

**UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2020

Eliška Čapková Ebelová

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Komparativní analýza vybraných svalů při lokomoci
pletencem ramenním

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

doc. PaedDr. Bronislav Kračmar, CSc.

Vypracovala:

Bc. Eliška Čapková Ebelová

Praha, květen 2020

ABSTRAKT

- Název:** Komparativní analýza vybraných svalů při lokomoci pletencem ramenním
- Cíle:** Cílem diplomové práce je popsat a porovnat vybrané cviky využívané pro trénink v interiéru vůči přímému záběru vpřed na singlkanoi.
- Metody:** Výzkum byl proveden u záměrně vybraného vzorku deseti probandů s vysokou výkonnostní úrovní ve vodním slalomu. Pomocí povrchové elektromyografie a statistických metod jsme sledovali aktivitu deseti vybraných svalů při přímém záběru vpřed na singlkanoi, při záběru na trenažéru, diagonálním přitahu k hrazdě v polovisu, extenzi paží s pružným odporem, přitazích činky a shybech nadhmatem. Práce hodnotí intraindividuálně a následně interindividuálně velikost aktivace svalů vzhledem k referenčnímu pohybu, záběru na vodě.
- Výsledky** Výsledky ukázaly výraznou podobnost záběru na vodě a záběru na trenažéru z hlediska průměrné aktivace svalů. M. latissimus dorsi vykazuje větší míru aktivace u záběru na vodě, na trenažéru, při extenzi paží s pružným odporem a u přitahů činky ve srovnání s ostatními vybraných pohybovými úkony.
- Klíčová slova** lokomoce prostřednictvím ramenního pletence, záběr, kanoistika, pádlování, elektromyografie, svalová aktivity

ABSTRACT

- Title** Comparative analysis of chosen muscles in locomotion through shoulder girdle
- Objectives:** The aim of this study is to describe and to compare selected exercises performer during indoor training toward the canoe forward stroke.
- Methods:** The research was conducted in an intentionally chosen sample of ten probands with high level of performance in whitewater slalom. We watched activity of ten selected muscles during canoe forward stroke, on simulator, diagonal pull, stretch of arms with elastic resistance, dumbbell pulls and pull ups by surface electromyography. Study evaluates intraindividual and subsequently interindividual the size of the muscle activation considering reference movement, forward stroke on flat water.
- Results** The results proved similarities of the forward stroke and on simulator in terms of average muscle activation. M. latissimus dorsi shows higher activation during canoe forward stroke, on simulator, stretch of arms with elastic resistance, dumbbell pulls compared with other tested exercises.
- Key words** locomotion through the shoulder girdle, shot, canoeing, paddling, electromyography, muscular activity

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením doc. PaedDr. Bronislava Kračmara, CSc. Veškerá literatura a další zdroje, ze kterých jsem čerpala, jsou řádně citovány a uvedeny v seznamu použité literatury. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne

.....

Bc. Eliška Čapková Ebelová

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mému vedoucímu, doc. PaedDr. Bronislavu Kračmarovi, CSc., za odborné vedení při tvorbě této diplomové práce. Dále chci poděkovat všem probandům, statistickému expertovi Matyáši Ebelovi, Radce Bačákové za technickou pomoc a celé rodině za podporu, kterou mi poskytovala po celou dobu mého studia.

Seznam zkratek

Ag	stříbro
AgCl	chlorid stříbrný
C1	singlekánoc
EMG	elektromyografie
m.	musculus
mm.	musculi
PEMG	povrchová elektromyografie
SEMG	surface electromyography
m.	musculus
mm.	musculi

Obsah

1	Úvod	10
2	Teoretická část.....	11
2.1	Technika záběru na C1	11
2.1.1	Kinesiologické a biomechanické aspekty záběru na C1	11
2.1.2	Tréninkový pohled.....	13
2.2	Elektromyografie.....	15
2.2.1	Úvod do problematiky	15
2.2.2	Povrchová EMG	16
2.2.3	Jehlová EMG jako diagnostický nástroj	17
2.2.4	Diagnostická kvalita nástroje.....	19
2.2.5	Shrnutí.....	20
2.3	Rešerše literatury.....	21
3	Cíle práce, řešené otázky a hypotézy	23
3.1	Cíl práce	23
3.2	Úkoly.....	23
3.3	Hypotézy	23
4	Metodika práce	25
4.1	Obecná charakteristika výzkumu	25
4.2	Charakteristika probandů a místa provedeného měření	25
4.3	Použité přístroje a metody.....	26
4.3.1	Technické vybavení pro měření.....	26
4.3.2	Funkce měřených svalů a lokalizace elektrod	27
4.4	Provedení měření	36
4.4.1	Vybrané pohyby pro měření	36

4.4.2	Popis místa měření a použitého vybavení.....	39
4.5	Analýza dat.....	39
4.5.1	Způsob vyhodnocení a interpretace dat	39
4.5.2	Statistické zpracování dat	41
5	Výsledky.....	45
5.1	Intraindividuální.....	45
5.1.1	Proband 1	45
5.1.2	Proband 2	55
5.1.3	Proband 3	57
5.1.4	Proband 4	59
5.1.5	Proband 5	61
5.1.6	Proband 6	62
5.1.7	Proband 7	64
5.1.8	Proband 8	65
5.1.9	Proband 9	67
5.1.10	Proband 10	69
5.2	Interindividuální srovnání výsledků.....	70
6	Diskuze	72
6.1	Míra aktivace svalů při testovaných pohybových úkonech	72
6.2	Podobnost aktivace svalů s referenčním pohybem	74
6.3	Komparace záběru na klidné vodě s vybranými cviky	75
7	Závěr.....	76
8	Seznam literatury	77
9	Seznam obrázků, grafů a tabulek.....	85
10	Přílohy.....	88

1 Úvod

Vzhledem k stále většímu rozvoji českého vodního slalomu a jeho konstantním úspěchům na závodech mezinárodní úrovně dochází k soustavnému rozvoji přípravy závodníků nejen v letním období, ale i v zimním období. Je tedy třeba vyhledávat alternativní možnosti tréninku v nepříznivých podmínkách. Jednou z možností jsou pochopitelně zahraniční soustředění mimo Evropu, kde je teplota v zimních měsících příznivější. Tato příprava má ovšem své limity – finanční i časové. Také tento způsob přípravy není dostupný pro všechny závodníky nižších úrovní. Ačkoliv nic plně nenahradí pohyb na vodě, neboť tam se zapojují další neměřitelné faktory, jako je zkušenost a cit pro vodu, lze některé části tréninku nahradit přípravou v posilovně. V této diplomové práci se budu zabývat porovnáním jízdy vpřed na singlkanoi se záběry na trenažéru, diagonálním přitahu k hrazdě v polovisu, extenzi paží s pružným odporem, přitazích činky a shybech nadhmatem. Cílem je najít optimální pohyb, kde se budou dané testované svaly zapojovat s obdobnou intenzitou jako při pádlování na vodě a třeba motivovat k tréninku na doposud poněkud opomíjeném trenažéru pro kategorii C1.

2 Teoretická část

2.1 Technika záběru na C1

Vodní slalom využívá lodí kanoistických a kajakářských. V kategorii kajakářů závodník v lodi sedí a používá pádlo se dvěma listy. Kanoisté, konkrétně kategorie C1, používají k jízdě typ singlkanoe, v které klečí. Pádlo má pouze jeden list, přičemž horní paže drží pádlo za hlavici, spodní paže drží pádlo za žerď. Podobně jako v jiných sportech, v případě vodního slalomu platí, že se výkon odvíjí od celé řady kritérií, jako jsou tělesné parametry, psychika, kondice, technická zdatnost a další. V neposlední řadě je výkon ovlivněn i kvalitou vybavení (Perič, 2010) a schopností vědomé relaxace aktuálně nepoužívaných svalů i během výkonu, což umožní jejich regeneraci (Prskavec, 2001).

2.1.1 *Kinesiologické a biomechanické aspekty záběru na C1*

Kineziologie je definována jako věda o pohybu a jeho řízení, zabývající se pochody, které probíhají v nervové soustavě řídicí volní pohyb. Podklady pro kineziologii pak hledáme v biomechanice, fyziologii a morfologii (Dylevský, 2007).

Záběry v lodi lze rozdělit podle jízdy, při které jsou využívány. Jde o jízdu přímou, změnu směru jízdy, průjezd branek a průjezd vodním terénem. Při jízdě přímo je to záběr vpřed, záběr vpřed v přesahu, záběr vpřed se slalomovým ulomením a záběr vpřed s rychlostním ulomením. V případě této práce jsme se zabývali pouze jízdou přímou a záběrem základním, vpřed. Výchozí poloha u tohoto typu záběru je aktivována protažením svalů, pouze s malou flexí v lokti, za využití silné propiocepce v ramenním pletenci (Kračmar, 2002).

Záběr vpřed loď jednak žene kupředu, jednak udržuje rychlost, což usnadňuje ovládání lodi (Svoboda, 2017; Bílý, 2000). Záběr vpřed dělíme do tří fází: 1) zasazení, 2) tažení, 3) vytažení a přenos. Během fáze tažení dochází jak k největšímu posunu loď, tak i rychlost je nejvyšší. Při jízdě na kanoi je velký rozdíl proti jízdě na kajaku v bezoporové fázi (kdy není kontakt pádla s vodou), proto je průměrná rychlost jízdy kolísavá (Kračmar, 2002). V první fázi zasazení je trup závodníka v předklonu, čehož je dosaženo

flexí v kyčlích, a mírné rotaci, aby došlo k zapojení velkých zádových svalů. Flexe v hrudní a krční páteři je nevhodná, hlava je v protažení trupu, pohled směřuje do směru pohybu loď, rameno spodní paže je v depresi, paže flektována do více než 90° se semiflexí lokte. Horní paže má flektován loket zhruba do 30° ve výši očí – pokud je loket níže, pádlo není taženo kolmo a záběr ztrácí na účinnosti. Paže je v abdukci a vnitřní rotaci (obr. 1)



Obrázek 1 - fáze zasazení pádla.

V druhé fázi tažení je spodní paže postupně extendována a určuje postavení pádla ve vodě po dobu záběru, dochází k flexi lokte dolní paže, loket horní paže je stále v úrovni hlavy, jinak se snižuje účinnost záběru. Rotace trupu se mírně snižuje a trup se napřimuje (obr. 2).



Obrázek 2 - fáze tažení pádla.

Ve třetí fázi závodník pádlo vrací zpět v okamžiku, kdy se list dostane na úroveň trupu, obě paže jsou flektovány v loketním kloubu, horní paže klesá (obr. 3). Záběr končí při míjení spodní ruky a trupu, který je na konci záběru ve vzpřímené poloze (Bačáková, 2014). Pokrčením paží se dřík pádla dostává k prstům a pádlo závodník vytahuje z vody plynulým obloukem. Přenáší ho před vzdálenější hranou listu, plocha listu je rovnoběžná s hladinou (Svoboda, 2017).



Obrázek 3 - fáze vytažení a přenosu

Při správně prováděné technice pádlování je velmi podstatným pohybem rotace trupu, přičemž osu rotace tvoří páteř. Na záběru vpřed se tedy podílejí svaly zad, jmenovitě *m. latissimus dorsi*, *m. trapezius*, dále svaly trupu (*m. pectoralis major*, *m. serratus anterior*, *m. obliquus externus* a *internus*) a svaly paže, konkrétně *m. biceps brachii* a *m. triceps brachii* (Kračmar, 2002).

2.1.2 *Tréninkový pohled*

Technika je model, který dopomáhá správnému provedení pohybu na základě biomechanických zákonů. Měla by být účelná pro daného sportovce vzhledem k jeho schopnostem a předpokladům. Technická příprava je pak proces nezbytný pro osvojení a zdokonalení motorických dovedností, které sportovec využívá v soutěžních podmínkách (Choutka, Dovalil, 1991). Základem přípravy je motorické učení, kde rozlišujeme 4 fáze: 1) osvojení hrubé struktury pohybu; 2) zdokonalování dovedností ve standardních

podmínkách; 3) upevňování dovedností v proměnlivých podmínkách; 4) použití dovedností v podmínkách soutěží. Volba prostředků a metod přípravy je pak závislá na daném sportu a jeho specificích. Obecně jde o metodu v celku, po částech, od celku k částem, metodu progresivního spojování v celek a metodu od částí k celku a částem. Použití metod je dále závislé na trénované činnosti, věku, úrovni, výkonnosti sportovce, na tréninkovém období a podmínkách (Demetrovič, 1988). V případě záběru u vodních slalomářů se při technickém provedení záběru klade důraz zejména na správné provedení a návaznost, aby se předešlo fixaci chybných stereotypů a z nich plynoucích zdravotních potíží (Strnadová, 2004).

Trénink se opakuje v ročních cyklech, což je považováno za základní jednotku ve sportovní činnosti, která má mít za cíl optimalizování výkonu do daného času. Cyklus lze rozdělit na část přípravnou, předzávodní, závodní a přechodnou. V rámci přípravného období je kladen největší důraz na zvýšení trénovanosti a vytvoření základu pro růst výkonnosti. Příprava v předzávodním období se koncentruje na dosažení formy, především v oblasti rozvoje specifických schopností (Choutka, Dovalil, 1991). Přechodné období by pak mělo sloužit k zotavení a snížení únavy, čemuž je přizpůsoben i počet a délka tréninků (Perič, 2010).

V rámci vodního slalomu je hlavní závodní sezona soustředěna do období března až září. Za přípravné období je považován úsek října až ledna, kdy se zvyšuje trénovanost (Říha, 2016). Zvláštní pozornost je v této době věnována rozvoji vytrvalosti, za použití běhu či běžeckého lyžování a plavání. Při rozvoji síly je pozornost upřena zejména na rozvoj rychlé síly a maximalizaci svalové síly, za využití opakovaného úsilí a pyramidové metody. Specifická složka tréninku je koncipována obdobně – pro trénink vytrvalosti jsou zařazeny rozložené sjezdy či tratě na divoké vodě, pádlování na klidné vodě a průjezdy branek. V další části přípravného období od února do dubna se vyrovnává poměr druhů tréninku, větší důraz se klade na specifickou složku a rozvoj techniky. V rámci předzávodní přípravy je hlavní snahou připravit závodníka do nejvyšší formy pomocí tréninku techniky, rychlosti a traťového tempa. V přechodném období je potom trénink méně četný a individuálnější ve formě běhu, cyklistiky atd. (Říha, 2018).

Do výzkumu v rámci této diplomové práce byly vybrány právě cviky ze zimní specifické přípravy v interiéru. Jedná se o baterii cviků, které se využívají k specifické zimní přípravě, která by měla vést k rozvoji motorických dovedností při záběru vpřed.

Tyto cviky byly konzultovány s trenéry, kteří se věnují přípravě vrcholových sportovců v kategorii C1.

2.2 Elektromyografie

2.2.1 Úvod do problematiky

Elektromyografie je klinickým nástrojem hodnotícím svalovou aktivitu svalových vláken, a to jak jednotlivě, tak v souborech. K hodnocení se využívají vložené jehlové elektrody, které snímají svalovou aktivitu jak v pauzách, tak při volní svalové kontrakci. Elektrody měří elektrický potenciál mezi dvěma místy, buď s využitím monopolárních elektrod, jež jsou levnější a méně bolestivé, nicméně s méně stabilním generovaným elektrickým potenciálem nebo s využitím koncentrických elektrod, které ve spojení s drátem a kanylou umožňují přesnější záznam elektrické aktivity (Daube, 2009). Základními součástmi jsou stimulační, registrační a zemnicí elektroda, zesilovač, reproduktor a monitor (Keller, 1999).

Základní jednotkou, využívanou pro měření, je motorická jednotka, jejíž velikost variuje v závislosti na lokalizaci svalu (Buchthal, 1961). Když je aktivována buňka předního rohu míšního, nebo podrážděn její axon, všechny buňky náležející k dané motorické jednotce jsou synchronně depolarizovány. Tato elektrická aktivita se sumuje pro vytvoření akčního potenciálu. Ten vznikne, pokud depolarizační proud překročí potenciál na úrovni prahu a dojde k otevření sodíkových kanálů a následnému rozvoji akčního potenciálu. Dojde k vytvoření specifické vlny, která je charakterizována následujícími třemi kroky: 1) pozitivní výchylkou, když se elektrický signál posouvá po membráně vstříc k extracelulárně umístěné elektrodě, jež tuto aktivitu snímá; 2) negativní výchylkou, když impuls dosáhne elektrody; 3) pozitivní výchylkou, když se signál přesouvá pryč od elektrody (Dumitru, 2000).

Pro zhodnocení výše uvedených vln je nezbytná přítomnost alespoň minimální aktivity. Malé buňky předních rohů míšních mají nižší excitabilitu a jsou tedy aktivovány při nižší aktivitě, zatímco větší buňky předních rohů míšních jsou rekrutovány až při

vyšší aktivitě. To je důvodem, proč standardní EMG techniky hodnotí akční potenciál od menších motorických jednotek (Hennemen, 1965; Lukács, 2009).

2.2.2 *Povrchová EMG*

V případě této diplomové práce jsme využívali povrchové poly-EMG, pomocí kterého je možné hodnotit vzájemnou koordinaci několika kosterních svalů. Díky tomu lze vyhodnocovat poznatky o individuálních pohybových stereotypch a vzájemně je komparovat (Krobot a Kolářová, 2011). Povrchové poly-EMG se využívá zejména v medicínských oblastech k hodnocení vývoje pacienta v rámci léčebného procesu, dále například v rehabilitaci při analýze terapie, ve sportu pro analýzu pohybu a pro účely cíleného tréninku (Konrad, 2005). Při použití poly EMG se bioelektrické signály snímají v blízkosti senzorů umístěných na kůži nad testovaným svalem, v optimálním případě ve střední linii svalu přes svalové břicho. Nejčastěji se využívá dvou elektrod umístěných paralelně s průběhem svalových vláken (Rodová, 2002).

Za využití povrchových elektrod je možné vyšetřit funkce povrchových svalů nebo celých svalových skupin (Bartůňková, 2006) pomocí detekce a analýzy elektrického signálu produkovaného kontrakcí (De Luca, 2006). Povrchová EMG využívána zejména v případě hodnocení okamžiku a rychlosti nástupu svalové aktivity i pro hodnocení jejího relativního poměru při vyšetřování motorických vzorů. Současně je považována za vhodnou metodu pro kineziologickou analýzu, a to pro určení timingu (sekvence náboru jednotlivých svalů, určení svalové únavy a pro určení velikosti svalové aktivity (Krobot a Kolářová, 2011).

V případě povrchové elektromyografie prochází výše popsany akční potenciál přes sousedící tkáň, především tuk a kůži, na jejímž povrchu ho lze detekovat. Nesnímáme akční potenciál jednotlivých buněk, ale sumační potenciál z velkého množství buněk. Jde tedy o vážený součet akčních potenciálů, které se šíří extracelulárním prostorem (Heřman, 2006). Data snímaná elektrodami jsou dále přenesena do procesoru a zpracována do podoby EMG křivky. Signál má tvar vlny, která je poté pomocí předzesilovače a zesilovače upravena – zesíleny jsou žádoucí signály, a naopak utlumeny artefakty, data nevýznamná pro měření. Signál je zesílen nejprve pětisetnásobně v předzesilovači a následně v zesilovači znovu 2 –

2000krát. Finální zesílení je tedy tisíckrát až milionkrát větší (Dufek, 1995). Další nejčastější úpravou je filtrace signálu a rektifikace (Rodová, 2002).

Rektifikace spočívá v usměrnění EMG signálu. Absolutní hodnota signálu je získána převedením negativní fáze signálu kolísajícího nad a pod bazální linií do fáze pozitivní (Rodová, 2002). Nezpracovaný a dále neupravovaný signál je nazvaný raw. Pohybuje se obvykle ve frekvencích mezi 6 až 500 Hz (Konrad, 2005). Aktivace svalu je pak hodnocena kvantifikací amplitudy signálu.

Poloha elektrod je klíčová pro detekci a následnou analýzu signálu. Při bipolárním snímání je nutné elektrody umístit paralelně s průběhem svalových vláken. Dle De Luca (1997) je doporučována poloha na povrchu svalového břicha, kde lze snímat signál o největší amplitudě. Zároveň je nutné zachovat co nejmenší vzájemnou vzdálenost elektrod, aby bylo sníženo riziko „cross talk“ – ovlivnění signálu v okolí svalu, který je měřen (Krobot a Kolářová, 2011). Při popisu aktivace svalu tedy popisujeme pouze místo, kde jsou lokalizované elektrody.

Při vyhodnocování dat se lze odrazit od několika naměřených parametrů. Peak znamená vrchol amplitudy křivky – využívá se pro sledování timingu, časového zapojení svalů. Mean je průměrná hodnota křivky, vhodná pro srovnávací analýzy. Parametr Area je integrálem plochy pod křivkou usměrněného signálu EMG (Konrad, 2005).

2.2.3 Jehlová EMG jako diagnostický nástroj

V roce 1929 byl sestrojen přístroj schopný reprodukovat potenciál jedné motorické jednotky spojením koncentrické jehlové elektrody se zesilovačem a hlasitým reproduktorem. V roce 1938 Denny Brown popsal potenciály při fascikulacích a separoval je od potenciálů ve zdravých a postižených nervech válečných obětí. V roce 1957, Lambert a Eaton popsali elektrofyziologické aspekty myastenického syndromu asociovaného s karcinomem plic. Celé toto odvětví těží ponejvíce z vynálezu vybavení ze začátku 20. století, kterým je možné amplifikovat malé bioelektrické signály ze začátku 20. století (Kazamel, 2017).

Jiné techniky jsou lepšími nástroji pro hodnocení širšího spektra motorických jednotek a jejich akčního potenciálu, když se porovnávají normální a poškozené svaly.

Zvláště některé charakteristické formy v morfologii vln akčního potenciálu jsou podstatné pro hodnocení stádia zdraví, či poškození ovlivňujícího motorickou jednotku. Jedná se zejména o amplitudu mezi jednotlivými píky; čas mezi pozitivní a negativní výchylkou; trvání akčního potenciálu; počet fází. Žádný elektrodový systém nemůže hodnotit všechna svalová vlákna motorické jednotky. Akční potenciál reprezentuje pouze část elektrické aktivity motorické jednotky, z které se snímá záznam. Pro získání jistoty, že snímaný akční potenciál (dále jako AP) reprezentuje sval jako celek, by měl examinator nahrát zhruba 20-30 záznamů AP z různých míst (Buchthal, 1973). S moderní technologií bylo prokázáno, že až šest AP může být snímáno na každé elektrodě za deset sekund průměrné svalové aktivity. Nahrávání jednoho AP třikrát a vícekrát umožní správnou evaluaci té které křivky AP. Morfologie AP v konkrétním svalu u probanda může být následně porovnávána se standardy. Je však třeba zmínit, že většina EMG analýz je kvalitativní a že tedy interpretace vln je kriticky závislá na osobě a zkušenosti examinatora (Brownell, 2009).

Správné umístění elektrod je nezbytné pro správné hodnocení AP. Ústřední část vlny AP, hrot, je obvykle generován malým množstvím svalových vláken. Hrot amplitudy není vztažen k množství svalových vláken v každé motorické jednotce, ale spíše k velikosti a denzitě svalových vláken z jedné motorické jednotky v blízkosti elektrody. Každá změna polohy špičky jehly může mít za následek změnu vlny AP, zvláště na její amplitudu než na její trvání (Kimura, 2001; Barkhaus, 2009).

