF) a bezprostředně navazovala jedna minuta pádlování na maximální intenzitu.



Obrázek č. 17 Měření v bazénu s protiproudem (vlastní snímek)

Po měření v bazénu s protiproudem následoval přesun do areálu Loděnice Troja, kde pokračovalo měření na klidné vodě. Proband měl opět deset minut na rozpádlování. Poté přišlo na řadu vlastní měření, při kterém pádloval jednu minutu v submaximální intenzitě (60 - 70% dle TF) a bezprostředně následovala jedna minuta pádlování na

maximální intenzitu. Měření byla oddělena čtyřicetiminutovou pauzou z důvodu přesunu z Fakulty tělesné výchovy a sportu do areálu Loděnice Troja.

Standardizaci podmínek zajišťoval prostor výzkumné laboratoře katedry plaveckých sportů UK FTVS, při měření na klidné vodě v areálu Loděnice Troja pak bezvětří a přívětivá teplota vzduchu (14-16°C) i vody (13°C), které se za dobu měření (10 min) nezměnily.

Probandi jsou díky svým zkušenost adaptováni na cyklický lokomoční pohyb jízdy na kajaku. S elektrodami nebylo po celou dobu měření manipulováno, ale po každém měření bylo jejich umístění zkontrolováno.

4.4 Analýza dat

Měření maximální volní kontrakce proběhlo na každém svalu třikrát po dobu deseti sekund. Mezi jednotlivými pokusy byla zařazena dvouminutová pauza. Z měření každého svalu byl vybrán dvouvteřinový úsek ustáleného signálu a hodnoty z těchto tří dvouvteřinových úseků byly zprůměrovány, tím vznikla výsledná hodnota MVC pro daný sval (Otáhal, 1999).

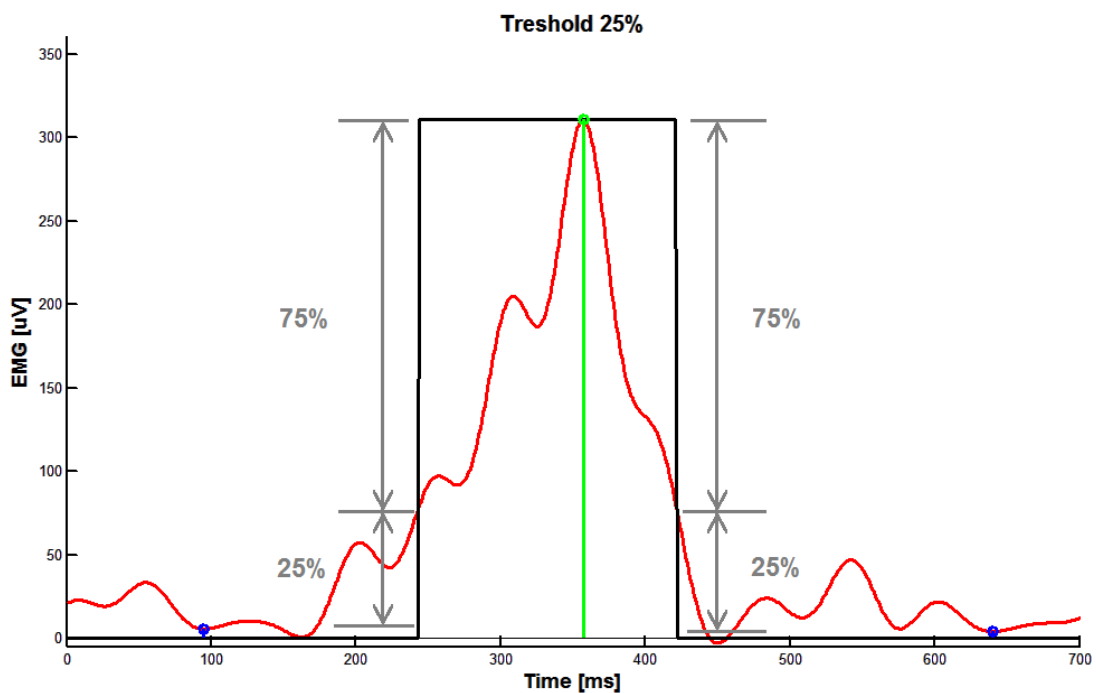
Naměřená data byla vyhodnocována v Programu Megawin. Na surovém záznamu byla provedena rektifikace a vyhlazení signálu. Pro analýzu dat byly vybrány hodnoty z časového úseku jedna minuta pádlování na maximální intenzitu z výše uvedeného testu, což odpovídalo 50 ± 3 krokovým cyklům. Příloha č. 4 obsahuje ukázkou stanovení průměrného kroku u m. latissimus dorsi dx. U pádlování hodnotíme podobně jako u chůze jednotlivé kroky. Vzhledem k tomu, že se jedná o cyklický pohyb, můžeme si určit začátek cyklu. Námi stanovený krok byl vztažen k vrcholu aktivity m. latissimus dorsi dx., který se zapojuje ve fázi tažení.

Začátek krokového cyklu je tedy ve fázi tažení, přibližně při 90° flexi v lokti, kdy je jeho aktivita největší, avšak u jednotlivých probandů se to může lišit v závislosti na individuálním provedení záběru. Obsahu jednoho krokovému cyklu odpovídá ipsilaterální záběr, poté kontralaterální a cyklus končí opět v době nejvyšší aktivity m. latissimus dorsi dx. Z naměřených údajů byla získána maximální hodnota amplitudy průměrného krokového cyklu (mean) u všech snímaných svalů.

Velikost zapojení svalů popisujeme pomocí procentuálního zapojení svalů vzhledem k MVC vypočítané v programu Microsoft Office Excel 2007 pomocí vzorce uvedeného Bernardem (2006):

$$\% \text{ MVC} = 100 \times \text{mean} / \text{MVC}$$

K automatické detekci svalové aktivity na základě povrchově snímaného EMG signálu jsme využili prahování signálové obálky (treshold), které je graficky znázorněné na obrázku č. 10.



Obrázek č. 18 Prahování s prahem 25% (Sedlák, 2015)

(Legenda: červená barva- obálka EMG signálu, černá barva- výsledek detekce, modrá- minimální hodnota obálky, zelená- maximální hodnota obálky použité při detekci)

Obálka EMG signálu je stanovena jako absolutní hodnota EMG signálu filtrována dolní propustí s mezní frekvencí 20 Hz. Součástí detekce počátku a konce

svalové aktivity je při této metodě určení vhodné hodnoty prahu. Práh detekce je stanoven na základě lokálních extrémů signálové obálky jako

$$(\text{maximum} - \text{minimum}) * 0.25 + \text{minimum}.$$

Detekce počátku využívá práh určený z minimální hodnoty obálky předcházející EMG aktivaci a detekce konce využívá práh určený z minimální hodnoty obálky, která následuje po EMG aktivaci. Přesné pozice lokálních extrémů jsou stanoveny na základě analýzy průměrné obálky, která předchází samotnou detekci EMG aktivací (Sedlák, 2015).

Sled aktivace sledovaných svalů je zaznamenán procentuelně, časový zápis nelze použít (doba jednoho cyklu je u každého probanda individuální). Z výsledných procentuálních hodnot bylo vypočítáno průměrné pořadí, ve kterém se svaly zapojovaly od začátku krokového cyklu. Získané hodnoty byly pro další výpočty zaokrouhleny na celá čísla.

Významnost vztahu v pořadí zapojování svalů mezi jízdou ve flumu a na klidné vodě byla určena výslednou hodnotou Spearmanově koeficientu pořadové korelace (r_{sp}). Tento koeficient se využívá na výpočet pořadí hodnot sledovaných veličin:

$$r_{sp} = 1 - \frac{6 \sum D_i^2}{n * (n^2 - 1)}$$

Ve vzorci pro výpočet Spearmanova koeficientu pořadové korelace představuje D_i rozdíl v pořadí hodnot x_i a y_i příslušných korelačních dvojic, kde x_i a y_i reprezentují pořadová čísla proměnných a n počet měřených proměnných. Pro interpretaci rozdílů v pořadí zapojování svalů u jednotlivců v našem měření byla stanovena hladina statistické významnosti $\alpha > 0.05$, které kritická hodnota byla zvolena vždy dle příslušného počtu proměnných ($n = 18 - 19$ měřených aktivací svalů) (Hendl, 2006; Walker 2013).

Interindividuální porovnání výsledků je zpracováno pomocí procentuálního rozdílu měřených svalů mezi výsledky jízdy v bazénu s protiproudem a na klidné vodě.

Hodnoty procentuálního zapojení jednotlivých svalů vzhledem k MVC byly zaokrouhleny na celá čísla. V případě dvouvrcholové aktivace svalu byla započítávána průměrná hodnota těchto dvou aktivací.

Poměr procentuálních hodnot aktivace měřených svalů (dále značen jako ω) mezi jízdou v bazénu s protiproudem a na klidné vodě byl u každého z probandů vypočítán pomocí vzorce:

:

$$\omega = \frac{\Sigma \% MVC_B}{\Sigma \% MVC_V}$$

$\Sigma \% MVC$ představuje součet všech procentuálních hodnot aktivace svalu vzhledem k maximální MVC, $_B$ označuje v bazén s protiproudem, $_V$ označuje klidnou vodu.

5. Výsledky

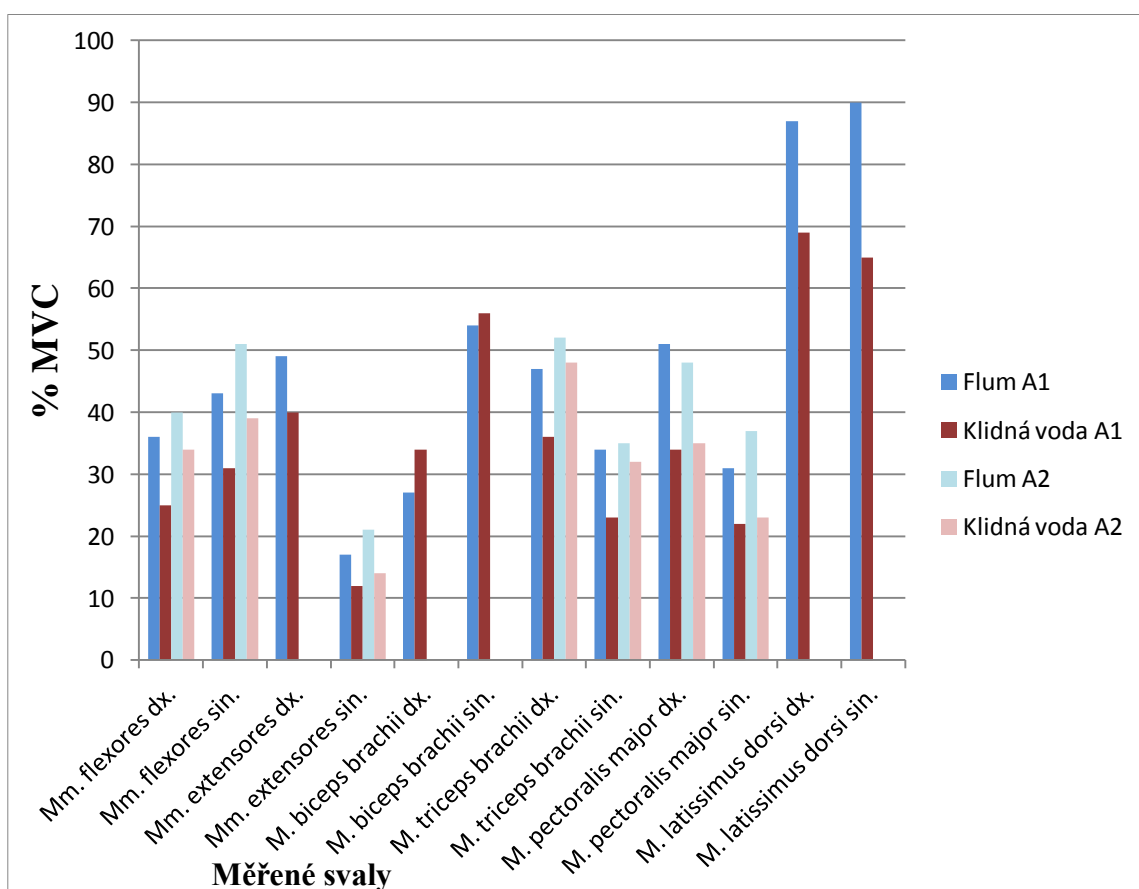
U každého probanda jsme hodnotili nejprve velikost aktivace svalů vzhledem k MVC při jízdě v bazénu s protiproudem a na klidné vodě. Získané údaje jsou přehledně zpracovány v grafu č 1-8. Pro interpretaci výsledků jsme použili popis dle Bernarda (2006). Dále jsem hodnotili u každého probanda sled aktivace svalů při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem a na klidné vodě. Data sledu aktivace svalů jsou zpracována pomocí tabulky č. 4-12.

