

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu



**KOMPARATIVNÍ KINEZIOLOGICKÁ ANALÝZA ZÁBĚRU  
VPŘED NA KAJAKU A DALŠÍCH FOREM LOKOMOCE  
V RÁMCI LOKOMOČNÍHO VZORU**

Autoreferát disertační práce

## **BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE**

Autor:

Mgr. Michala Mrůzková

Název disertační práce:

Komparativní kineziologická analýza záběru vpřed na kajaku a dalších forem lokomoce v rámci lokomočního vzoru

Školitel:

doc. PaedDr. Bronislav Kračmar, CSc

Pracoviště:

Katedra sportů v přírodě

Rok obhajoby disertační práce:

2011

Doktorská práce představuje původní rukopis, s jehož kompletním textem se lze seznámit v Ústřední tělovýchovné knihovně UK FTVS Praha, José Martího 31, Praha 6.

## Obsah

Abstrakt	4
1. Úvod	5
2. Cíle a úkoly práce	7
2. 1 Hypotézy	8
3. Metodika práce	9
3. 1 Charakter výzkumu	9
3. 2 Výzkumný soubor	9
3. 3 Použité metody	9
3. 4 Sběr dat	10
3. 5 Analýza a interpretace dat	12
4. Výsledky	14
4. 1 Proband 1	14
5. Diskuse	19
6. Závěry	22
Seznam použité literatury	23

## **Abstrakt**

Výzkumná práce se zabývá porovnáním dvou forem sportovního pohybu z kineziologického hlediska; záběru vpřed na kajaku a jízdy v pádlovacím bazénu užívaného v tréninku vrcholových kajakářů jako náhrada specifického pohybu.

Na základě výchozí polohy dané rozdílným uložením bodu opory a rozdílného směru tahu svalů sledovaných činností, předpokládáme rozdílný charakter svalové funkce v pádlovacím bazénu a při jízdě na kajaku, ve smyslu fázičká – tonická svalová aktivita. Předpokládáme rozdíly v ekonomii svalové činnosti (rozdílnost v rychlosti nástupu a odeznění aktivace) a předpokládáme rozdílný sled aktivace sledovaných svalů (timingu).

Cílem výzkumné práce je prostřednictvím povrchové elektromyografie zjistit, jak se mění vnitrosvalová a mezisvalová koordinace specifického lokomočního pohybu s rozdílným uložením bodu opory. Dalším cílem je zhodnotit efektivitu zkoumaných činností a jejich využití jako náhradního tréninkového prostředku.

Studie je deskriptivní případovou studií, komparativně-analytického charakteru s intraindividuálním a interindividuálním zhodnocením. Jednotlivé případy tvořili členové národní reprezentace v kanoistice.

Z vyhodnocení výsledků výzkumu vyplývá, že pádlovací bazén jako tréninkový prostředek vhodně stimuluje aktivaci fázičkových svalů s určitými rozdíly v zajištění postury, protože se jedná o stabilnější prostředí než při jízdě na vodě. Tato tréninková metoda nenahradí specifický trénink na řece.

**Klíčová slova:** kajak, pádlovací bazén, elektromyografie, pohybové programy, sportovní trénink

## 1. Úvod

Jízda na sjezdovém kajaku je cyklický lokomoční pohyb uskutečňovaný přes pletenec ramenní podléhající obecným zákonitostem lidské motoriky (centrace kloubu, zaujmutí polohy, stabilizace apod.), formující se během ontogenetického vývoje v procesu posturální ontogeneze (Kračmar, 2002).

Jízda na kajaku může být provozována na různých výkonnostních úrovních. Klade nároky zejména na kardiorespirační systém, rychlostně silové, popřípadě silově vytrvalostní schopnosti a techniku provedení pohybu, která využítí kapacity funkčních systémů a silových schopností přímo podmiňuje (Gagin, 1976). Ideální technika odpovídá pravidlu o ekonomičnosti a účelnosti pohybu. Technickou kvalitou určuje koordinovaná práce svalů fázicky činných a svalů fixačních, které pohyb zajišťují. Takový pohyb je harmonický a ekonomický. „*Ekonomický pohyb nepřetěžuje struktury, protože nepoužívá maximální síly, ale pouze síly potřebné*“ (Véle, 2006). Technické zdokonalování je jedna z podstatných složek přípravy vrcholových kajakářů.

Při nácviu správné techniky se svalové skupiny zapojují v koordinačních souhrách. Efektivní souhry jsou nadále používány a posilovány (Dvořák, 2005). Opakováním se stávají funkčním celkem – pohybovým stereotypem. V zimním období neumožňují klimatické podmínky jízdu v přirozených podmínkách a pohybový stereotyp, který neosvěžujeme tréninkem, vyhasíná a ztrácí kvalitu (Janda, 1982). Pevně fixovaný stereotyp dovolí udržet účelovou techniku provedení pohybu i při vysokém psychickém vypětí či při únavě. Fixace hybného stereotypu probíhá nejrůznějšími tréninkovými prostředky.

Výběr tréninkových prostředků by měl po stránce techniky pohybu maximálně kopírovat techniku závodního provedení (Kračmar, 2002). Silovou složku lze nahradit tréninkem s odpory ve fitness posilovně, ale takový trénink posiluje jen izolované svaly nebo svalové skupiny a nerozvíjí mezisvalovou koordinaci (Kolář, 2009) pro jízdu na kajaku nezbytnou. Pohlížíme-li na sval jako na funkční jednotku, je jeho aktivita zapojena do funkčního řetězce svalů zajišťující daný pohyb, včetně jeho stabilizační složky a izolované posilování tedy nenahradí specifický pohyb při jízdě na vodě. Centrální nervový systém (dále CNS) neřídí jednotlivé svaly, ale celé pohyby (Králiček, 1995; Véle, 2006).

Kinematické charakteristiky koordinace pohybů v pádlovacím bazénu (PB) včetně zapojení obdobných svalových skupin je podobný jako při jízdě na kajaku, a proto je pádlování v pádlovacím bazénu tréninkovým prostředkem nejhojněji užívaným během zimního období, jako náhrada specifického tréninku. Výběr této metody je obvykle založen pouze na vnější podobnosti sledované činnosti a na kinematických analýzách, které však nepostihují pohyb komplexně a nepostihují charakteristiky vnitrosvalové a mezisvalové koordinace.