Doba trvání AP je determinována několika faktory: velikostí svalových vláken, množstvím těchto vláken v blízkosti snímající elektrody, disperzí terminálních axonů MJ, rozdílem rychlosti vedení depolarizačních vln v terminálních axonech a svalových vláknech. Bývá častým omylem, že délka AP reflektuje velikost motorické jednotky. Ta však spíše odráží aktivitu všech svalových vláken v dosahu špičky elektrody (přibližně 2,5 mm). Délka AP reprezentuje stav MJ spíše než jeho amplituda, zčásti proto, že počet svalových vláken přispívajících k jeho trvání je větší než těch, které přispívají k hrotu a zčásti proto, že pohyb jehly má menší efekt na trvání než na amplitudu (Brownell, 2009).

Trvání AP se liší v jednotlivých svaích a zvyšuje se s věkem. V dětství a mladé dospělosti je zvyšování trvání AP způsobeno růstem svalových vláken. V období od

mladé dospělosti do stáří, je trvání závislé na remodelaci MJ a zpomaluje se vedením podél terminálních vláken a vlastních svalových vláken (Sacco, 1962).

Poslední podstatnou morfológickou vlastností je počet fází. Fáze je ta část vlny mezi kříženími. Normální AP má čtyři nebo méně fází. AP se čtyřmi nebo více fázemi jsou zvané polyfázickými potenciály (Abdelmaseeh, 2014).

V běžném subjektu jsou svaly v klidu „tiché“, přičemž produkují pouze malý EMG signál. S minimální volní aktivací jsou jednotlivé motorické jednotky aktivovány semi-rytmicky, menší jednotky jsou aktivovány první. Větší volní aktivita zvýší aktivaci již činných MJ a zapojí předtím tiché jednotky zvětšující se velikosti (Abdelmaseeh, 2014).

2.2.4 *Diagnostická kvalita nástroje*

Elektromyografie se využívá po celém světě již po mnoho desetiletí a byla tedy využita v mnoha tisících studiích. Vzhledem k širokému užití tohoto nástroje v diagnostice a ve výzkumu, a jak vyplývá z textu výše, i z uvedených studií, je tento nástroj nezbytné validizovat pro různé účely, ke kterým ho lze využít. Například u poliomyozitid a u dermatomyozitid se jedná o jedno z klinických kritérií při diagnostice (Vencovský, 2014).

Pro ukázkou použiji studii, zaměřenou na validitu a reliabilitu testování aktivity vastus intermedius (Watanabe, 2011). Důvodem k realizaci této studie bylo hluboké uložení tohoto svalu, a tedy nemožnost snímání aktivity povrchovou EMG. Cílem bylo porovnat neuromuskulární aktivaci detekovanou ve střední porci svalu s aktivací detekovanou na distální porci a ozřejmit, zda povrchová EMG detekovaná na distální porci může být použita pro hodnocení celého svalu. Byl využit vzorek šesti zdravých mužů, kteří byli ve věku $25,8 \pm 4,7$ roku, výšky $170,4 \pm 10,1$ cm a váhy $69,9 \pm 10,3$ kg. Subjekty předvedly za přesně stanovených podmínek maximální volní kontrakci při extenzi kolene. Při submaximální kontrakci, snímaly činnost EMG jehly v distální a střední části a povrchové EMG v distální části. Byly měřeny dvě kontrakce s pauzou a byl použit jejich průměr. V předcházejících experimentech byl stanoven horní limit izometrické kontrakce 35–40 % max. volní kontrakce (De Luca, 2003), proto byla použita

hodnota 30 % této kontrakce. Pro každý subjekt pak byla stanovena korelační analýza mezi střední kvadratickou rychlostí jehlové EMG na obou místech a střední kvadratická rychlost povrchové EMG. Korelační koeficienty mezi jednotlivými elektrodami pak byly porovnány pomocí Mann-Whitneyho U testu. Střední kvadratická rychlost byla poté analyzována ve třech různých časech kontrakce (30 %, 60 %, 90 % celkového času kontrakce) pomocí dvojcestně analýzy variance (ANOVA). Úroveň statistické významnosti byla stanovena na $p < 0,05$. Statistická analýza následně byla provedena pomocí SPSS softwaru. Byla objevena excelentní korelace pro jehlovou střední a distální lokalizaci ($r=0.897-0.984$, $p < 0.001$). Korelační koeficienty pro střední jehlovou a povrchovou ($r=0.919-0.990$, $p < 0.001$) a distální jehlovou a povrchovou EMG ($r=0.926-0.991$, $p < 0.001$ pro všechny subjekty) byly rovněž výborné. Mezi korelacemi střední jehlová – povrchová a distální jehlová – povrchová nebyly nalezeny žádné významné rozdíly (Watanabe, 2011).

2.2.5 *Shrnutí*

Jako jednoznačný benefit elektromyografie vidím široké spektrum využití tohoto nástroje ve všech jeho podobách, a to v lékařské diagnostice chorob nebo ve výzkumu. Mezi další silné stránky bezpochyby patří její dlouholeté užívání a její aplikace v mnoha výzkumech, které vedly k jejímu praktickému prověření. EMG je velmi specifický nástroj, dokáže cílit na přesně danou strukturu a dá se využít v mnoha případech, například při měření aktivity posturálních svalů nebo svalů využívaných při různých aktivitách, jako je sport, práce atp. To pak může při správné aplikaci a interpretaci výsledků vést k optimalizaci daného pohybu.

Mezi slabé stránky bych řadila značnou časovou náročnost metody, kdy je třeba podstoupit velký počet měření pro získání relevantních výsledků. Také jejich interpretace může být zatížená osobou experimentátora a jeho zkušenostmi. Nezanedbatelnou nevýhodou je rovněž invazivita jehlové EMG, kdy může dojít ke zranění pacienta nebo probanda s vážnými následky (například způsobení pneumotoraxu). Pro využití v nativních podmínkách při měření zejména sportovců je pak třeba aplikovat modifikované a specializované vybavení, které může svým vlivem zkreslovat výsledek

měření. Dle mého názoru je vhodné spíše využívat neinvazivní povrchovou EMG, v těch případech, kdy je to možné, a také redukovat riziko způsobené interpretací nezkušeného experimentátora vhodným softwarovým programem.

2.3 Rešerše literatury

Kategorií C1 se zabývá několik autorů. Obecně techniku jízdy na singlkanoi popsal v diplomové práci Pinkava (2006), který zpracovával instruktážní film. Výkonné aspekty ve vodním slalomu zkoumal v dizertační práci Bílý (2011), na to pak navázal s tématem vztahu kondičních schopností s výkonností ve vodním slalomu, konkrétně u zmiňované kategorie, nejprve v diplomové práci Vondra (2016) a následně v dizertační práci Busta (2019). Silovými schopnostmi závodníků při záběru na vodě v porovnání s maximální volní kontrakcí se v této kategorii zabýval v diplomové práci Říha (2018). Vzhledem k tomu, že v této diplomové práci jsem se nezabývala výkonem ani psychickými faktory, nejsou výše uvedené literární zdroje pro práci relevantní.

Hledisko psychických faktorů a jejich vliv na výkon závodníka zkoumal ve své diplomové práci Kubričan (2008). Vlivem představitosti na výkon se zabýval v bakalářské práci Vondra (2013). Z pohledu vybraných kondičních a psychických faktorů posuzoval výkon závodníka Jančar (2008) v rámci dvě diplomové práce.

Jak jsem již uvedla výše, vzhledem k tomu, že v předkládané diplomové práci jsem se nezabývala ani otázkou výkonu, ani psychickými faktory, nejsou ani tyto výše uvedené literární zdroje pro práci relevantní.

Součková (2014) ve své bakalářské práci zpracovala analýzu přímého záběru vpřed v kategorii C1, ale u rychlostních kanoistů, kteří zaujímají při pádlování jiné postavení, tudíž tento zdroj nelze využít. Stejnou kategorií, tedy C1 v rychlostní kanoistice, se zabývala v diplomové práci stejná autorka (Součková, 2018) při komparativní analýze přímého záběru vpřed na rychlostní kanoi a v pádlovacím bazénu. Této kategorii se věnoval v diplomové práci i Miškovský (2017), když určoval vztah spiroergometrického vyšetření při jízdě na rychlostní kanoi a při pádlování na trenažeru u elitních českých kanoistů, stejně jako například Pelham et al. (1992), kdy byl v článku pro časopis

National Strength and Conditioning Association Journal zkoumán záběr vpřed na rychlostní kanoi.

V časopise *Kinanthropologica* byl zveřejněn článek o antropometrických a somatotypických rozdílech mezi závodníky v kategorii C1 kteří byli a nebyli vybráni do českého reprezentačního týmu (Busta et al., 2018). Chałubińska et al. (2020) se zabývala dvanáctitýdenním senzomotorickým tréninkem jako faktorem, který ovlivňuje pohybové vzory kanoistů, článek byl publikován v časopise *Biomedical Human Kinetics*.

Na téma negativního vlivu pádlování v kategorii C1 na pohybovou soustavu u vrcholových závodníků pak zpracovala diplomovou práci Mrázová (2006). Analýza záběru zde probíhala pomocí EMG a kineziologického vyšetření. Tato práce byla zároveň jedinou relevantní k této diplomové práci. K dispozici je sice řada prací, která se zabývá elektromyografickou analýzou a následnou komparací získaných výsledků u vodních slalomářů, ale u kategorie K1, kajakářů, kteří mají zcela jiné posazení v lodi, jiný typ pádla a symetričtější pohybovou aktivitu, tudíž tyto práce také nelze využít.

3 Cíle práce, řešené otázky a hypotézy

3.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je pomocí povrchové elektromyografie popsat a porovnat aktivitu deseti vybraných svalů při záběru na trenažéru, diagonálním přitahu k hrazdě v polovisu, extenzi pažích s pružným odporem, přitazích činky a shybech nadhmatem vůči přímému záběru vpřed na singlkanoi jako referenčnímu pohybu. Na základě výsledků výzkumu bude navrženo praktické doporučení do tréninkového procesu vodních slalomářů.

3.2 Úkoly

Dle výše uvedených cílů byly stanoveny následující úkoly:

- přehledně zpracovat literaturu zabývající se danou problematikou
- určit sledované svaly
- zajistit prostor a technického vybavení pro provedení výzkumu
- zajistit homogenní vzorek probandů pro výzkum
- povrchovou elektromyografií změřit vybrané svaly při přímém záběru na singlkanoi, záběru na trenažéru, diagonálním přitahu k hrazdě v polovisu, extenzi pažích s pružným odporem, přitazích činky a shybech nadhmatem
- zpracovat a interpretovat výsledky experimentu
- vytvořit 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 podkladu studia dostupných literárních zdrojů zabývajících se vodním slalomem a teoretických východiscích práce:

H1: Míra aktivity m. latissimus dorsi dle plochy pod křivkou je srovnatelná napříč měřenými pohybovými úkony – při záběru vpřed na singlkanoi, záběru na trenažéru,

diagonálním přitahu k hrazdě v polovisu, extenzi paží s pružným odporem, přitazích činky a shybech nadhmatem.

H2: Míra podobnosti plochy pod křivkou bude nejvyšší mezi záběrem vpřed na klidné vodě a na trenažéru oproti diagonálnímu přitahu k hrazdě v polovisu, extenzi paží s pružným odporem, přitazích činky a shybech nadhmatem.

4 Metodika práce

4.1 Obecná charakteristika výzkumu

První část výzkumu byla koncipována jako komparativní analytická studie experimentálního charakteru se sledováním elektrických potenciálů vybraných svalů. Pro kineziologickou analýzu a následné srovnání pádlování s využívanými cviky byla využita interindividuální komparace zjištěných jevů.

Mezi proměnné, které byly sledovány, patřily tyto:

- délka pohybového cyklu;
- nástupy a konce svalové aktivace (timing);
- osobní údaje probandů (věk, výška, hmotnost);
- zařazení probandů ve výkonnostní třídě;
- zdravotní stav probandů.

Naopak nebyly sledovány:

- odporové síly;
- lateralita;
- únava.

4.2 Charakteristika probandů a místa provedeného měření

Pro účely experimentu bylo vybráno deset probandů ve věku od 18 do 30 let mužského pohlaví, věnujících se v uplynulých pěti letech závodně slalomu na divoké vodě v kategorii C1. Kromě výše uvedených podmínek, které museli probandi splňovat, tak byly z experimentu vyřazeny osoby s kardiostimulátorem, se zvýšenou krvácivostí (hemofilií), s epilepsií, závažnými kožními chorobami, s těžkými neurologickými chorobami, s tuberkulózou, s nádorovým onemocněním, se zraněním či akutním onemocněním nebo s jakýmkoliv onemocněním či omezením pohybového aparátu a také osoby s kardiovaskulárním onemocněním či v úrazu a v rekonvalescenci po onemocnění

či po úrazu. Probandi se účastnili experimentu dobrovolně a před jeho realizací byli seznámeni s průběhem měření. Experiment byl schválen etickou komisí FTVS UK – její vyjádření je první přílohou diplomové práce spolu s informovaným souhlasem. V průběhu testování nesměli být probandi pod vlivem alkoholu a jiných omamných látek, které by mohly ovlivnit jejich pohybové chování, a nesměli vykazovat známky bolesti či vysoké únavy.

4.3 Použité přístroje a metody

4.3.1 *Technické vybavení pro měření*

Elektromyografická data jsme získali pomocí přenosného 14bitového homologovaného EMG přístroje ME6000 Biomonitor (Mega Electronics, Kuopio, Finland), na kterém lze využít šestnáct kanálů. Přístroj váží 344 g a jeho rozměry jsou 1810 x 850 x 350 mm. Frekvence vzorkování může být až 10 000 Hz na kanál s měřícím rozpětím $\pm 8192 \mu\text{V}$. Citlivost přístroje je $1 \mu\text{V}$ na dílek a pásmová propust 8–500 Hz. Data je možné načítat do interní paměti o kapacitě 2 GB či bezdrátově do počítače. V průběhu měření jsme data použili na záznam dat frekvenci snímkování 1000 Hz. Data byla posléze stažena do počítače. Pro snímání aktivity svalů jsme použili homologované samolepící gelové Ag/AgCl elektrody Medico Lead-lok. Elektrody byly nalepeny na očištěné a lihem odmaštěné vybrané svaly (obr. 4–13) podle doporučení SENIAM (2015) a softwaru Mega Win, Biomonitor 6000.

V průběhu měření na vodě měl proband přístroj složený v lodi pod sebou, při snímání svalové aktivity v interiéru pak připevněný kolem pasu, což nemělo na průběh měření žádný vliv.

4.3.2 *Funkce měřených svalů a lokalizace elektrod*

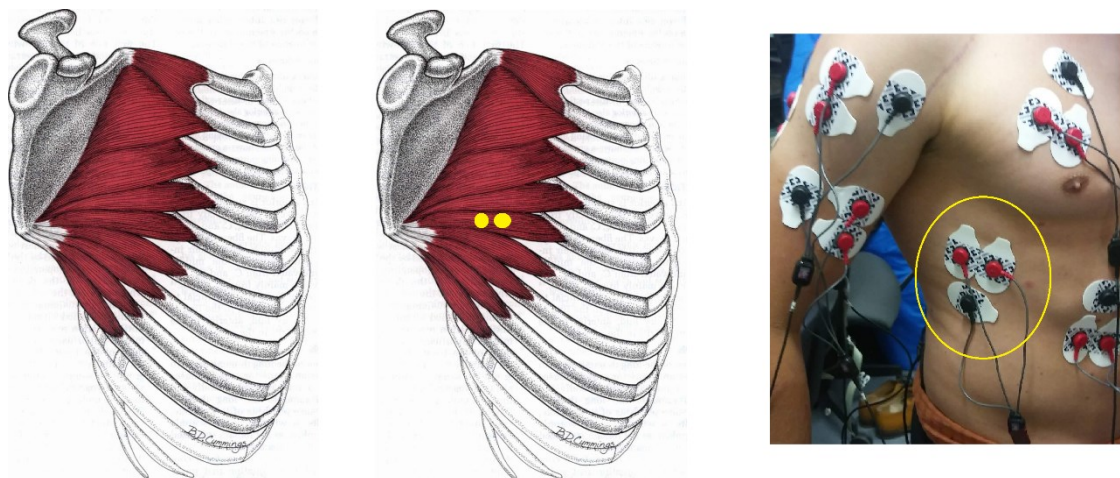
Popis svalové funkce byl proveden dle Travell, Simons (1999) a Čihák (2016). Lokalizace elektrod byla provedena podle anatomického atlasu (Sobotta, 2007) a na základě software Mega Win a zkušenosti o svalech, které se zapojují při jízdě na C1. Jednotlivé svaly byly palpovány odborníkem – fyzioterapeutem, do místa největší aktivace svalu při kontrakci svalu během simulovaného pohybu s odporem.

4.3.2.1 *Musculus serratus anterior*

Musculus serratus anterior začíná na prvních devíti žebrech a upíná se na lopatku. Dělí se na tři skupiny vláken. Z prvního (někdy druhého) žebra míří vlákna na horní úhel lopatky, téměř paralelně s žebry, z druhého a třetího jdou na mediální hranu lopatky, pod úhlem 45°, z čtvrtého až devátého žebra na dolní úhel lopatky. Vlákná, která jdou z pátého až devátého žebra, se střídají s vlákny musculus obliquus abdominis externus. Serratus anterior je inervován n. thoracicus longus.

Sval táhne lopatku laterálně a dopředu a stabilizuje ji, v případě úsilí přispívá jako pomocný vdechový sval.

Elektrody byly lokalizovány v oblasti pátého mezižebří, na středu svalu.



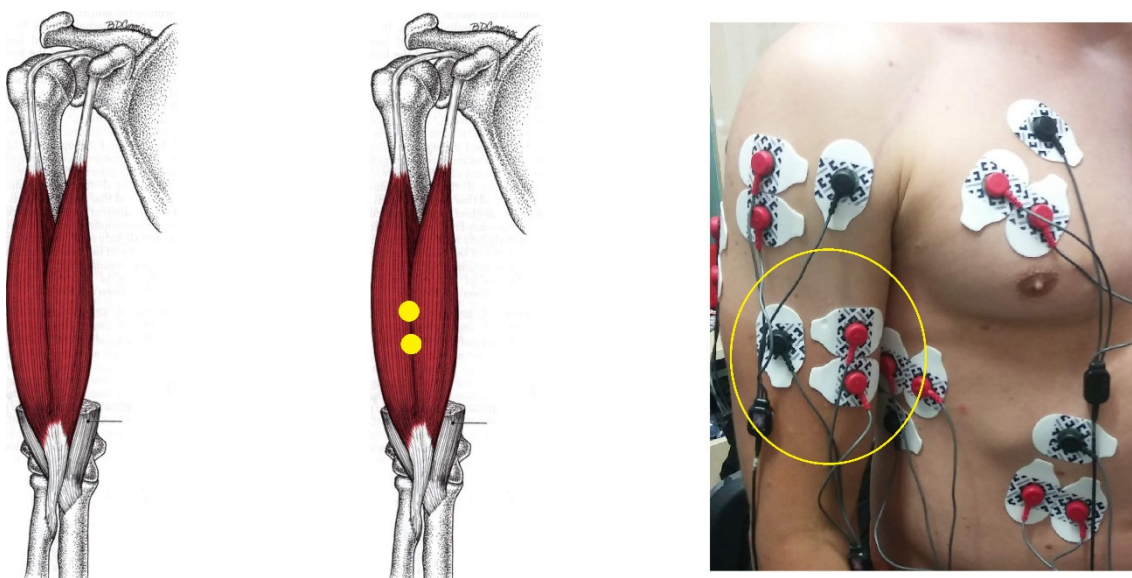
Obrázek 4 - m. serratus anterior; zleva: anatomie, lokalizace elektrod na svalu, lokalizace in vivo na probandovi (obr. Travell, Simons 1999).

4.3.2.2 *Musculus biceps brachii*

Jedná se o povrchový sval, jenž leží na ventrální straně paže. Má dvě hlavy, přičemž caput longum leží laterálně, začíná proximálně od tuberculum supraglenoidale a horního okraje glenoidálního labra. Šlacha probíhá nad hlavicí humeru, intrakapsulárně skrz ramenní kloub, dále vychází z kloubního pouzdra a pokračuje do sulcus intertubercularis a přechází ve svalové bříško svalu. Caput breve je lokalizována mediálně, začíná od hrotu processus coracoideus a přechází ve svalové bříško. Distálně se obě hlavy spojují v dlouhé svalové bříško přecházející ve šlachu upínající se na tuberositat radii. Část snopců se odštěpuje a vytváří ploténku aponeurosis musculi bicipitis brachii, která se upíná na ulnární straně do povrchové předloketní fascie. Musculus biceps brachii je inervován n. musculocutaneus.

Obě hlavy dopomáhají flexi v ramenním kloubu. Caput longum při zevní rotaci dopomáhá v abdukci, spolu rotátorovou manžetou fixuje hlavici humeru v jamce při abdukci a brání luxaci ramenního kloubu. Caput breve se podílí na flexi, zejména při supinaci předloktí a 80°–90° flexi v loketním kloubu.

Elektrody byly lokalizovány v místě největšího bříška svalu, paralelně se svalovými vlákny; ověřeno palpačně při kontrakci.



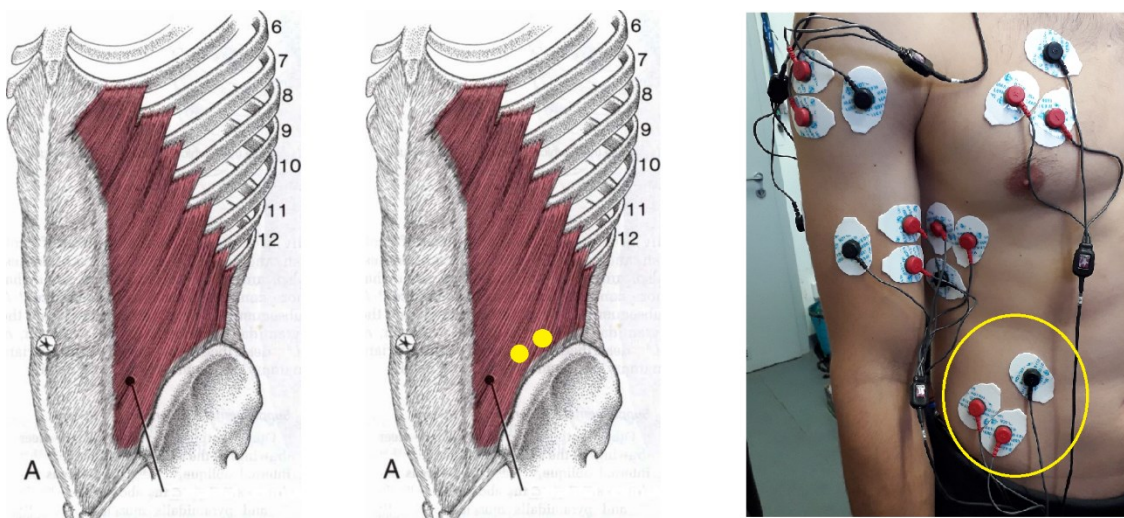
Obrázek 5 - m. biceps brachii; zleva: anatomie, lokalizace elektrod na svalu, lokalizace in vivo na probandovi (obr. Travell, Simons 1999).

4.3.2.3 *Musculus obliquus externus abdomini*

Sval tvoří povrchovou svalovou vrstvu břišní stěny. Jeho vlákna běží šikmo inferiorně a mediálně. Začíná na vnější ploše laterální části pátého až dvanáctého žebra. Úpony na prvních pěti žebrech komunikují se začátky m. serratus anterior, úpony na posledních třech žebrech s úpony m. latissimus dorsi. Na laterální ploše trupu přechází v povrchový list thorakolumbální fascie. Vlákna z posledních dvou žebere míří téměř vertikálně, pak paralelně a přidávají se k vláknům m. quadratus lumborum, který se upíná na crista iliaca a na dvanácté žebro. Vlákna procházejí diagonálně anteriorně kaudálně a připojují se k břišní aponeuróze, upínající se anteriorně do linea alba a na anteriorní polovinu cristae iliaceae. Spojuje se s protilehlými vazivovými pruhy a dává vznik linea alba. Vlákna z devátého žebra se upínají na os pubis a vysílají aponeurózu k začátkům stejnostranným i kontralaterálním adduktorům stehna. Sval je inervován z nn. intercostalis spolu s n. lumbalis.