Výsledky jsou prezentovány intraindividuálně a následně interindividuálně.

5.1 Proband č. 1

Proband vykonával pohyb s maximální intenzitou, přičemž v bazénu s protiproudem (flumu) dosáhl hodnot 170 tepů za minutu a na klidné vodě 173 tepů za minutu.

V první části je popsán procentuální zapojení vybraných svalů vzhledem k maximální hodnotě MVC. U dvanácti vybraných svalů došlo u probanda č. 1 k devatenácti aktivacím, to znamená, že některé svaly se aktivovaly během jednoho cyklu dvakrát. V grafu č. 1 jsou tyto aktivace znázorněny jako A1 pro první aktivaci svalu a A2 pro případnou druhou aktivaci.



Graf č. 1 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č. 1

Z grafu č. 1 je zřejmé, že v průběhu měření v bazénu s protiproudem se svaly aktivovaly více než na klidné vodě (s výjimkou m. biceps brachii bilaterálně) a to průměrně o 10%. M. latissimus dorsi bilaterálně dosahuje v bazénu s protiproudem až k horní hranici kategorie velmi silné zapojení svalu (90% MVC), na klidné vodě je jeho aktivita o 20% nižší a dosahuje pouze horní hranice kategorie silné zapojení, s tím že

větší rozdíly se objevují u m. latissimus dorsi sin. Mm. flexores bilaterálně, které mají dvouvrcholovou aktivitu během cyklu, dosahují v průměru o 10% vyšší hodnoty v bazénu s protiproudem než na klidné vodě. M. biceps brachii je jediným svalem, který dosahuje vyšších hodnot na klidné vodě, m. biceps brachii sin. vyvíjí během cyklu silnou aktivitu, m. biceps brachii naopak jen slabou.

Tabulka č. 4 Porovnání timingu svalů u probanda č. 1

Název svalu, dx./sin., Aktivace	Flum		Klidná voda	
	Procento	Průměrné pořadí	Procento	Průměrné pořadí
Mm. extensores sin.	15	1	18	1
Mm. flexores dx.	17	2	26	2
Mm. flexores sin.	24	3	30	3
M. triceps brachii sin.	29	4	33	4
M. pectoralis major sin.	33	6	35	6,5
M. latissimus dorsi sin.	33	6	36	8,5
M. triceps brachii dx.	33	6	35	6,5
M. pectoralis major dx.	34	8	34	5
Mm. extensores sin. A2	35	9	36	8,5
M. biceps brachii sin.	42	10	45	10
Mm. flexores dx. A2	62	11	74	11
M. triceps brachii dx. A2	76	12	80	12,5
Mm. flexores sin. A2	78	13	80	12,5
M. triceps brachii sin. A2	80	14	82	14
M. latissimus dorsi dx.	81	15	83	15,5
M. pectoralis major dx. A2	82	16	83	15,5
Mm. extensores dx.	86	17	88	18
M. biceps brachii dx.	88	18,5	97	19
M. pectoralis major sin. A2	88	18,5	87	17

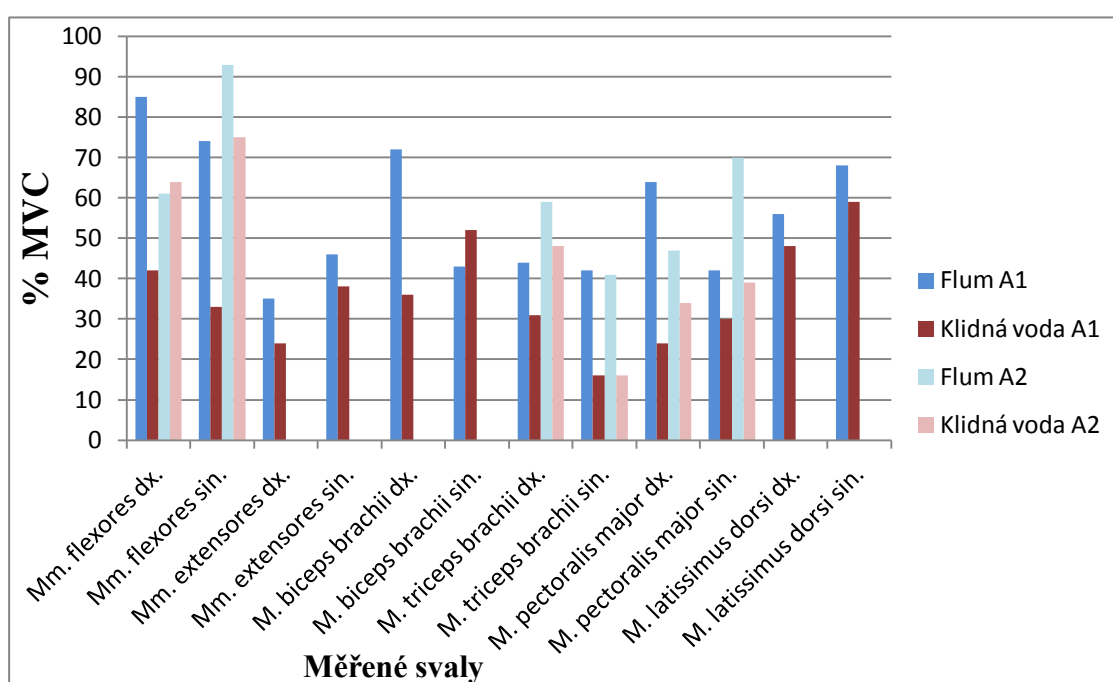
Legenda:
A2- druhá aktivace svalu; procento: uvádí v kterém procentu pohybového cyklu se sval zapojil; průměrné pořadí: uvádí pořadí zapojení svalu od zahájení cyklu. V případě že se svaly zahajují ve stejný moment, uvádí tabulka průměrnou hodnotu (suma hodnot dělená jejich počtem).

Tabulka č. 4 uvádí pořadí dle aktivace svalů v průměrném krokovém cyklu v procentech a jejich průměrné pořadí. U probanda č. 1 se m. biceps brachii dx. na klidné vodě zapojuje o 9% cyklu později než v bazénu s protiproudem a mm. flexores dx. o 9% později resp. o 12% při jeho druhé aktivaci během cyklu. Spearmanův koeficient pořadové korelace odhalil signifikantní vztah ($r_{sp} = 0.98$) mezi pořadím zapojování svalů v bazénu s protiproudem a na klidné vodě a to na hladině významnosti $\alpha < 0.002$.

5.2 Proband č. 2

Proband vykonával pohyb s maximální intenzitou, přičemž v bazénu s protiproudem (flumu) dosáhl hodnot 177 tepů za minutu a na klidné vodě 176 tepů za minutu.

V první části je popsán procentuální zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC. U dvanácti vybraných svalů došlo u probanda č. 2 k osmnácti aktivacím, to znamená, že některé svaly se aktivovaly během jednoho cyklu dvakrát. V grafu č. 2 jsou tyto aktivace znázorněny jako A1 pro první aktivaci svalu a A2 pro případnou druhou aktivaci.



Graf č. 2 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č. 2

Z grafu č. 2 je zřejmé, že v průběhu pádlování v bazénu s protiproudem se svaly aktivovaly výrazně více než na klidné vodě (s výjimkou m. biceps brachii sin.) a to průměrně o 18%. Proband č. 2 zapojoval mm. flexores bilaterálně v bazénu s protiproudem velmi silně (průměrně 78%) u mm. flexores sin. to bylo až u hranice extrémní aktivace svalu. Na klidné vodě bylo průměrné zapojení mm. flexores bilaterálně o 25% nižší. M. biceps brachii dx. byl v bazénu s protiproudem aktivován přesně dvakrát více než na klidné vodě, naopak m. biceps brachii sin. byl jediným svalem více aktivovaným na klidné vodě než v bazénu s protiproudem a to o 9%.

Výrazně vyšších hodnot dosahují v bazénu s protiproudem svaly m. triceps brachii sin. a m. pectoralis major dx. (shodně o 25,5%) a m. pectoralis major sin. (o 21%).

Tabulka č. 5 Porovnání timingu svalů u probanda č. 2

Název svalu, dx./sin., Aktivace	Flum		Klidná voda	
	Procento	Průměrné pořadí	Procento	Průměrné pořadí
Mm. flexores sin.	31	1,5	30	2
Mm. flexores dx.	31	1,5	32	3
M. triceps brachii dx.	34	3	36	5
M. latissimus dorsi sin.	36	4,5	37	6,5
M. pectoralis major sin. A2	36	4,5	35	4
M. triceps brachii sin.	37	6	20	1
Mm. extensores sin.	39	7	37	6,5
M. pectoralis major dx.	42	8	45	9
M. biceps brachii sin.	43	9	39	8
Mm. flexores sin. A2	77	10	77	11
M. triceps brachii sin. A2	82	11	68	10
M. triceps brachii dx. A2	84	12	81	12
Mm. flexores dx. A2	85	13	83	13
M. pectoralis major dx. A2	86	14	84	14
M. latissimus dorsi dx.	87	15	87	15
Mm. extensores sin.	91	16	92	16
M. biceps brachii dx.	92	17	96	18
M. pectoralis major sin.	96	18	93	17

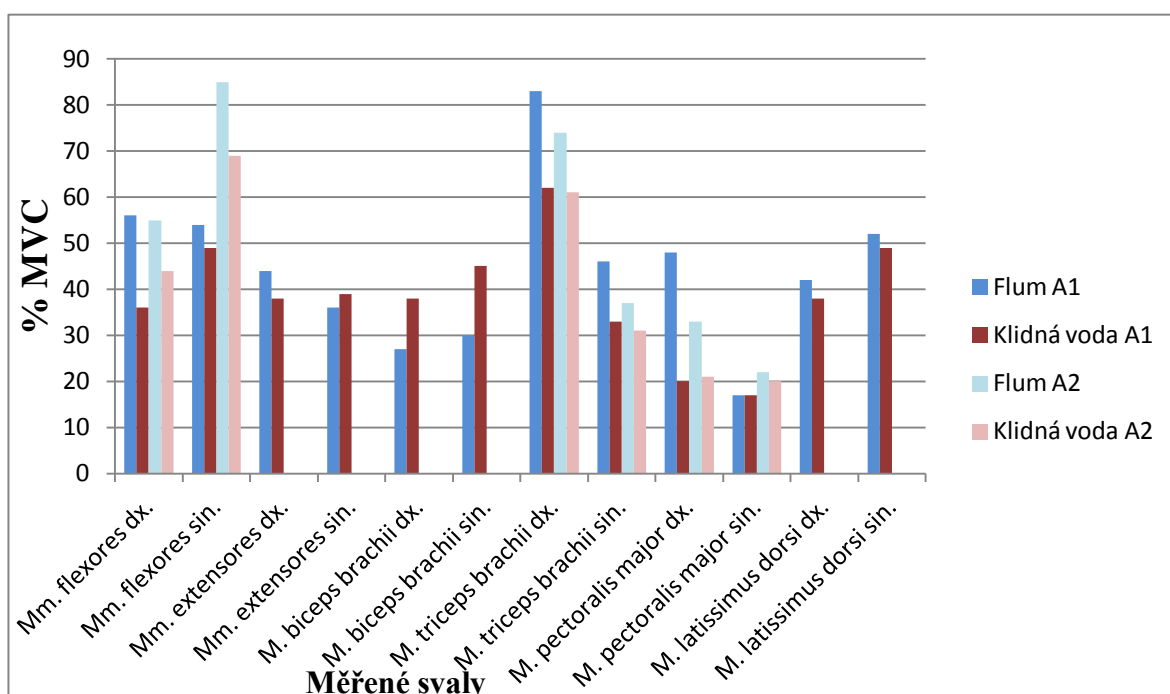
Legenda:
A2- druhá aktivace svalu; Procento: uvádí v kterém procentu pohybového cyklu se sval zapojil;
Průměrné pořadí: uvádí pořadí zapojení svalu od zahájení cyklu. V případě že se svaly zahajují ve stejný moment, uvádí tabulka průměrnou hodnotu (suma hodnot dělená jejich počtem)

Tabulka č. 5 uvádí pořadí dle aktivace svalů v průměrném krokovém cyklu v procentech a jejich průměrné pořadí. U probanda č. 2 dochází k dřívější aktivaci m. triceps brachii sin. na klidné vodě, kde se zapojuje jako první sval cyklu na 20%, v bazénu s protiproudem je to až na 37% a v rámci průměrného pořadí je to 6. sval. I jeho druhá aktivace v cyklu nastává na klidné vodě dříve a to o 14%. Spearmanův koeficient pořadové korelace odhalil signifikantní vztah ($r_{sp} = 0,96$) mezi pořadím zapojování svalů v bazénu s protiproudem a na klidné vodě a to na hladině významnosti $\alpha < 0.002$.