Výzkum se zabývá koordinací svalové práce specifické sportovní lokomoce podléhající principům lidské motoriky, která se vyvíjí během fylogenetického a ontogenetického vývoje na základě definovaných genetických vzorů. S vývojem CNS se vytvářejí složitější pohybové programy vybavitelné na vnější či vnitřní podnět a probíhají automaticky. O kvalitě pohybu rozhoduje výchozí nastavení jednotlivých segmentů těla – atituda (Kolář, 2009, Véle, 2006, Kračmar, 2002). Bod opory vytvořený na listu pádla záběrové paže na kajaku umožňuje koordinovanou svalovou činností změnu těžiště a posun lodi vpřed v souladu s obecnými zásady aktivní lokomoce v uzavřeném kinematickém řetězci (Krobot, 1997). V pádlovacím bazénu je bod opory přesunut proximálním směrem a volná horní končetina se pohybuje k trupu proti odporu vodního prostředí. Nedochozí k významné změně těžiště. Uložení bodu opory představuje rozdílnou aferentní situaci, která vyvolává rozdílnou motorickou odpověď týkající se celé muskulatury včetně posturální funkce na níž navazuje fázičká hybnost (Trojan a kol., 1991; Kolář, 1995). Na výchozí poloze segmentů také závisí zvolený typ svalové kontrakce a míra angažovanosti příslušných svalových skupin při realizaci účelného pohybu (Havličková, 1999). Také Steindler (1955) uvádí, že uložení bodu opory distálním nebo proximálním směrem má vliv na kvalitu pohybu.

Cílem studie je prostřednictvím povrchové elektromyografie porovnat dvě formy sportovního pohybu přes pletenec ramenní z kineziologického hlediska. Zhodnotit koordinaci a charakter svalové aktivity vybraných svalů na sjezdovém kajaku a porovnat výsledky při jízdě v pádlovacím bazénu. Na základě výsledků zhodnotit efektivitu tréninku v pádlovacím bazénu.

Výsledky by mohly vést k jinému pohledu na dosavadní užívání zaběhnutých tréninkových metod a vnést nový náhled na trénink specifického pohybu v souladu s poznatky z kineziologie sportovního pohybu.

## 2. Cíle a úkoly práce

Práce vychází z poznatků anatomie, kineziologie a vývojové ontogeneze. Výchozími stěžejními publikacemi jsou práce Véleho, 1997, 2006; Koláře, 1995, 1998, 1999, 2001, 2006, 2009; Kračmara, 2001, 2002 a dalších. Dále odborná literatura týkající se jízdy na kajku na rovné i divoké vodě (Endicott, 1980; Stecenko, 1982; Szanto, 1997; Knebel, 2000; Bílý a kol., 2001 a další). Metodu elektromyografie popisuje mimo jiné De Luca (1993), Dufek (1995), Keller (1998), Merletti, Parker (2004).

Bohužel prací, které se zabývají pouze technikou jízdy na sjezdovém kajaku je minimum a práce týkající se divoké vody obvykle popisují techniku na plastových turistických kajacích, nebo se zabývají disciplínou vodní slalom. Přestože základní biomechanické charakteristiky pohybu při jízdě na kajaku jsou podobné, kineziologické hledisko se bude lišit v závislosti na vnějších podmínkách.

V práci jsme se pokusili poukázat na využití kineziologických poznatků ve sportovním tréninku.

### **Cíle práce:**

Porovnat dvě formy sportovního pohybu z kineziologického hlediska – jízdu na kajaku a jízdu v pádlovacím bazénu. Prostřednictvím povrchové elektromyografie zjistit, jak se mění vnitrosvalová a mezisvalová koordinace při lokomočním pohybu s rozdílným uložením bodu opory.

Zhodnotit efektivitu pohybu v pádlovacím bazénu a jeho využití jako náhradního tréninkového prostředku.

### **Z uvedených cílů vyplývají úkoly práce:**

- Vytvořit přehled dosavadních teoretických poznatků a východisek práce.
- Definovat výzkumný soubor probandů.

- Polyelektromyograficky vyšetřit aktivitu vybraných svalů při jízdě na kajaku a při jízdě v pádlovacím bazénu. Sledované činnosti paralelně zaznamenat na videokameru.
- Kvantitativně a kvalitativně vyhodnotit získaná data.
- Vyhodnotit intraindividuální rozdíly u obou sportovních činností.
- Sledovat tendenci ke změně kineziologického obsahu pohybu obou činností interindividuálně.

## 2.1 Hypotézy

Lokomoční pohyb zajištěný přes pletenec ramenní je člověku přirozený (Vacková, 2004), protože vychází z lidské ontogeneze (Kračmar, 2002). O kvalitě budoucího pohybu rozhoduje výchozí nastavení jednotlivých segmentů těla – atituda (Kolář, 2009; Véle, 2006). Rozdílné uložení bodu opory při lokomočním pohybu zapojuje do pohybu jiné svaly v rozdílných koordinačních souvislostech (Steindler in Dvořák, 2005). Kinematické zhodnocení jízdy na kajaku a jízdy v pádlovacím bazénu představuje tvarově identický pohyb.

**H1** Bude rozdílný charakter svalové funkce v pádlovacím bazénu a při jízdě na kajaku, ve smyslu fázičká – tonická svalová činnost. Budou rozdíly v ekonomii svalové činnosti (rychlost a strmost nástupu a odeznění EMG signálu).

**H2** Z rozdílné výchozí aferentní situace dané rozdílným uložení bodu opory a směru tahu svalů, dojde ke změně timingu.

Pro formulaci hypotéz jsme využili výsledky pilotních studií a poznatků obecné kineziologie, anatomie a vývojové ontogeneze (Kračmar 2001, 2002; Vojta, 1995; Kolář 2001, 2006; Véle 2006; Havlíčková, 1999; Krobot, 1997).

### Vědecká otázka

Je možné zjistit, jaký je rozdíl v koordinační složce pohybu při jízdě na kajaku a při tréninku v pádlovacím bazénu? Tato otázka je položena v souvislosti s faktem, že při jízdě na kajaku je místo opory uloženo distálním směrem na paži záběrové končetiny a při jízdě v pádlovacím bazénu je místo opory uloženo proximálně v místech sezení.



Jak se mění charakter svalové funkce? Rozdílná výchozí konfigurace segmentů vytváří rozdílnou vstupní aferenci, tedy bude mít vliv na svalovou funkci.

### **Další otázky**

Jaká je efektivita využívání náhradních tréninkových prostředků? Lze nahradit specifický pohyb jinou tréninkovou metodou, tak aby byly svaly trénovány ve správných koordinačních souvislostech?

## **3. Metodika práce**

### **3.1 Charakter výzkumu**

Studie je popisnou případovou studií s intraindividuálním zhodnocením. Sledováno bylo pět případů. Na základě výsledků lze formulovat určité tendence v interindividuálním porovnání. Nelze výzkumem přinést zobecnění na velký vzor populace. Práce přinesla výsledky sledování pohybu malého počtu jedinců s vysokou úrovní koordinace ve sledovaných lokomočních aktivitách.

### **3.2 Výzkumný soubor**

Expertním posouzením jsme provedli záměrný výběr ze skupiny vrcholových sportovců – kajakářů a kajakářek (všichni jsou členové reprezentačního týmu ČR ve sjezdu na divoké vodě). Sledovali jsme 5 případů ve věku 20-30 let s minimální pětiletou závodní praxí. Závodní úroveň a členství v reprezentaci ČR ukazuje na vysokou koordinaci a fixaci pohybového stereotypu, tedy vysokou efektivitu svalové práce.