Vzhledem k funkčním souvislostem se aktivuje při změně těžiště a spolupomáhá udržovat tělo ve vzpřímené poloze. Podílí se na nastavení sklonu pánve a aktivuje při chůzi, více při chůzi do kopce; zapojuje se při aktivaci břišního lisu. Podílí se na flexi a na rotacích trupu – pro rotaci trupu doleva je třeba kontrakce pravého m. obliquus ext.

Elektrody byly lokalizovány nad hřebenem kosti kyčelní, mírně ventrálně.



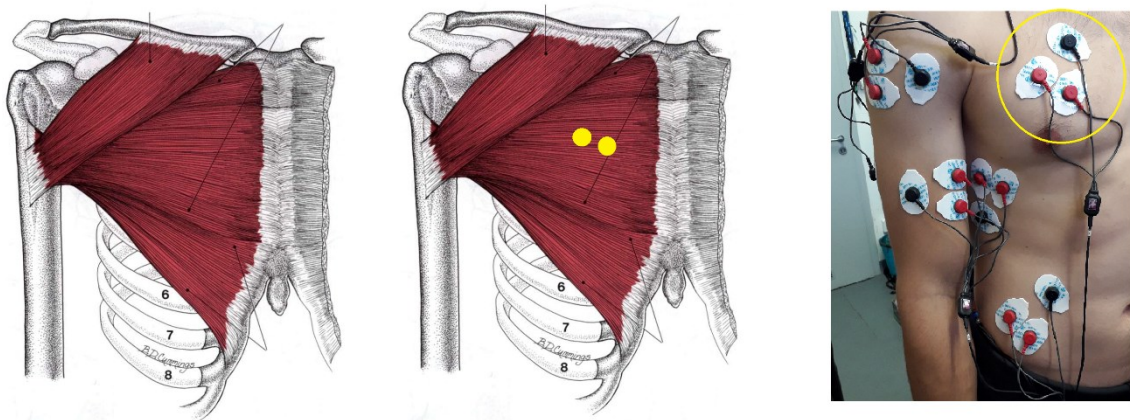
Obrázek 6 - m. obliquus abdominis; zleva: anatomie, lokalizace elektrod na svaly, lokalizace in vivo na probandovi (obr. Travell, Simons 1999).

4.3.2.4 *Musculus pectoralis, pars sternocostalis*

Lze rozlišit čtyři části – pars clavicularis začínající na klíční kosti, pars sternalis začínající na sternu, pars costalis s počátkem na chrupavce druhého až šestého žebra a pars abdominalis začínající na povrchové aponeuróze m. obliquus externus abdominis a m. rectus abdominis. Upíná se na cristu tuberculi majoris humeri. Sval je inervován z n. pectoralis.

Všechna vlákna m. pectoralis dělají addukci, horizontální addukci a vnitřní rotaci paže. Pars clavicularis se podílí na flexi (do 60°) a na abdukci, nad horizontálou. Pars sternalis a costalis dopomáhá při extenzi paži z flexe a podílí se na depresi paže a ramene a protrakci ramene.

Elektrody byly lokalizovány v mezi na hranici první a druhé třetiny svalu od sternu, v místě největšího bříška svalu, paralelně se svalovými vlákny; ověřeno palpačně při kontrakci.



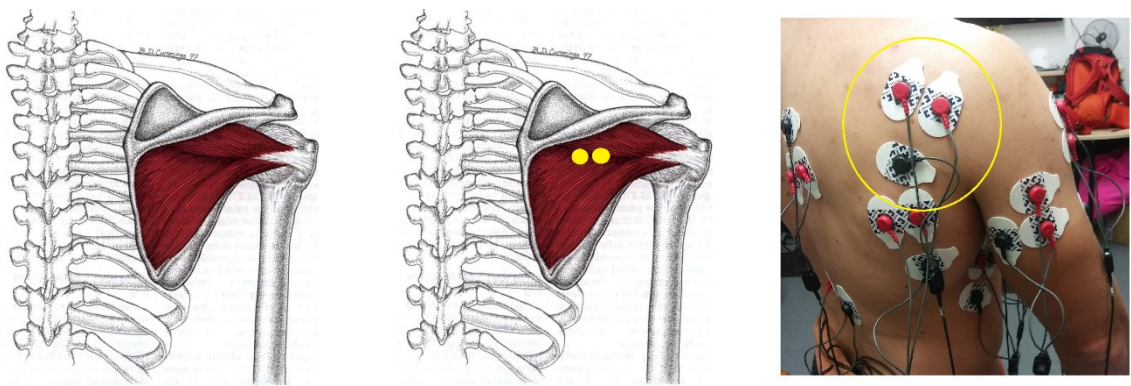
Obrázek 7 - m. pectoralis major; zleva: anatomie, lokalizace elektrod na sval, lokalizace in vivo na probandovi (obr. Travell, Simons 1999).

4.3.2.5 *Musculus infrapinatus*

Sval zaujímá přibližně dvě třetiny fossa infrapinata, kromě zevního okraje a dolního úhlu a pokračuje laterálním směrem. Mediokraniální část svalu je kryta m. trapezius. Upíná se na tuberculum majus humeri a je inervován n. suprascapularis.

Jeho hlavní funkcí je zevní rotace humeru, kraniální vlákna provádějí abdukci a kaudální vlákna addukci v celém rozsahu při horizontální abdukci. Dále napomáhá flexi i extenzi. Při 90° flexi a horizontální addukci v ramenním kloubu se funkce změní a kraniální vlákna se stanou vnitřními rotátory.

Elektrody byly lokalizovány v místě největšího bříska svalu, v polovině délky spina scapulae, paralelně se svalovými vlákny; ověřeno palpačně při kontrakci.



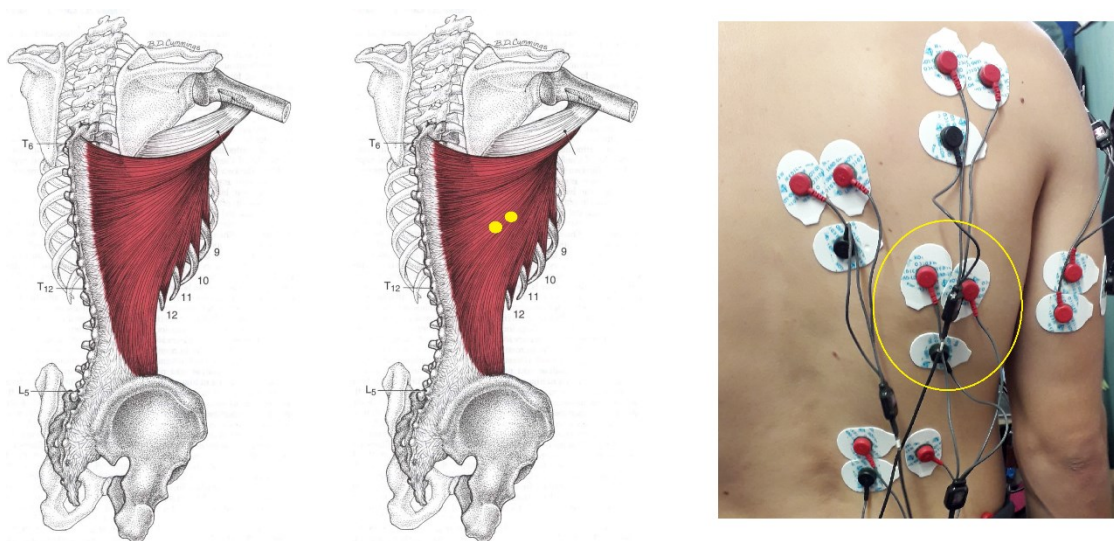
Obrázek 8 - *m. infraspinatus*; zleva: anatomie, lokalizace elektrod na svalu, lokalizace in vivo na probandovi (obr. Travell, Simons 1999).

4.3.2.6 *Musculus latissimus dorsi*

Sval začíná na spinálních výbězcích sedmého až dvanáctého obratle hrudní páteře a prvního až pátého obratle páteře bederní, na dorzální části labium externum crista iliaca a na čtyřech kaudálních žebrech. Upíná se na cristu tuberculi minoris humeri proximálně a ventrálně od šlachy *m. teres major*. Horní svalová vlákna směřují laterálně a překrývají dolní úhel lopatky, dolní jdou téměř vertikálně, překrývají zadní povrch dolních žeberech a sval tvoří zadní stěnu podpažní jámy. Je inervován *n. thoracodorsalis*.

Musculus latissimus dorsi se podílí horizontálními vlákny na addukci ramene a vnitřní rotaci paže. Při usilovném nádechu funguje jako pomocný nádechový sval. Při jednostranné kontrakci elevuje pánev.

Elektrody byly lokalizovány v místě největšího břicha svalu, paralelně se svalovými vlákny; ověřeno palpačně při kontrakci.



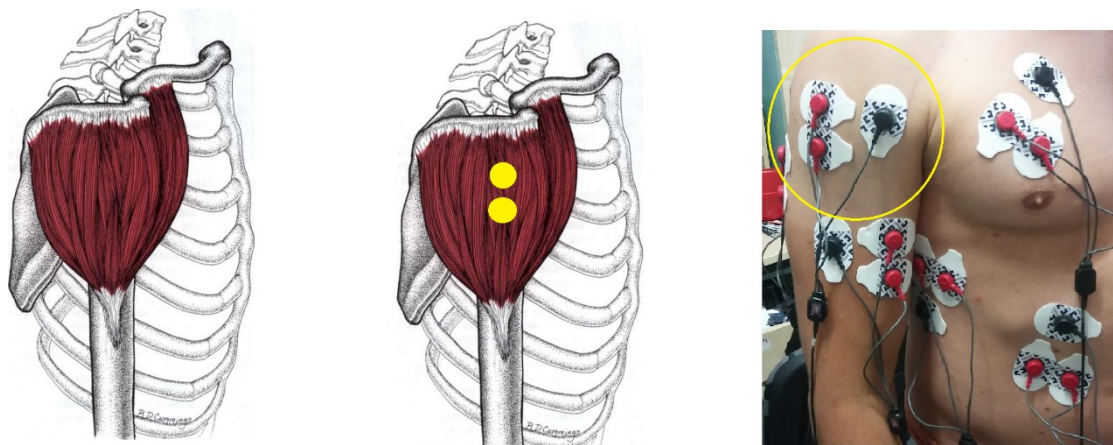
Obrázek 9 - *m. latissimus dorsi*; zleva: anatomie, lokalizace elektrod na svalu, lokalizace in vivo na probandovi (obr. Travell, Simons 1999).

4.3.2.7 *Musculus deltoideus*

Jedná se o plochý sval trojúhelníkovitého tvaru. Pars clavicularis začíná na předním okraji extremitas acromiale claviculae, pars acromialis na laterálním okraji acromionu a pars spinalis na laterálním, dolním okraji spina scapulae. Sval míří přímo distálně, pars clavicularis a spinalis distolaterálně. Všechna vlákna se sbíhají a pomocí jedné šlachy se upínají na tuberositas deltoidea. Je inervován *n. axillaris*.

Musculus deltoides, zejména pars acromialis, dělá abdukci v ramenním kloubu. Pars clavicularis se podílí na flexi, horizontální addukci a vnitřní rotaci, pars spinalis pak na addukci, extenzi a napomáhá zevní rotaci.

Elektrody byly lokalizovány v místě největšího břicha svalu, v polovině délky svalu na laterální straně humeru, paralelně se svalovými vlákny; ověřeno palpačně při kontrakci.



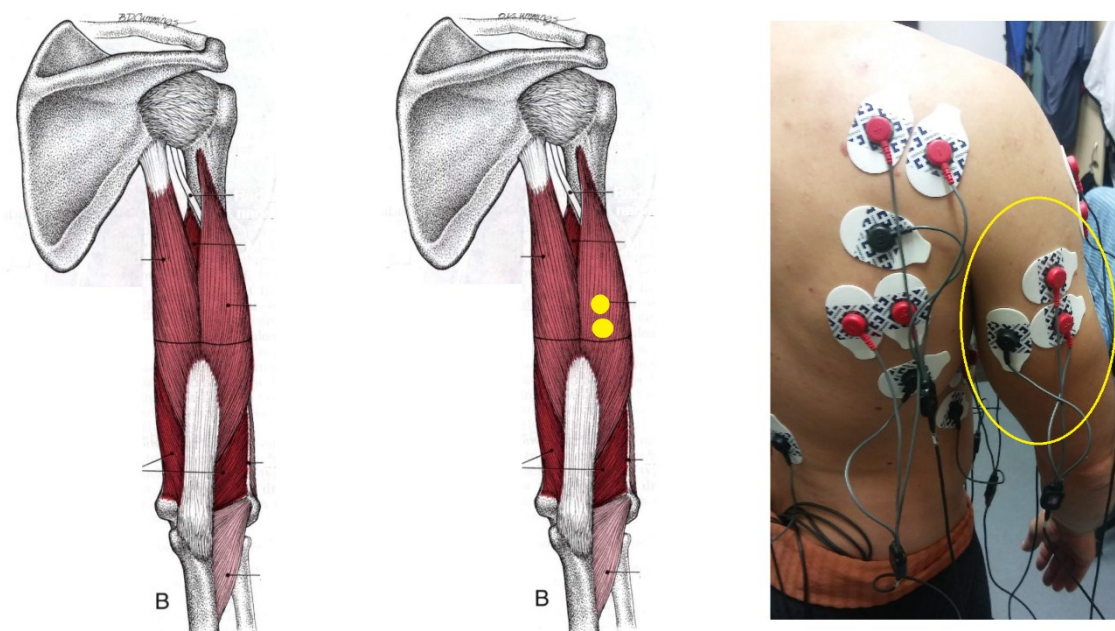
Obrázek 10 - *m. deltoideus, pars acromialis*; zleva: anatomie, lokalizace elektrod na svalu, lokalizace in vivo na probandovi (obr. Travell, Simons 1999).

4.3.2.8 *Musculus triceps brachii*

Sval se skládá ze tří hlav. Caput longum začíná na tuberculum infraglenoidale scapulae, směřuje distálně, probíhá mezi *m. teres major* a *minor*. Caput laterale začíná na dorzální straně humeru, proximálně od sulcus nervi radialis, od septum intermusculare brachii mediale at laterale, směřuje dolů a mediálně. Caput mediale začíná na dorzální straně humeru distálně od sulcus nervi radialis, od septum intermusculare brachii mediale at laterale, je kryta laterální hlavou a částečně i dlouhou. Všechny hlavy se upínají společnou šlachou na olecranon ulnae a na dorzální plochu ulny, některé snopce caput mediale se zanořují do pouzdra loketního kloubu. Sval je inervován *n. radialis*.

Funkce tricepsu brachii je závislá na míře flexe v lokti. Při mírné flexi 20°–30° je nejúčinnější, poté se jeho účinnost snižuje a vyšší je pak až při plné flexi lokte

Elektrody byly lokalizovány v místě největšího břicha svalu, v polovině jeho délky na dorzální straně humeru, paralelně se svalovými vlákny; ověřeno palpačně při kontrakci svalu.



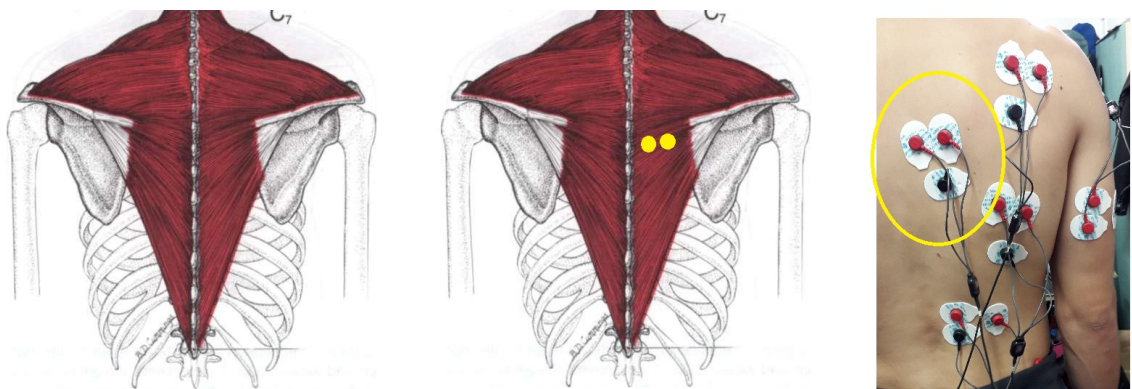
Obrázek 11 - *m. triceps brachii*; zleva: anatomie, lokalizace elektrod na svalu, lokalizace in vivo na probandovi (obr. Travell, Simons 1999).

4.3.2.9 *Musculus trapezius*

Patří mezi povrchové svaly a lze rozlišit tři jeho části. Pars descendens začíná na mediální třetině linea nuchae, ligamentu nuchae a na processus spinosi prvního až pátého krčního obratle a upíná se na zevní třetinu klíční kosti. Pars transversa začíná na processu spinosi a a ligamenta interspinalia šestého krčního až třetího hrudního obratle a upíná se na horní okraj spina scapulae a na acromion. Pars ascendens začíná na processu spinosi a ligamenta interspinalia čtvrtého až dvanáctého hrudního obratle a upíná se na tuberculum scapulae. Je inervován z n. accesorius.

Sval dělá zejména elevaci ramene (pars descendens a transversus) a depresi ramene (pars ascendens) a addukci. Dále se podílí na zevní rotaci. Pars descendens při oboustranné kontrakci dělá extenzi krční a hrudní páteře. Při jednostranné kontrakci lateroflexi, extenzi a kontralaterální rotaci hlavy a krku. Pars transversus asistuje při addukci lopatky, flexi a abdukci ramene. Pars ascendens dopomáhá při addukci a zevní rotaci lopatky, flexi a abdukci v rameni.

Elektrody byly lokalizovány mezi páteří a spina scapulae, v oblasti pars transversa, paralelně se svalovými vlákny.



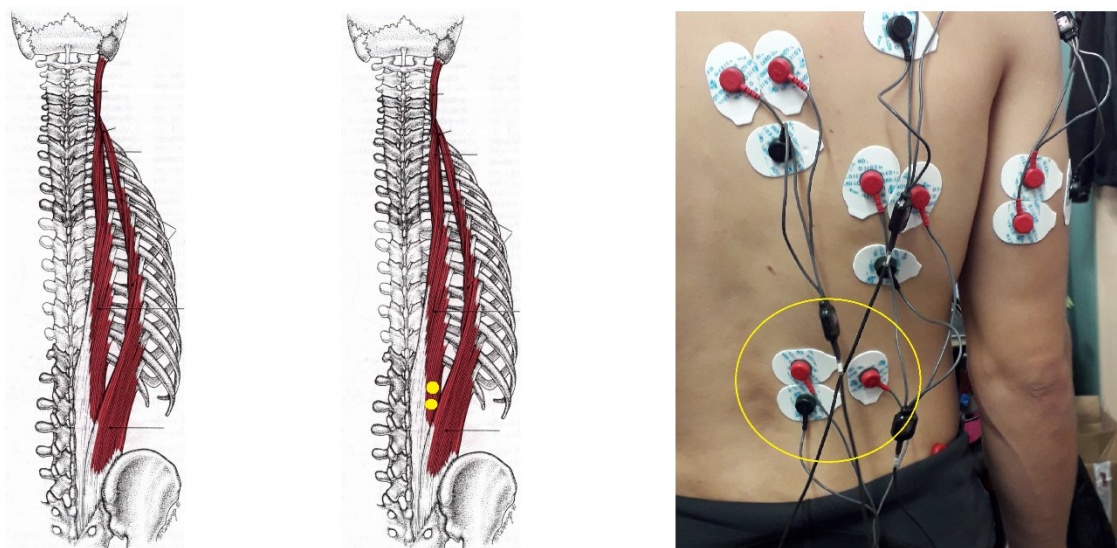
Obrázek 12 - *m. trapezius, pars ascendens*; zleva: anatomie, lokalizace elektrod na svalu, lokalizace in vivo na probandovi (obr. Travell, Simons 1999).

4.3.2.10 *Erector spinae*

Jedná se o několik svalů. *M. iliocostalis lumborum* začíná na zadní části *crista sacralis lateralis*, thorakolumbální fascii a směřuje laterálně. Upíná se na šest až sedm kaudálních žeberech. *M. iliocostalis thoracis* začíná na pěti až šesti kaudálních žebrech a upíná se na pět až šest kraniálních žeberech. *M. longissimus thoracis* začíná na příčných výběžcích bederních obratlů a na příčné výběžcích šestého až dvanáctého hrudního obratle. Upíná se na deset kaudálních žeberech a zadní část příčných výběžků všech hrudních obratlů. *M. spinalis thoracis* začíná na trnových výběžcích desátého hrudního až třetího bederního obratle, upíná se na trnové výběžky druhého až sedmého hrudního obratle. Všechny zmíněné svaly jsou inervovány z *rami dorsales* míšních nervů.

Při jednostranné akci uklání svaly páteř homolaterálně a dělají rotaci homolaterálně, vychází-li se z úklonu. Při oboustranné akci dochází k extenzi páteře. *M. iliocostalis lumborum* funguje při kyfóze jako pomocný nádechový sval, při lordóze pomocný výdechový sval. *Erector spinae* obecně se silně kontrahuje při kašli, v sedě jsou více aktivní svaly v hrudní oblasti než v bederní oblasti – udržují totiž trup ve vzpřímené pozici.

Elektrody byly lokalizovány laterálně od páteře ve výšce prvních dvou bederních obratlů, paralelně se svalovými vlákny.

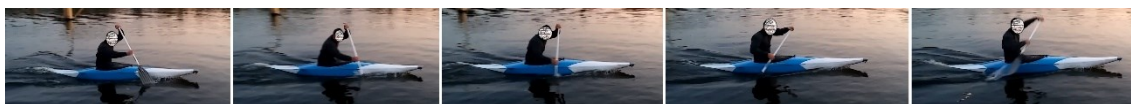


Obrázek 13 - erector spinae, úpony dvou povrchových svalů vedoucích podél páteře; mediálně longissimus thoracis, laterálně iliocostalis lumborum; zleva: anatomie, lokalizace elektrod na svalu, lokalizace in vivo na probandovi (obr. Travell, Simons 1999).

4.4 Provedení měření

4.4.1 Vybrané pohyby pro měření

V rámci první části měření byli probandi měřeni v co nejstálejších podmínkách na rovné vodě, abychom předešli vzniku artefaktů, v lodi, v které jsou zvyklí trénovat s vhodnou úpravou sezení. Závodníci si vybírají obvykle loď podle svých tělesných předpokladů a stylu jízdy (Bílý, 2002). Byli sledováni v jedné rozjížděci dlouhé 300 m, přičemž vyhodnocováno bylo 15 krokových cyklů v úseku čisté přímé jízdy. Pro rychlost lokomoce byl dán pokyn jízdy v rozsahu 50–55% maximální tepové frekvence, což je instrukce, kterou je možné sledovat pomocí osobních přístrojů na měření tepové frekvence, které závodníci při trénincích využívají (obr. 14)



Obrázek 14 - pohybový cyklus při záběru vpřed.

