

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Elektromyostimulační ovlivnění neurofyzilogických ukazatelů svalové práce na pádlovacím trenažeru**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce

**doc. PaedR. Bronislav Kračmar, CSc.**

Vypracoval:

**Jan Choutka**

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

V Praze, dne

.....

podpis diplomanta

Evidenční list

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

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

---

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval doc. PaedDr. Bronislavu Kračmarovi, CSc. za odborné vedení bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Radce Bačákové, Ph.D. za konzultace a pomoc se zpracováním výsledků. PhDr. Kláře Coufalové, Ph.D. za přínosnou diskuzi a ochotu zapůjčit přístroj a literaturu. V neposlední řadě PhDr. Milanovi Bílému, Ph.D. za odborné vedení při studiu kanoistiky.

Svoji rodině a kamarádům.

## **ABSTRAKT**

**Název:** Elektrostimulační ovlivnění neurofyziologických ukazatelů svalové práce na pádlovacím trenažéru

**Cíle:** Hlavním cílem této práce je porovnat ovlivnění neurofyziologických ukazatelů svalové práce na pádlovacím trenažeru před a po aplikaci celotělové svalové elektrostimulace.

**Metody:** Kvalitativně kvantitativní typ výzkumu experimentálního charakteru, případová studie, pilotní výzkum, komparativní analýza neurofyziologických ukazatelů svalové práce za použití měření elektromyografie.

**Výsledky:** Našli jsme rozdíl v timingu nástupu svalové aktivity v pre- a post-testu. Elektrostimulace způsobila rozpad diferenciací svalových funkcí vytvořené tréninkovým procesem sledovaného probanda.

**Klíčová slova:** Elektromyografie, elektromyostimulace, záběr, kanoistika.

## **ABSTRACT**

**Title:** Neurophysiological indicators of muscle work on the paddle trainer and their electrostimulatory influence

**Objective:** The main objective of this study is to compare the effect of the electromyostimulation neurophysiologic parameters of muscle activity during paddling on ergometer,

**Methods:** The character of the research is quantitative and qualitative, case study, pilot study, comparative analysis of muscle activity neurophysiologic parameters using electromyography.

**Results:** We have found differences in timing of muscle activation between the pre- and the post-test. The EMS caused dissolution of the differentiation of muscle patterns that have been built by specific training process of the monitored person.

**Key words:** Electromyography, electromyostimulation, stroke, canoeing.

## Obsah

1.	ÚVOD.....	11
2.	CÍL, ÚKOLY, VĚDECKÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY .....	12
2.1	Cíl práce .....	12
2.2	Úkoly práce .....	12
2.3	Výzkumná otázka.....	12
2.4	Hypotéza .....	12
3.	TEORETICKÁ VÝCHODISKA.....	13
3.1	Sport, trénink, výkon.....	14
3.2	Pohybové modely.....	15
3.2.1	Kontra- a ipsi- laterální pohybové vzory dle Koláře .....	15
3.2.2	Reflexní plazení a reflexní otáčení dle Vojty .....	15
3.2.3	Kineziologická analýza sportovního pohybu dle Kračmara.....	16
3.3	Kanoistika .....	17
3.3.1	Historie.....	17
3.3.2	Disciplíny a kategorie .....	17
3.3.3	Extrémní slalom a sjezd.....	18
3.3.4	Vodní slalom.....	19
3.3.5	Způsob lokomoce na lodi.....	20
3.3.6	Hnací a řídicí záběry .....	21
3.3.7	Záběr vpřed .....	23
3.3.8	Pádlovací trenažer.....	24
3.3.9	Zasazení .....	24
3.3.10	Tažení.....	25
3.3.11	Vytažení a přenos.....	26
3.4	Neurofyziologické poznatky .....	27
3.4.1	Struktura svalu .....	27
3.4.2	Klidový a akční potenciál .....	27
3.4.3	Motorická jednotka .....	28