5.3 Proband č. 3

Proband vykonával pohyb s maximální intenzitou, přičemž v bazénu s protiproudem (flumu) dosáhl hodnot 181 tepů za minutu a na klidné vodě 178 tepů za minutu.

V první části je popsán procentuální zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC. U dvanácti vybraných svalů došlo u probanda č. 3 k osmnácti aktivacím, to znamená, že některé svaly se aktivovaly během jednoho cyklu dvakrát. V grafu č. 3 jsou tyto aktivace znázorněny jako A1 pro první aktivaci svalu a A2 pro případnou druhou aktivaci.



Graf č. 3 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č.3

Graf č. 3 nám ukazuje průměrně vyšší aktivaci svalů v bazénu s protiproudem než na klidné vodě (o 8%). Nejvyšších hodnot dosahují svaly mm. flexores sin. a m. triceps brachii sin., oba s dvouvrcholovou aktivací během cyklu. V bazénu s protiproudem je jejich aktivace hodnocena jako velmi silná, na klidné vodě je to pak silná aktivita. M. biceps brachii bilaterálně se zapojuje více na klidné vodě než v bazénu s protiproudem a to o 11% u m. biceps brachii dx. a o 15% u m. biceps brachii sin. Dalšími svaly rovněž více aktivovanými na klidné vodě jsou mm. extensores sin., avšak pouze o 3%. M. pectoralis major sin. dosahuje velmi podobného zapojení v obou

prostředích (rozdíl 2% ve prospěch v bazénu s protiproudem), naopak u m. pectoralis major dx. dochází v bazénu s protiproudem k dvakrát vyšší aktivaci než na klidné vodě.

Tabulka č. 6 Porovnání timingu svalů u probanda č. 3

Název svalu, dx./sin., Aktivace	Flum		Klidná voda	
	Procento	Průměrné pořadí	Procento	Průměrné pořadí
Mm. flexores sin. A2	14	1	14	1
Mm. extensores dx.	25	2	26	2
Mm. flexores dx. A2	32	3,5	34	4,5
M. pectoralis major dx. A2	32	3,5	34	4,5
M. triceps brachii dx. A2	35	5	32	3
Mm. extensores sin.	37	7	37	7,5
M. latissimus dorsi sin.	37	7	37	7,5
M. triceps brachii sin. A2	37	7	36	6
M. biceps brachii sin.	38	9	40	10
M. pectoralis major sin. A2	39	10	39	9
Mm. flexores sin.	78	11	82	13,5
Mm. flexores dx.	80	12	82	13,5
M. triceps brachii sin.	81	13	82	13,5
M. pectoralis major sin.	86	14	76	11
M. triceps brachii dx.	87	15,5	88	17
M. latissimus dorsi dx.	87	15,5	87	16
M. pectoralis major dx.	88	17,5	82	13,5
M. biceps brachii dx.	88	17,5	90	18

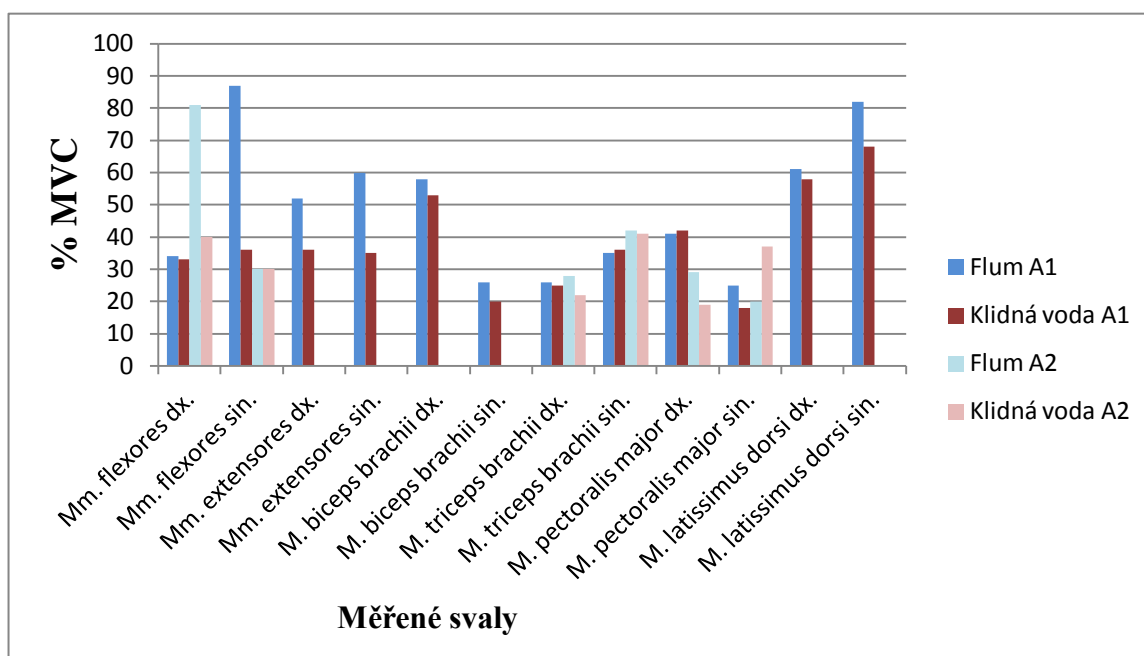
Legenda:
A2- druhá aktivace svalu; Procento: uvádí v kterém procentu pohybového cyklu se sval zapojil; Průměrné pořadí: uvádí pořadí zapojení svalu od zahájení cyklu. V případě že se svaly zahajují ve stejný moment, uvádí tabulka průměrnou hodnotu (suma hodnot dělená jejich počtem)

Tabulka č. 6 uvádí pořadí dle aktivace svalů v průměrném krokovém cyklu v procentech a jejich průměrné pořadí. Největší rozdíl ze sledovaných svalů je vidět u m. pectoralis major sin. při jeho druhé aktivaci, kdy se v bazénu s protiproudem zapojuje jako 14. sval v pořadí na 86% cyklu, na klidné vodě je to o 10% cyklu dříve a je 11. svalem v aktivovaném během cyklu. Spearmanův koeficient pořadové korelace odhalil signifikantní vztah ($r_{sp} = 0,95$) mezi pořadím zapojování svalů v bazénu s protiproudem a na klidné vodě a to na hladině významnosti $\alpha < 0.002$.

5.4 Proband č. 4

Proband vykonával pohyb s maximální intenzitou, přičemž v bazénu s protiproudem (flumu) i na klidné vodě dosáhl shodné tepové frekvence 177 tepů za minutu.

V první části je popsán procentuální zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC. U dvanácti vybraných svalů došlo u probanda č. 4 k osmnácti aktivacím, to znamená, že některé svaly se aktivovaly během jednoho cyklu dvakrát. V grafu č. 4 jsou tyto aktivace znázorněny jako A1 pro první aktivaci svalu a A2 pro případnou druhou aktivaci.



Graf č. 4 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č.4

Graf č. 4 nám ukazuje výrazně vyšší zapojení svalů předloktí v bazénu s protiproudem. Mm. flexores bilaterálně se zapojují průměrně o 24% více ve v bazénu s protiproudem než na klidné vodě a dosahují hodnot velmi silné aktivace. Mm. extensores bilaterálně se aktivují o 20,5% více v bazénu s protiproudem, kde dosahují silné aktivace, na klidné vodě je to pouze aktivace střední. M. pectoralis major bilaterálně je jediným z měřených svalů, který se více aktivuje na klidné vodě (o 6%). M. latissimus dorsi se bilaterálně aktivoval na silné úrovni, pouze m. latissimus dorsi

sin. v bazénu s protiproudem dosahoval hodnot velmi silné aktivace. Celkově se svaly v bazénu s protiproudem aktivovaly v průměru o 9% více než na klidné vodě.

Tabulka č. 7 Porovnání timingu svalů u probanda č. 4

Název svalu, dx./sin., Aktivace	Flum		Klidná voda	
	Procento	Průměrné pořadí	Procento	Průměrné pořadí
Mm. extensores sin.	23	1	21	1
Mm. flexores sin.	26	2	27	2
Mm. flexores dx.	30	3	33	4,5
M. triceps brachii dx.	32	4,5	30	3
M. triceps brachii sin.	32	4,5	33	4,5
M. latissimus dorsi sin.	34	6,5	36	7
M. biceps brachii sin.	34	6,5	38	8
M. pectoralis major sin. A2	37	8	35	6
M. pectoralis major dx.	38	9	41	9
Mm. flexores dx. A2	77	10	77	10
Mm. flexores sin. A2	81	11	83	13
M. triceps brachii dx. A2	82	12,5	79	11,5
M. triceps brachii sin. A2	82	12,5	79	11,5
M. biceps brachii dx.	83	14	84	15
Mm. extensores sin.	84	15,5	84	15
M. latissimus dorsi dx.	84	15,5	84	15
M. pectoralis major dx. A2	86	17	86	17
M. pectoralis major sin.	92	18	91	18

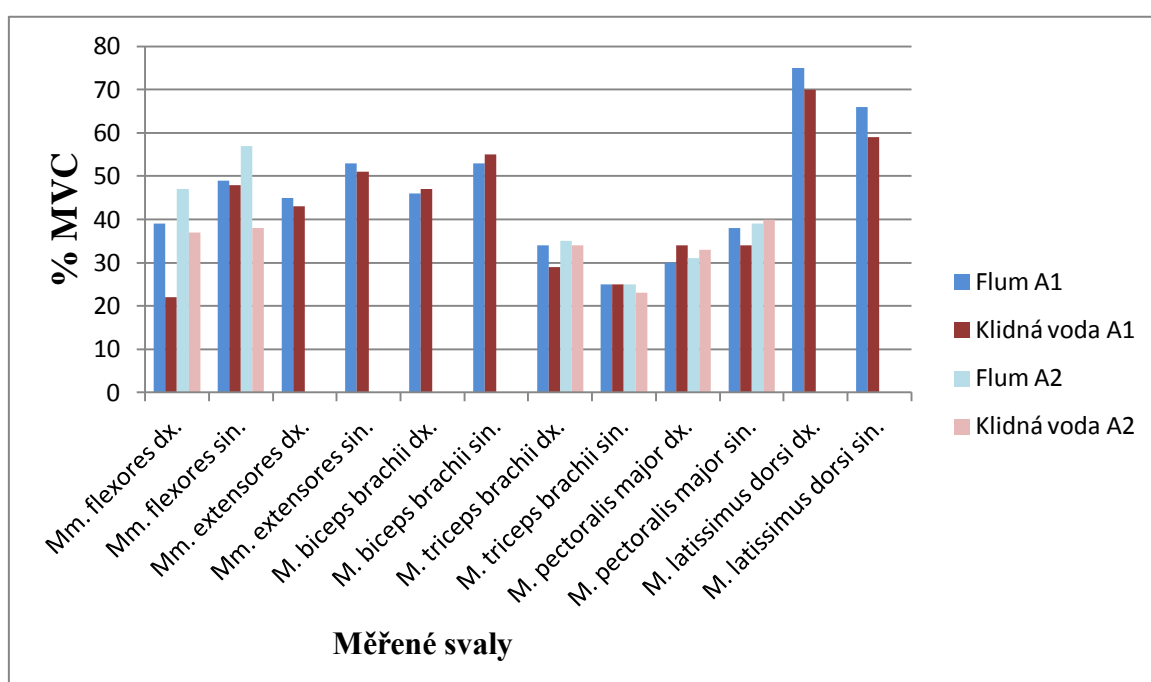
Legenda:
A2- druhá aktivace svalu; Procento: uvádí v kterém procentu pohybového cyklu se sval zapojil;
Průměrné pořadí: uvádí pořadí zapojení svalu od zahájení cyklu. V případě že se svaly zahajují ve stejný moment, uvádí tabulka průměrnou hodnotu (suma hodnot dělená jejich počtem)

Tabulka č. 7 uvádí pořadí dle aktivace svalů v průměrném krokovém cyklu v procentech a jejich průměrné pořadí. Spearmanův koeficient pořadové korelace odhalil signifikantní vztah ($r_{sp} = 0.98$) mezi pořadím zapojování svalů v bazénu s protiproudem a na klidné vodě a to na hladině významnosti $\alpha < 0.002$.