Pro srovnání bylo vybráno pět pohybů, cviků, které patří do souboru cviků používaných při přípravě v tělocvičně, respektive v posilovně a byly vyhodnoceny jako nejbližší pádlování na kanoi dle kineziologických souvislostí (Dylevský, 2007, 2009). Jedná se o baterii cviků specifického posilování, které se používají v zimním období (viz kapitola 2.1.2), která by měla vést k rozvoji motorických dovedností při záběru vpřed. Tyto cviky byly konzultovány s trenéry, kteří se věnují přípravě vrcholových sportovců v kategorii C1. K tomuto vyhodnocení došlo na základě pilotního měření, kdy první proband absolvoval širší baterii testovacích pohybů, kromě níže uvedených byly původně zařazeny ještě cviky na TRX, s jednoruční činkou, shyby s paralelním úchopem a shyby s labilním úchopem. Všechny cviky jsme poté vyhodnotili a na základě vyhodnocení vybrali ty, které splňovaly výše uvedené podmínky.

Prvním vybraným srovnávacím pohybem byl pádlovací trenažér (obr. 15), přizpůsobený pro trénink singlkanoistů, opět v rozsahu 15 krokových cyklů.



Obrázek 15 - pohybový cyklus při pádlování na trenažéru.

Druhým pohybem byl diagonální pohyb na hrazdě, kdy se proband přitahuje v polovisu s oporou o dolní končetiny horní končetinou, která je dominantní pro pádlování, přičemž druhá horní končetina je napřažena ventrálně (obr. 16). Vyhodnocováno bylo 10 krokových cyklů.



Obrázek 16 - pohybový cyklus při diagonálním přitahu na hrazdě.

Třetím pohybem bylo cvičení s pružným odporem, kdy proband přitahoval gumy do extenze paží, zápěstí zůstávalo ve středním postavení (obr. 17); vyhodnocováno bylo 10 krokových cyklů.



Obrázek 17 - pohybový cyklus při extenzi paží s gumami.

Čtvrtým srovnávacím pohybem byly přitahy činky o váze 26 kg – proband ležel na břiše na lavici a přitahoval danou činku (obr. 18); použito bylo 10 krokových cyklů.



Obrázek 18 - pohybový cyklus při přitahu činky.

Posledním pohybem byly shyby nadhmatem z visu; vyhodnocováno bylo 7 krokových cyklů (obr. 19).



Obrázek 19 - pohybový cyklus při shybech nadhmatem

U některých cviků bylo použito méně krokových cyklů než u jiných z důvodu větší náročnosti, aby nedošlo k únavě probanda a ke vzniku artefaktů při měření.

4.4.2 *Popis místa měření a použitého vybavení*

Měření proběhlo v areálu loděnice USK Troja, na klidné vodě na Vltavě, druhá část měření pak se realizovala v tělocvičně a posilovně lokalizované v téže loděnici.

4.5 Analýza dat

4.5.1 *Způsob vyhodnocení a interpretace dat*

Při zpracování dat jsme měli v úmyslu jednak porovnat míru aktivace svalů v rámci výše uvedených cviků intra a interindividuálně a porovnat pořadí zapojení, timing, u jednotlivých probandů a jednotlivých cviků.

Získaná data ze zařízení ME 6000 Biomonitor jsme přenesli do počítače. Ve spolupráci s oddělením fyziologických signálů katedry teorie obvodů FEL ČVUT v Praze

byl již v minulosti vytvořen algoritmus, který využívá segmentaci signálu na jednotlivé periody pohybu. Po přenesení dat do počítače jsme dále data vyhodnocovali pomocí softwaru Mega Win a Matlab, přičemž Matlab využíván výše zmíněný algoritmus. Posouzení techniky pohybu při pádlování, pádlování na trenážeru, cvičení v diagonále s hrazdou, extenzi s gumami, přitazích a shybech nadhmatem a průběh všech EMG křivek budu posuzovat kvalitativně a kvantitativně.

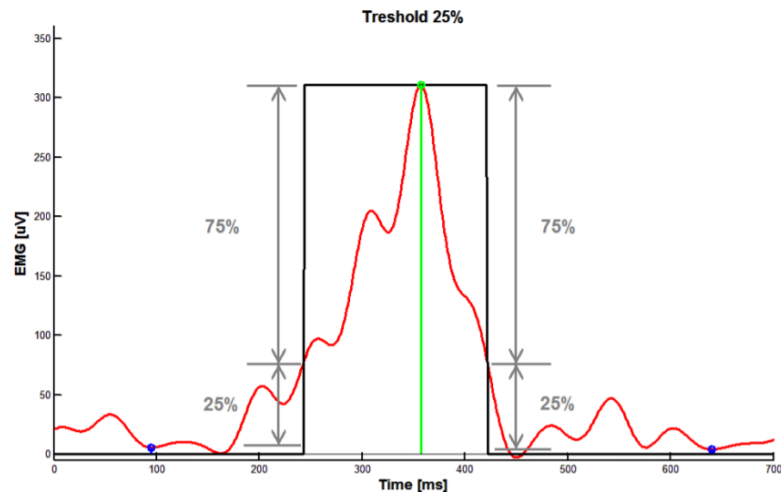
Data byla tedy nejdříve vyhodnocena programem Megawin. Jednotlivé kanály EMG signálu s vzorkovací frekvencí 1 000HZ byly nejprve rektifikovány do absolutní hodnoty a filtrovány dolní propustí s mezní frekvencí 20 Hz (aproximace Butterworth, 6. řád). Tímto způsobem je možné získat obálku signálu, na které je prováděna detekce svalové aktivity.

Z měření každého cviku a svalu jsme vybrali úsek ustáleného signálu, který odpovídal 15 krokovým cyklům. Při měření byla naměřena i svalová aktivita, která se nevztahovala k měřenému pohybu – jednalo se zejména o pohyby, které nesouvisely s testovaným cvikem, jako je rozjezd na vodě apod., tato tzv. vzdálená data byla odstraněna prostřednictvím SW Megawin. Bylo tedy vybráno 15 krokových cyklů, kdy byl signál EMG ustálen a pohyb byl opakován pravidelně.

Ve všech měřených cvicích se jedná o cyklický pohyb. Jeho začátek byl vztažen k aktivitě m. latissimus dorsi, který se zapojuje při pádlování ve fázi tažení. M. latissimus dorsi totiž chápeme jako rozhodující sval pro propulzní působení v rámci lokomoce, která je zajišťována pouze pletencem ramenním (Kračmar, 2016). Začátek krokového cyklu při pádlování začíná při zhruba 90° flexi v lokti, kdy je aktivita m. latissimus dorsi největší. Ostatní cviky byly vztaženy taktéž k aktivitě m. latissimus dorsi, vzhledem k tomu, že se jedná o komparaci těchto pohybů vůči pádlování (Tunková, 2015). V 15 pravidelných cyklech byl tedy stanoven okamžik maximální aktivity m. latissimus dorsi.

K rektifikovanému signálu byla pomocí programu MegaWin vykreslena signálová obálka. V posledním kroku je daná obálka zprůměrována napříč jednotlivými cykly. Tato energie normované obálky průměrného krokového cyklu tedy představuje míru aktivity každého jednoho svalu v rámci každého cviku.

K automatické detekci svalové aktivity na základě povrchově snímaného EMG signálu jsme využili prahování signálové obálky (obr. 20). Při detekci začátku aktivace svalu se využívá práh, který je určen z minimální hodnoty obálky předcházející EMG aktivaci. 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).



Obrázek 20 - prahování signálové obálky (Sedlák, 2015) - červeně obálka EMG signálu, modře lokální minima, zeleně lokální maximum.

Dále jsme stanovili pomocí programu Matlab pořadí aktivace svalů, na základě průměrného kroku. To bylo u jednotlivých probandů je zaznamenáno v procentech, protože se doba krokového cyklu interindividuálně i intraindividuálně liší a nelze standardizovat. Na základě procentuálních hodnot průměrného pracovního cyklu je vypočítáno průměrné pořadí, kdy se svaly zapojují. Získané hodnoty byly pro další výpočty zaokrouhleny na celá čísla. Interindividuální porovnání výsledků je zpracováno pomocí poměru mezi aktivací měřených svalů mezi výsledky jízdy v na klidné vodě a při jednotlivých cvicích.

4.5.2 *Statistické zpracování dat*

Program MegaWin v prvním kroku hodnotí, zda se během krokového cyklu mění aktivita jednotlivých svalů stále stejně, tedy zda jsou pro stereotyp daného cyklu

relevantní. Pro tyto účely je použit Spearmanův korelační koeficient (Bedáňová, 2018). Jedná se o neparametrický korelační koeficient, který je robustní vůči odlehlým hodnotám a obecně odchylným od normality, neboť stejně jako řada dalších neparametrických metod pracuje pouze s pořadími pozorovaných hodnot. Na rozdíl od Pearsonova koeficientu korelace, který popisuje lineární vztah veličin x a y, Spearmanův koeficient korelace popisuje, jak dobře vztah veličin x a y odpovídá monotónní funkci, která může být samozřejmě nelineární (Holčík, 2015).

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} * \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

Rovnice 1 - Spearmanův korelační koeficient

Vypočtený koeficient se porovnává s tabelovanými kritickými hodnotami Spearmanova korelačního koeficientu pro zvolenou chybu α a dané n (= počet korelačních dvojic) – viz kritické hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu rSp příloha č. 3. Pro interpretaci rozdílů zapojování svalu u jednotlivců v měření byla stanovena hladina statistické významnosti $\alpha > 0.05$, kde kritická hodnota byla zvolena vždy dle příslušného počtu proměnných (n = počet měřených aktivací svalů) (Hendl, 2006; Walker, 2013).

Hodnoty korelační matice křivek EMG (Hendl, 2006)

1,0 – 0,7 – výrazně vysoká korelace

0,7 – 0,3 – středně vysoká míra korelace

0,3 – 0 – nevýznamná míra korelace

Původně bylo zvažováno zpracování timingu aktivace svalů – toto byla jediná proměnná, která by šla diskutovat s jinými pracemi na záběru na C1, nicméně na základě zjištění, že pořadí aktivace je různé u probandů a interindividuální hodnocení v takové velikosti testované skupiny bez statistické významnosti. To je v souladu s tvrzením, že stejný pohyb, například chůze, lze provádět s aktivací různých svalů s různým průběhem (Véle, 2006).

V průběhu testování jsme došli ke zjištění, že většina probandů má na základě svých pohybových stereotypů velmi rozdílné aktivace svalů, a to jak jejich pořadí, tak počet aktivací, na daném vzorku tedy nebylo možné validně zhodnotit podobnost rozfázování daných cviků a pádlování na vodě. Na základě tohoto zjištění jsme došli k závěru, že nejobektivnější veličinou je energie spočítaná plochou pod EMG křivkou.

Přistoupili jsme proto k porovnávání energie obálek spočítané plochou pod křivkou obálek průměrného kroku, což vypovídá o aktivaci daného svalu v rámci cviku. Každý proband byl měřen v jednom čase se stejně nalepenými elektrodami, s cvičením ve stejném pořadí. Každý sval je v daném cviku reprezentován rozměrem v n -dimenzionálním prostoru, kde n je počet analyzovaných svalů a hodnota dané souřadnice pak dána velikostí energie příslušné obálky. Výsledný vektor pak reprezentuje celý cvik. Dále je porovnávána vzdálenost vektoru každého cviku vůči vektoru záběru, který byl vztažným pohybem. V literatuře je uvedeno (Clarys et al., 2010), že při měření mohou být získány hodnoty vyšší, než je naměřená maximální volní kontrakce a že při použití izometrické aktivity pro měření dynamického pohybu může být sporné. Proto jsem jako referenční pohyb využila záběr vpřed na klidné vodě, ke kterému byly vztažena analýza všech ostatních testovaných cviků. Nebyla zohledňována délka provedení cviku, protože u každého probanda bude provedení cviku stejné – cílem bylo porovnat dané cviky mezi sebou tak, jak jsou reálně cvičeny.

K výše zmíněnému porovnání dvou vektorů je vypočtena jejich Euklidovská vzdálenost. Výpočet proběhl v MS Excel podle vzorce:

$$\sqrt{\sum n (v_k - c_k)^2}$$

v je vektor příslušný jízdě na vodě, c ostatním cvikům, k označuje jednotlivé analyzované svaly, n jejich celkový počet.

Pořadí podobnosti jednotlivých cviků bylo určeno algoritmem nejbližšího souseda (k -NN), využívajícího Euklidovskou metriku

Euklidovská metrika byla zvolena jako alternativa vícedimenzionálního korelačního koeficientu, který se k tomuto účelu zdál jako méně vhodná metoda, vzhledem k tomu,

že by vzhledem k normalizaci jednotlivých náhodných veličin (danou povahou vzorce pro výpočet korelačního koeficientu), mohla být přeceňovaná úlohu svalů, s nízkou úrovní aktivace. Jiné matematické metody nebyly dále testovány, vzhledem k tomu, jaké byly rozdíly mezi vzdálenostmi u jednotlivých cviků. V případě, že by byly výsledky méně průkazné, validovala bych je další metodou.

5 Výsledky

Výsledky jsou rozděleny do dvou kapitol. V první části první kapitoly je prezentována kazuistika prvního probanda v rámci pilotní studie. Další části první kapitoly jsou pak tvořeny výsledky jednotlivých probandů. Druhou část pak tvoří interindividuální srovnání.

U probanda č. 1 jsme přistoupili k analýze timingu svalů v rámci všech sledovaných svalů při pilotní studii. Při naměření dalších probandů nicméně na základě zjištění, že pořadí aktivace je u jednotlivých probandů různé a interindividuální hodnocení v takové velikosti testované skupiny bez statistické významnosti, přistoupili jsme k porovnávání energie obálek spočítané plochou pod křivkou obálky průměrného kroku. Proto jsou uvedeny výsledky timingu svalů pouze u probanda č. 1, což odráží skutečný postup praktické části této práce.

5.1 Intraindividuální

5.1.1 *Proband 1*

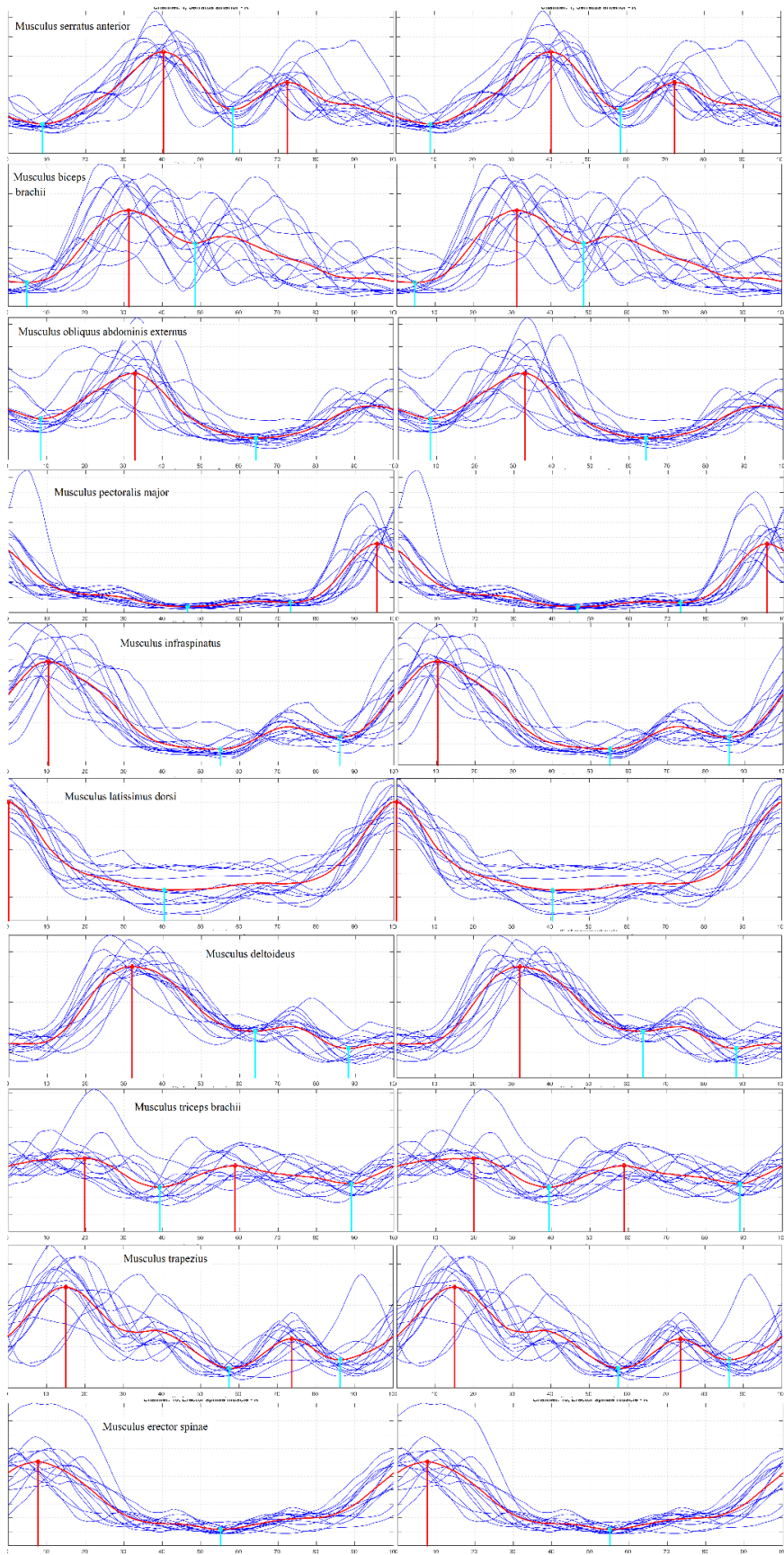
První část tvoří průměrný krokový cyklus pro každý sval a každý měřený cvik. V obrázcích č. 21 až 26 porovnáváme intraindividuálně EMG křivky v rámci jednoho krokového cyklu při pádlování (obr. 21), pádlování na trenažéru (obr. 22), diagonálním pohybu na hrazdě (obr. 23), extenzi paží s gumami (obr. 24), přitazích činky (obr. 25) a shybech (obr. 26) u probanda 1. V grafech jsou uvedeny pozice lokálních maxim a minim elektromyografické křivky v rámci sledovaného kroku.

V uvedených následujících grafech jsou znázorněny obálky rektifikované EMG křivky (modrá barva) a obálka vypočteného průměrného pracovního cyklu (červená křivka) vyčištěného od vzdálených dat. Červené úsečky znázorňují lokalizaci lokálních maxim EMG obálky průměrného pracovního cyklu, tyrkysové úsečky pak lokální minima. Jeden nebo dva vrcholy EMG křivky jsou nastaveny programem pracujícím s 1sd, 2 sd a 3 sd. Jako platná aktivace je nastavená úroveň 2 směrodatných odchylek. Pro snadnější semiautomatické zhodnocení průběhu EMG křivky jsou graficky řazeny vždy

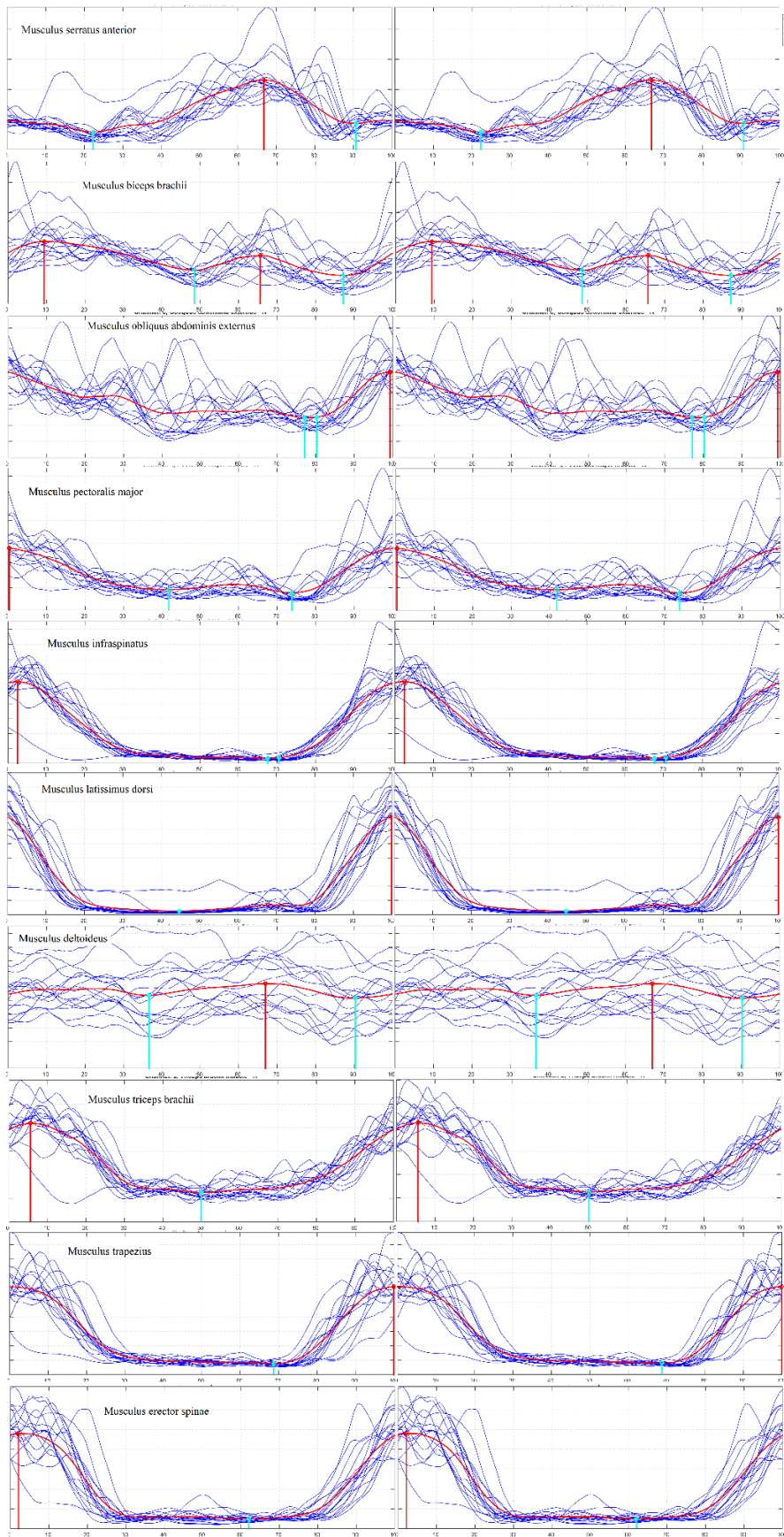
dva totožné cykly za sebou. Délka pracovních cyklů je normalizována na 100 %. SW byl naprogramován tak, aby rozeznával hranice cyklu dle referenčního svalu m. latissimus dorsi, který je rozhodujícím svalem propulzního lokomočního působení ramenního pletence (Špulák, 2016).