Vzorek pěti probandů považujeme za reprezentativní, neboť představuje více jak polovinu reprezentačního týmu kajakářů (8).

### **3.3 Použité metody**

- Polyelektromyografie (PEMG)
- Kinematografická analýza

## **Charakteristika EMG přístroje**

Polyelektromyografický přístroj je vybaven vlastní pamětí 8 měřících kanálů, z toho 7 kanálů pro snímání elektrické aktivity vybraných svalů, 1 kanál je pracovní pro synchronizaci s videozáznamem, akustickou informací ohraničující čas apod. Doba měření je v šesti nastavitelných stupních od 2,5 sec – 327s, tedy přibližně 5 min. Vzorkování: 200Hz, tj. 5ms, spodní filtr 29 Hz, horní filtr 1200Hz. Frekvence: 30 – 1200 Hz při -3 dB pro každý kanál. Je zaznamenána absolutní hodnota EMG signálu s integrací. Křivka je vyhlazena s časovou konstantou od 14 – 125 ms. Stupeň citlivosti je možno nastavovat v řadě 50 – 2000V.

Napájení: 3 samostatné akumulátory NiMH. Rozměry přístroje s akumulátory: 185, 140, 42 mm. Hmotnost s akumulátory do 2kg.

Naměřená data jsou přenášena do přenosného PC, následně upravena specifickým softwarem KAZE 05 a exportována do programu Microsoft Excel.

Příslušenství: 7 kabelů zakončených dvojicemi Ag elektrod o průměru 5mm, uzemnění na zápěstí. Dále SW pro měření v MS-DOS, možnost prohlížení a editace ve Windows.

### **3. 4 Sběr dat**

Byl sledován timing jednotlivých svalů a jejich relativní zapojení do pohybu. Citlivost jednotlivých kanálů byla postupně vyladěna od meze čitelnosti při minimalizované křivce až k hranicím saturace náboru EMG křivky (tzv. přetečení detekovaných dat). Časoprostorové charakteristiky sledovaných forem lokomoce probanda byly získány natočením s elektronickou synchronizací záznamu s přenosným měřícím EMG přístrojem.

Pro měření byl vybrán úsek klidné vodní hladiny se zanedbatelným prouděním u loděnice USK Praha, v Chuchli nad mostem Inteligence. Pro potřeby měření v pádlovacím bazénu byl využit tréninkový bazén stejné loděnice.

#### **Standardizace podmínek**

- Úsek na kajaku měřen na stabilním vodním terénu bez pulsace hladiny a při vyrovnaných povětrnostních podmínkách.

- Množství provedených pohybových činností nedosahuje běžné tréninkové dávky, proband – vrcholový sportovec – nedojde ke zkreslení výsledků svalovým vyčerpáním.
- Doba měření 30-90 min je dostatečně krátká časový úsek, aby nedošlo ke změně vnějších a vnitřních podmínek nebo jen zanedbatelným změnám.
- Pádlování je cyklická lokomoční činnost, sportovec – proband je plně adaptován na pohyb, provádí ho stále stejně v rámci stanovené střední chyby (rozdíly dány pouze v rámci individuální variability).
- Měřili jsme vždy jednoho probanda bez přelepování elektrod při obou aktivitách, tím jsme zajistili snímání elektrického potenciálu ze stejného místa. Při závěrečném interindividuálním porovnávání sledujeme určitou tendenci ve změně timingu. Neporovnáváme konkrétní práci svalů interindividuálně.

Pro povrchovou elektromyografickou analýzu měření byl použit mobilní měřicí přístroj KAZE 05, vyvinutý na FTVS UK v Praze. Sedm kanálů bylo využito pro snímání elektrické aktivity vybraných svalů, osmý kanál byl použit pro synchronizaci EMG záznamu s videokamerou. Před lokalizací povrchových elektrod na vybrané svaly, byla provedena palpace a označení umístění elektrod po směru svalových vláken do místa největší svalové kontrakce při simulované činnosti. Palpaci provedl vysokoškolsky graduovaný fyzioterapeut. V místech styku elektrod s pokožkou byla pokožka oholena, jemným smirkem zbavena nečistot a následně očištěna ethanolem. Pod elektrody kruhového tvaru (průměr 5 mm) byl aplikován konduktivní gel. Vzdálenost středů elektrod byla 2 cm.

EMG signál vybraných svalů byl opakovaně snímán při jízdě na sjezdovém kajaku i pádlování v bazénu v délce 40s v pěti pokusech. Činnosti následovaly za sebou a byly odměřeny v celkovém čase do 90 minut z důvodů minimalizace chyb způsobené únavou, ztrátou motivace či změnou terénních či klimatických podmínek. Intenzita provedení odpovídala střednímu tempu na úrovni technických cvičení. Přístroj KAZE 05 byl umístěn na bedrech probanda tak, aby neomezoval jeho lokomoční aktivitu během sledované sportovní aktivity. Průběh měření byl zároveň natáčen na digitální videokameru SONY 900VCR. Paralelní záznam videokamerou umožnil odečíst průběh EMG aktivity pro jednotlivé fáze pohybu.

### **Popis používaného materiálu**

Pro potřeby vyšetření aktivity vybraných svalů při jízdě na kajaku byl zvolen závodní sjezdový kajak od výrobce Zástěra Composites a karbonové pádlo kapkového typu. Při

náborech EMG dat v pádlovacím bazénu byly použity pádla dřevěná se zúženou plochou listu, která se běžně využívají v tréninku v pádlovacím bazénu (odpor vodního prostředí v bazénu je mnohonásobně vyšší a s klasickým závodním pádlem by nebylo možné dosáhnout při stejném úsilí stejné frekvence).

### **Výběr svalů**

Výběr svalů byl proveden analýzou hlavních svalových skupin podílejících se na lokomočním pohybu při přímém záběru vpřed a dostupných svalů zajišťujících jejich stabilizaci (Strnadová, 2004; Stecenko, 1982 a další). Vybrané svaly jsou povrchově uloženy, a tím dostupné pro vyšetření povrchovou elektromyografií.

1. M. pectoralis major dx.
2. M. obliquus abdominis externus dx.
3. M. latissimus dorsi dx.
4. M. serratus anterior dx.
5. M. triceps brachii dx. (caput longum)
6. M. infraspinatus dx.
7. M. quadriceps femoris - vastus lateralis dx.

(číslování svalů se shoduje s pořadím kanálů zapojených elektrod)

### **3. 5 Analýza a interpretace dat**

Při vyhodnocení dat jsme střídali kvantitativní a kvalitativní analytické kroky.

Snímané signály vybraných svalů byly elektronicky filtrovány (20-1000Hz), rektifikovány, a vyhlazeny s nastavením časové konstanty na 25ms. Následně byl signál digitalizován pomocí A/D převodníku o frekvenci 200 Hz. Přístroj KAZE 05 umožňuje pouze 8bitové rozlišení, proto před každým měřením proběhlo nastavení zesílení jednotlivých kanálů, aby došlo k co největšímu využití 8bitové škály. Výsledný signál byl po každém měření kontrolován a následně uchován na harddisku pro softwarové vyhodnocení.