3.4.4	Hennemanův princip.....	29
3.4.5	Typologie a funkce svalových vláken .....	30
3.4.6	Formy kontrakce svalu.....	30
3.4.7	Maximální volní kontrakce .....	31
3.4.8	Intramuskulární koordinace .....	32
3.4.9	Intermuskulární koordinace .....	33
3.5	Elektromyostimulace.....	34
3.5.1	Historie EMS .....	34
3.5.2	Neurofyziologie EMS .....	34
3.5.3	Metody EMS.....	37
3.5.4	TENS .....	37
3.6	Elektromyografie.....	38
3.6.1	Povrchová elektromyografie.....	38
3.6.2	Elektrody.....	38
3.6.3	Zpracování EMG signálu.....	39
3.6.4	Faktory ovlivňující EMG signál .....	39
4.	METODIKA .....	40
4.1	Výzkumný soubor .....	40
4.2	Výzkumné metody .....	40
4.3	Instrumentárium .....	41
4.4	Měření svalů a sběr dat.....	41
5.	ZPRACOVÁNÍ DAT A VÝSLEDKY .....	43
5.1	Průměrné polohy pohybového cyklu .....	43
5.2	Obálky .....	44
5.3	Pořadí dosažení lokálních maxim .....	46
5.4	Pořadí aktivace zapojení svalů .....	47
6.	DISKUZE .....	48
7.	ZÁVĚR .....	51
8.	SEZNAM POUŽITÉ A DOPORUČENÉ LITERATURY .....	52
9.	PŘÍLOHY .....	I
9.1	Žádost o vyjádření etické komise.....	I



9.2	Vzor informovaného souhlasu .....	II
9.3	Seznam obrázků .....	III
9.4	Seznam tabulek .....	IV

## SEZNAM ZKRATEK

C1	singlkanoe
CNS	centrální nervová soustava
ČSK	Český svaz kanoistiky
EMG	elektromyografie
EMS	elektromyostimulace
$F_m$	silové maximum, kterého je dosaženo, když je velikost pohybového parametru dána
$F_{mm}$	maximálně maximální síla, které je dosaženo, když se velikost pohybového parametru mění (nejvyšší hodnota mezi maximálními hodnotami)
ICF	mezinárodní kanoistická federace
K1	singlkajak
MJ	motorická jednotka
MS	mistrovství světa
MU	z angl. motor unit viz MJ
MVC	maximální volní kontrakce
SP	světový pohár
SV	sportovní výkon

# 1. ÚVOD

*„Napřed napiš o vodě, o každém z jejích pohybů, pak popiš všechna její dna a co je tvoří... a nechť je pořádek dobrý, neboť jinak bude práce zmatená. Popiš všechny její formy, jichž voda nabývá, od její největší do její nejmenší vlny, a jejich příčiny.“*

Leonardo Da Vinci

Stimulovat sval elektrickým proudem není novinkou na poli medicíny, rehabilitace ani sportu. Od pokusů rozhýbávání žabích stehýnek elektrinou již uplynulo více jak 200 let. Díky neustálému vývoji technologií jsou dnes dostupná zařízení a speciální obleky pro člověka, která umožňují stimulovat svaly „celého těla“ najednou. Otevírají se nová komerční studia, která nabízí efektivní trénink pro každého. Nabízí svým klientům úlevu od bolesti zad již po první návštěvě, náběr svalové hmoty, snížení tělesného tuku nebo vyrovnání svalových dysbalancí.

Otevírají se i nové možnosti, jak tuto metodu využít ve vrcholovém sportu. Díky propracovaným oblekům se zabudovanými elektrodami je možné vykonávat pohyb celým tělem za současné elektrostimulace. Jako trenér se musím ptát, jak bych toho mohl využít ve specifickém sportovním pohybu. Efektivní lokomoce vpřed je podstatným předpokladem pro podání sportovního výkonu ve většině odvětvích kanoistiky. Předmětem našeho zkoumání proto bude možnost ovlivnění elektrostimulací sportovně specifického pohybu, záběru vpřed.

Cílem této bakalářské práce je realizace pilotního výzkumu, kde budeme porovnávat vykazující činnost vybraných svalů měřenou elektromyograficky před a po aplikaci elektromyostimulace. Využili jsme elektromyostimulace a elektromyografie jako způsobů vstupu a výstupu elektrické aktivity, což vnímám jako zajímavost této práce.

Provedli jsme pilotní šetření. Práce je rozdělena do dvou částí, na teoretickou a praktickou.

## **2. CÍL, ÚKOLY, VĚDECKÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem této práce je porovnat koordinaci aktivity vybraných svalů při záběru vpřed pomocí povrchové elektromyografie před a po aplikaci metody celotělové elektromyostimulace.