Vysvětlivky k obrázkům č. 21–26:

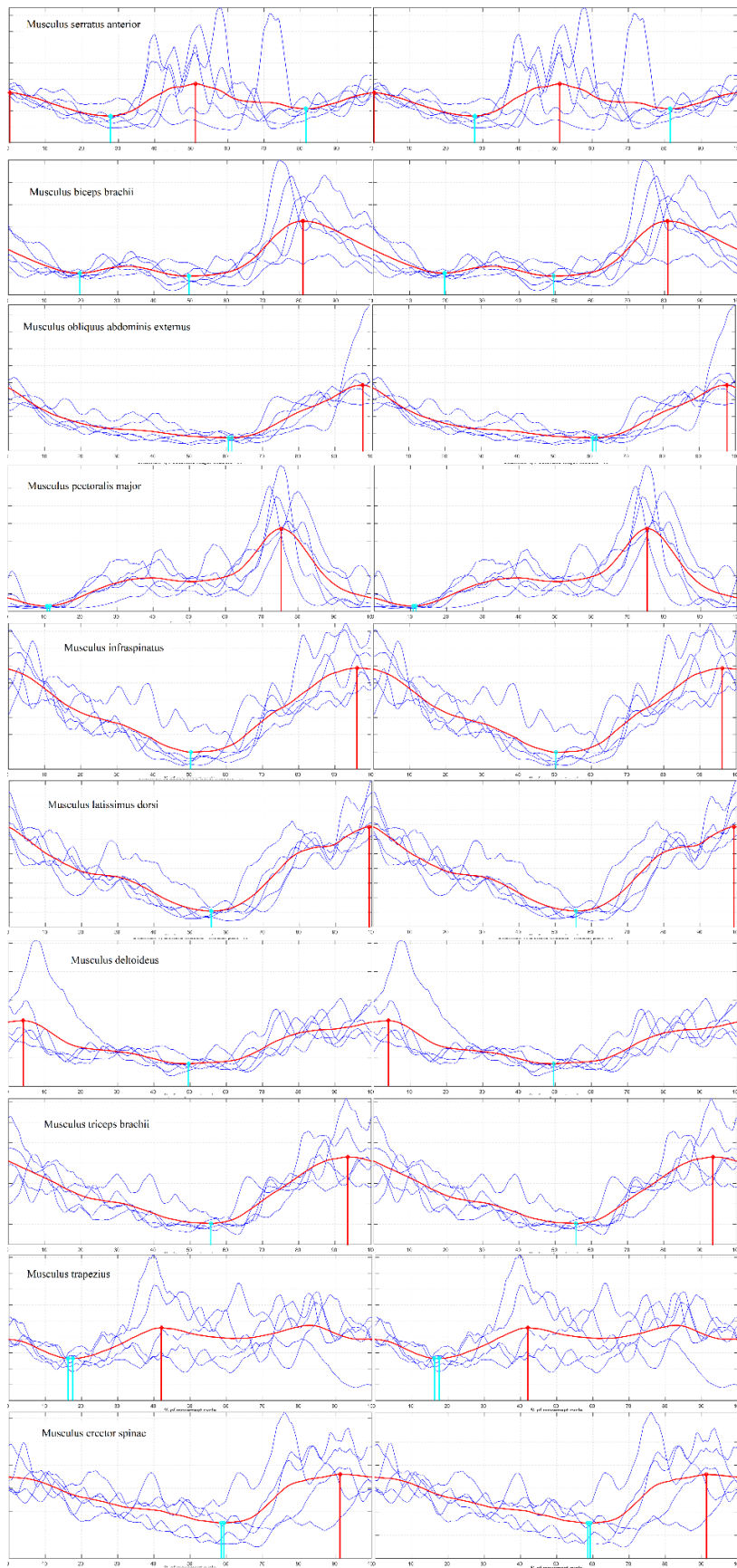
- sval č. 1 – musculus serratus anterior
- sval č. 2 – musculus biceps brachii
- sval č. 3 – musculus obliquus externus abdominis
- sval č. 4 – musculus pectoralis major
- sval č. 5 – musculus infraspinatus
- sval č. 6 – musculus latissimus dorsi
- sval č. 7 – musculus deltoideus
- sval č. 8 – musculus triceps brachii
- sval č. 9 – musculus trapezius
- sval č. 10 – musculus erector spinae



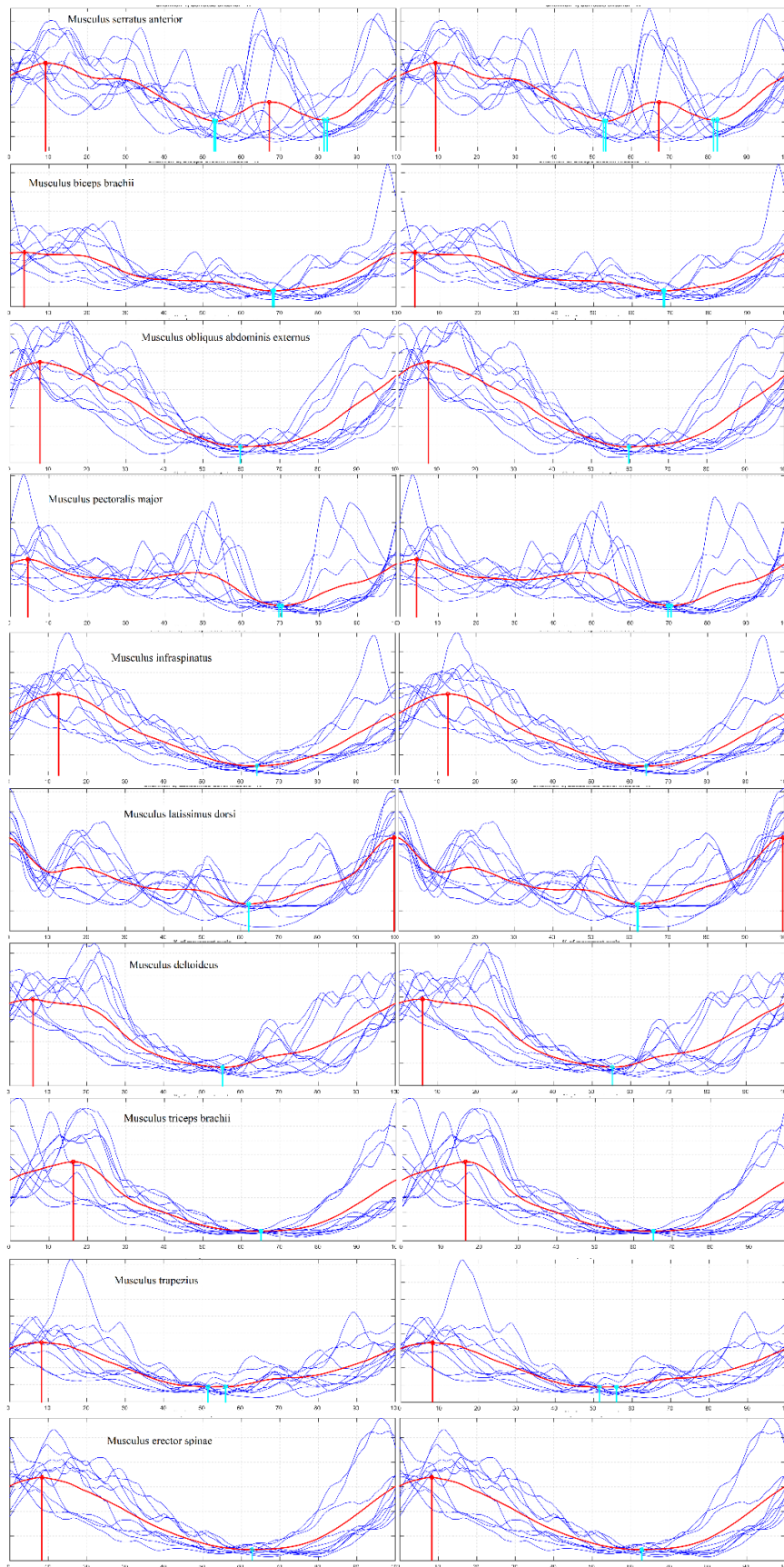
Obrázek 21 - pádlování na klidné vodě.



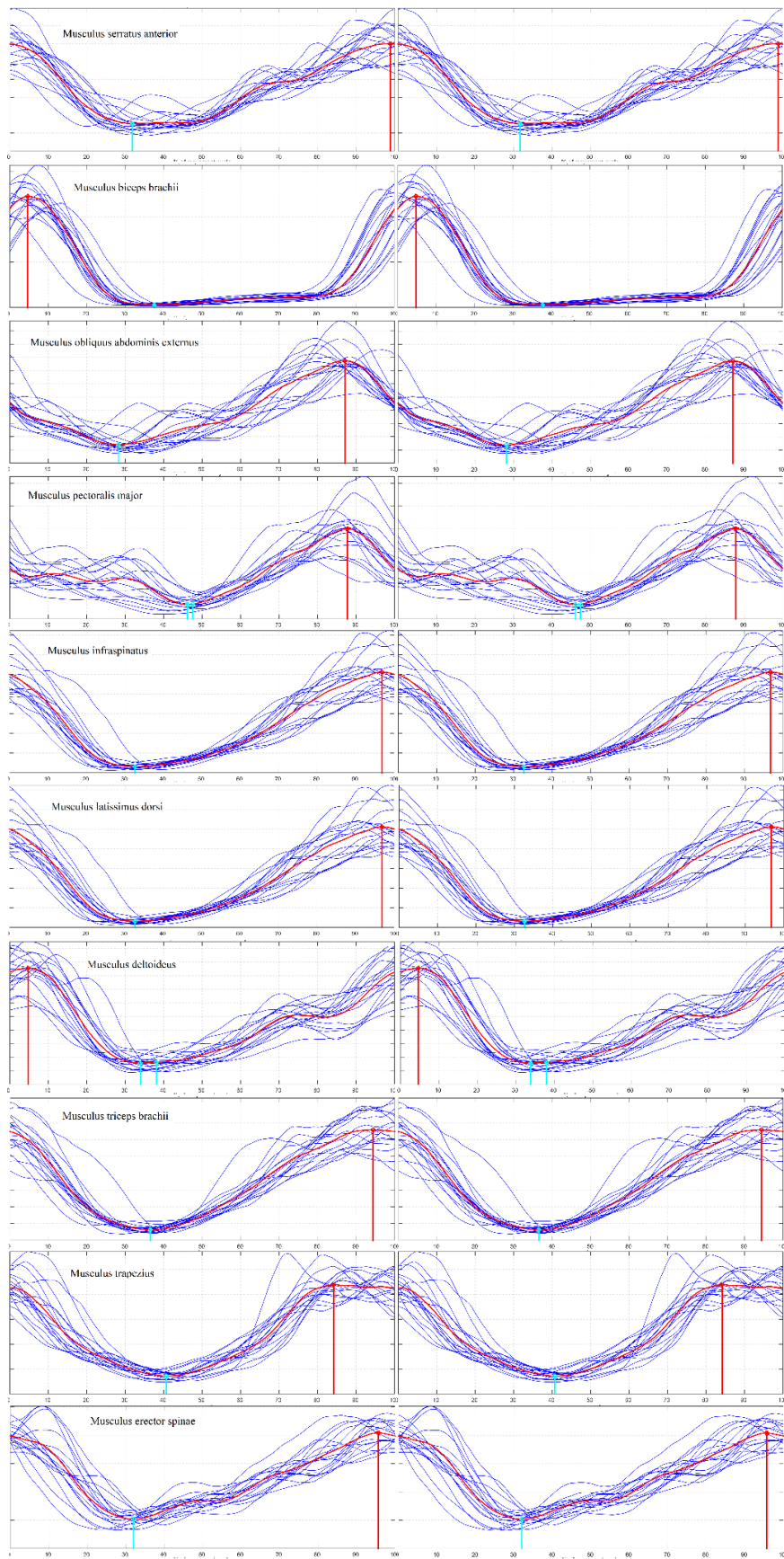
Obrázek 22 - pádlování na trenážeru.



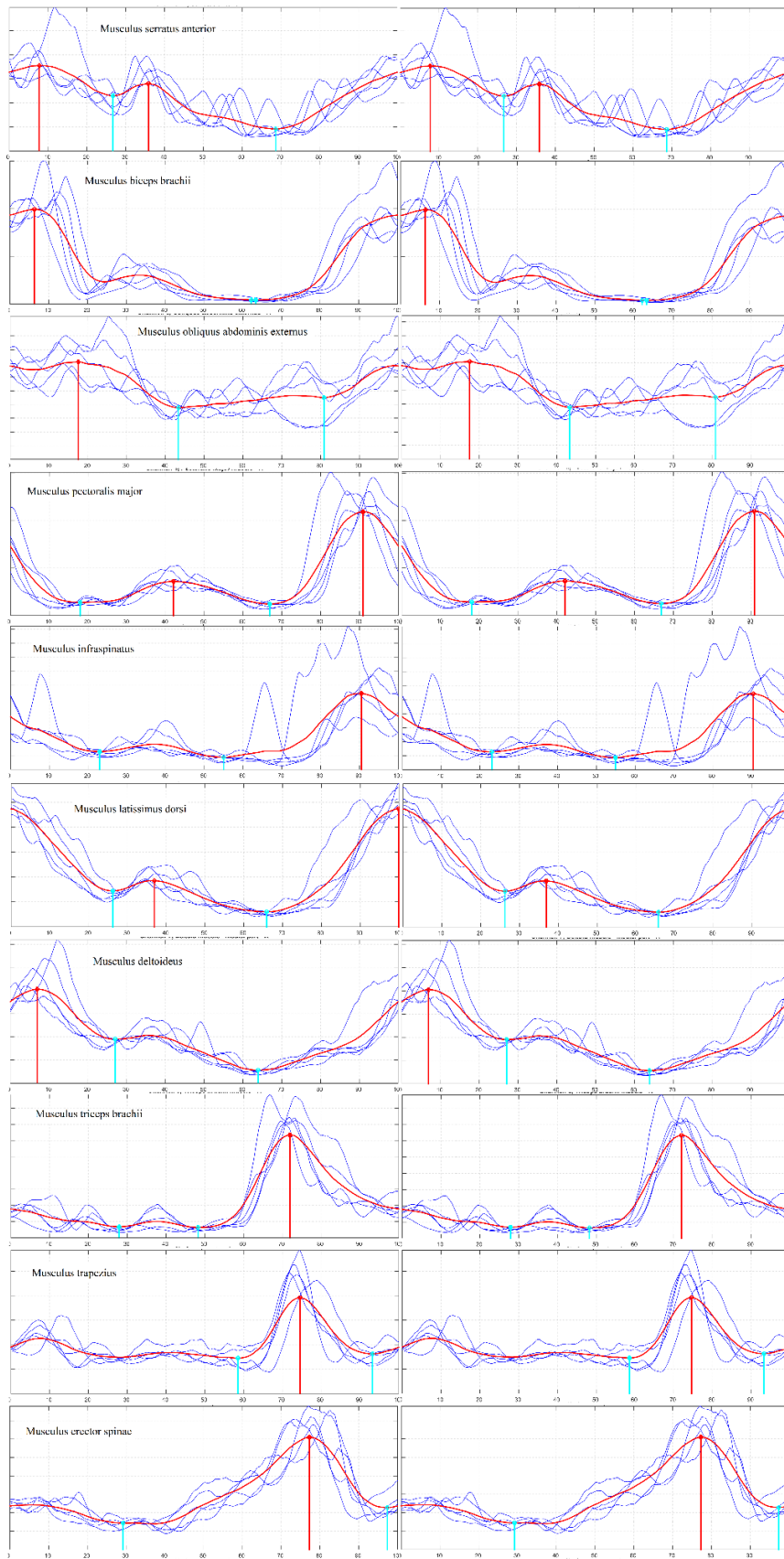
Obrázek 23 - cvičení v diagonále na hrazdě v polovisu.



Obrázek 24 - extenze paží s gumami.



Obrázek 25 - přitahy činky na lavici.



Obrázek 26 - shyby nadhmatem.

Tabulka č. 1 ukazuje korelační koeficient obálek dle Spearmanova korelačního koeficientu (r_{sp}) probanda 1.

Název svalu	voda	trenažér	diagonála	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	0,81	0,85	0,47	0,71	0,95	0,51
M. biceps brachii	0,74	0,71	0,77	0,78	0,96	0,55
M. obliquus abdom.	0,81	0,72	0,91	0,86	0,93	0,70
M. pectoralis major	0,89	0,82	0,83	0,64	0,89	0,47
M. infraspinatus	0,90	0,94	0,88	0,87	0,96	0,68
M. latissimus dorsi	0,94	0,94	0,91	0,79	0,98	0,75
M. deltoideus	0,92	0,40	0,77	0,81	0,95	0,62
M. triceps brachii	0,61	0,91	0,88	0,83	0,97	0,69
M. trapezius	0,81	0,92	0,53	0,79	0,95	0,63
Erector spinae	0,90	0,93	0,70	0,85	0,94	0,69

Tabulka 1 - Korelační matice křivek EMG mezi sledovanými svaly u všech cviků u probanda 1.

V tabulce č. 2 jsou uvedeny energie obálek jednotlivých svalů při testovaných cvicích. Tato energie je vypočítána jako plocha pod křivkou obálky průměrného kroku a vypovídá, nakolik se daný sval aktivoval.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	2,2E+6	1,7E+6	793,8E+3	827,7E+3	474,5E+3	1,4E+6
M. biceps brachii	2,5E+6	2,0E+6	12,8E+6	750,4E+3	4,9E+6	6,1E+6
M. obliquus abdom.	648,8E+3	470,7E+3	586,6E+3	624,4E+3	534,2E+3	829,5E+3
M. pectoralis major	2,4E+6	402,5E+3	2,8E+6	811,8E+3	1,4E+6	3,0E+6
M. infraspinatus	3,4E+6	5,5E+6	10,0E+6	8,5E+6	6,5E+6	10,9E+6
M. latissimus dorsi	6,9E+6	5,0E+6	11,6E+6	5,3E+6	7,9E+6	17,4E+6
M. deltoideus	1,7E+6	3,1E+6	1,1E+6	968,2E+3	607,1E+3	1,2E+6
M. triceps brachii	2,6E+6	3,2E+6	3,8E+6	5,7E+6	2,4E+6	4,4E+6
M. trapezius	3,7E+6	1,4E+6	11,8E+6	2,2E+6	6,8E+6	8,5E+6
Erector spinae	872,7E+3	996,3E+3	2,0E+6	1,9E+6	1,7E+6	1,8E+6

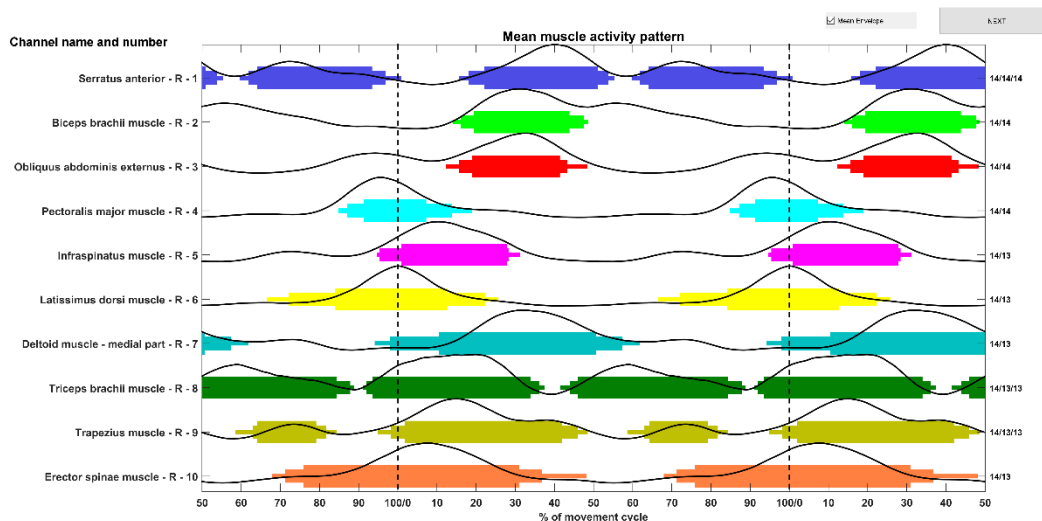
Tabulka 2 - plocha pod křivkou, proband 1.

V tabulce č. 3 porovnááme podíl práce jednotlivých svalů v rámci krokového cyklu daného pohybu vůči referenčnímu pohybu, pádlování na klidné vodě.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	100 %	75 %	35 %	37 %	21 %	64 %
M. biceps brachii	100 %	81 %	520 %	30 %	199 %	246 %
M. obliquus abdom.	100 %	73 %	90 %	96 %	82 %	128 %
M. pectoralis major	100 %	17 %	114 %	34 %	57 %	125 %
M. infraspinatus	100 %	163 %	297 %	253 %	193 %	324 %
M. latissimus dorsi	100 %	72 %	167 %	77 %	113 %	251 %
M. deltoideus	100 %	182 %	64 %	56 %	35 %	71 %
M. triceps brachii	100 %	123 %	149 %	223 %	94 %	170 %
M. trapezius	100 %	39 %	322 %	59 %	186 %	232 %
Erector spinae	100 %	114 %	227 %	213 %	195 %	210 %

Tabulka 3 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 1.

Na základě výše uvedených dat lze říct, že u probanda 1 se při pádlování na klidné vodě největším podílem zapojoval musculus latissimus dorsi, zhruba poloviční energií se na pohybu podílel m. infraspinatus a m. trapezius, ve velké míře dále m. serratus anterior, m. biceps brachii, m. triceps brachii a m. pectoralis major. Pohyb na vodě byl zahájen prováděn v této souslednosti svalů (viz obr. 27) – sled aktivace sledovaných svalů je zaznamenán v procentech:



Obrázek 27 - délka a bod aktivace jednotlivých svalů v rámci průměrného krokového cyklu.

m. obliquus abdominis 16–43 % → m. biceps brachii 16–48 % → m. serratus anterior 18–54 % → m. triceps brachii 92–36 % → m. serratus anterior, 2. aktivace 62–97 % → m. trapezius 98–46 % → erector spinae 71–37 % → m. latissimus dorsi 72–22 % → m. pectoralis major 87–14 % → m. triceps brachii, 2. aktivace 44–88 % → m. infraspinatus 95–28 % → m. deltoideus 98–57 % → m. trapezius 2. aktivace 63–82 %

Výpočet Euklidovské vzdálenosti dvou vektorů. Výpočet proběhl v MS Excel v několika krocích – v tabulce č. 4.

Název svalu	trenažér	diagonála	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	323,5E+9	2,1E+12	2,0E+12	3,1E+12	639,5E+9
M. biceps brachii	224,0E+9	106,9E+12	2,9E+12	6,0E+12	12,9E+12
M. obliquus abdom.	31,7E+9	3,9E+9	597,2E+6	13,1E+9	32,6E+9
M. pectoralis major	4,1E+12	110,0E+9	2,6E+12	1,1E+12	375,4E+9
M. infraspinatus	4,4E+12	43,7E+12	26,5E+12	9,9E+12	56,8E+12
M. latissimus dorsi	3,8E+12	21,5E+12	2,5E+12	837,9E+9	110,1E+12
M. deltoideus	2,0E+12	387,0E+9	572,0E+9	1,2E+12	252,8E+9
M. triceps brachii	351,3E+9	1,6E+12	10,0E+12	24,8E+9	3,2E+12
M. trapezius	4,9E+12	65,8E+12	2,2E+12	9,8E+12	23,3E+12
Erector spinae	15,3E+9	1,2E+12	965,6E+9	688,9E+9	915,2E+9
Vzdálenost	4 492 905	15 599 805	7 094 368	5 716 809	14 439 303

Tabulka 4 - vzdálenost dvou vektorů, proband 1.