Pro vyhodnocení součinnosti jednotlivých svalů jsme použili editor skriptů v programovacím prostředí Matlab R14 (MathWorks, Inc.). Vzhledem k specifičnosti snímacího přístroje jsme se rozhodli pro analýzu signálů využít crosskorelační analýzu

časových řad. Upravená formulace crosskorelační funkce dvou signálů (Hojka a kol., 2010) byla použita pro vyhodnocení podobnosti aktivace dvojic svalů a pro určení časového posunu nástupu svalové aktivace. Dále v programu Matlab byly sjednoceny časové osy pro porovnání křivek EMG aktivity svalů překrytých grafů obou sledovaných činností.

V programu Microsoft Excel byly zpracovány výsledné grafy a přeneseny do programu Dartfish k dalšímu zpracování. Analyzovány a vyhodnoceny byly úseky v délce trvání 12,5s, což odpovídá 6-8 záběrovým cyklům při dané intenzitě. Analyzovaný úsek byl po rozjetí lodi (resp. vody v bazénu) a stabilizaci technického provedení pohybu. Program Dartfish byl použit pro vizualizaci videozáznamu s elektromyogramem.

Program Matlab umožňuje vyhodnocení vzájemné koordinace činnosti dvou či více svalů pomocí korelační matice složené z korelací časových řad, které označují časový průběh napětí v jednotlivých svalech. V místech maximální korelace dvou svalů byly vypočteny časové a fázové posuny. Fázové posuny jsme převedli na celá procenta pro větší názornost. Na základě těchto hodnot jsme stanovili pořadí zapojování jednotlivých svalů (timing). Na základě porovnání výsledků korelací a fázových posunů u 5ti náhodně vybraných úseků EMG křivky u každého probanda, jsme stanovili hodnotu odchylky v % (střední chyba měření) hodnoty fázových posunů pro posouzení změny timingu. Pod touto hodnotou nemá smysl hodnotit zpoždění zapojení svalů, neboť jde o změny v rámci intraindividuální variability, nejedná se tedy o změnu timingu.

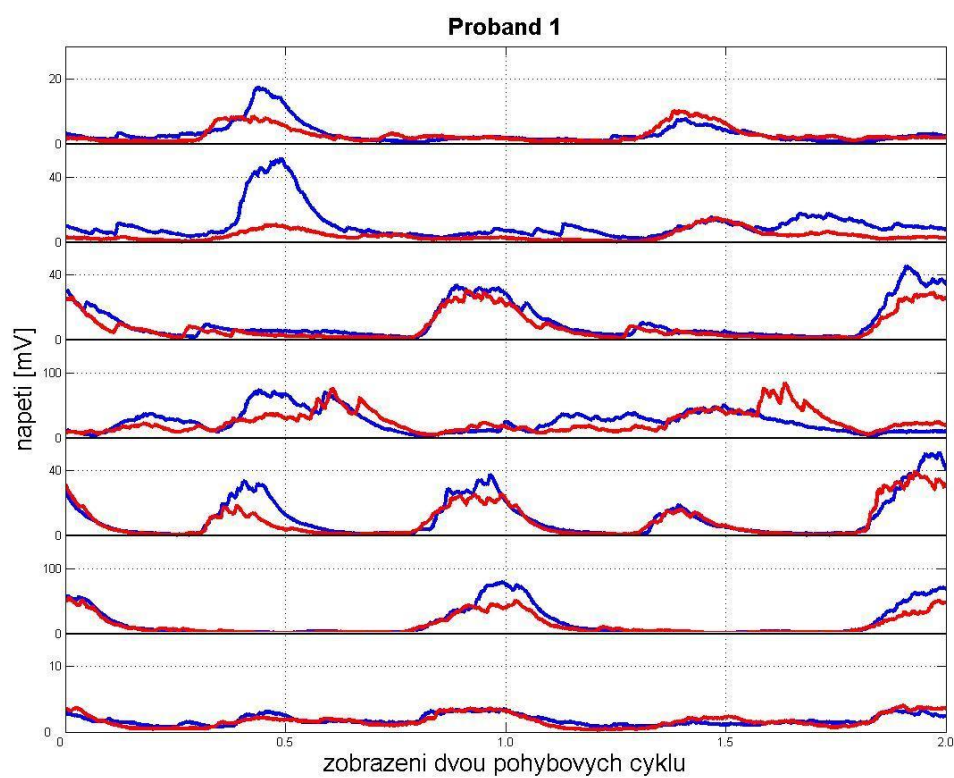
Hodnocení korelačních maxim - pokud svaly vykazují vysokou korelaci, lze je považovat za činitele konkrétního pohybu, pokud je korelace záporná jedná se pravděpodobně o antagonisty. Pokud svaly pracují v podobném režimu, měly by být i jejich dominantní frekvence shodné a tedy i maximální korelační koeficient při posunutí jednoho signálu vůči druhému vysoký (0,8 a více). V případě že svaly působí v jiném režimu (např. hnací sval pohybu – fázický sval vs. stabilizátor), lze jejich korelaci očekávat v rozmezí 0,2-0,5. (Hojka a kol., 2010).

Perioda pohybu - výslednou periodu činností dvou svalů dostaneme, jakou součet časových posunů. Perioda pohybu odpovídá jednomu záběrovému cyklu.

Fázový posun - v případech cyklických pohybů nám nevystačí pouhé porovnání časového posunu, protože sledované pohyby mají různou periodu. Porovnááme relativní časový posun vztažený vůči periodě pohybu. Fázový posun svalové činnosti definujeme jako podíl časového posunu činnosti dvou svalů a periody pohybu.