5.5 Proband č. 5

Proband vykonával pohyb s maximální intenzitou, přičemž v bazénu s protiproudem (flumu) dosáhl hodnot 182 tepů za minutu a na klidné vodě 179 tepů za minutu.

V první části je popsán procentuální zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC. U dvanácti vybraných svalů došlo u probanda č. 5 k osmnácti aktivacím, to znamená, že některé svaly se aktivovaly během jednoho cyklu dvakrát. V grafu č. 5 jsou tyto aktivace znázorněny jako A1 pro první aktivaci svalu a A2 pro případnou druhou aktivaci.



Graf č. 5 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č. 5

Z grafu č. 5 je vidět, že se u probanda č. 5 aktivovaly více svaly v bazénu s protiproudem než na klidné vodě a to o 4%, s výjimkou m. biceps brachii bilaterálně, který se zapojuje průměrně o 1,5% více na klidné vodě. Silné aktivace dosahuje m. latissimus dorsi sin., velmi silné pak m. latissimus dorsi dx. Oba svaly se v bazénu s protiproudem zapojují v průměru o 6% více než na klidné vodě. Mezi další svaly dosahující silné aktivace patří m. biceps brachii sin. a mm. extensores a to v bazénu s protiproudem i na klidné vodě. Nejvýraznějších rozdílů ve dvou různých prostředích dosahují z měřených svalů mm. flexores, zvláště pak mm. flexores sin., které se

v bazénu s protiproudem zapojují o 10% více než na klidné vodě a při druhé aktivaci v bazénu s protiproudem dosahují hodnot silného zapojení.

Tabulka č. 8 Porovnání timingu svalů u probanda č. 5

Název svalu, dx./sin., Aktivace	Flum		Klidná voda	
	Procento	Průměrné pořadí	Procento	Průměrné pořadí
Mm. flexores sin.	25	1	30	1,5
Mm. flexores dx.	29	2,5	30	1,5
M. pectoralis major sin. A2	29	2,5	32	4
M. triceps brachii sin.	30	4	31	3
M. triceps brachii dx.	31	5	34	5
M. latissimus dorsi sin.	32	6	36	6
M. pectoralis major dx. A2	34	7	38	7,5
Mm. extensores sin.	35	8	38	7,5
M. biceps brachii sin.	38	9	43	9
Mm. flexores dx. A2	65	10	63	10
M. pectoralis major dx.	79	11	86	14
Mm. flexores sin. A2	80	12	84	12
M. triceps brachii dx. A2	81	13	83	11
M. triceps brachii sin. A2	82	14	85	13
M. latissimus dorsi dx.	84	15,5	88	15
Mm. extensores sin.	84	15,5	89	16
M. biceps brachii dx.	85	17	90	17
M. pectoralis major sin.	86	18	91	18

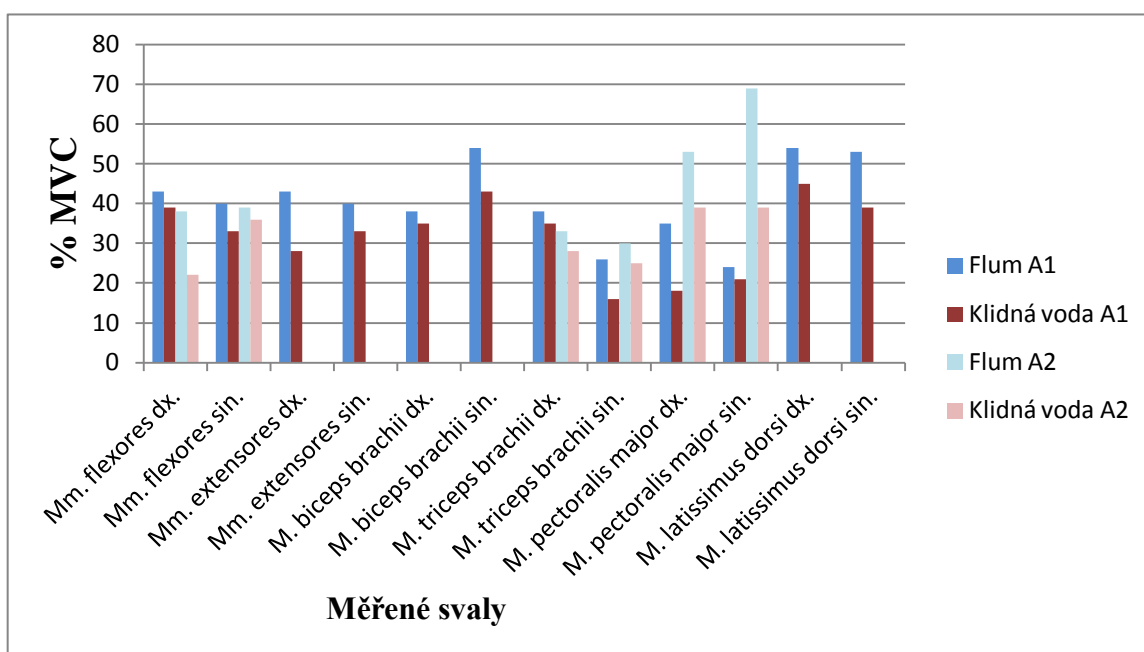
Legenda:
A2- druhá aktivace svalu; Procento: uvádí v kterém procentu pohybového cyklu se sval zapojil; Průměrné pořadí: uvádí pořadí zapojení svalu od zahájení cyklu. V případě že se svaly zahajují ve stejný moment, uvádí tabulka průměrnou hodnotu (suma hodnot dělená jejich počtem)

Tabulka č. 8 uvádí pořadí dle aktivace svalů v průměrném krokovém cyklu v procentech a jejich průměrné pořadí. U probanda č. 5 se m. pectoralis major dx. v bazénu s protiproudem aktivuje jako 11. sval v pořadí na 79% cyklu a na klidné vodě o 7% cyklu později jako 14. sval v pořadí. Spearmanův koeficient pořadové korelace odhalil signifikantní vztah ($r_{sp} = 0.98$) mezi pořadím zapojování svalů ve flumu a na klidné vodě a to na hladině významnosti $\alpha < 0.002$.

5.6 Proband č. 6

Proband vykonával pohyb s maximální intenzitou, přičemž v bazénu s protiproudem (flumu) dosáhl hodnot 176 tepů za minutu a na klidné vodě 179 tepů za minutu.

V první části je popsán procentuální zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC. U dvanácti vybraných svalů došlo u probanda č. 6 k osmnácti aktivacím, to znamená, že některé svaly se aktivovaly během jednoho cyklu dvakrát. V grafu č. 6 jsou tyto aktivace znázorněny jako A1 pro první aktivaci svalu a A2 pro případnou druhou aktivaci.



Graf č. 6 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č. 6

Z grafu č. 6 je zřejmé, že se všechny měřené svaly aktivovaly více v bazénu s protiproudem než na klidné vodě (průměrně o 10%). Mm. flexores bilaterálně se v bazénu s protiproudem zapojují o 7% více, mm. extensores bilaterálně pak o 11% více. Nejvýraznějších rozdílů ve dvou různých prostředích dosahuje m. pectoralis major bilaterálně, který se v bazénu s protiproudem aktivuje průměrně o 16% více a při své druhé aktivaci zde dosahuje hodnot silné aktivity. M. latissimus dorsi bilaterálně dosahuje také silné aktivity v bazénu s protiproudem, na rozdíl od klidné vody, kde se aktivuje průměrně o 12% méně a dosahuje pouze aktivity střední. Dalším svalem

dosahujícím hodnoty silné aktivace je m. biceps brachii sin. ve v bazénu s protiproudem, kde se aktivuje o 9% více než na klidné vodě.

Tabulka č. 9 Porovnání timingu svalů u probanda č. 6

Název svalu, dx./sin., Aktivace	Flum		Klidná voda	
	Procento	Průměrné pořadí	Procento	Průměrné pořadí
Mm. flexores sin. A2	15	1	16	1
M. triceps brachii sin. A2	35	2,5	36	3
M. triceps brachii dx. A2	35	2,5	38	4
M. latissimus dorsi sin.	37	4,5	39	5,5
Mm. flexores dx. A2	37	4,5	33	2
Mm. extensores sin.	38	6,5	39	5,5
M. pectoralis major sin. A2	38	6,5	40	7
M. biceps brachii sin.	40	8	43	8
M. pectoralis major dx.	43	9	45	9
Mm. flexores sin.	62	10	89	14,5
Mm. extensores sin.	73	11	71	10
Mm. flexores dx.	79	12	82	11
M. triceps brachii dx.	86	13	87	12
M. triceps brachii sin.	88	14,5	88	13
M. latissimus dorsi dx.	88	14,5	89	14,5
M. biceps brachii dx.	91	16,5	91	16,5
M. pectoralis major dx. A2	91	16,5	91	16,5
M. pectoralis major sin.	92	18	94	18

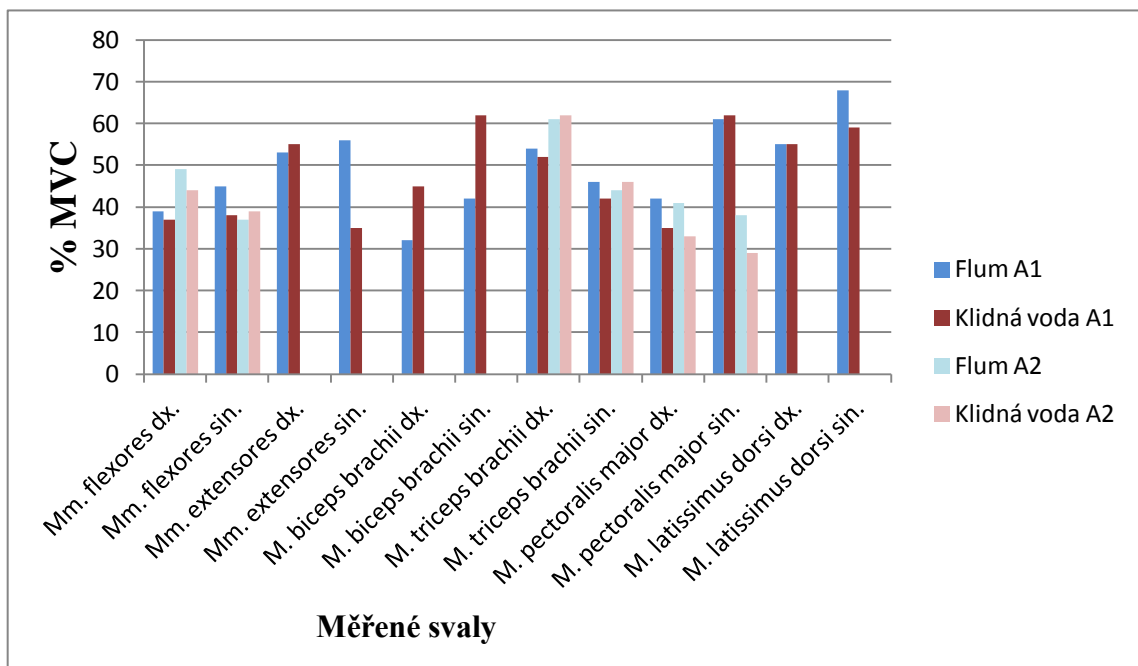
Legenda:
A2- druhá aktivace svalu; Procento: uvádí v kterém procentu pohybového cyklu se sval zapojil;
Průměrné pořadí: uvádí pořadí zapojení svalu od zahájení cyklu. V případě že se svaly zahajují ve stejný moment, uvádí tabulka průměrnou hodnotu (suma hodnot dělená jejich počtem)

Tabulka č. 9 uvádí pořadí dle aktivace svalů v průměrném krokovém cyklu v procentech a jejich průměrné pořadí. U probanda č. 6 se objevuje odlišné pořadí aktivace svalů u mm. flexores sin., které se v bazénu s protiproudem zapojují jako 10. sval v pořadí na 62% cyklu a na klidné vodě je to až na 89% cyklu jako 14-15 sval v pořadí. Spearmanův koeficient pořadové korelace odhalil signifikantní vztah ($r_{sp} = 0.96$) mezi pořadím zapojování svalů v bazénu s protiproudem a na klidné vodě a to na hladině významnosti $\alpha < 0.002$.