Z tabulky vyplývá, že největší podobnost z hlediska aktivace jednotlivých svalů vůči pohybu na lodi je následující:

- 1) treňažér
- 2) přítahy činky
- 3) extenze paží s gumami
- 4) shyby nadhmatem
- 5) diagonála na hrazdě

5.1.2 *Proband 2*

Všechny další tabulky korelací dle Spearmanova korelačního koeficientu pro probandy 2–10, všechny svaly a cviky jsou v přílohách č. 4–9. V tabulce č. 5 jsou uvedeny energie obálek jednotlivých svalů při testovaných cvicích.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	6,7E+6	1,4E+6	2,4E+6	2,0E+6	765,7E+3	1,3E+6
M. biceps brachii	8,3E+6	6,1E+6	23,3E+6	935,8E+3	5,3E+6	3,8E+6
M. obliquus abdom.	2,2E+6	550,8E+3	1,2E+6	479,6E+3	369,3E+3	1,2E+6
M. pectoralis major	1,7E+6	487,3E+3	1,9E+6	541,6E+3	350,2E+3	2,7E+6
M. infraspinatus	4,5E+6	3,2E+6	5,0E+6	1,6E+6	3,9E+6	2,3E+6
M. latissimus dorsi	6,1E+6	3,5E+6	4,9E+6	4,5E+6	4,3E+6	4,5E+6
M. deltoideus	8,4E+6	5,6E+6	2,6E+6	2,4E+6	5,9E+6	768,4E+3
M. triceps brachii	7,6E+6	5,1E+6	4,6E+6	2,0E+6	3,7E+6	2,3E+6
M. trapezius	10,2E+6	4,2E+6	14,1E+6	5,9E+6	7,7E+6	4,4E+6
Erector spinae	11,6E+6	3,0E+6	12,5E+6	4,3E+6	13,7E+6	2,8E+6

Tabulka 5 - plocha pod křivkou, proband 2.

V tabulce č. 6 porovnáváme podíl práce jednotlivých svalů v rámci krokového cyklu daného pohybu vůči referenčnímu pohybu, pádlování na klidné vodě.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	100 %	21 %	36 %	31 %	11 %	19 %
M. biceps brachii	100 %	73 %	279 %	11 %	63 %	46 %
M. obliquus abdom.	100 %	25 %	54 %	22 %	17 %	55 %
M. pectoralis major	100 %	29 %	113 %	32 %	21 %	157 %
M. infraspinatus	100 %	70 %	110 %	36 %	87 %	51 %
M. latissimus dorsi	100 %	57 %	80 %	73 %	70 %	73 %
M. deltoideus	100 %	67 %	31 %	29 %	71 %	9 %
M. triceps brachii	100 %	67 %	60 %	26 %	49 %	31 %
M. trapezius	100 %	42 %	139 %	57 %	75 %	43 %
Erector spinae	100 %	26 %	108 %	37 %	118 %	24 %

Tabulka 6 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 2.

Na základě výše uvedených dat lze říct, že u probanda 2 se při pádlování na klidné vodě největším podílem zapojoval m. trapezius a erector spinae, nicméně dle korelace poměrně nekonzistentně, o zhruba pětinu nižší aktivací m. deltoideus a m. biceps brachii, následoval m. latissimus dorsi a m. serratus anterior, zhruba poloviční energií se na pohybu podílel m. infraspinatus.

Název svalu	trenažér	diagonála	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	27,5E+12	18,5E+12	21,5E+12	34,9E+12	29,2E+12
M. biceps brachii	5,2E+12	222,2E+12	54,9E+12	9,4E+12	20,7E+12
M. obliquus abdom.	2,6E+12	980,1E+9	2,9E+12	3,3E+12	951,8E+9
M. pectoralis major	1,5E+12	46,3E+9	1,3E+12	1,8E+12	950,9E+9
M. infraspinatus	1,8E+12	208,2E+9	8,5E+12	365,2E+9	5,0E+12
M. latissimus dorsi	6,9E+12	1,5E+12	2,8E+12	3,4E+12	2,8E+12
M. deltoideus	7,6E+12	33,6E+12	35,1E+12	5,8E+12	57,5E+12
M. triceps brachii	6,4E+12	9,5E+12	32,1E+12	15,4E+12	28,1E+12
M. trapezius	35,5E+12	15,5E+12	18,8E+12	6,4E+12	33,2E+12
Erector spinae	74,4E+12	836,4E+9	53,9E+12	4,5E+12	78,0E+12
Vzdálenost	13 017 643	17 400 368	15 227 033	9 230 545	16 006 551

Tabulka 7 - vzdálenost dvou vektorů, proband 2.

Z tabulky č. 7, výpočtu Euklidovské vzdálenosti dvou vektorů vyplývá, že největší podobnost z hlediska aktivace svalů vůči pohybu na lodi je následující:

- 1) přítahy činky
- 2) trenažér
- 3) extenze paží s gumami
- 4) shyby nadhmatem
- 5) diagonála na hrazdě

5.1.3 Proband 3

V tabulce č. 8 jsou uvedeny energie obálek jednotlivých svalů při testovaných

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	6,2E+6	2,9E+6	2,2E+6	778,5E+3	788,3E+3	1,6E+6
M. biceps brachii	8,2E+6	2,2E+6	30,3E+6	517,0E+3	7,1E+6	13,9E+6
M. obliquus abdom.	1,5E+6	962,2E+3	4,9E+6	668,2E+3	3,2E+6	46,6E+6
M. pectoralis major	2,2E+6	1,6E+6	5,5E+6	939,5E+3	1,4E+6	4,1E+6
M. infraspinatus	6,8E+6	4,5E+6	15,9E+6	6,0E+6	8,6E+6	10,9E+6
M. latissimus dorsi	6,1E+6	5,0E+6	15,5E+6	6,3E+6	7,3E+6	11,5E+6
M. deltoideus	7,4E+6	3,6E+6	2,7E+6	1,2E+6	1,7E+6	1,4E+6
M. triceps brachii	5,0E+6	2,6E+6	4,5E+6	8,3E+6	1,7E+6	6,9E+6
M. trapezius	6,5E+6	1,8E+6	1,4E+6	736,6E+3	1,1E+6	404,6E+3
Erector spinae	4,5E+6	55,1E+3	720,0E+3	382,5E+3	195,5E+3	15,7E+3

Tabulka 8 - plocha pod křivkou, proband 3.

V tabulce č. 9 porovnáváme podíl práce jednotlivých svalů v rámci krokového cyklu daného pohybu vůči referenčnímu pohybu, pádlování na klidné vodě.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	100 %	47 %	36 %	13 %	13 %	27 %
M. biceps brachii	100 %	27 %	369 %	6 %	86 %	168 %
M. obliquus abdom.	100 %	63 %	316 %	44 %	210 %	3035 %
M. pectoralis major	100 %	75 %	253 %	43 %	66 %	190 %
M. infraspinatus	100 %	65 %	234 %	88 %	126 %	161 %
M. latissimus dorsi	100 %	82 %	253 %	102 %	119 %	188 %
M. deltoideus	100 %	50 %	37 %	16 %	23 %	20 %
M. triceps brachii	100 %	51 %	90 %	168 %	34 %	139 %
M. trapezius	100 %	28 %	22 %	11 %	18 %	6 %
Erector spinae	100 %	1 %	16 %	9 %	4 %	0 %

Tabulka 9 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 3.

Na základě výše uvedených dat lze říct, že u probanda 3 se při pádlování na klidné vodě největším podílem zapojoval m. deltoideus a m. biceps brachii, následoval m. infraspinatus, trapezius, latissimus dorsi a serratus anterior. Erector spinae se při pádlování zapojoval nekonstantně.

Název svalu	trenažér	diagonála	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	10,4E+12	15,5E+12	28,9E+12	28,8E+12	20,4E+12
M. biceps brachii	36,0E+12	488,8E+12	59,6E+12	1,3E+12	31,8E+12
M. obliquus abdom.	328,1E+9	11,0E+12	751,2E+9	2,9E+12	2,0E+15
M. pectoralis major	290,2E+9	11,0E+12	1,5E+12	548,4E+9	3,8E+12
M. infraspinatus	5,5E+12	83,6E+12	683,3E+9	3,1E+12	17,1E+12
M. latissimus dorsi	1,3E+12	88,4E+12	21,3E+9	1,4E+12	28,8E+12
M. deltoideus	13,8E+12	21,3E+12	38,3E+12	32,0E+12	35,1E+12
M. triceps brachii	5,9E+12	258,0E+9	11,4E+12	10,8E+12	3,8E+12
M. trapezius	22,1E+12	25,5E+12	33,0E+12	28,5E+12	36,9E+12
Erector spinae	19,7E+12	14,2E+12	16,9E+12	18,4E+12	20,0E+12
Vzdálenost	10 737 019	27 558 491	13 822 079	11 305 492	47 194 699

Tabulka 10 - vzdálenost dvou vektorů, proband 3.

Z tabulky výpočtu Euklidovské vzdálenosti dvou vektorů vyplývá, že největší podobnost z hlediska aktivace jednotlivých svalů vůči pohybu na lodi je následující:

- 1) trenažér

- 2) přitahy činky
- 3) extenze paží s gumami
- 4) diagonála na hrazdě
- 5) shyby nadhmatem

5.1.4 *Proband 4*

V tabulce č. 11 jsou uvedeny energie obálek svalů při testovaných cvičích.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přitahy	shyby
M. serratus anterior	5,8E+6	2,0E+6	2,7E+6	1,9E+6	410,4E+3	2,8E+6
M. biceps brachii	9,7E+6	2,4E+6	34,6E+6	503,8E+3	9,5E+6	14,6E+6
M. obliquus abdom.	1,1E+6	211,1E+3	1,6E+6	717,8E+3	145,0E+3	1,3E+6
M. pectoralis major	3,7E+6	365,4E+3	2,9E+6	776,6E+3	515,8E+3	4,1E+6
M. infraspinatus	7,4E+6	3,2E+6	18,4E+6	7,3E+6	11,8E+6	15,4E+6
M. latissimus dorsi	4,8E+6	2,2E+6	13,6E+6	14,4E+6	5,9E+6	13,6E+6
M. deltoideus	5,3E+6	2,7E+6	7,5E+6	2,4E+6	1,0E+6	1,6E+6
M. triceps brachii	3,4E+6	623,9E+3	2,7E+6	10,6E+6	1,0E+6	8,3E+6
M. trapezius	4,9E+6	10,9E+6	8,2E+6	2,9E+6	12,1E+6	400,5E+3
Erector spinae	5,8E+6	8,8E+6	4,6E+6	1,3E+6	11,8E+6	15,5E+3

Tabulka 11 - plocha pod křivkou, proband 4.

V tabulce č. 12 porovnáváme podíl práce jednotlivých svalů v rámci krokového cyklu daného pohybu vůči referenčnímu pohybu, pádlování na klidné vodě.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přitahy	shyby
M. serratus anterior	100 %	35 %	47 %	32 %	7 %	48 %
M. biceps brachii	100 %	25 %	358 %	5 %	99 %	151 %
M. obliquus abdom.	100 %	19 %	144 %	64 %	13 %	120 %
M. pectoralis major	100 %	10 %	80 %	21 %	14 %	110 %
M. infraspinatus	100 %	44 %	249 %	99 %	160 %	208 %
M. latissimus dorsi	100 %	46 %	281 %	298 %	122 %	280 %
M. deltoideus	100 %	51 %	140 %	45 %	19 %	30 %
M. triceps brachii	100 %	19 %	82 %	315 %	31 %	247 %
M. trapezius	100 %	221 %	167 %	59 %	246 %	8 %
Erector spinae	100 %	152 %	80 %	22 %	204 %	0 %

Tabulka 12 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 4.

Na základě výše uvedených dat lze říct, že u probanda 4 se při pádlování na klidné vodě největším podílem zapojoval m. biceps brachii, následoval m. infraspinatus,

s nadpoloviční silou proti bicepsu m. serratus anterior, m. deltoideus a latissimus dorsi. M. trapezius a erector spinae se při pádlování zapojovaly nekonstantně.

Název svalu	trenažér	diagonála	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	14,0E+12	9,5E+12	15,2E+12	28,7E+12	9,1E+12
M. biceps brachii	52,2E+12	622,6E+12	84,0E+12	18,0E+9	24,7E+12
M. obliquus abdom.	839,7E+9	246,4E+9	167,8E+9	965,2E+9	48,6E+9
M. pectoralis major	11,0E+12	557,8E+9	8,4E+12	10,0E+12	147,4E+9
M. infraspinatus	17,4E+12	121,4E+12	11,7E+9	19,8E+12	63,4E+12
M. latissimus dorsi	6,9E+12	77,1E+12	92,2E+12	1,2E+12	76,0E+12
M. deltoideus	7,0E+12	4,6E+12	8,7E+12	18,7E+12	14,0E+12
M. triceps brachii	7,5E+12	378,4E+9	52,1E+12	5,4E+12	24,3E+12
M. trapezius	35,5E+12	11,0E+12	4,0E+12	51,2E+12	20,4E+12
Erector spinae	8,9E+12	1,3E+12	20,4E+12	36,3E+12	33,1E+12
Vzdálenost	12 694 322	29 130 533	16 891 693	13 120 887	16 285 995

Tabulka 13 - vzdálenost dvou vektorů, proband 4.

Z tabulky výpočtu Euklidovské vzdálenosti dvou vektorů vyplývá, že největší podobnost z hlediska aktivace svalů vůči pohybu na lodi je následující:

- 1) treňažér
- 2) přítahy činky
- 3) shyby nadhmatem
- 4) diagonála na hrazdě
- 5) extenze paží s gumami

5.1.5 *Proband 5*

V tabulce č. 14 jsou uvedeny energie obálek jednotlivých svalů při testovaných cvicích u probanda 5.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	5,3E+6	3,2E+6	2,1E+6	3,4E+6	1,3E+6	3,3E+6
M. biceps brachii	5,2E+6	7,4E+6	31,1E+6	565,7E+3	3,3E+6	15,8E+6
M. obliquus abdom.	2,1E+6	1,3E+6	2,0E+6	2,2E+6	780,7E+3	769,6E+3
M. pectoralis major	1,6E+6	858,1E+3	6,9E+6	1,0E+6	2,3E+6	5,7E+6
M. infraspinatus	1,7E+6	6,0E+6	14,6E+6	4,3E+6	5,1E+6	9,2E+6
M. latissimus dorsi	5,5E+6	6,1E+6	18,9E+6	13,1E+6	9,2E+6	14,6E+6
M. deltoideus	9,1E+6	7,0E+6	6,3E+6	4,8E+6	4,2E+6	4,8E+6
M. triceps brachii	2,6E+6	1,4E+6	6,2E+6	7,0E+6	1,9E+6	6,4E+6
M. trapezius	4,1E+6	4,4E+6	7,0E+6	2,0E+6	4,9E+6	393,4E+3
Erector spinae	4,8E+6	3,5E+6	4,0E+6	874,5E+3	4,8E+6	15,2E+3

Tabulka 14 - plocha pod křivkou, proband 5.

V tabulce č. 15 porovnááme podíl práce jednotlivých svalů v rámci krokového cyklu daného pohybu vůči referenčnímu pohybu, pádlování na klidné vodě.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	100 %	62 %	41 %	65 %	24 %	62 %
M. biceps brachii	100 %	142 %	594 %	11 %	62 %	301 %
M. obliquus abdom.	100 %	66 %	99 %	105 %	38 %	37 %
M. pectoralis major	100 %	54 %	434 %	63 %	144 %	362 %
M. infraspinatus	100 %	355 %	864 %	257 %	303 %	544 %
M. latissimus dorsi	100 %	110 %	344 %	239 %	167 %	265 %
M. deltoideus	100 %	77 %	70 %	53 %	46 %	53 %
M. triceps brachii	100 %	54 %	240 %	271 %	72 %	247 %
M. trapezius	100 %	106 %	171 %	49 %	120 %	10 %
Erector spinae	100 %	73 %	82 %	18 %	100 %	0 %

Tabulka 15 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 5.

Proband 5 měl velmi nekonstantní hodnoty u většiny svalů při pádlování na klidné vodě. Největší měrou se zapojoval m. deltoideus, m. serratus anterior, m. biceps brachii a m. latissimus dorsi, které se aktivovaly podobnou měrou a m. trapezius a erector spinae.

Název svalu	trenažér	diagonála	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	4,1E+12	9,7E+12	3,4E+12	15,9E+12	4,0E+12
M. biceps brachii	4,7E+12	670,0E+12	21,9E+12	4,0E+12	110,7E+12
M. obliquus abdom.	499,9E+9	507,3E+6	10,9E+9	1,6E+12	1,6E+12
M. pectoralis major	532,1E+9	28,1E+12	341,0E+9	483,5E+9	17,3E+12
M. infraspinatus	18,4E+12	166,1E+12	7,0E+12	11,7E+12	56,0E+12
M. latissimus dorsi	325,8E+9	179,4E+12	58,3E+12	13,5E+12	82,2E+12
M. deltoideus	4,1E+12	7,5E+12	18,4E+12	23,9E+12	18,4E+12
M. triceps brachii	1,4E+12	13,0E+12	19,3E+12	505,2E+9	14,3E+12
M. trapezius	63,7E+9	8,5E+12	4,3E+12	656,6E+9	13,8E+12
Erector spinae	1,7E+12	744,0E+9	15,6E+12	271,4E+6	23,1E+12
Vzdálenost	5 994 179	32 908 651	12 189 930	8 499 164	18 479 185

Tabulka 16 - vzdálenost dvou vektorů, proband 5.

Z tabulky výpočtu Euklidovské vzdálenosti dvou vektorů vyplývá, že největší podobnost z hlediska aktivace svalů vůči pohybu na lodi je následující:

- 1) trenažér
- 2) přítahy činky
- 3) extenze paží s gumami
- 4) shyby nadhmatem
- 5) diagonála na hrazdě

5.1.6 *Proband 6*

V tabulce č. 17 jsou uvedeny energie obálek svalů při testovaných cvičích.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	3,0E+6	1,3E+6	865,4E+3	1,5E+6	437,5E+3	971,8E+3
M. biceps brachii	7,1E+6	1,2E+6	2,8E+6	368,4E+3	1,0E+6	7,1E+6
M. obliquus abdom.	1,5E+6	959,9E+3	878,7E+3	671,8E+3	288,0E+3	536,1E+3
M. pectoralis major	2,2E+6	570,9E+3	1,8E+6	416,2E+3	785,3E+3	1,6E+6
M. infraspinatus	3,2E+6	2,9E+6	3,0E+6	565,2E+3	1,8E+6	942,2E+3
M. latissimus dorsi	9,4E+6	5,0E+6	5,2E+6	1,8E+6	2,5E+6	3,2E+6
M. deltoideus	3,8E+6	3,9E+6	1,2E+6	723,5E+3	890,1E+3	564,4E+3
M. triceps brachii	2,3E+6	1,4E+6	2,1E+6	722,9E+3	674,1E+3	1,9E+6
M. trapezius	4,3E+6	2,6E+6	4,8E+6	1,1E+6	3,3E+6	1,3E+6
Erector spinae	3,0E+6	78,8E+3	2,4E+6	589,1E+3	557,6E+3	49,5E+3

Tabulka 17 - plocha pod křivkou, proband 6.

V tabulce č. 18 porovnááme podíl práce jednotlivých svalů v rámci krokového cyklu daného pohybu vůči referenčnímu pohybu, pádlování na klidné vodě.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	100 %	43 %	29 %	50 %	15 %	32 %
M. biceps brachii	100 %	17 %	39 %	5 %	15 %	100 %
M. obliquus abdom.	100 %	62 %	57 %	44 %	19 %	35 %
M. pectoralis major	100 %	26 %	82 %	19 %	35 %	72 %
M. infraspinatus	100 %	88 %	92 %	17 %	55 %	29 %
M. latissimus dorsi	100 %	53 %	55 %	19 %	26 %	34 %
M. deltoideus	100 %	103 %	31 %	19 %	23 %	15 %
M. triceps brachii	100 %	61 %	90 %	31 %	29 %	82 %
M. trapezius	100 %	59 %	111 %	26 %	76 %	30 %
Erector spinae	100 %	3 %	80 %	20 %	19 %	2 %

Tabulka 18 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 6.

Proband 6 měl nekonzistentní pohybový stereotyp v průběhu celého pádlování na klidné vodě. Největší aktivitu projevoval m. latissimus dorsi, dále m. biceps brachii, poloviční intenzitou pak m. trapezius.

Název svalu	trenažér	diagonála	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	3,0E+12	4,6E+12	2,2E+12	6,6E+12	4,2E+12
M. biceps brachii	34,6E+12	18,6E+12	44,9E+12	36,3E+12	378,6E+6
M. obliquus abdom.	338,6E+9	439,7E+9	756,9E+9	1,6E+12	1,0E+12
M. pectoralis major	2,7E+12	163,8E+9	3,2E+12	2,1E+12	390,8E+9
M. infraspinatus	148,0E+9	63,2E+9	7,2E+12	2,1E+12	5,3E+12
M. latissimus dorsi	19,4E+12	18,3E+12	58,8E+12	48,5E+12	39,4E+12
M. deltoideus	11,3E+9	6,8E+12	9,4E+12	8,4E+12	10,4E+12
M. triceps brachii	811,0E+9	52,0E+9	2,5E+12	2,7E+12	169,6E+9
M. trapezius	3,1E+12	206,2E+9	10,1E+12	1,1E+12	9,2E+12
Erector spinae	8,5E+12	356,3E+9	5,8E+12	5,9E+12	8,6E+12
Vzdálenost	8 517 925	7 045 336	12 039 587	10 744 894	8 872 030

Tabulka 19 - vzdálenost dvou vektorů, proband 6.

Z tabulky výpočtu Euklidovské vzdálenosti dvou vektorů vyplývá, že největší podobnost z hlediska aktivace m. latissimus dorsi vůči pohybu na lodi je následující:

- 1) treňažér
- 2) diagonála na hrazdě
- 3) shyby nadhmatem
- 4) přítahy činky

5) extenze paží s gumami

5.1.7 *Proband 7*

V tabulce č. 20 jsou uvedeny energie obálek jednotlivých svalů při testovaných cvicích probanda 7.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	7,2E+6	3,6E+6	1,8E+6	3,6E+6	1,7E+6	2,9E+6
M. biceps brachii	7,8E+6	2,2E+6	27,9E+6	769,9E+3	4,0E+6	10,2E+6
M. obliquus abdom.	1,5E+6	620,4E+3	1,7E+6	763,5E+3	582,3E+3	677,0E+3
M. pectoralis major	3,4E+6	2,1E+6	1,9E+6	1,0E+6	834,6E+3	9,7E+6
M. infraspinatus	8,9E+6	4,8E+6	12,6E+6	685,5E+3	3,7E+6	2,9E+6
M. latissimus dorsi	11,4E+6	6,5E+6	7,2E+6	4,2E+6	6,5E+6	10,6E+6
M. deltoideus	10,1E+6	6,1E+6	4,8E+6	3,3E+6	5,3E+6	2,6E+6
M. triceps brachii	3,1E+6	2,5E+6	3,7E+6	4,6E+6	3,2E+6	10,3E+6
M. trapezius	5,8E+6	4,0E+6	10,2E+6	2,9E+6	4,9E+6	5,0E+6
Erector spinae	6,8E+6	3,2E+6	5,8E+6	1,2E+6	4,8E+6	3,6E+6

Tabulka 20 - plocha pod křivkou, proband 7.

V tabulce č. 21 porovnááme podíl práce jednotlivých svalů v rámci krokového cyklu daného pohybu vůči referenčnímu pohybu, pádlování na klidné vodě.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	100 %	50 %	25 %	50 %	23 %	41 %
M. biceps brachii	100 %	28 %	356 %	10 %	50 %	130 %
M. obliquus abdom.	100 %	41 %	115 %	51 %	39 %	45 %
M. pectoralis major	100 %	62 %	57 %	30 %	25 %	290 %
M. infraspinatus	100 %	53 %	141 %	8 %	41 %	32 %
M. latissimus dorsi	100 %	57 %	63 %	37 %	57 %	93 %
M. deltoideus	100 %	61 %	48 %	33 %	52 %	26 %
M. triceps brachii	100 %	80 %	122 %	151 %	103 %	338 %
M. trapezius	100 %	68 %	176 %	50 %	84 %	86 %
Erector spinae	100 %	47 %	84 %	18 %	70 %	52 %

Tabulka 21 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 7.