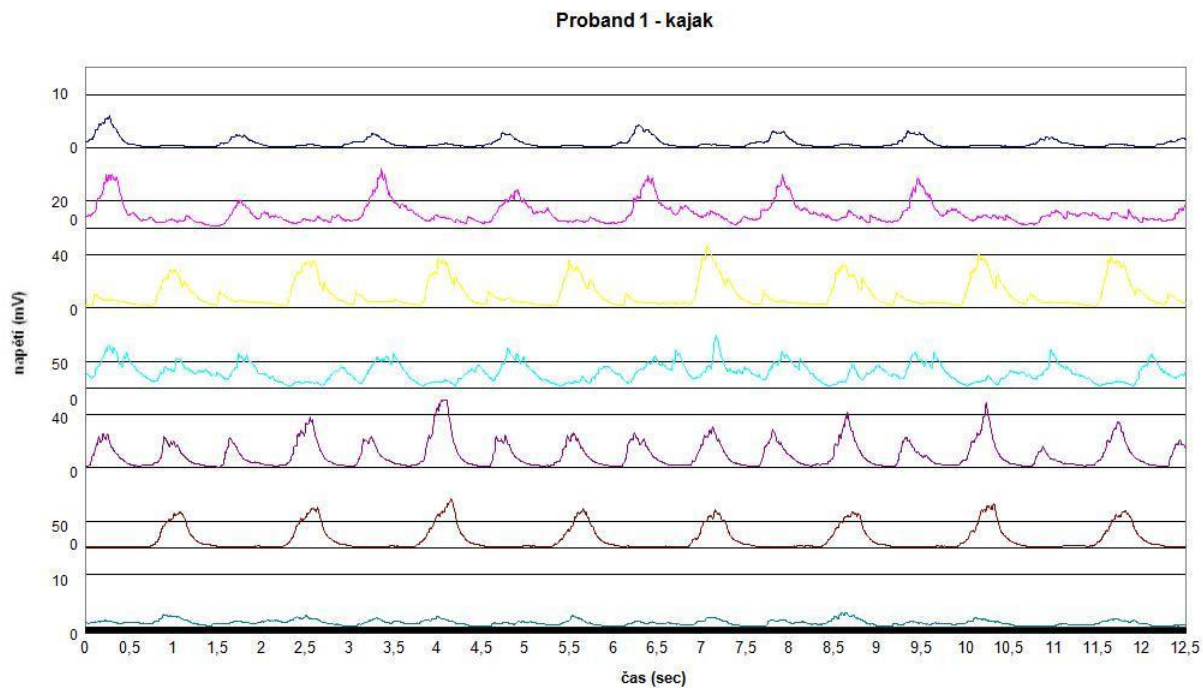
## 4. Výsledky

### 4.1 Proband 1

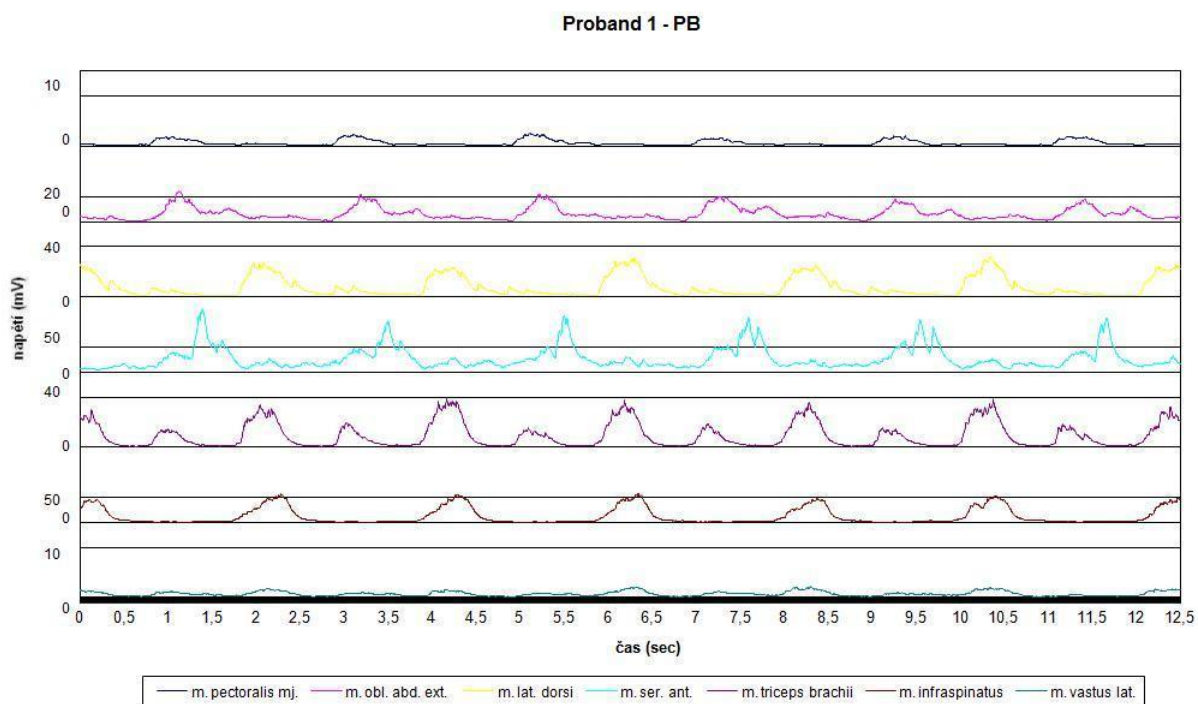


Obr. č. 1: Zobrazení fázového posunu během dvou pohybových cyklů při jízdě na kajaku (modrá) a pádlování v bazénu (červená)

Délka periody: kajak 1,53s, PB 2s



Graf. č. 1: EMG záznam na kajaku



Graf. č. 2: EMG záznam v PB

Tab. č. 1: Maximální korelace svalů při jízdě na kajaku

Musculus dx	pect. maj.	obliq.abd.ext.	latiss.dor.	serr. ant.	tric.br.	infra spin.	vast. later.
pect.maj.	1	0,971	0,866	0,797	0,648	0,82	0,817
obliq.abd.ext.	0	1	<b>0,85</b>	0,778	0,67	0,775	0,746
latiss.dor.	0	0	1	<b>0,598</b>	<b>0,789</b>	0,929	<b>0,864</b>
serr.ant.	0	0	0	1	0,799	0,672	0,777
tric.br.	0	0	0	0	1	0,53	0,703
infra spin.	0	0	0	0	0	1	0,85
vast.later.	0	0	0	0	0	0	1

Tab. č. 2: Fázoový posun svalové aktivity při jízdě na kajaku (%).

Musculus dx	pect. maj.	obliq.abd.ext.	latiss.dor.	serr. ant.	tric.br.	infra spin.	vast. later.
pect.maj.	0%	-3%	-48%	-5%	-2%	-48%	48%
obliq.abd.ext.	0%	0%	48%	1%	-5%	49%	45%
latiss.dor.	0%	0%	0%	-44%	0%	2%	-2%
serr.ant.	0%	0%	0%	0%	-3%	48%	43%
tric.br.	0%	0%	0%	0%	0%	-43%	5%
infra spin.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-3%
vast.later.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tab. č. 3: Maximální korelace svalů při jízdě v pádlovacím bazénu (PB)

Musculus dx	pect. maj.	obliq.abd.ext.	latiss.dor.	serr. ant.	tric.br.	infra spin.	vast. later.
pect.maj.	1	0,909	0,957	0,749	0,909	0,916	0,858
obliq.abd.ext.	0	1	<b>0,893</b>	0,634	0,828	0,884	0,754
latiss.dor.	0	0	1	<b>0,746</b>	<b>0,907</b>	0,957	<b>0,891</b>
serr.ant.	0	0	0	1	0,795	0,855	0,787
tric.br.	0	0	0	0	1	0,901	0,889
infra spin.	0	0	0	0	0	1	0,862
vast.later.	0	0	0	0	0	0	1



Tab. č. 4: Fázeový posun svalové aktivity při jízdě v pádlovacím bazénu (%)