5.7 Proband č. 7

Proband vykonával pohyb s maximální intenzitou, přičemž v bazénu s protiproudem (flumu) dosáhl hodnot 181 tepů za minutu a na klidné vodě 178 tepů za minutu.

V první části je popsán procentuální zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC. U dvanácti vybraných svalů došlo u probanda č. 7 k osmnácti aktivacím, to znamená, že některé svaly se aktivovaly během jednoho cyklu dvakrát. V grafu č. 7 jsou tyto aktivace znázorněny jako A1 pro první aktivaci svalu a A2 pro případnou druhou aktivaci.



Graf č. 7 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č. 7

Graf č. 7 ukazuje u velké části měřených svalů hodnoty na úrovni silné aktivace svalu. Konkrétně se jedná o m. latissimus dorsi bilaterálně, m. pectoralis major sin., m. triceps brachii sin. a mm. extensores dx. U všech jmenovaných svalů dochází k silné aktivaci svalu v obou prostředích, mm. extensores sin. překračují hranici silné aktivace v bazénu s protiproudem a m. biceps brachii sin. na klidné vodě. Svaly se průměrně aktivují o 2% více v bazénu s protiproudem, výjimkou jsou m. biceps brachii bilaterálně, který se aktivuje o 17% více na klidné vodě. Mm. flexores bilaterálně se aktivují v bazénu s protiproudem o 3% více než na klidné vodě. Mm. extensores dx. se

aktivují na klidné vodě o 2% více než v bazénu s protiproudem, naopak mm. extensores sin. se aktivují o 21% více v bazénu s protiproudem.

Tabulka č. 10 Porovnání timingu svalů u probanda č. 7

Název svalu, dx./sin., Aktivace	Flum		Klidná voda	
	Procento	Průměrné pořadí	Procento	Průměrné pořadí
Mm. flexores dx.	26	1	30	2
Mm. extensores sin.	29	2	26	1
M. triceps brachii dx.	30	3	36	6
M. pectoralis major dx.	32	4	46	9
Mm. flexores sin.	32	5	32	3
M. triceps brachii sin.	33	6	34	4
M. latissimus dorsi sin.	35	7	35	5
M. biceps brachii sin.	37	8,5	41	8
M. pectoralis major sin. A2	37	8,5	38	7
Mm. flexores dx. A2	62	10	64	10
Mm. flexores sin. A2	85	11	88	15
M. triceps brachii dx. A2	86	12,5	86	13
M. triceps brachii sin. A2	86	12,5	85	12
M. pectoralis major dx. A2	87	15	93	17
M. latissimus dorsi dx.	87	15	87	14
Mm. extensores sin.	87	15	89	16
M. biceps brachii dx.	92	17	97	18
M. pectoralis major sin.	95	18	77	11

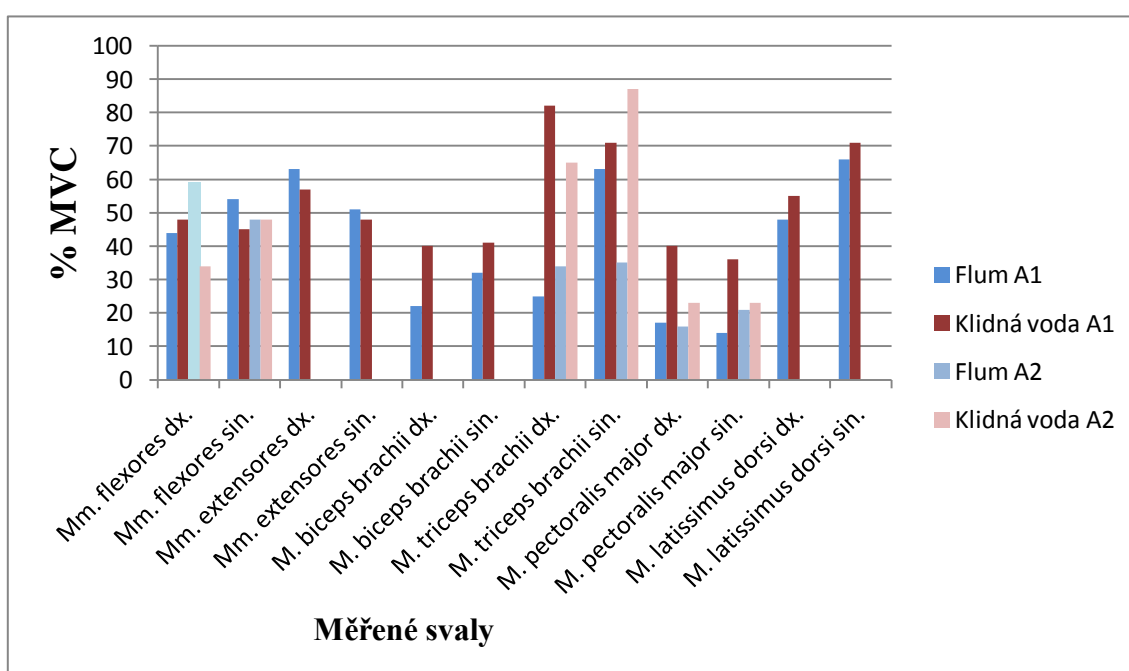
Legenda:
A2- druhá aktivace svalu; Procento: uvádí v kterém procentu pohybového cyklu se sval zapojil; Průměrné pořadí: uvádí pořadí zapojení svalu od zahájení cyklu. V případě že se svaly zahajují ve stejný moment, uvádí tabulka průměrnou hodnotu (suma hodnot dělená jejich počtem)

Tabulka č. 10 uvádí pořadí dle aktivace svalů v průměrném krokovém cyklu v procentech a jejich průměrné pořadí. U probanda č. 7 docházelo k dřívější aktivaci m. pectoralis major dx. v bazénu s protiproudem, kde se sval aktivoval jako 4. sval v cyklu o 14% cyklu dříve než na klidné vodě (tam to byl 9. sval v pořadí). M. pectoralis major sin. se naopak v bazénu s protiproudem aktivoval až jako sval poslední v 95% cyklu a na klidné vodě to bylo v 77% cyklu jako 11. sval v pořadí. Spearmanův koeficient pořadové korelace odhalil signifikantní vztah ($r_{sp} = 0.87$) mezi pořadím zapojování svalů v bazénu s protiproudem a na klidné vodě a to na hladině významnosti $\alpha < 0.002$.

5.8 Proband č. 8

Proband vykonával pohyb s maximální intenzitou, přičemž v bazénu s protiproudem (flumu) dosáhl hodnot 188 tepů za minutu a na klidné vodě 185 tepů za minutu.

V první části je popsán procentuální zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC. U dvanácti vybraných svalů došlo u probanda č. 8 k osmnácti aktivacím, to znamená, že některé svaly se aktivovaly během jednoho cyklu dvakrát. V grafu č. 8 jsou tyto aktivace znázorněny jako A1 pro první aktivaci svalu a A2 pro případnou druhou aktivaci.



Graf č. 8 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č. 8

Z grafu č. 8 je zřejmé, že proband č. 8 aktivoval více svaly na klidné vodě než v bazénu s protiproudem (o 11%) s výjimkou svalů předloktí, které se zapojovaly více v bazénu s protiproudem. Mm. flexores bilaterálně se průměrně zapojují o 4% více v bazénu s protiproudem a mm. extensores bilaterálně o 7%. Ostatní měřené svaly dosahovaly vyšších hodnot na klidné vodě. Hranici velmi silného zapojení překračuje na klidné vodě m. triceps brachii bilaterálně. Tento sval s dvouvrcholovou aktivací během cyklu se průměrně aktivoval o 37% více na klidné vodě než v bazénu s protiproudem. M. biceps brachii bilaterálně se průměrně aktivoval o 13,5% více v bazénu s protiproudem, m. latissimus dorsi bilaterálně pak o 6%.

Tabulka č. 11 Porovnání timingu svalů u probanda č. 8

Název svalu, dx./sin., Aktivace	Flum		Klidná voda	
	Procento	Průměrné pořadí	Procento	Průměrné pořadí
Mm. flexores sin. A2	24	1	29	2
Mm. extensores sin.	25	2	27	1
Mm. flexores dx.	33	3	37	6,5
M. pectoralis major sin A2	36	4,5	37	6,5
M. triceps brachii dx.	36	4,5	35	4
M. triceps brachii sin.	37	7	36	5
M. pectoralis major dx.	37	7	32	3
M. latissimus dorsi sin.	37	7	38	8
M. biceps brachii sin.	41	9	61	9
M. pectoralis major sin.	71	10	72	10
Mm. flexores dx. A2	75	11	76	11
M. triceps brachii dx. A2	85	12	81	12
M. latissimus dorsi dx.	86	13	86	13
M. triceps brachii sin. A2	88	14	87	14,5
M. pectoralis major dx. A2	88	16	89	17
Mm. extensores dx.	88	16	88	16
M. biceps brachii dx.	89	16	90	18
Mm. flexores sin.	90	18	87	14,5

Legenda:
A2- druhá aktivace svalu; Procento: uvádí v kterém procentu pohybového cyklu se sval zapojil;
Průměrné pořadí: uvádí pořadí zapojení svalu od zahájení cyklu. V případě že se svaly zahajují ve stejný moment, uvádí tabulka průměrnou hodnotu (suma hodnot dělená jejich počtem)

Tabulka č. 11 uvádí pořadí dle aktivace svalů v průměrném krokovém cyklu v procentech a jejich průměrné pořadí. U probanda č. 8 došlo ke zpožděné aktivaci m. biceps brachii sin. na klidné vodě oproti bazénu s protiproudem, sval se zapojil o 20% cyklu později. Avšak co se týče pořadí aktivace svalů, m. biceps brachii sin. se v obou prostředích zapojoval jako 9. sval. Spearmanův koeficient pořadové korelace odhalil signifikantní vztah ($r_{sp} = 0.94$) mezi pořadím zapojování svalů ve flumu a na klidné vodě a to na hladině významnosti $\alpha < 0.002$.

5.9 Interindividuální porovnání výsledků

5.9.1 Výsledky velikosti aktivace svalu vzhledem k MVC

Následující podkapitola popisuje interindividuálně výsledky jednotlivců. Níže jsou uvedeny výsledky poměru aktivace svalů v bazénu s protiproudem a na klidné vodě a výsledky vztahu pořadí zapojování svalů mezi jízdou v bazénu s protiproudem a na klidné vodě.