Proband 7 na vodě nejvíce aktivoval m. latissimus dorsi a m. deltoideus, o třetinu menší intenzitou pak m. biceps brachii, m. infraspinatus, m. serratus anterior a erector spinae.

Název svalu	trenažér	diagonála	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	13,3E+12	29,5E+12	13,0E+12	30,9E+12	18,4E+12
M. biceps brachii	32,0E+12	401,4E+12	49,9E+12	15,1E+12	5,4E+12
M. obliquus abdom.	780,1E+9	50,8E+9	547,8E+9	848,9E+9	683,4E+9
M. pectoralis major	1,6E+12	2,1E+12	5,5E+12	6,3E+12	40,5E+12
M. infraspinatus	17,3E+12	13,7E+12	67,8E+12	27,6E+12	36,6E+12
M. latissimus dorsi	24,3E+12	17,7E+12	51,2E+12	24,3E+12	606,6E+9
M. deltoideus	15,9E+12	27,4E+12	46,1E+12	23,2E+12	55,3E+12
M. triceps brachii	357,0E+9	470,9E+9	2,4E+12	11,3E+9	52,9E+12
M. trapezius	3,4E+12	19,6E+12	8,6E+12	862,9E+9	667,5E+9
Erector spinae	13,3E+12	1,1E+12	31,2E+12	4,2E+12	10,7E+12
Vzdálenost	11 052 580	22 646 596	16 621 289	11 550 501	14 893 090

Tabulka 22 - vzdálenost dvou vektorů, proband 7.

Z tabulky výpočtu Euklidovské vzdálenosti dvou vektorů vyplývá, že největší podobnost z hlediska aktivace svalů vůči pohybu na lodi je následující:

- 1) treňažér
- 2) přítahy činky
- 3) shyby nadhmatem
- 4) extenze paží s gumami
- 5) diagonála na hrazdě

5.1.8 *Proband 8*

V tabulce č. 23 jsou uvedeny energie obálek svalů při testovaných cvičích.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	5,3E+6	1,0E+6	1,4E+6	827,3E+3	377,1E+3	2,9E+6
M. biceps brachii	10,7E+6	2,1E+6	24,6E+6	575,5E+3	9,1E+6	9,6E+6
M. obliquus abdom.	3,7E+6	991,3E+3	6,1E+6	439,3E+3	155,3E+3	1,7E+6
M. pectoralis major	2,4E+6	548,7E+3	3,9E+6	684,5E+3	438,4E+3	5,2E+6
M. infraspinatus	10,6E+6	4,7E+6	25,3E+6	6,0E+6	10,1E+6	14,6E+6
M. latissimus dorsi	1,8E+6	8,1E+6	22,9E+6	1,8E+6	9,5E+6	20,1E+6
M. deltoideus	7,8E+6	4,0E+6	6,2E+6	1,9E+6	1,9E+6	1,5E+6
M. triceps brachii	3,6E+6	2,2E+6	3,7E+6	599,2E+3	123,5E+3	5,6E+6
M. trapezius	5,8E+6	2,7E+6	23,7E+6	2,5E+6	10,7E+6	7,5E+6
Erector spinae	3,7E+6	1,7E+6	7,9E+6	956,1E+3	1,7E+6	80,3E+3

Tabulka 23 - plocha pod křivkou, proband 8.

V tabulce č. 24 porovnáváme podíl práce jednotlivých svalů v rámci krokového cyklu daného pohybu vůči referenčnímu pohybu, pádlování na klidné vodě.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	100 %	19 %	26 %	15 %	7 %	53 %
M. biceps brachii	100 %	19 %	229 %	5 %	85 %	89 %
M. obliquus abdom.	100 %	27 %	166 %	12 %	4 %	46 %
M. pectoralis major	100 %	23 %	165 %	29 %	19 %	219 %
M. infraspinatus	100 %	44 %	238 %	56 %	95 %	138 %
M. latissimus dorsi	100 %	452 %	1283 %	103 %	532 %	1124 %
M. deltoideus	100 %	51 %	80 %	25 %	24 %	19 %
M. triceps brachii	100 %	60 %	103 %	17 %	3 %	155 %
M. trapezius	100 %	46 %	407 %	42 %	184 %	129 %
Erector spinae	100 %	46 %	212 %	26 %	47 %	2 %

Tabulka 24 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 8.

Proband 8 nekonzistentně zapojoval při pádlování m. serratus anterior, obliquus abdominis a infraspinatus. Nejvíce se zapojil m. biceps brachii, třetinovou silou m. deltoideus a poloviční m. trapezius.

Název svalu	trenažér	diagonála	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	18,8E+12	15,8E+12	20,4E+12	24,7E+12	6,2E+12
M. biceps brachii	75,4E+12	193,2E+12	103,2E+12	2,7E+12	1,3E+12
M. obliquus abdom.	7,1E+12	5,8E+12	10,4E+12	12,3E+12	4,0E+12
M. pectoralis major	3,3E+12	2,3E+12	2,8E+12	3,7E+12	7,8E+12
M. infraspinatus	35,3E+12	215,8E+12	21,5E+12	317,2E+9	16,1E+12
M. latissimus dorsi	39,6E+12	447,1E+12	3,0E+9	59,6E+12	335,2E+12
M. deltoideus	14,4E+12	2,5E+12	34,7E+12	35,6E+12	40,4E+12
M. triceps brachii	2,1E+12	12,1E+9	9,1E+12	12,2E+12	3,9E+12
M. trapezius	9,8E+12	320,0E+12	11,3E+12	24,0E+12	2,9E+12
M. erector spinae	3,9E+12	17,3E+12	7,6E+12	3,8E+12	13,2E+12
Vzdálenost	14 481 497	34 927 003	14 867 459	13 377 099	20 759 219

Tabulka 25 - vzdálenost dvou vektorů, proband 8.

Z tabulky výpočtu Euklidovské vzdálenosti dvou vektorů vyplývá, že největší podobnost z hlediska aktivace jednotlivých svalů vůči pohybu na lodi je následující:

- 1) přítahy činky
- 2) treňažér
- 3) extenze paží s gumami
- 4) shyby nadhmatem

5) diagonála na hrazdě

5.1.9 Proband 9

V tabulce č. 26 jsou uvedeny energie obálek jednotlivých svalů při testovaných cvicích probanda 9.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	3,7E+6	3,3E+6	1,2E+6	880,2E+3	865,6E+3	1,6E+6
M. biceps brachii	4,3E+6	6,6E+6	2,5E+6	1,0E+6	7,1E+6	9,6E+6
M. obliquus abdom.	2,5E+6	911,5E+3	997,9E+3	391,1E+3	510,7E+3	758,3E+3
M. pectoralis major	527,6E+3	8,9E+6	2,2E+6	1,6E+6	709,9E+3	3,6E+6
M. infraspinatus	5,0E+6	3,8E+6	2,8E+6	2,1E+6	2,1E+6	2,3E+6
M. latissimus dorsi	16,6E+6	3,3E+6	2,3E+6	2,5E+6	2,3E+6	2,3E+6
M. deltoideus	5,6E+6	2,7E+6	1,2E+6	1,1E+6	636,1E+3	688,7E+3
M. triceps brachii	2,8E+6	6,1E+6	2,2E+6	5,0E+6	1,7E+6	3,8E+6
M. trapezius	5,1E+6	5,8E+6	2,2E+6	1,3E+6	2,9E+6	4,6E+6
Erector spinae	6,9E+6	1,5E+6	1,5E+6	718,2E+3	890,4E+3	1,3E+6

Tabulka 26 - plocha pod křivkou, proband 9.

V tabulce č. 27 porovnáváme podíl práce jednotlivých svalů v rámci krokového cyklu daného pohybu vůči referenčnímu pohybu, pádlování na klidné vodě.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	100 %	88 %	32 %	24 %	23 %	43 %
M. biceps brachii	100 %	155 %	59 %	24 %	165 %	224 %
M. obliquus abdom.	100 %	37 %	40 %	16 %	21 %	31 %
M. pectoralis major	100 %	1682 %	417 %	300 %	135 %	681 %
M. infraspinatus	100 %	76 %	56 %	41 %	43 %	46 %
M. latissimus dorsi	100 %	20 %	14 %	15 %	14 %	14 %
M. deltoideus	100 %	48 %	22 %	19 %	11 %	12 %
M. triceps brachii	100 %	48 %	22 %	19 %	11 %	12 %
M. trapezius	100 %	114 %	44 %	25 %	57 %	91 %
Erector spinae	100 %	114 %	44 %	25 %	57 %	91 %

Tabulka 27 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 9.

U probanda č. 9 se při pádlování na vodě se největší měrou zapojoval m. latissimus dorsi, následoval erector spinae, m. deltoideus, trapezius, infraspinatus a biceps brachii se zhruba třetinovou intenzitou.

Název svalu	trenažér	diagonála	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	197,2E+9	6,4E+12	8,1E+12	8,1E+12	4,5E+12
M. biceps brachii	5,6E+12	3,2E+12	10,5E+12	7,8E+12	28,2E+12
M. obliquus abdom.	2,4E+12	2,2E+12	4,3E+12	3,8E+12	2,9E+12
M. pectoralis major	69,7E+12	2,8E+12	1,1E+12	33,2E+9	9,4E+12
M. infraspinatus	1,4E+12	4,9E+12	8,6E+12	8,1E+12	7,2E+12
M. latissimus dorsi	178,5E+12	204,6E+12	199,2E+12	205,7E+12	205,1E+12
M. deltoideus	8,2E+12	18,8E+12	20,1E+12	24,2E+12	23,6E+12
M. triceps brachii	10,5E+12	457,7E+9	4,6E+12	1,3E+12	994,7E+9
M. trapezius	536,2E+9	8,3E+12	14,5E+12	4,8E+12	226,8E+9
Erector spinae	28,8E+12	29,1E+12	38,0E+12	36,0E+12	31,5E+12
Vzdálenost	17 489 844	16 751 116	17 581 121	17 315 015	17 711 598

Tabulka 28 - vzdálenost dvou vektorů, proband 9.

Z tabulky výpočtu Euklidovské vzdálenosti dvou vektorů vyplývá, že největší podobnost z hlediska aktivace jednotlivých svalů vůči pohybu na lodi je následující, všechny pohyby si byly velmi blízko:

- 1) diagonála na hrazdě
- 2) přítahy činky
- 3) trenažér
- 4) extenze paží s gumami
- 5) shyby nadhmatem

5.1.10 *Proband 10*

V tabulce č. 29 jsou uvedené energie obálek jednotlivých svalů při testovaných cvicích probanda 10.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	1,6E+6	3,3E+6	1,6E+6	1,2E+6	3,0E+6	2,7E+6
M. biceps brachii	3,0E+6	4,9E+6	3,1E+6	531,0E+3	18,1E+6	14,8E+6
M. obliquus abdom.	540,7E+3	1,2E+6	2,2E+6	507,9E+3	700,4E+3	1,3E+6
M. pectoralis major	2,3E+6	745,7E+3	876,2E+3	300,1E+3	661,8E+3	4,9E+6
M. infraspinatus	4,8E+6	5,8E+6	6,5E+6	3,3E+6	10,3E+6	7,4E+6
M. latissimus dorsi	12,7E+6	10,7E+6	8,9E+6	6,3E+6	30,2E+6	3,0E+6
M. deltoideus	5,0E+6	5,8E+6	1,9E+6	1,9E+6	5,8E+6	1,6E+6
M. triceps brachii	3,6E+6	3,5E+6	2,2E+6	3,6E+6	4,4E+6	521,0E+3
M. trapezius	2,5E+6	4,0E+6	7,1E+6	1,6E+6	11,9E+6	3,9E+6
Erector spinae	1,5E+6	3,5E+6	2,6E+6	395,9E+3	9,7E+6	875,4E+3

Tabulka 29 - plocha pod křivkou, proband 10.

V tabulce č. 30 porovnááme podíl práce jednotlivých svalů v rámci krokového cyklu daného pohybu vůči referenčnímu pohybu, pádlování na klidné vodě.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	100 %	203 %	98 %	76 %	186 %	166 %
M. biceps brachii	100 %	161 %	101 %	18 %	598 %	488 %
M. obliquus abdom.	100 %	226 %	399 %	94 %	130 %	249 %
M. pectoralis major	100 %	33 %	38 %	13 %	29 %	216 %
M. infraspinatus	100 %	121 %	136 %	70 %	214 %	154 %
M. latissimus dorsi	100 %	84 %	70 %	50 %	237 %	24 %
M. deltoideus	100 %	117 %	38 %	38 %	117 %	32 %
M. triceps brachii	100 %	99 %	62 %	100 %	122 %	15 %
M. trapezius	100 %	163 %	289 %	65 %	483 %	157 %
M. erectorErector spinae	100 %	233 %	175 %	27 %	651 %	59 %

Tabulka 30 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 10.

Na základě uvedených dat lze říct, že u probanda 10 se na pohybu největší intenzitou podílel m. latissimus dorsi, s třetinovou intenzitou pak m. infraspinatus a deltoideus. Nekonzistentní zapojení vykazoval m. obliquus abdominis, triceps brachii a erector spinae.

Název svalu	trenažér	diagonála	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	2,8E+12	1,1E+9	153,3E+9	1,9E+12	1,1E+12
M. biceps brachii	3,4E+12	1,4E+9	6,2E+12	227,6E+12	138,0E+12
M. obliquus abdom.	464,7E+9	2,6E+12	1,1E+9	25,5E+9	645,4E+9
M. pectoralis major	2,4E+12	2,0E+12	3,9E+12	2,6E+12	7,0E+12
M. infraspinatus	1,0E+12	2,9E+12	2,1E+12	30,0E+12	6,6E+12
M. latissimus dorsi	3,9E+12	14,3E+12	41,2E+12	304,2E+12	94,6E+12
M. deltoideus	723,0E+9	9,6E+12	9,4E+12	721,7E+9	11,4E+12
M. triceps brachii	1,3E+9	1,9E+12	18,4E+6	645,0E+9	9,3E+12
M. trapezius	2,4E+12	21,6E+12	753,7E+9	89,4E+12	2,0E+12
M. erectorErector spinae	3,9E+12	1,2E+12	1,2E+12	67,0E+12	372,2E+9
Vzdálenost	4 586 444	7 490 767	8 061 105	26 909 935	16 464 051

Tabulka 31 - vzdálenost dvou vektorů, proband 10.

Z tabulky výpočtu Euklidovské vzdálenosti dvou vektorů vyplývá, že největší podobnost z hlediska aktivace svalů vůči pohybu na lodi je následující:

- 1) treňažér
- 2) diagonála na hrazdě
- 3) extenze paží s gumami
- 4) shyby nadhmatem
- 5) přítahy činky

5.2 Interindividuální srovnání výsledků

Pro stanovení podobnosti cviků v závislosti na ploše pod křivkou dle Euklidovské vzdálenosti vektorů jsme použili tabulku č. 32. Dle výsledků je nejbližší cvičení na treňažéru, následují přítahy činky, extenze paží s pružným odporem, shyby nadhmatem a nejdále jsou přítahy v diagonále v polovisu na hrazdě.

	pořadí na 1. pozici	pořadí na 2. pozici	pořadí na 3. pozici	pořadí na 4. pozici	pořadí na 5. pozici	celkem	pořadí
trenažér	7	2	1	0	0	14	1
přítahy činky	2	6	0	1	1	23	2
extenze s gumami	0	2	5	1	2	33	3
diagonála na hrazdě	1	2	0	3	4	37	4-5
shyby nadhmatem	0	1	3	4	2	37	4-5

Tabulka 32 - míra podobnosti závislosti na ploše pod křivkou dle Euklidovské vzdálenosti vektorů

Pro interindividuální srovnání byly použity výše uvedené korelační matice křivek EMG od všech probandů – tabulka č. 33. Jednotlivé korelační matice probandů jsou v přílohách. Pro určení společné matice byl použit medián.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
M. serratus anterior	0,75	0,84	0,67	0,83	0,68	0,84
M. biceps brachii	0,84	0,81	0,90	0,77	0,89	0,92
M. obliquus abdom.	0,62	0,73	0,92	0,85	0,47	0,81
M. pectoralis major	0,71	0,61	0,76	0,63	0,72	0,92
M. infraspinatus	0,84	0,91	0,87	0,95	0,85	0,88
M. latissimus dorsi	0,91	0,95	0,93	0,97	0,92	0,95
M. deltoideus	0,84	0,85	0,86	0,92	0,85	0,88
M. triceps brachii	0,68	0,88	0,76	0,95	0,79	0,89
M. trapezius	0,73	0,90	0,73	0,91	0,70	0,83
Erector spinae	0,60	0,76	0,76	0,87	0,60	0,89

Tabulka 33 - Korelační matice křivek EMG mezi jednotlivými sledovanými svaly u všech cviků a probandů spočítané mediánem

Pro určení, jaký mají jednotlivé svaly podíl na celkové práci při daném pohybu, jsme použili plochu pod křivkou signálové obálky. Pro každého probanda a každý cvik jsme stanovili sval s největší mírou energie obálky (tato energie obálky průměrného krokového cyklu představuje míru aktivace každého jednoho svalu v rámci každého cviku), který byl použit jako referenční s bezrozměrnou veličinou 1. Každý sval byl pak k tomuto vztažen poměrově. Pro interindividuální srovnání jsme použili medián těchto poměrů – viz tabulka č. 34.

Název svalu	voda	trenažér	diagon.	gumy	přítahy	shyby
m. serratus anterior	0,54	0,34	0,08	0,19	0,10	0,18
m. biceps brachii	0,70	0,45	1,00	0,09	0,62	0,95
m. obliquus abdominis	0,15	0,11	0,11	0,08	0,07	0,08
m. pectoralis major	0,25	0,11	0,17	0,11	0,11	0,26
m. infraspinatus	0,44	0,66	0,56	0,46	0,56	0,51
m. latissimus dorsi	0,68	0,96	0,72	0,96	0,87	0,92
m. deltoideus	0,64	0,75	0,21	0,31	0,20	0,10
m. triceps brachii	0,34	0,35	0,20	0,62	0,21	0,28
m. trapezius	0,51	0,55	0,70	0,26	0,66	0,26
m. erector spinae	0,44	0,27	0,25	0,15	0,27	0,01

Tabulka 34 - medián zapojení svalů do daného cviku u všech probandů.

6 Diskuze

Dle uvedených výsledků lze vysledovat interindividuální jevy, které budou popsány níže. Nicméně platí, že stejný pohyb lze provádět s aktivací různých svalů s různým průběhem (Véle, 2006), každý vodní slalomář má jiné pojetí pohybu na vodě a jiný cit pro vodu, což se samozřejmě promítá i do jiných pohybových úkonů. Z literární rešerše vyplynulo, že kategorií C1 při záběru vpřed se zabývala pouze Mrázová (2006) a to z hlediska aktivace svalů, kde popisovala, zda jsou svaly aktivovány u záběru vpřed a přes ruku u jednoho probanda. Analyzovala m. trapezius, pars descendens, pars transversa, m. latissimus dorsi, m. obliquus externus a m. pectoralis major, a to oboustranně. Z výsledků (které jsou zpracovány pouze graficky, nikoliv číselně, protože těžiště práce spočívalo v analýze dysbalancí) vyplývá značná aktivace m. latissimus dorsi, m. trapezius a pectoralis major, nižší aktivace m. obliquus abdominis, což odpovídá námi zjištěným výsledkům.

6.1 Míra aktivace svalů při testovaných pohybových

úkonech

Z výsledku a jejich intraindividuální analýzy vyplynulo, že u poloviny probandů se největší měrou při záběru na klidné vodě zapojuje m. latissimus dorsi (probandi 1, 6, 7, 9 a 10). Tato technika je brána jako výhodnější z hlediska ekonomičnosti pohybu (Prskavec, 2001) u kajakářů a lze předpokládat, že u singlkanoistů je situace stejná, vzhledem k tomu, že základní stereotyp pohybu je v oblasti ramenního pletence velmi blízký (Rohan, 1991). U třech dalších probandů se nejvíce zapojuje m. biceps brachii (probandi 3, 4, 8) a m. latissimus dorsi až s větších odstupem. To svědčí pro méně technicky vyspělou jízdu. V rámci interindividuálního hodnocení jsme na základě hodnocení zapojení svalů do pohybové aktivity došli k závěru, že ve skupině probandů dochází průměrně k téměř stejné intenzitě zapojení dvou výše jmenovaných svalů, dále pak pouze s malým odstupem m. deltoideus. Poměrně signifikantně, oproti dvěma neaktivnějším svalům zhruba dvou třetinovou intenzitou, se na pohybu podílí m. serratus anterior, m. infraspinatus, erector spinae a m. trapezius. Pro tyto svaly a jejich nekonstantní zapojení mezi probandy platí ještě ve větší míře, že jejich aktivace závisí na způsobu záběru daného probanda, například na míře elevace ramene, addukce lopatky

a míře zapojení zádového svalstva při fázi tažení (Mrázová, 2006). To lze demonstrovat například u probanda 9, kdy zapojení m. obliquus abdominis externus bylo velice nízké, naopak míra aktivity erectoru spinae dosahovala hned druhých nejvyšších hodnot.

Při záběru na trenažéru se jednoznačně nejvíce aktivuje m. latissimus dorsi a to až průměrně o čtvrtinu vyšší měrou než jakýkoliv další sval. M. biceps brachii se při pádlování na trenažéru aktivuje pouze poloviční intenzitou a lze tedy předpokládat, že tento cvik vede ve zvýšené míře k nácviku žádoucí techniky. Stejně jako u záběru na klidné vodě se na pohybu zhruba tří čtvrtinovou až dvou třetinovou intenzitou vůči m. latissimus dorsi podílí m. deltoideus, m. infraspinatus a m. trapezius. Při srovnání těchto dvou pohybů lze tedy říci, že největší rozdíl je v míře zapojení m. biceps brachii.

Při testování v přitahu v diagonále v polovisu je situace opačná, nejvýznamněji dochází k aktivaci m. biceps brachii – šest probandů ho používá dominantně, další dva probandi jako druhý nejvýznamnější sval – v tomto případě pak nejvíce aktivovali m. infraspinatus s mírně vyšší intenzitou. Většina probandů zapojuje silou, která odpovídá zhruba dvěma třetinám aktivity m. biceps brachii svaly latissimus dorsi a trapezius. Jediným dalším svalem, který má větší aktivaci, je m. infraspinatus, ostatní sledované svaly dosahují pouze nízké míry, včetně m. deltoideus, který při má při záběru signifikantnější význam.

Testování extenze paží s pružným odporem, gumami, prokázalo zdaleka největší zapojení m. latissimus dorsi a to s výrazně větším odstupem od ostatních svalů než u jakéhokoliv jiného cviku. To je nejspíše dáno průběhem pohybu, kdy je více kladen nárok na udržení mírně vnitřně rotačního postavení ramenních kloubů v průběhu pohybu. Jediné další svaly, které se do pohybu zapojují významněji, jsou na podkladu extenze paží m. triceps brachii a m. infraspinatus.

V případě přitahů je opět aktivitou dominantní sval m. latissimus dorsi, s intenzitou dvou třetin vůči němu je aktivován m. trapezius a m. biceps brachii, s mírným odstupem m. infraspinatus. Ostatní svaly jsou svojí aktivitou nesignifikantní.

Testování shybů nadhmatem prokázalo velmi vysokou a téměř totožnou míru aktivace m. latissimus dorsi a m. biceps brachii. S poloviční intenzitou se na pohybu podílí m. infraspinatus.