Musculus dx	pect. maj.	obliq.abd.ext.	latiss.dor.	serr. ant.	tric.br.	infra spin.	vast. later.
pect.maj.	0%	7%	-48%	21%	-49%	-46%	-47%
obliq.abd.ext.	0%	0%	45%	13%	45%	50%	47%
latiss.dor.	0%	0%	0%	-42%	0%	2%	-1%
serr.ant.	0%	0%	0%	0%	34%	39%	36%
tric.br.	0%	0%	0%	0%	%	2,50%	1%
infra spin.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-4%
vast.later.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tab č. 5: Pořadí aktivace zapojení svalů kajak a PB. 1. m. pectoralis mj., 2. M. ob. abdominis externus, 3. M. latissimus dorsi, 4. M. serratus anterior, 5. M. triceps brachii, 6. M. infraspinatus, 7. M. vastus lateralis

<b>kajak</b>	3,6		5	1	2	4	7
<b>PB</b>	5	7	3	6	1	2	4

Tab. č. 6: Pořadí zapojení svalů v rámci 10% odchylky, kajak a PB

<b>kajak</b>	<b>1,2,4,5</b>		<b>7,3,6,(5)</b>
<b>PB</b>	<b>1,2,(5)</b>	<b>4</b>	<b>5,7,3,6</b>

## Diskuse k měření proband 1

Při porovnání elektromyografického záznamu jízdy na kajaku (graf č. 1) a jízdy v pádlovacím bazénu (graf č. 2) je vidět rozdílnost v plynulosti EMG signálu obou činností. Záznam měření z bazénu má u měřených svalů pravidelnější a jasně ohraničený nástup a pokles aktivace, zřetelné je to u svalů m. obliquus abdominis externus, u m. serratus anterior a m. vastus lateralis. Charakter aktivity na kajaku je smíšený, uvedené svaly pracují tonicky i fázeicky. EMG signál se jeví méně pravidelný (ekonomický). Při jízdě v bazénu převládá fázeický charakter svalové aktivity. Uvedené potvrzují i vyšší korelační koeficienty v PB (tab. č. 1 a tab. č. 3), především svalů m. triceps brachii a svalů m. serratus anterior. Zvýrazněny jsou korelace vztažené k m. latissimus dorsi, který představuje hlavní hnací sval při pádlování. U ostatních svalů nejsou změny tak specifické.

Elektromyografický záznam průměrného kroku obou sledovaných činností (obr. č. 1) poukazuje na zapojování svalových skupin v podobných koordinačních souvislostech, včetně

timingu (tab. č. 5) Na začátku záběru, ve fázi zasazení, se aktivují svaly m. latissimus dorsi spolu s m. triceps brachii, který vykazuje dvojrcholovou aktivitu během pohybu. Ve stejné fázi se aktivuje stejnostranný m. quadriceps femoris - vastus lateralis a m. infraspinatus. V druhé části cyklu, ve fázi vytažení a přenosu, kdy horní paže vyvíjí tlačnou práci, se aktivuje m. pectoralis mj, m. obliquus abdominis externus a m. triceps brachii (tab. č. 6).

Synchronizovaná práce záběrové paže společně s aktivací m. vastus lateralis (tab. č. 6) ukazuje na včasný a kvalitní přenos síly na pohyb lodi. M. obliquus abdominis externus se zpožďuje svojí aktivitou o půl fáze za iniciačním svalem m. latissimus dorsi a rotuje trup na opačnou stranu. Toto časové zpoždění odpovídá kvalitnímu záběru provedeného rotací trupu.

V rámci stanovené odchylky je timing obou činností podobný. Rozdíl vykazuje sval m. serratus anterior, jehož aktivita se zpožďuje za skupinou svalů m. pectoralis mj., m. obliquus abdominis externus, m. triceps brachii v bazénu, které se aktivují ve stejné fázi. Na kajaku se aktivuje shodně s touto skupinou svalů.

V autoreferátu disertační práce jsem vybrala jednoho probanda jako příklad kineziologické analýzy obou zkoumaných činností. Kompletní výsledky přináší plná verze disertační práce. Následující diskuse a závěry se týkají intraindividuálního a interindividuálního zhodnocení všech sledovaných probandů.

Tab. č. 7: Přehled výsledků měření sledu svalové aktivace jednotlivých probandů

Proband	Kajak				Pádlovací bazén			
<b>1</b>	1,2,4,5		3,6,7,(5)		1,2,(5)	<b>4</b>	3,5,6,7	
<b>2</b>	1,2,(5)		3,5,6,7	<b>4</b>	1,2,4,5		3,6,7,(5)	
<b>3</b>	1,2,7,(5)		3,5,6	<b>4</b>	1,2,7,(5)		3,5,6,(5)	<b>4</b>
<b>4</b>	1,6,(5)	7	2,3,4,(5)		1,(5)	<b>4,7</b>	3,2,5,6	
<b>5</b>	1,2,4,5,7		3,6,(5)		1,2,5,7		3,6,(5)	<b>4</b>

Při porovnání výsledků timingu (tab. č. 7) interindividuálně sledujeme rozdílný sled aktivace jednotlivých svalů. Do každého záběru se zapojují primárně svaly nejčastěji používaných funkčních řetězců, jak je fixován pohybový stereotyp každého závodníka, ale v trochu jiných koordinacích či rychlosti nástupu. V konečném důsledku však svalové

aktivace sledují zapojení v zákonitě predeterminovaných koordinačních vzorech budovaných během motorické ontogeneze s postupným dozráváním CNS (Kolář, 1995; Véle, 2006).

Rozdíl v časovém nástupu svalové aktivity u obou sledovaných činností vykazoval u všech 4 z 5ti probandů m. serratus anterior.

## 5. Diskuse

V naměřených signálech zachycujících aktivitu vybraných svalů v průběhu zvolených cvičení jsme mohli sledovat změny v charakteru svalové činnosti některých svalů. Při změně výchozí polohy, dáno rozdílnou sportovní činností, došlo ke změně charakteru signálu. U každého probanda došlo k trochu jiným změnám, obvykle však s přechodem k činnosti v pádlovacím bazénu se jevil EMG signál vybraných svalů více harmonický a s nižším podílem tonické svalové aktivity. Intraindividuálně jsme sledovali rozdíly timingu obou sledovaných sportovních aktivit. Ke změně časové aktivace došlo u svalu m. serratus anterior (proband 1, 2, 4 a 5). U probanda 4 navíc změnu timingu vykazoval i m. infraspinatus. Při porovnání probandů interindividuláně jsme však neshledali změny stejného charakteru. Pouze sval m. serratus anterior vykazoval rozdílný timing u 4 z 5-ti probandů při změně sportovní aktivity.

Změny charakteru signálu nebyly náhodné, ale měnily se v závislosti na prováděné činnosti, tedy na rozdílné výchozí poloze (atitudě), a tím rozdílné aferentní situaci. Rozdílná aferentní situace, která ovlivňuje funkci svalu, jak uvádí Kolář (1995), byla dána rozdílným uložením bodu opory pro lokomoční pohyb.