Tabulka č. 12 uvádí procentuální rozdíl měřených svalů mezi výsledky jízdy v bazénu s protiproudem a na klidné vodě. Hodnoty procentuálního zapojení jednotlivých svalů vzhledem k MVC byly zaokrouhleny na celá čísla. V případě dvouvrcholové aktivace svalu byla započítávána průměrná hodnota těchto dvou aktivací.

Tabulka č. 12 Procentuální rozdíl aktivace svalů u jednotlivých probandů

Název svalu	Proband číslo							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Mm. flexores dx.	8,5 %	20%	15,5%	21,5%	13%	10%	4%	11%
Mm. flexores sin.	13%	29,5%	10,5%	25,5%	10%	5%	2%	5%
Mm. extensores dx.	9%	11%	6%	16%	1%	15%	-2%	6%
Mm. extensores sin.	6%	8%	-3%	24%	2%	7%	21%	3%
M. biceps brachii dx.	-7%	36%	-10,5%	5,5%	-1%	3%	-13%	-18%
M. biceps brachii sin.	-3%	-9%	-15%	5,5%	-3%	11%	-20%	-9%
M. triceps brachii sin.	7%	12%	17%	3,5%	3%	4%	1%	-44%
M. triceps brachii dx.	7%	25,5%	6,5%	-0,5%	1%	7,5%	1%	-30%
M. pectoralis major dx.	15%	26,5%	20%	4,5%	-3%	15,5%	8%	-15%
M. pectoralis major sin.	12%	21,5%	1%	5%	2%	16,5%	4%	-12%
M. latissimus dorsi dx.	18%	2%	4%	3%	5%	9%	0%	-7%
M. latissimus dorsi sin.	25%	9%	3%	14%	7%	14%	9%	-6%

Legenda: modrá barva značí kladné hodnoty (vyšší aktivace svalu v bazénu s protiproudem); růžová barva značí záporné hodnoty (vyšší aktivace svalu na klidné vodě); 0 značí nulovou hodnotu (stejnou aktivaci svalu v bazénu s protiproudem a na klidné vodě).

Výsledky ukázaly tendence svalů předloktí (mm. flexores bilaterálně a mm. extensores) k vyšší aktivaci v bazénu s protiproudem než na klidné vodě. M. biceps brachii bilaterálně vykazuje opačné tendence než ostatní měřené svaly. Na pravé horní

končetině se tento sval aktivoval více na klidné vodě u pěti z osmi probandů, na levé pak u šesti z osmi probandů. Tendenci k vyšší aktivitě v bazénu s protiproudem vykazují i svaly m. triceps brachii bilaterálně, m. pectoralis major bilaterálně a m. latissimus dorsi bilaterálně u sedmi z osmi probandů. U probanda č. 8 je na rozdíl od ostatních zvýšená aktivita jmenovaných svalů při jízdě na klidné vodě. Vývoj aktivity u probanda 1-7 bude tedy považován za jakýsi trend aktivity při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem a na klidné vodě.

Tabulka č. 13 značí poměr procentuálních hodnot aktivace měřených svalů mezi jízdou v bazénu s protiproudem a na klidné vodě u jednotlivých probandů.

Tabulka č. 13 Poměr aktivace svalů

Proband číslo	1	2	3	4	5	6	7	8
ω	1,27	1,46	1,18	1,26	1,08	1,30	1,04	0,78
Legenda: ω - poměr $\omega > 1$ značí vyšší aktivitu měřených svalů v bazénu s protiproudem; $\omega < 1$ značí vyšší aktivitu měřených svalů na klidné vodě; $\omega = 1$ značí stejnou aktivitu měřených svalů v bazénu s protiproudem a na klidné vodě.								

Z tabulky č. 13 je zřejmé, že se vybrané svaly více aktivovaly v bazénu s protiproudem než na klidné vodě u sedmi z osmi probandů.

5.9.2 Výsledky sledu aktivace svalů

Následující tabulka č. 14 uvádí výsledky Spearmanova koeficientu pořadové korelace mezi pořadím aktivace svalů v bazénu s protiproudem a na klidné vodě u jednotlivých probandů.

Tabulka č. 14 Vztah pořadí aktivace svalů

Proband číslo	1	2	3	4	5	6	7	8
r_{sp}	0,98	0,96	0,95	0,98	0,98	0,96	0,87	0,94
Legenda: r_{sp} - Spearmanův koeficient pořadové korelace								

Výsledky Spearmanova koeficientu pořadové korelace odhalily signifikantní vztah na hladině významnosti $\alpha < 0.002$ mezi pořadím aktivace svalů při pádlování v bazénu s protiproudem a na klidné vodě u celého vzorku osmi probandů.

6. Diskuze

6.1 Diskuze k velikosti aktivace svalu

Celkově můžeme říci, že z námi získaných výsledků lze sledovat určité interindividuální tendence, ale stále musíme mít na paměti, že každý kajakář má svůj osobitý styl provedení. Je známo, že ke „*stejnému úkonu může být použito různé kombinace svalů v závislosti na individualitě motorického projevu i na svalech, které jsou k dispozici a na dané osobnosti, ale také dle aktuálního stavu prostředí*“ (Véle, 2006, str. 50). Mozek totiž neřídí jednotlivé svaly, ale cílené pohyby. Proto musíme brát v úvahu, že stejný pohyb je možno provést různými svaly (Véle, 2006).

Kelly (1996) se zabýval změnou aktivace svalů okolo ramenního pletence v závislosti na stupni abdukce a zevní rotace v ramenním kloubu. Výsledky jeho studie ukazují, že změnou nastavení humeru proti kloubní jamce dojde ke změně aktivace okolních svalů. Každá individuální odchylka v technice pádlování může proto ovlivnit aktivaci měřených svalů.

Z výsledkové části vyplývá, že u probandů č. 1, 4 a 5 dochází k výrazně vyššímu zapojení m. latissimus dorsi ve srovnání s m. biceps brachii, což je ukazatelem výborné techniky, která je charakterizována zapojováním velkých svalových skupin, které jsou oproti menším svalům paže schopny vyvinout větší sílu. Tuto techniku charakterizuje Prskavec (2001) jako ekonomicky výhodnější. Naopak u probandů č. 2, 3, 6 a 7 vidíme velmi podobný stupeň aktivace m. biceps brachii a m. latissimus dorsi, což vypovídá o silovém pojetí jejich jízdy. I v nejvyšší české špičce se kajakáři liší svým způsobem pádlování. Existují závodníci výborných technických schopností, méně spoléhající na silovou složku a naopak závodníci, u kterých převažuje silový způsob jízdy.

Všichni probandi shodně aktivovali více svaly předloktí (mm. flexores bilaterálně a mm. extensores bilaterálně) v bazénu s protiproudem než na klidné vodě. Svaly předloktí udržují svojí koordinovanou činností kontakt pádla s vodou tak, aby došlo k ideálnímu nastavení punkta fixa, ke kterému se kajakář během záběru přitahuje (Kračmar, 2002; Mrůzková, 2011) List pádla musí být do vody nastaven tak, aby byl odpor vody při záběru optimální a nedošlo k protržení vody a tím ztrátě pevného bodu opory nezbytného pro jízdu vpřed (Knebel, 2000). Z výsledků vyplývá, že toto nastavení pádla do vody je v bazénu s protiproudem náročnější. Vlny vznikající při proudění vody v bazénu s protiproudem zvyšují náročnost řízení lodě a příslušné svaly se při záběru

aktivují více než na klidné vodě, kde vznikají vlivem jízdy také vlny, avšak až za kajakářem a řízení lodi je tedy z tohoto důvodu ulehčeno. Námi dosažené výsledky potvrzují subjektivní pocity kajakářů z testování Busty (2013), kteří udávali zvýšenou náročnost jízdy v bazénu s protiproudem pro svaly předloktí.

Kromě svalů předloktí jsou patrné tendence k vyššímu zapojování v bazénu s protiproudem než na klidné vodě i u m. triceps brachii, m. pectoralis major a m. latissimus dorsi. Domníváme se, že důvodem je za prvé zvýšená náročnost řízení lodě popsaná výše, druhým důvodem by pak mohl být zvýšený odpor lodi v bazénu s protiproudem. Z vlastní zkušenosti mohu vyvodit, že pro rozjetí kajaku z místa je zapotřebí vynaložit do prvních záběrů více síly, která se však po dosažení určité kinetické energie zmenšuje. Stejným případem by mohla být jízda v bazénu s protiproudem. Jízda na kajaku se zdá jako lineární činnost, avšak ve skutečnosti se rychlost jízdy nepatrně mění. Při záběru dochází k nejvyšší rychlosti a naopak ve fázi přenosu pádla se loď zpomaluje. V bazénu s protiproudem nemůže k tomuto zpomalení dojít, protože by protiproud odvezl kajakáře dolů, to si ale nemůže dovolit a proto musí pádlovat s větším úsilím. To by mohlo vysvětlovat tendenci sedmi z osmi probandů, kteří v průměru aktivovali měřené svaly při pádlování v bazénu s protiproudem o 8,7% více než na klidné vodě.

Jiné vysvětlení jsme našli v oblasti sportovního tréninku. Všichni probandi jsou na vysoké výkonnostní úrovni a pohyb pádlování mají dokonale zautomatizovaný. To znamená, že jeho průběh je přesný a konstantní například i ve složitých podmínkách soutěže, kdy na jedince působí množství vlivů, které může narušit kvalitu prováděné činnosti (Dovalil, 2012). V tréninku i závodech se objevují pasáže, kdy kajakář pádluje proti proudu, ale děje se tak pouze v řádu vteřin, ne déle. Jednalo se tedy o dovednost ve zcela nových podmínkách, při kterých se jedinci mohou chovat odlišně. Nabízí se otázka, zda deset minut na adaptaci na dané prostředí byla dostatečná doba a zda by probandi nevykazovali jiné tendence, kdyby testování předcházelo například několik tréninků v bazénu s protiproudem. Další nezodpovězenou otázkou je, nakolik ovlivňuje probandy prostředí výzkumné laboratoře. Kanoistika je sport vykonávaný ve volné přírodě, v poslední době tedy stále více na umělých kanálech, ale přesto je v něm značná variabilita pro sportovcův pohyb. Naproti tomu bazén s protiproudem se nachází v uzavřené místnosti, kajakář se musí držet uprostřed bazénu, aby pádlem nezavadil o jeho okraj. Zvyšuje se tím i psychická náročnost prováděné činnosti.

Jediným svalem, u kterého se objevil opačný fenomén než u ostatních svalů, byl m. biceps brachii bilaterálně. Na pravé horní končetině se sval aktivoval více v bazénu s protiproudem u pěti z osmi probandů, na levé horní končetině pak u šesti probandů. Domníváme se, že příčina je v kratším záběru v bazénu s protiproudem oproti klidné vodě. Vzhledem ke zhoršené stabilitě způsobené vlnami v umělém prostředí mohli kajakáři podvědomě zasazovat pádlo blíže středu lodi, tedy že horní končetina byla v úvodu záběrové fáze více flektovaná, což způsobilo nižší svalovou aktivitu svalu m. biceps brachii.

Celkově můžeme říci, že u probandů č. 1-7 nacházíme společné tendence. Výjimku představuje proband č. 8, u kterého došlo k vyšší aktivaci svalů při jízdě na klidné vodě a to o 11%. K největším rozdílům oproti zbylému vzorku probandů došlo u svalů: m. pectoralis major bilaterálně a m. latissimus dorsi bilaterálně a zejména m. triceps brachii bilaterálně a to v obou jeho aktivacích. M. triceps brachii se aktivuje u všech probandů během cyklu dvakrát, jednou je aktivován jako extensor v lokti, při fázi přenosu nezáběrové končetiny ke špici lodě, podruhé je to ve fázi tažení a jeho funkce je extensor v ramenním kloubu.

Provedení fáze přenosu se mezi jedinci velmi liší. S nadsázkou můžeme říci, že se slalomáři dělí na dvě skupiny, kdy jedna přenosu horní končetiny dosáhne zejména díky záběru končetiny druhé. Druhá skupina pak využívá m. triceps brachii jako extensor loketního kloubu. Využití m. triceps brachii v přenosu hodnotí Prskavec (2001) jako technicky vyspělejší provedení.