### **2.2 Úkoly práce**

1. Shromáždit a utřídit teoretické podklady.
2. Vybrat vhodného probanda a příčinný terén nebo laboratoř pro uskutečnění měření.
3. Vybrat svaly, které se při záběru vpřed podílejí nejvýrazněji a které jsou přístupné pro povrchovou elektromyografii.
4. Za pomoci povrchové elektromyografie sledovat aktivitu vybraných svalů při záběru vpřed před aplikací EMS.
5. Aplikovat EMS.
6. Za pomoci povrchové elektromyografie sledovat aktivitu vybraných svalů při záběru vpřed po aplikaci EMS.
7. Vyhodnotit záznamy povrchové elektromyografie.
8. Sepsat diskusi a stanovit závěry.

### **2.3 Výzkumná otázka**

Při EMS přichází ke všem stimulovaným svalům elektrický impulz ve stejný čas. To znamená, že stimul přichází jak do synergistů, tak do antagonistů v jednu chvíli a to jak do dolních a horních končetin i trupu najednou. Bude mít taková komplexní, synchronní aktivace svalů vliv na koordinaci svalové práce při definovaném pohybovém úkolu?

### **2.4 Hypotéza**

H: Najdeme rozdílné načasování (timing) aktivace monitorovaných svalů před a po aplikaci EMS při pádlování na trenažeru.

### 3. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

Literární rešerše pro teoretická východiska předložené bakalářské práce se dá rozdělit do několika základních okruhů.

Nejdříve se budeme zabývat sportem, výkonem a tréninkem v obecné rovině.

Následuje kapitola o základních pohybových modelech a stereotypech, které najdeme v publikacích od Koláře, Vojty nebo Kračmara.

V další části se zabýváme odvětvím kanoistiky. Snažíme se stručně nastínit její historické pozadí a vývoj. Konkrétně pak analyzujeme vybrané disciplíny a kategorie. Vybrali jsme ty, ve kterých je lokomoce vpřed zásadní dovedností pro podání maximálního výkonu a ve kterých se považují minimálně za výkonnostního sportovce. Další podkapitola se věnuje typologii záběrů a jejich kombinacím a dovednostem na divoké vodě. Následně pak rozebíráme samotný záběr vpřed více do hloubky. Kapitulu o kanoistice uzavírá pojednání o pádlovacím trenažeru, který jsme během elektromyografického měření využili.

Pak nás čeká část, která podává informace ze svalové neurofyziologie, kde se snažíme podat základní poznatky o mechanismech uvnitř svalu, vně svalu a mezi svaly. Nejdříve pojednáváme o svalech a nervech z anatomického a popisného hlediska. Rozebíráme typy svalových vláken, jejich vzrušivost na elektrický podnět a kontrakci. Dotýkáme se intra i inter-muskulární koordinace.

Další skupina se soustředí na zpracování a podání uceleného přehledu literatury o tréninkové metodě svalové elektrostimulace.

Poslední skupinu tvoří informace o elektromyografii jako vyšetřovací metodě práce svalové soustavy.

### 3.1 Sport, trénink, výkon

*„Trénink je svým způsobem umění, musí se však opírat o vědecké poznání“*

(Dovalil a kol., 2012)

Vrcholový sport je zvláštní oblastí sportu, jejíž společenský význam neustále vzrůstá. Jeho podstatu lze vyjádřit snahou po dosažení absolutně nejvyšších výkonů. Vynikající sportovci jsou vzory pro mladé lidi a vedou je k napodobování, k aktivnímu provádění sportu (Choutka, 1974).

Současná teorie struktury sportovního výkonu využívá systémový přístup. Ten umožňuje interpretovat sportovní výkon jako vymezený systém prvků, který má určitou strukturu, tj. zákonité uspořádání a propojení sítí vzájemných vztahů. Jednotlivé prvky mohou být rázu somatického, fyziologického, motorického, psychického, apod. Mohou být i jednodušší a dobře identifikovatelné. (Dovalil a kol. 2012)



Obrázek 1 - Struktura sportovního výkonu a) Bílý, 2004, b) Maffiuletti, 2013 (vlastní tvorba)