Při vzájemném srovnání, zda a nakolik se daný sval při pohybovém úkonu aktivuje, lze konstatovat, že nejrelevantnějšími svaly pro všechny testované pohyby jsou zejména m. latissimus dorsi a m. biceps brachii, dále m. deltoideus, m. trapezius, m. infraspinatus. Zvýšená míra aktivace m. serratus anterior se projevila pouze u záběru na vodě, stejně tak erectoru spinace, aktivita m. triceps brachii pouze při extenzi paží. Co se týče dalších testovaných svalů, aktivita m. pectoralis a m. obliquus abdominis externus byla zanedbatelná.

Jak vyplývá z výše uvedeného, hypotéza H1 se nepotvrdila, míra aktivity m. latissimus dorsi dle plochy pod křivkou není srovnatelná napříč měřenými pohybovými úkony, neboť v případě shybů a přitahu v diagonále má větší míru aktivace m. biceps brachii.

6.2 Podobnost aktivace svalů s referenčním pohybem

Při srovnání aktivace svalů vůči referenčnímu pohybu, tedy záběru na klidné vodě, jsme tuto míru vztahovali ke aktivaci jednotlivého svalu při všech pohybech vůči aktivitě při záběru, která byla ohodnocena 100 %. Pro srovnání mezi probandy byl použit medián.

Pro lokomoci pletencem ramenním, jak již bylo řečeno, nejpodstatnějšími svaly jsou m. latissimus dorsi a m. biceps brachii. Pro m. latissimus dorsi jsou nejbližším podobným pohybem, co se týče míry aktivace, přitahy činky. Ve vyšší míře se sval aktivuje při přitazích v diagonále a shybech a to 1,2–1,4x vyšší intenzitou. Pro m. biceps brachii platí největší míra podobnosti zapojení u přitahů činky, kde je mírně nižší, či u shybů, kde naopak dosahuje vyšších hodnot. Až 3x více je sval aktivován při přitazích v diagonále. Pro m. deltoideus lze najít největší podobnost při pádlování na trenažéru, ale i v tomto případě se sval aktivuje jen 0,6x nižší intenzitou, pro všechny další cviky jsou údaje ještě nižší. Při porovnání m. trapezius platí, že nejpodobnější míru aktivace má sval při přitazích činky. Při přitazích v diagonále dosahuje průměrně 1,6x větších hodnot, u ostatních pohybových úkonů se pohybuje v rozmezích mezi 0,5–0,6x nižší aktivace než u pádlování. Poslední ze svalů, které se aktivačně podílejí významněji, je m. infraspinatus, který má největší podobnou aktivaci taktéž při přitazích činky, vyšších hodnot dosahuje u přitahů v diagonále a ve shybech. Záběr na vodě ozřejmil i aktivaci m. serratus anterior, kterou jsme ale našli u jiných cviků maximálně s poloviční intenzitou, a to v případě trenažéru a shybů. Erector spinae má největší podobnou aktivaci při

přítazích činky a v přítazích v diagonále, kde je ovšem míra zapojení nižší než při záběru. Pro m. triceps brachii lze najít nejbližší podobnou aktivaci u přítahů v diagonále, tento sval se aktivuje výrazně více při extenzi paží s gumami, jak již bylo řečeno. M. obliquus abdominis externus má blízkou velikost aktivaci u pádlování na trenažéru, u jiných cviků dosahuje maximálně poloviční síly v porovnání se záběrem na vodě.

Z výše uvedeného lze tedy sumarizovat, že co se týče míry aktivace jednotlivých zapojených svalů vůči pádlování na klidné vodě, nejčastěji jsme nacházeli podobnost s přítahy v diagonále a přítazích činky, o něco méně s trenažérem.

Další analýza daných pohybů, například komparace timingu jednotlivých svalů, případně rozšíření zkoumaného vzorku svalů o další svaly (například břišní svalstvo), které se do cviků zapojuje, výzkum jejich funkční koordinace již přesahuje rozměry této práce.

6.3 Komparace záběru na klidné vodě s vybranými cviky

Pro syntézu výše uvedených zjištění jsme použili Euklidovu metriku, kdy došlo k porovnání cviku jako celku vůči referenčnímu pohybu, což byl tedy záběr na klidné vodě. Na tomto základě byl jako nejvhodnější a z hlediska svalové aktivace nejbližší cvik identifikován pádlovací trenažér pro singlkanoisty, respektive pádlování na něm. Tímto se potvrdila druhá hypotéza, že míra podobnosti bude nejvyšší mezi záběrem vpřed na klidné vodě a na trenažéru oproti jiným vybraným cvikům, nicméně zůstává faktem, že svalová aktivita jednotlivých svalů je o něco nižší než při záběrech na vodě. Druhým nejbližším cvikem byly přítahy s činkami, které odpovídaly při komparaci konkrétních svalů mezi cviky, ale již ne tolik co se týče celkové míry zapojení všech svalů při cviku. Další cvik, extenze paží s pružným odporem, neprokázal příliš velkou podobnost, zejména kvůli zapojení jiných svalů do pohybu. Stejně tak přítahy v polovisu v diagonále sice ukázaly podobnost míry aktivace v rámci některých jednotlivých svalů, ale u jiných svalů byla míra aktivace nepoměrně vyšší. Spolu se shyby nadhmatem, které obecně průměrně převyšují míru aktivace některých svalů oproti pádlování, tedy vykazují nejmenší míru podobnosti. Průměrná míra aktivace byla nejvyšší u přítahu v diagonále, se zhruba o čtvrtinu nižší intenzitou následuje pádlování a shyby. Ostatní cviky vyžadují zhruba poloviční až dvoutřetinovou míru aktivace.

7 Závěr

Diplomová práce se zabývala porovnáním přímého záběru vpřed na singlkanoi vůči záběru na trenažéru, přitahu v na hrazdě v polovisu, extenzi paží s pružným odporem, přitahům činky a shybům nadhmatem. Pomocí povrchové elektromyografie jsme sledovali míru aktivace následujících sval: m. serratus anterior, m. biceps brachii, m. obliquus abdominis externus, m. pectoralis major, m. infraspinatus, m. latissimus dorsi, m. deltoideus, m. triceps brachii, m. trapezius a m. erector spinae na horní paži. Porovnáním těchto aktivit jsme chtěli zjistit vhodnost jednotlivých cviků jako tréninkového prostředku pro přípravu v interiéru.

Stanovené cíle a úkoly práce byly splněny. Výsledky ukázaly intraindividuálně výraznou podobnost záběru na vodě a záběru na trenažéru z hlediska průměrné aktivace svalů. Tímto se tedy potvrdila hypotéza H2. Je nicméně třeba mít na paměti, že se liší jednak míra aktivace svalů, která je na trenažéru nižší, jednak se mění punctum fixum, což ovlivňuje pohybové chování závodníka (Strnadová, 2004).

Hypotéza H1 se nepotvrdila, míra aktivity m. latissimus dorsi dle plochy pod křivkou není srovnatelná napříč měřenými pohybovými úkony, neboť v případě shybů a přitahu v diagonále má větší míru aktivace m. biceps brachii.

8 Seznam literatury

Knihy

BAČÁKOVÁ, Radka, Milan BÍLÝ a Petr NOVOTNÝ. *Kanoistika: technika a taktika jízdy na tekoucí vodě*. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2014. ISBN 978-80-87647-11-0.

BARTŮŇKOVÁ, S.: *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 978-80-246-1171-6

BÍLÝ, M., P. NOVOTNÝ, B. KRAČMAR. *Kanoistika*. Praha: Karolinum, 2000. ISBN 80-246-0071-4.

BUCHTHAL F. *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology: Electromyography*, Elsevier, Amsterdam 1973. Vol 16.

ČIHÁK, R. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Ilustroval I. HELEKAL, J.

DE LUCA, C. J. *Electromyography*. Encyclopedia of medical device and instrumentation. In WEBSTER, J. G. *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*. 2nd ed. Wiley-Blackwell, 2006. 3666 p. ISBN 978-0-471-26358-6.

DEMETROVIČ, E. a kol.: *Encyklopedie tělesné kultury*. Praha: Olympia, 1988

DUFEK, J. *Elektromyografie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1995. ISBN 80-7013-208-6

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

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

HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Vyd. 2., opr. Praha: Portál, 2006. ISBN 9788073671235.

HEŘMAN, P. *Biosignály z pohledu biofyziky*. 1. vydání. Praha : Dúlos, 2006. 63 s. ISBN 80-902899-7-5.

CHOUTKA, M. a DOVALIL J. *Sportovní trénink*. 2., rozšíř.vyd. Praha: Olympia, 1991. Věda pro praxi (Olympia). ISBN 80-7033-099-6.

KACVINSKÝ, S. MACHÁČEK. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-3817-8.

KIMURA J. *Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle*, 3rd ed, Oxford Univ Press, Oxford 2001. p. 315.

KRAČMAR, B. *Kineziologická analýza sportovního pohybu: studie lokomočního pohybu při jízdě na kajaku*. Praha: Triton, 2002. ISBN 80-7254-292-3.

KRAČMAR, B., M. CHRÁSTKOVÁ, R. BAČÁKOVÁ. *Fylogeneze lidské lokomoce*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 9788024633794.

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

SACCO G., F. BUCHTHAL, P. ROSENFALCK. *Motor unit potentials at different ages*. Arch Neurol 1962; 6:366.

SIMONS, D. G., J. G. TRAVELL, L. S. SIMONS, J. G. TRAVELL. *Travell & Simons' myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual*. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1999-. ISBN 0683083635.

SOBOTTA, J., R. PUTZ, R. PABST, ed. *Sobottův Atlas anatomie člověka: překlad 22. vydání*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1870-5.

SVOBODA, D. a kolektiv. *Vodácká příručka ke kapitánské zkoušce vodních skautů*. Praha: Junák – český skaut, Tiskové a distribuční centrum, 2017. ISBN 978-80-7501-118-3.

PERIČ, T., J. DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. Fitness, síla, kondice. ISBN 80-247-2118-x.

VÉLE, F. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9.

WALKER, I. *Výzkumné metody a statistika*. Praha: Grada, 2013. Z pohledu psychologie. ISBN 978-80-247-3920-5.

Články v odborných časopisech

BUCHTHAL F. *The general concept of the motor unit*. Res Publ Ass Nerv Ment Dis 1961; 38:3.

BUSTA, J, KINKOROVÁ I., TUFANO J. J., BÍLÝ M. a SUCHÝ J. *Anthropometric and somatotype differences between C1 paddlers who were and were not selected for the Czech national team*. AUC KINANTHROPOLOGICA [online]. 2018, 54(1), 53-61 [cit.

2020-05-29]. DOI: 10.14712/23366052.2018.5. ISSN 2336-6052. Dostupné z: <http://www.karolinum.cz/doi/10.14712/23366052.2018.5>

CLARYS J. P., SCAFOGLIERI A., TRESIGNIE J., REILLY, T., VON ROY P. *Critical appraisal and hazards of surface electromyography data acquisition in sport and exercise*. Asian Journal of Sports Medicine, 2010. 1(2), 69–80.

DUMITRU D. *Physiologic basis of potentials recorded in electromyography*. Muscle Nerve 2000; 23:1667.

CHAŁUBIŃSKA, D., TRUSZCZYŃSKA-BASZAK A., RESZELEWSKA A., TARGOSIŃSKI P. a W. REKOWSKI. *Twelve-week sensorimotor training as a factor influencing movement patterns of canoe slalom athletes, assessed by the Functional Movement Screen*. Biomedical Human Kinetics [online]. 2020, 12(1), 10-16 [cit. 2020-05-29]. DOI: 10.2478/bhk-2020-0002. ISSN 2080-2234. Dostupné z: <https://content.sciendo.com/view/journals/bhk/12/1/article-p10.xml>

PELHAM, T., BURKE D. a L. HOLT. *The flatwater canoe stroke*. National Strength and Conditioning Association Journal. 1992, 1992, 6-9.

Diplomové a jiné závěrečné práce

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

BUSTA, L. *Vztah vybraných kondičních schopností s výkoností ve vodním slalomu (kategorie C1)*. Dizertační práce. Praha. 2019, UK FTVS. Vedoucí práce Jiří Suchý.

JANČAR, D. *Vliv vybraných kondičních a psychických faktorů na výkon závodníka ve vodním slalomu*. Diplomová práce. Praha. 2008, UK FTVS. Vedoucí práce Milan Bílý.

KUBRIČAN, P. *Vliv vybraných psychických faktorů na výkon závodníka ve vodním slalomu na divoké vodě*. Diplomová práce. Praha. 2008, UK FTVS. Vedoucí práce Milan Bílý.

MRÁZOVÁ, G. *Negativní vliv pádlování na CI na vrcholové úrovni na pohybovou soustavu sportovce-svalové dysbalance*. Praha, 2006. Diplomová práce. UK FTVS. Vedoucí práce Bronislav Kračmar.

PINKAVA, O. *Technika jízdy na singlkanoi*. Diplomová práce. Praha. 2006, UK FTVS. Vedoucí práce Milan Bílý.

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

RODOVÁ, D. *Hodnocení činnosti kosterního svalstva povrchovou elektromyografií*. Olomouc, 2002. Dizertační práce. Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.

ROHAN, J. *Přímý záběr na CI*. Diplomová práce. Praha, 1991, UK FTVS

ŘÍHA, M. *Porovnání výsledků spiroergometrického vyšetření závodníků ve vodním slalomu na klikovém ergometru a při jízdě na kanoi*. Bakalářská práce. Praha. 2016, UK FTVS. Vedoucí práce Milan Bílý.

ŘÍHA, M. *Vztah mezi vybranými specifickými a obecnými ukazateli silových schopností závodníků ve vodním slalomu v kategorii CI*. Diplomová práce. Praha. 2018, UK FTVS. Vedoucí práce Milan Bílý.

SOUČKOVÁ, L. *Komparativní analýza přímého záběru vpřed na CI v rychlostní kanoistice*. Bakalářská práce. Praha. 2014, UK FTVS. Vedoucí práce Radka Bačáková.

SOUČKOVÁ, L. *Komparativní analýza přímého záběru vpřed na rychlostní kanoi a v pádlovacím bazénu*. Diplomová práce. Praha. 2018, UK FTVS. Vedoucí práce Radka Bačáková.

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

ŠPULÁK, D. *Zpracování povrchových elektromyografických signálů*. Praha, 2016. Dizertační práce. FEL ČVUT.

TUNKOVÁ, K. *Komparativní analýza přímého záběru vpřed na kajaku*. Praha, 2015. Diplomová práce. UK FTVS. Vedoucí práce Radka Bačáková.

VONDRA, J. *Vliv vybraných kondičních faktorů na výkonnost závodníka ve vodním slalomu*. Diplomová práce. Praha. 2016, UK FTVS. Vedoucí práce Milan Bílý.

Elektronické zdroje

ABDELMASEEH, M., B. SMITH, D. STASHUK. *Feature selection for motor unit potential train characterization*. Muscle & Nerve [online]. 2014, 49(5), 680-690 [cit. 2017-12-26]. DOI: 10.1002/mus.23977. ISSN 0148639x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/mus.23977>

ADAM, A., C. DE LUCA. *Recruitment order of motor units in human vastus lateralis muscle is maintained during fatiguing contractions*. JOURNAL OF NEUROPHYSIOLOGY [online]. 2003, 90(5), 2919-2927 [cit. 2019-12-10]. DOI: 10.1152/jn.00179.2003. ISSN 00223077.

BARKHAUS, PE, NANDEDKAR, SD. *EMG evaluation of the motor unit – electrophysiologic biopsy*. Dostupné z: <http://emedicine.medscape.com/article/1141905-overview> [cit. 2017-12-26].

BEDÁŇOVÁ, I. *Biostatistika*. Centrum informačních technologií: Veterinární a farmaceutická univerzita v Brně [online]. Brno: CIT VFU, 2018 [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/tabulky.htm#Spearman>

BROWNELL, A. A., M. B. BROMBERG. *Optimizing acquisition time in quantitative electromyography*. *Muscle & Nerve* [online]. 2009, 40(3), 371-373 [cit. 2017-12-26]. DOI: 10.1002/mus.21339. ISSN 0148639x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/mus.21339>

DAUBE, J. R., D. I. RUBIN. *Needle electromyography*. *Muscle & Nerve* [online]. 2009, 39(2), 244-270 [cit. 2017-12-26]. DOI: 10.1002/mus.21180. ISSN 0148639x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/mus.21180>

DE LUCA, C. J. *The Use of Surface Electromyography in Biomechanics*. *Journal of Applied Biomechanics* [online]. 1997, 13(2), 135-163 [cit. 2020-05-29]. DOI: 10.1123/jab.13.2.135. ISSN 1065-8483. Dostupné z: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jab/13/2/article-p135.xml>

HENNEMAN, E., G. SOMJEN, D. O. CARPENTER. *Functional significance of cell size in spinal motoneurons*. *Journal of Neurophysiology* [online]. 1965, 28(3), 560-580 [cit. 2017-12-26]. DOI: 10.1152/jn.1965.28.3.560. ISSN 0022-3077. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.1965.28.3.560>

HOLČÍK, J., M. KOMENDA, a kol. *Matematická biologie: e-learningová učebnice* [online]. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2015. [cit. 2019-12-10]. ISBN 978-80-210-8095-9.

KAZAMEL, M., P. P. WARREN. *History of electromyography and nerve conduction studies: A tribute to the founding fathers*. Journal of Clinical Neuroscience [online]. 2017, 43, 54-60 [cit. 2017-12-26]. DOI: 10.1016/j.jocn.2017.05.018. ISSN 09675868. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S096758681730262X>

KONRAD, P. *The ABC of EMG: A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography* [online]. Scottsdale, Arizona: Noraxon U.S.A., 2006 [cit. 2019-12-10]. ISBN 0-9771622-1-4. Dostupné z: <https://www.noraxon.com/wp-content/uploads/2014/12/ABC-EMG-ISBN.pdf>

LUKÁCS, M., L. VÉCSEI, S. BENICZKY. *Fiber density of the motor units recruited at high and low force output*. Muscle & Nerve [online]. 2009, 40(1), 112-114 [cit. 2017-12-26]. DOI: 10.1002/mus.21241. ISSN 0148639x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/mus.21241>

VENCOVSKÝ, J. *Polymyozitida*. Neurologie pro praxi [online]. 2014, 15(5), 268–272 [cit. 2017-12-26]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2014/05/11.pdf>

WATANABE, K., H. AKIMA. *Validity of surface electromyography for vastus intermedius muscle assessed by needle electromyography*. Journal of Neuroscience Methods [online]. 2011, 198(2), 332-335 [cit. 2017-12-26]. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2011.03.014. ISSN 01650270. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165027011001610>

Jiné zdroje

SEDLÁK J. *Metodika k algoritmu na analýzu EMG*. Ústní a mailové sdělení.

9 Seznam obrázků, grafů a tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1 - fáze zasazení pádla.....	12
Obrázek 2 - fáze tažení pádla.....	12
Obrázek 3 - fáze vytažení a přenosu.....	13
Obrázek 4 - m. serratus anterior.....	27
Obrázek 5 - m. biceps brachii.....	28
Obrázek 6 - m. obliquus abdominis.....	29
Obrázek 7 - m. pectoralis major.....	30
Obrázek 8 - m. infraspinatus.....	31
Obrázek 9 - m. latissimus dorsi.....	32
Obrázek 10 - m. deltoideus, pars acromialis.....	33
Obrázek 11 - m. triceps brachii.....	34
Obrázek 12 - m. trapezius, pars ascendens.....	35
Obrázek 13 - erector spinae.....	36
Obrázek 14 - pohybový cyklus při záběru vpřed.....	37
Obrázek 15 - pohybový cyklus při pádlování na trenažéru.....	37
Obrázek 16 - pohybový cyklus při diagonálním přitahu na hrazdě.....	38
Obrázek 17 - pohybový cyklus při extenzi paží s gumami.....	38
Obrázek 18 - pohybový cyklus při přitahu činky.....	38
Obrázek 19 - pohybový cyklus při shybech nadhmatem.....	39
Obrázek 20 - prahování signálové obálky.....	41
Obrázek 21 - pádlování na klidné vodě.....	47
Obrázek 22 - pádlování na trenažéru.....	48
Obrázek 23 - cvičení v diagonále na hrazdě v polovisu.....	49
Obrázek 24 - extenze paží s gumami.....	50
Obrázek 25 - přitahy činky na lavici.....	51
Obrázek 26 - shyby nadhmatem.....	52
Obrázek 27 - délka a bod aktivace svalů v rámci průměrného krokového cyklu.....	54

Seznam tabulek

Tabulka 1 - korelační matice křivek EMG mezi svaly u všech cviků u probanda 1.	53
Tabulka 2 - plocha pod křivkou, proband 1.....	53
Tabulka 3 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 1 ...	54
Tabulka 4 - vzdálenost dvou vektorů, proband 1.....	55
Tabulka 5 - plocha pod křivkou, proband 2.....	56
Tabulka 6 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 2. ..	56
Tabulka 7 - vzdálenost dvou vektorů, proband 2.....	57
Tabulka 8 - plocha pod křivkou, proband 3.....	57
Tabulka 9 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 3. ..	58
Tabulka 10 - vzdálenost dvou vektorů, proband 3.....	58
Tabulka 11 - plocha pod křivkou, proband 4.....	59
Tabulka 12 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 4 .	59
Tabulka 13 - vzdálenost dvou vektorů, proband 4.....	60
Tabulka 14 - plocha pod křivkou, proband 5.....	61
Tabulka 15 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 5.	61
Tabulka 16 - vzdálenost dvou vektorů, proband 5.....	62
Tabulka 17 - plocha pod křivkou, proband 6.....	62
Tabulka 18 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 6.	63
Tabulka 19 - vzdálenost dvou vektorů, proband 6.....	63
Tabulka 20 - plocha pod křivkou, proband 7.....	64
Tabulka 21 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 7.	64
Tabulka 22 - vzdálenost dvou vektorů, proband 7.....	65
Tabulka 23 - plocha pod křivkou, proband 8.....	65
Tabulka 24 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 8.	66
Tabulka 25 - vzdálenost dvou vektorů, proband 8.....	66
Tabulka 26 - plocha pod křivkou, proband 9.....	67
Tabulka 27 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči referenčnímu pohybu, proband 9.	67
Tabulka 28 - vzdálenost dvou vektorů, proband 9.....	68
Tabulka 29 - plocha pod křivkou, proband 10.....	69
Tabulka 30 - míra zapojení jednotlivých svalů vůči ref. pohybu, proband 10.	69
Tabulka 31 - vzdálenost dvou vektorů, proband 10.....	70

Tabulka 32 - míra podobnosti závislosti na ploše pod křivkou dle Euklidovské vzdálenosti vektorů	70
Tabulka 33 - korelační matice křivek EMG mezi jednotlivými sledovanými svaly u všech cviků a probandů spočítané mediánem	71
Tabulka 34 - medián zapojení svalů do daného cviku u všech probandů.....	71
Rovnice 1 - Spearmanův korelační koeficient	42

10 Přílohy

Příloha č. 1 – Vyjádření etické komise UK FTVS

Příloha č. 2 – Informovaný souhlas.

Příloha č. 3 – Kritické hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu r_{Sp} (Bedáňová, 2018).

Příloha č. 4 – Korelační matice křivek EMG mezi jednotlivými sledovanými svaly u pádlování.

Příloha č. 5 – Korelační matice křivek EMG mezi jednotlivými sledovanými svaly u záběru na trenažéru.

Příloha č. 6 – Korelační matice křivek EMG mezi jednotlivými sledovanými svaly u diagonály na hrazdě.

Příloha č. 7 – Korelační matice křivek EMG mezi jednotlivými sledovanými svaly u extenze paží s gumami.

Příloha č. 8 – Korelační matice křivek EMG mezi jednotlivými sledovanými svaly u přitahů činky.

Příloha č. 9 – Korelační matice křivek EMG mezi jednotlivými sledovanými svaly u shybů nadhmatem.