Vzhledem k tomu, že u probanda č. 8 sledujeme velmi odlišné tendence od zbytku vzorku, můžeme se domnívat, že podléhal odlišnému vlivu než ostatních sedm probandů. Například se mohl nacházet ve špatném psychickém rozpoložení nebo mít sníženou motivaci v testování. Těmito možnostem ale nenasvědčují hodnoty tepové frekvence, které během testu dosáhl. U probanda č. 8 nacházíme podobné tendence jako u zbytku vzorku u svalů předloktí a u svalu m. biceps brachii bilaterálně. Otázkou zůstává, jak se chovaly ostatní netestované svaly, které se na pádlování podílejí. Je možné, že se proband dostatečně neadaptoval na nové prostředí a jízda v bazénu s protiproudem mu činila obtíže. Investoval tedy více energie do svalů, které řídí stabilitu lodě, např. břišní svaly a svaly dolních končetin (Kračmar, 2002). Mohlo u něj docházet k fenoménu, který jsme již popsali výše, kdy kajakář z důvodu vyššího nároku na stabilizaci zkrátí záběr. Podobně jako to může způsobit nižší aktivitu m. biceps brachii, snížená extenze v loketním kloubu způsobí i sníženou aktivitu m. triceps brachii

a při jeho druhé aktivaci v rámci funkce extensoru v ramenním kloubu je jeho aktivita také snížena z důvodu kratší trajektorie končetiny (vychází z menší flexe v ramenním kloubu). Z jeho dosažených výsledků bychom mohli předpokládat, že až jízda na klidné vodě pro něj představovala prostředí, kde mohl plně použít svůj styl (individuální provedení techniky), který se vyznačuje vysokou aktivací m. triceps brachii v rámci přenosové i tažné fáze záběru.

Srovnání s ostatními studii zabývajícími se velikostí aktivace svalů v kanoistice se jeví velmi problematické. Z nám dostupných zdrojů se všichni autoři zaměřují pouze na sled aktivace svalů a i těchto studií je velmi málo (Fleming, 2012b).

6.2 Diskuze ke sledu aktivace svalů

Při porovnání intraindividuálních výsledků jednotlivých probandů nacházíme signifikantní podobnost sledu zapojování svalů v obou prostředích. Z dosažených výsledků si dovoluujeme konstatovat, že všichni probandi jsou na vysokém stupni technické zdatnosti, který jim umožňuje převést fixované provedení cyklického pohybu na klidné vodě i do bazénu s protiproudem. Véle (2006) uvádí, že se svaly při lokomoci aktivují ve svalových smyčkách a to v konkrétním řetězci a spolu ve stále stejném sledu. Z dosažených výsledků můžeme vidět, že pro náš vzorek probandů je tomu tak i při lokomoci přes ramenní pletenec ve dvou různých prostředích.

Srovnáváním dvou typů pádlování se zabývala řada studií. Byla hodnocena jízda na vodě a pohyb na klikovém ergometru, který je využíván závodníky v tréninku i k funkčnímu testování. Výsledky ukazují na značnou rozdílnost zapojení svalů (Ballová, 2007; Fleming, 2007; Sacklová, 2006; Trevithick, 2007; Wassinger, 2011).

Charvátová (2011) srovnávala jízdu na vodě a na pádlovacím trenažéru, který imituje pádlování lépe než klikový ergometr, protože kajakáři drží tyč ve vzduchu a to jim umožňuje provádět záběr podobně jako na vodě, na rozdíl od ergometru, kde jsou lopaty pevně fixovány a kajakář tak má jasně danou trajektorii pohybu horních končetin. Mrůzková (2011) pak srovnávala pádlování na vodě a v pádlovacím bazénu. V pádlovacím bazénu sedí kajakář na sedačce, která je pevně přidělána k podložce a pádluje v bazénu, který je uzpůsoben do kruhu pro tok vody. Charvátová i Mrůzková ve svých disertačních pracích vycházely z Koláře (2009), který říká, že umístění puncta fixa ovlivní směr tahu svalů. Otázkou bylo, zda fakt, že jak na trenažéru, tak

v pádlovacím bazénu je punktum fixum uloženo proximálně a naopak při pádlování na vodě je uloženo distálně na listu pádla, které je ve vodě a kajakář se k němu pomocí záběru přitahuje, ovlivní timing svalů. V obou případech výzkum ukázal, že timing je rozdílný z výše uvedených důvodů a proto tyto metody nejsou zcela vhodné jako náhrada specifického tréninku na vodě.

Výzkum zaměřený na porovnání pádlování v bazénu s protiproudem a na klidné vodě před námi zrealizovala pouze Součková (2014). Porovnávala však jízdu na rychlostní kánoi a její výsledky se od našich značně liší. Součková našla podobnost jen ve dvou fázích pohybu a to při zasazení a vytažení pádla z vody. Ve fázi tažení a přenosu shodu neshledala. Příčinou odlišných výsledků je rozdílná loď při našem měření a výzkumu Součkové, která se zabývala rychlostní kánoí. V kánoi závodník klečí a jeho těžiště je tak oproti kajaku o poznání výše, nároky na udržení stability jsou tak výrazně vyšší. Sama probandka testovaná ve výzkumu uvedla, že při pádlování v bazénu s protiproudem je psychicky náročnější. Rozrušovalo ji to, že hladina bazénu je více než metr nad zemí, stabilita kánoe je výrazně horší a je těžší udržet směr lodě. Z těchto důvodů bazén s protiproudem pro trénink rychlostních kanoistů nedoporučuje. Vzhledem k výsledkům získaným naším výzkumem, můžeme konstatovat značnou rozdílnost pádlování v bazénu s protiproudem na kajaku a rychlostní kánoi, protože u všech osmi probandů byla nalezena signifikantní podobnost mezi pádlováním v bazénu s protiproudem a na klidné vodě.

7. Závěr

Diplomová práce se zabývala porovnáním přímého záběru vpřed na kajaku v bazénu s protiproudem a na klidné vodě. Pomocí povrchové elektromyografie jsme sledovali velikost aktivace svalu a sled aktivace svalů (timing) na následujících svalech: mm. extensores antebrachii, mm. flexores antebrachii, m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. pectoralis major, m. latissimus dorsi (vždy bilaterálně). Porovnáním pádlování ve dvou různých prostředích jsme chtěli zjistit vhodnost bazénu s protiproudem jako náhradního tréninkového prostředku pro vodní slalomáře.

Stanovené cíle a úkoly práce byly splněny. Výsledky ukázaly intraindividuálně signifikantní podobnost sledu aktivace svalů v obou prostředích u celého vzorku osmi probandů. Podařilo se nám tedy potvrdit H_1 , že sled aktivace vybraných svalů bude shodný při pádlování v bazénu s protiproudem a na klidné vodě. Taktéž H_2 , že velikost aktivace svalů bude v bazénu s protiproudem vyšší než na klidné vodě, se potvrdila.

Z námi získaných výsledků můžeme bazén s protiproudem doporučit jako náhradní tréninkový prostředek. Oproti jiným dosud využívaným náhradním tréninkovým prostředkům (klikové ergometry, pádlovací тренаžéry a pádlovací bazény) má jednu velkou výhodu a tím je shodné uložení punkta fixa a zachování pocitu uchopení vody. Důležité je ale brát na zřetel, že velikost aktivace svalů je v bazénu s protiproudem vyšší. Tréninky zde by proto měly být zaměřeny na rozvoj silových schopností. Bazén s protiproudem však nemůžeme doporučit k provádění funkčních testů. Zvýšené nároky na velikost aktivace svalů (zejména svalů předloktí) v tomto prostředí by mohly být pro testování limitující.

8. Seznam literatury

BALVÍN, V., MOTL, M. *Vyhodnocení rychlostí proudění v bazénu s protiproudem*. Výzkumný ústav vodohospodářský, 2010.

BERNARD, T. *Static work*. 2006, [online], [cit. 5. 12. 2014] dostupné z: <http://personal.health.usf.edu/tbernard/HollowHills/SMWDesignM20.pdf>

BÍLÝ, M. *Komplexní analýza techniky pádlování a jízdy na divoké vodě*. Praha, 2002. 77 s. Rigorózní práce na UK FTVS.

BÍLÝ, M, KRAČMAR B., NOVOTNÝ, P. *Kanoistika: technika jízdy, rafting, extrémní terény*. Praha: Grada, 2001, 129 s. ISBN 80-247-9050-5.

CAGAŇ, Š. *Aplikace CSS (Critical Swimming Speed) v plaveckém trenážeru*. Praha, 2012. Diplomová práce na FTVS UK. Vedoucí práce Daniel Jurák.

CRAIG, A. W., a kol., *Biomechanical and physical characteristic of whitewater kayakers with and without shoulder pain*. Pittsburgh, 2007. Dissertation. University of Pittsburgh.

CIBULČÍK, F., ŠÓTH. J. *EMG atlas: základná príručka elektromyografických technik*. Martin: Vydavateľstvo Osveta, 1998, 100 s. ISBN 80-806-3001-1.

CRAM, J., R. The History of Surface Electromyography. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2003, 2/28, s. 81-91.

CRISWELL, E., CRAM. J. *Cram's introduction to surface electromyography*. 2nd ed. Sudbury, MA: Jones and Bartlett, c2011, xxi, 412 p. ISBN 07-637-3274-5.

ČIHÁK, R. *Anatomie 1*. Praha: Grada, 2011, 534 s. ISBN 978-80-247-3817-8.

DE LUCA, C.,J. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*. 1997, 13, s. 135-163.

DE LUCA, C.,J. Reply to Rarina and Enoka: The reconstruct-and-test approach is the most appropriate validation for surface EMG signal decomposition to date. *Journal of Neurophysiolog.* 2011, 2, s. 983-984.

DESCHEL, G., EISEN, A., Doporučení pro praxi v klinické neurofyzilogii: Standardy Mezinárodní federace klinické neurofyzilogie. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, suplement č. 52 Elsevier, 1999.

DOVALIL, J. a kol. Výkon a trénink ve sportu. Praha: Olympia, 2012.
ISBN 978-80-7376-326-8.

DUFEK, J. *Elektromyografie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. 102 s. Učební text. ISBN 80-7013-208-6.

DYLEVSKÝ, I. Obecná kineziologie. Praha: Grada, 2007, 190 s.
ISBN 978-80-247-1649-7.

DYLEVSKÝ, I. Speciální kineziologie. Praha: Grada, 2009, ISBN: 978-80-247-1648-0.

FLEMING, N., DONNE, B., MAHONY, N., Electromyographic and kinesiological analysis of the kayak stroke, comparison of on-water and on-ergometer data across exercise intensity, *Journal of Sports and Science Medicine*. 2007, roč. 4, s. 18 – 28

FLEMING, N., DONNE, B., FLETCHER, D. a MAHONY, N. A biomechanical assessment of ergometer task specificity in elite flatwater kayakers. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2012a, roč. 11, č. 1, s. 16-25

FLEMING, N., DONNE, B., FLETCHER, D. Effect of kayak ergometer elastic tension on upper limb EMG activity and 3D kinematics. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2012b, roč. 11, č. 3, s. 430-437

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Textbook of Medical Physiology*. Michigan: Elsevier Saunders. 2006. 1116 p. ISBN 978-0-7216-0240-0.

GULLION, L. *Canoeing*. Champaign, Ill.: Human Kinetics Publishers, 1994, 146 p. ISBN 0873224434.

HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat*. Praha: Portál, 2006, 583 s. ISBN 80-736-7123-9.

HODGSON, N. *Surface EMG: Is it reliable, valid and clinically relevant?* [online] 2008, s. 18 [cit. 2014-10-01]. Dostupné z: <http://www.torquerelease.com/pdf/014.pdf>

CHANDROSS. *Introduction. Ancestral Art* [online]. 2003 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: http://www.ancestral.com/cultures/north_america/algonquian.html

CHARVÁTOVÁ, A. *Srovnání kineziologického obsahu pohybu při záběru vpřed na rychlostním kajaku a pádlovacím trenážeru*. Praha, 2011. 145 s. Disertační práce na FTVS UK. Vedoucí práce: Bronislav Kračmar.