Funkce svalu nepodléhá pouze anatomickým a metabolickým poměrům, ale odráží se v ní aferentní stav celého organismu (Trojan, Druga, Pfeiffer, 1991). Uložení bodu opory obou činností představuje rozdíl v konfiguraci a zpevnění segmentů tvořících bázi pohybu. Vstupní proprioceptivní informace daná výchozí polohou pohybu je převedena do polohy celého těla a probíhá zákonitě podle preformovaných řídicích schémat, a je dána zráním řídicích struktur (Trojan a kol., 1991). Zpracování probíhá vždy supraspinálně a odpověď probíhá na polysegmentální úrovni. Jedná se o zákonitě koordinační schéma sdružující ve funkční souvislosti rovnovážné funkce, antigravitační funkce a na ně navazující fázičnou hybnost (Kolář, 1995).

Základní rozdíl charakteru EMG aktivity mezi sledovanými činnostmi přisuzujeme rozdílnému vnějšímu prostředí, ve kterém jsou prováděny. V pádlovacím bazénu, kde je loď pevně usazena není nutné vyvažovat přirozenou nestabilitu kajaku ve vodním prostředí. *Stabilizace trupu vsedě probíhá na základě informací o poloze pánve vůči sedací ploše a vůči páteři. Význam má i postavení femurů v kyčelních kloubech, které postavení páteře ovlivňuje (Véle, 2006)*, proto je důležité usazení závodníka v lodi a musíme brát v úvahu pevnou sedací plochu v pádlovacím bazénu. Při jízdě na kajaku, má aktivita břišního svalu posturální charakter zajišťující stabilizaci trupu, vzhledem k proměnlivému vnějšímu prostředí se zapojuje do funkce častěji. Podílí se i na řízení lodi náklony trupu. Přirozenou nestabilitu lodi vyvažuje také m. vastus lateralis, který současně pracuje fázicky (chůzový mechanismus) při přenosu síly trupu a paží na pohyb lodi. M. serratus anterior posturálně stabilizuje lopatku během záběrového cyklu. Vykazuje především stabilizační funkci a charakter jeho aktivity na kajaku se mírně mění u každého záběru vlivem neznatelné pulzace vodní hladiny a aktuálnímu nastavení akra záběrové paže. V pádlovacím bazénu je kajakář usazen na stabilní ploše, práce horních končetin vykazuje více mechanický fázický charakter s nižším podílem posturální složky nutné pro vyvažování lability a řízení kajaku na řece. Nižší zastoupení tonické složky u některých svalů je dáno i faktem, že v v pádlovacím bazénu není potřeba adaptace pohybového systému při uchopení vody (PF) na počátku záběru, neboť se loď nikam nepohybuje a sportovec nemá zpětnou vazbu o prováděném pohybu.

Interindividuálně jsme neshledali stejné změny. Výsledek si vysvětlujeme tím, že do funkce svalu se promítá nejen propiocepce, ale také exterocepce, interocepce, nocicepce apod. (Kolář, 1995). Veškerá aference je pak zpracována na různých úrovních CNS a poté je stanoven motorický výstup. Promítají se sem tedy i vlivy spojené s vnitřním stavem organismu, tedy i vlivy psychické atd. Konečný motorický výstup je tedy individuální povahy, přestože se pohybuje v určitých mantinelech determinovaných pohybových schématach.

Základní rozdíl charakteru EMG aktivity mezi sledovanými činnostmi přisuzujeme rozdílnému vnějšímu prostředí, ve kterém jsou prováděny.

M. serratus anterior působí při záběru vpřed stabilizačně a přednastavuje lopatku do správné polohy pro pohyb horní končetiny podle aktuálních podmínek. Vlivem pulzace hladiny při jízdě na řece dochází při každém záběru k jinému nastavení akra záběrové paže. Drobná koordinovaná práce svalů předloktí udržuje kontakt pádla s vodou tak, aby odpor na pádle byl optimální a nedošlo k protržení vody, a tím ztratě pevného bodu opory důležitého pro dopřednou jízdu. Záběrová paže se podílí také na řízení lodi. Díky tomuto nastavení

dochází pokaždé k oslovení určitého pohybového programu, který je korigován dle aktuálního nastavení záběrové končetiny, síly proudící vody a také stability trupu. V pádlovacím bazénu musíme uvažovat pevnou stabilní plochu, na které je závodník usazen bez nutnosti řízení a udržování stability lodi.

V práci jsme se pokusili poukázat na skutečnosti, kdy výchozí poloha (atituda) a uložení bodu opory vysílá rozdílné aferentní signály a tím rozdílnou odpověď svalové aktivity týkající se celé muskulatury, vyjádřeno především rozdílným sledem svalové aktivace. Z výsledků je také patrná specifická vztahu mezi aferentním stavem a mezi tonickou a fázičnou funkcí svalů.

Dle dosažených výsledků můžeme doporučit pádlovací bazén jako vhodný tréninkový prostředek pro sjezdové kajakáře. Má však určitá omezení. Tato tréninková metoda vhodně stimuluje aktivaci fázičnou svalů v podobných koordinačních souvislostech, ale s rozdílným posturálním zajištěním některých svalů, nenahradí tedy trénink specifického pohybu.

Výsledky nás dále vedou k úvaze, zda trénink stále stejných svalových skupin pracujících v podobných funkčních souvislostech nepřinese únavu a přetížení. Jak uvádí Seliger s Vinařickým (1980), příliš pevně vybudovaný pohybový stereotyp může být v určité situaci nevhodný, protože člověku nedovolí adaptovat se na nové situace. Klademe si otázku, zda by v zimním období neprospěla naopak změna činnosti se zapojováním více svalů do pohybu, než se podílí na záběru vpřed při pádlování? Navíc by byla vytvořena určitá kompenzace svalů používaných v průběhu celé závodní sezóny. Tím by si od stereotypní činnosti odpočinula také psychika, která se významně podílí na sportovním pohybu i konečném výkonu.

Srovnání naší studie s dosud provedenými studii se jeví poněkud problematické. Podle nám dostupné literatury není dosud provedeno dostatečné množství elektromyografických analýz v oblasti kanoistiky zabývajících se rozdílným uložení bodu opory. Studii v oblasti sjezdu na divoké vodě je obecně poskrovnu. Práce, které jsou publikovány, se zabývají především jízdou na trenažéru či jízdou s rozdílnou intenzitou provedení apod. Důvodem nedostatečného množství EMG studií v pádlovacím bazénu je pravděpodobně technická náročnost provedení výzkumů, kdy je nutné se vypořádat s vodotěsností přístroje, elektrod a dalšími problémy vodního prostředí.

## 6. Závěry

H1 Hypotéza byla potvrzena, byl nalezen rozdílný charakter svalové funkce v pádlovacím bazénu a při jízdě na kajaku, ve smyslu fázičká – tonická svalová činnost.