ILLYÉS, Á., KISS, R. Comparative EMG analysis of the shoulder between recreational athletes and javelin throwers during elementary arm motions and during pithing. *Facta Universitatis , Series: Physical Education and Sport*, 2003, Vol. 1, No 10, p. 43 - 53

JANDA, V. *Funkční svalový test*. Praha: Grada Publishing, 1996. ISBN 80-716-9208-5.

JANURA, M., JANUROVÁ, E. *Biomechanika I*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2011, 101 s. ISBN 978-80-7464-099-5.

KARAS, V., OTÁHAL, S. *Základy biomechaniky pohybového aparátu člověka*. Praha: Karolinum, 1991. ISBN 80-706-6514-9.

KAŠPAROVÁ, A., *Nutriční monitoring skupiny vrcholových vodních slalomářek ČR v závodním období*. Praha, 2010. 80 s. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí práce Marcela Polášková.

KELLER, O. *Obecná elektromyografie: fyziologické základy a elektrofyziologická vyšetření se zvláštním zřetelem k rozboru potenciálů motorické jednotky*. Praha: Triton, 1999, 173 s. ISBN 80-725-4047-5.

KELLY, B., KADRMAS, W., KIRKENDALL., SPEER, K., Optimal normalization tests for shoulder muscle activation: an electromyography study, *Journal of Orthopaedic Research*, 1996, Jul.14(4), 647 - 53.

KNEBEL, R. *Problematika jízdy na sjezdovém kajaku*. Olomouc: ČSK, 2000. 32 s. Metodická příručka.

KNUDSON, D. V., JANUROVÁ, E. *Fundamentals of biomechanics*. New York, NY: Springer, 2007, 319 p., ISBN 978-038-7493-114.

KOLÁŘ, P. a kol. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009, ISBN 978 -80-7262-67-1

KOTALÍKOVÁ, K. *EMG analýza vlivu vodního prostředí na rehabilitaci u pacientů s Parkinsonovou nemocí*. Praha, 2012. 67 s. Diplomová práce na FTVS UK. Vedoucí práce David Pánek.

KOUBA, J. Nový bazén flume v laboratoři FTVS. *Bazén a Sauna*, 2010, č. 1/2, s. 12 – 13.

KOZEL, T. *Porovnání srdeční frekvence, hladiny laktátu a rychlosti plavání v proudnicovém kanále a plaveckém bazénu*. Praha, 2012. 82 s. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí práce Josef Horčic.

MÁDER, T. *Komparativní analýza záběru vpřed na slalomovém, sjezdovém a rychlostním kajaku*. Praha, 2012. 50 s. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí práce Bronislav Kračmar.

MARCARIAN, David. *Validity of Surface EMG and ROM Testing: A Review of the relevant literature and legal precedence*. [online]. 2009, s. 12 [cit. 2014-01-10].

Dostupné

z:

[http://ncainternational.com/pdf/the clinical value of dynamic semg january 2009 v5 .pdf](http://ncainternational.com/pdf/the%20clinical%20value%20of%20dynamic%20semg%20january%202009%20v5.pdf)

MRŮZKOVÁ, M. *Komparativní kineziologická analýza záběru vpřed na kajaku a dalších forem lokomoce v rámci lokomočního vzoru*. Praha, 2011. Disertační práce na UK FTVS. Vedoucí práce Bronislav Kračmar.

KONRAD, P., *ABC of EMG*. Scottsdale: Noraxon, USA, 2005

KRAČMAR, B. Svalové skupiny, zapojené při provádění vybraného prvku na kajaku na divoké vodě. *Telesná výchova a šport*, 2001, č. 3, s. 26 – 32.

KRAČMAR, B. *Kineziologická analýza sportovního pohybu: Studie lokomočního pohybu při jízdě na kajaku*. Praha, 2002. Habilitační práce na UK FTVS.

KÖSSL, J. a kol. *90 let kanoistiky v českých zemích*. Praha: Olympia, 2003.

KROBOT, A., KOLÁŘOVÁ, B., *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Oloumouci, Fakulta zdravotnických věd, 2011. ISBN 978-80-244-2762-1

PÁNEK, D., PAVLŮ, D., ČEMUSOVÁ, J., Rychlost vedení akčního potenciálu jako identifikátor nástupu svalové únavy v povrchové elektromyografii. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2009, roč. 16, č. 3, str. 96 -101

PERIČ, T., DOVALIL, J. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. ISBN 80-247-2118-X.

PIŠVEJC, I. *Princip kvadrupedální lokomoce při jízdě na kajaku*. Praha, 2006. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí práce Bronislav Kračmar.

PRSKAVEC, J. *Vodní slalom: Technika jízdy na kajaku*. Praha, 2001. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí práce Milan Bílý.

RODOVÁ D. Vztah mezi elektromyografickým signálem a silou. *Fyzioterapie*, 2001, č. 1, s. 2.

RODOVÁ D., MAYER M., JANURA M. Současné možnosti využití povrchové elektromyografie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2001, č. 4, s. 173-177.

SEDLÁK, J. Doktorand na ČVUT FEL. *Ústní sdělení*, 2015.

STRNADOVÁ, Michala. *Analýza zapojování svalových řetězců při záběru vpřed na kajaku ve sjezdu na divoké vodě*. Praha, 2004. UK FTVS. Vedoucí práce Bronislav Kračmar

SZANTO, C. *Racing Canoeing*. Beijing: Wendy Yu, 1997.

TICHÝ, M. *Dysfunkce kloubu*. Praha: Miroslav Tichý, 2008, 129 s. ISBN 978-80-254-3489-5.

TRAVELL, J. G., SIMONS, D. G.: *Myofascial Pain and Dysfunction: the triggerpoint manual*. Baltimore: Williams & Wilkins 1999, ISBN 1-84126-177-7.

TREVITHICK, B. A., Karen A. GINN, Mark HALAKI a Ronald BALNAVE. Shoulder muscle recruitment patterns during a kayak stroke performed on a paddling ergometer. *Journal of Electromyography & Kinesiology*. 2007, roč. 17, č. 1, s. 74-79

VÉLE, F. *Kineziologie*. Praha: Triton, 2006, ISBN 978-80-7254-837-8

VOJTA, V., PETERS, A. *Vojtův princip*. Praha: Grada, 1995. s. 25, 39, 95. ISBN 80-7169-044-X.

WALKER, Ian. *Výzkumné metody a statistika*. Praha: Grada, 2013, 218 s.
ISBN 978-80-247-3920-5.

WASSINGER, C.A., MYERS, J.B., SELL, T.C., OYAMA, S., RUBENSTEIN, E.N., LEPHART, S. Scapulohumeral kinematic assessment of the forward kayak stroke in experienced whitewater kayakers. *Sports Biomechanics*. 2011. roč. 10, č. 2, str. 98-109

9. Seznam obrázků, tabulek a grafů

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Eskymák v kajaku	11
Obrázek č. 2 Severoameričtí indiáni v kánoi	11
Obrázek č. 3 Pádlo	14
Obrázek č. 4 Fáze zasazení.....	16
Obrázek č. 5 Fáze tažení	17
Obrázek č. 6 Fáze vytažení.....	16
Obrázek č. 7 Fáze přenosu	18
Obrázek č. 8 Klouby ramenního pletence	21
Obrázek č. 9 Bazén s protiproudem.....	25
Obrázek č. 10 EMG přístroj	36
Obrázek č. 11 Lokalizace elektrod mm. extensores	38
Obrázek č. 12 Lokalizace elektrod mm. flexores	38
Obrázek č. 13 Lokalizace elektrod m. triceps brachii.....	38
Obrázek č. 14 Lokalizace elektrod m. biceps brachii	38
Obrázek č. 15 Lokalizace elektrod m. pectoralis major.....	39
Obrázek č. 16 Lokalizace elektrod m. latissimus dorsi	39
Obrázek č. 17 Měření v bazénu s protiproudem	40
Obrázek č. 18 Prahování s prahem 25%	42

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Velikost aktivace svalu vzhledem k MVC dle Bernarda	30
Tabulka č. 2 Základní charakteristika probandů	35
Tabulka č. 3 Charakteristika EMG přístroje	36
Tabulka č. 4 Porovnání timingu svalů u probanda č. 1.....	47
Tabulka č. 5 Porovnání timingu svalů u probanda č. 2.....	49
Tabulka č. 6 Porovnání timingu svalů u probanda č. 3.....	51
Tabulka č. 7 Porovnání timingu svalů u probanda č. 4.....	53
Tabulka č. 8 Porovnání timingu svalů u probanda č. 5.....	55
Tabulka č. 9 Porovnání timingu svalů u probanda č. 6.....	57

Tabulka č. 10 Porovnání timingu svalů u probanda č. 7.....	59
Tabulka č. 11 Porovnání timingu svalů u probanda č. 8.....	61
Tabulka č. 12 Procentuální rozdíl aktivace svalů u jednotlivých probandů.....	62
Tabulka č. 13 Poměr aktivace svalů	63
Tabulka č. 14 Vztah pořadí aktivace svalů	63

Seznam grafů

Graf č. 1 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č. 1.....	46
Graf č. 2 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č. 2.....	48
Graf č. 3 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č.3.....	50
Graf č. 4 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č.4.....	52
Graf č. 5 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č. 5.....	54
Graf č. 6 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č. 6.....	56
Graf č. 7 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č. 7.....	58
Graf č. 8 Zapojení vybraných svalů vzhledem k MVC u probanda č. 8.....	60

Přílohy

Příloha č. 1 Vyjádření etické komise UK FTVS

Příloha č. 2 Informovaný souhlas

Příloha č. 3 Vstupní anketa

Příloha č. 4 Ukázka EMG signálu m. latissimus dorsi dx.

Příloha č. 1 Vyjádření etické komise UK FTVS



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

Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

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

Název: Komparativní analýza záběru vpřed na kajaku

Forma projektu: diplomová

Autor: Bc. Kristýna Tunková

Školitel: Mgr. Radka Bačáková, Ph.D.

Popis projektu:

Probandi budou měřeni při jízdě na kajaku ve flumu v budově FTVS a poté na hladké vodě v Troji. K analýze vybraného souboru probandů bude použito povrchové EMG. Měření jednoho probanda potrvá přibližně dvě hodiny.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:

Nebudou použity žádné invazivní techniky.

Etické aspekty výzkumu

Osobní údaje probandů nebudou zveřejněny.

Informovaný souhlas (přiložen)

V Praze dne 13.11.2014

Podpis autora:

Vyjádření etické komise UK FTVS

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

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 193/2014

dne: 19. 11. 2014

Etická komise UK FTVS rozhodla předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění biomedicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

razítko školy

UNIVERZITA KARLOVA v Praze
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

27.
podpis předsedy EK

Příloha č. 3 Vstupní anketa

Anketa pro zařazení do studie k diplomové práci na téma:

„Komparativní analýza záběru vpřed na kajaku“

Kristýna Tunková, studentka 5. ročníku fyzioterapie na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy pořádá výzkum týkající se porovnání jízdy na kajaku v bazénu s protiproudem a na klidné vodě. Získaná data budou použita jako podklad diplomové práce. Vyplnění ankety zabere cca 3 minuty a bude zachována anonymita.

Zaškrtněte jednu možnost, případně vypište odpověď.

1. Osobní údaje:

- Jméno
- Věk.....
- Pohlaví: žena/muž

2. Jak dlouho jste aktivním závodníkem na kajaku?

- méně než 3 roky
- 3– 7 let
- více jak 7 let

3. V jaké věkové kategorii závodíte?

- žáci
- junioři
- senioři

4. Jaké úrovně závodů se účastníte v roce 2014 ve vodním slalomu?

- Oblastní závody
- Národní kontrolní závody
- Český pohár

5. Měl jste někdy zranění či operaci ramenního kloubu?

- ano
- ne

7. Trpíte akutní nebo chronickou bolestí v oblasti ramenního kloubu?

- ano
- ne

8. Máte vrozenou či získanou abnormalitu horních končetin, poruchu nervosvalového přenosu a svalové dráždivosti?

- ano
- ne

9. Pokud jste odpověděl na některou z otázek 5-8 ano, vysvětlete:

.....

Příloha č. 4 Ukázka EMG signálu m. latissimus dorsi dx.

Stanovení průměrného kroku u m. latissimus dorsi dx.