H2 Hypotéza byla potvrzena. Z rozdílné výchozí aferentní situace dané rozdílným uložením bodu opory a směru tahu svalů, došlo ke změně timingu.

Hodnocená činnost pádlování v pádlovacím bazénu vykazuje aktivaci fázičkových svalů v podobných koordinačních souvislostech jako na kajaku, ale s rozdílným posturálním zajištěním některých svalů. Můžeme doporučit pádlovací bazén jako kvalitní prostředek tréninku, ale ne jako prostředek jediný. Za největší nedostatek tréninku v pádlovacím bazénu považujeme nemožnost nahradit uchopení vody a pocit skluzu způsobené rozdílným uložením bodu opory. Pádlovací bazén tedy nemůže nahradit specifický pohyb při tréninku na kajaku. Je tedy třeba hledat další vhodné metody.

Sportovní trénink vrcholových sportovců je velice energeticky náročný. Zaběhnuté tréninkové metody jsou často přejímány z jedné generace trenérů na další bez integrace nových vědeckých poznatků v dané oblasti. Chápání svalové funkce v kineziologických vztazích by mohlo přispět k efektivnějšímu využití tréninkových metod.

Provedená studie je případovou studií vyšetřenou na 5-ti jednotlivých sportovcích. Reprezentační sjezdový tým zahrnuje 8 kajakářů, tedy 5 sledovaných sportovců představuje více jak polovinu reprezentativního vzorku. Vzhledem k malému počtu vyšetřených nelze výsledky generalizovat na populaci, ale můžeme výsledky považovat za významné pro trénink reprezentačních kajakářů s určitým zamyšlením nad volbou tréninkových metod vzhledem k očekávanému efektu i v jiných sportovních odvětvích.

## Seznam použité literatury

1. BÍLÝ, M., KRAČMAR, B., NOVOTNÝ, P. *Kanoistika*. Praha: Grada Publishing, s.r.o., 2001.
2. DE LUCA, CJ. *The Use of Surface Electromyography in Biomechanics*. The International Society for Biomechanics [online] 1993. Internet: www.delsys.com
3. DUFEK, J. *Elektromyografie*. Učební text. Brno: IDVPZ, 1995.
4. DVOŘÁK, R. Některé teoretické poznámky k problematice otevřených a uzavřených kinematických řetězců. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2005, č. 1, s. 12-17
5. ENDICOTT, W. *To win the Word*. Baltimore: Mariland, 1980.
6. GAGIN, J. A. Základy technik pádlování. In. *Kanoistika. Sborník specializovaných překladů*. Praha: ÚV ČSTV, 1981, s. 13-19
7. HAVLÍČOVÁ, L. Význam excentrické kontrakce pro posturu. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 1999, č. 1, s. 9-14.
8. HOJKA, V., VYSTRČILOVÁ, M., KRAČMAR, B. Metodika zpracování a vyhodnocení EMG cyklického pohybu. *Česká kinantropologie*, 2010, Vol. 14, č. 1, s. 19-28.
9. JANDA, V. *Základy kliniky funkčních (neparetických) hybných poruch*. Brno: Ústav pro další vzdělávání středních zdravotnických pracovníků, 1982.
10. KELLER, O. *Obecná elektromyografie*. Praha: Triton, 1998. ISBN 80-7254-047-5.
11. KNEBEL, R. *Problematika jízdy na sjezdovém kajaku*. Olomouc: ČSK, 2000. 32 s. Metodická příručka.
12. KOLÁŘ, P. Senzomotorická podstata posturálních funkcí jako základ pro nové přístupy ve fyzioterapii. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 1998, č. 4, 142 – 147.
13. KOLÁŘ, P. *Hluboký stabilizační systém páteře*, 1999.
14. KOLÁŘ, P. Systematizace svalových dysbalancí z pohledu vývojové kineziologie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2001, č. 4, s. 151-164.
15. KOLÁŘ, P. *Typická zranění pohybového aparátu u atletů, jejich léčba a prevence*. Přednáška na semináři v Nymburku 20. 10. 2006.
16. KOLÁŘ, P. AT AL. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009.
17. KOLÁŘ, P., KERNER, J. Funkce svalu v rámci aferentních souvislostí. *Med Sport Boh Slov*, 1995, č. 4, s. 38-41.

18. KOLÁŘ, P. Význam vývojové kineziologie pro manuální medicínu. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 1996, č. 4, 139–143.
19. KOLÁŘ, P. Systematizace svalových dysbalancí z pohledu vývojové kineziologie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2001, č. 4, s. 151-164.
20. KOLÁŘ, P. *Vývojová kineziologie*. Přednáška. 1. LF Praha, 11. 5. 2005.
21. KOLÁŘ, P. *Typická zranění pohybového aparátu u atletů, jejich léčba a prevence*. Přednáška na semináři v Nymburku 20. 10. 2006.
22. KOLÁŘ, P. Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů – diagnostika. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2006, č. 4, s. 155-170.
23. KOLÁŘ, P. AT AL. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009.
24. KRAČMAR, B. Využití teorie reflexní lokomoce při kvalitativní analýze sportovní činnosti. *Rehabilitácia*, 2001, č. 3, s. 157 – 170.
25. KRAČMAR, B. *Kineziologická analýza sportovního pohybu*. Praha. Triton 2002.
26. KRÁLÍČEK, P. *Úvod do speciální neurofyzologie*. Praha: Karolinum, 1995.
27. KROBOT, A. Klinické aplikace pohybových řetězců. *Rehabilitácia*, 1997, Vol. 30, No. 1.
28. MERLETTI, R., PARKER, P., *Electromyography, physiology, engineering and noninvasive application*, John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2004
29. SELIGER, V., VINAŘICKÝ, R. *Fyziologie člověka*. Praha: UK, 1980. ISBN 80-7066-820-2.
30. SZANTO, C. *Racing Canoeing*. Beijing:Wendy Yu, 1997.
31. STECENKO, J., N. a kol. Obecná charakteristika záběrového cyklu. In: *Kanoistika. Sborník specializovaných překladů*. Praha: Olympia, 1982. s. 21 – 39
32. STRNADOVÁ, M. *Analýza zapojování svalových řetězců při záběru vpřed na kajaku ve sjezdu na divoké vodě*. Praha, 2004. Diplomová práce na FTVS UK.
33. TROJAN, S., DRUGA, R., PFEIFFER, J. *Centrální mechanismy řízení motoriky*. Praha: Avicenum, 1991.
34. VACKOVÁ, P. *Fylogenetické souvislosti sportovní lokomoce*. Praha, 2004. Diplomová práce na FTVS UK.
35. VÉLE, F. *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing, 1997.
36. VÉLE, F. *Kineziologie*. Praha: Triton, 2006.
37. VOJTA, V., PETERS, A. *Vojtův princip*. Praha: Grada, 1995. s. 25, 39, 95. ISBN 80-7169-044-X.