## **3.2 Pohybové modely**

### **3.2.1 Kontra- a ipsi- laterální pohybové vzory dle Koláře**

Nákročné a opěrné funkce končetin jsou součástí dvou základních vývojových vzorců v lidské posturálně pohybové ontogenezi: kontralaterální a ipsilaterální. Podle zvolené polohy jsou buď končetiny jedné strany nákročné a druhostranné končetiny jsou opěrné – ipsilaterální model, nebo je jejich funkce opačná, tj. je-li levá horní končetina opěrná, je pravá dolní končetina opěrná a druhostranné končetiny (pravá horní a levá dolní) jsou nákročné. Jedná se o kombinaci otevřených a uzavřených kinematických řetězců, kdy nákročné končetiny představují otevřený kinematický řetězec a opěrné uzavřeny. Aktivace, koordinace, směr a charakter práce svalových skupin jsou definovány především lokalizací puncta fixa. Opora je místem tvořícím punctum fixum celé stabilizační souhry. Z opěrných míst vychází vzpřímení a cílený pohyb. Při chybné opoře není možné zajistit napřímení páteře („zaosení“ či „seřízení“, angl. „alignment“), správný dechový stereotyp atd., jinými slovy nedosáhneme svalovou rovnováhu při stabilizaci (Kolář, 2009).

### **3.2.2 Reflexní plazení a reflexní otáčení dle Vojty**

Jako určité rámcové pohybové modely mohou sloužit pohybové úkoly ve specifické metodice léčebné rehabilitace, ve Vojtově reflexní lokomoci. Při reflexním plazení se jedná o zkrřížený vzor. O tomto pohybu je známo, že je zde diferenciací svalové funkce nejvyšší a to hlavně vzhledem k pohybům páteře a muskulatury v klíčových kloubech. Krokový cyklus se skládá z flekční, relaxační, opěrné a odrazové fáze. Reflexní otáčení je pohybový komplex, který probíhá otáčením ze zad na bok a dále do polohy na břicho. Vyjádříme-li se přesně – pak chůze po čtyřech. Reflexní otáčení odpovídá pohybu, který zdravé dítě dosáhne v 6. měsíci, a odpovídá tedy spontánnímu otáčení ze zad na břicho. Toto spontánní otáčení začíná v pohybovém vývoji otočením hlavy stranou ve vzoru „postavení šermíře“ uprostřed 1. trimeonu vertikalizace. Ze vzoru otáčení z polohy na zádech do polohy na břicho se vyvíjí ve 3. trimeonu vertikalizace. Ve 3. trimeonu se dítě pohybuje lezením po čtyřech. Úchop nahoru ze „šikmého sedu“ signalizuje vertikalizaci. Reflexní vzor otáčení obsahuje dílčí vzory, které sahají až do období „nevyzrálého“ lezení

po čtyřech. Obsahuje také komponenty vertikalizace, které v motorické ontogenezi patří až k chůzi stranou ve vertikále (Vojta, 1981).

### 3.2.3 Kineziologická analýza sportovního pohybu dle Kračmara

Rozsáhlá studie sportovních pohybů Kračmara z roku 2002 ústí v závěr, že svalová práce je při jízdě na kajaku velmi blízká vrozeným lokomočním programům. Jízda vpřed jako velmi podobná reflexnímu i spontánnímu plazení v poloze na břiše, závěs podobný reflexnímu, resp. spontánnímu otáčení z polohy na zádech. Obecnými principy pro sportovní lokomoční pohyb jsou:

- Správné nastavení výchozí polohy, atitudy. Poloha hlavy a optická orientace do směru předpokládaného pohybu je řídicí.
- Nastavení režimu koaktivace svalových skupin v oblasti krční páteře. Extenze osového orgánu zajistí automaticky centrované postavení v kořenových, pohyb zajišťujících kloubech. Centrované postavení dovoluje pohyb v kloubu v maximálním rozsahu a tím nejefektivnější zapojení do řešení pohybového úkolu.
- Kořenové klouby rozhodující pro zajištění pohybu se musí nacházet v zevní rotaci.
- Ve struktuře SV má rozhodující váhu koordinační složka. Vytváření a fixace hybných stereotypů odpovídajících efektivní technice pro řešení pohybových úkolů se děje pouze specializovaným tréninkem. Nespecifické formy tréninku nefixují právě přesnou svalovou souhru využitelnou v daném sportovním odvětví.
- Podle nastaveného úhlu v kořenovém kloubu jsou zapojována svalová vlákna a části svalů, které tomuto nastavení funkčně odpovídají. Tato aktivace se šíří v rámci celého svalového řetězce, který tvoří specificky uspořádanou funkční jednotku pro každou změnu úhlu nastavení.
- Přirozená lidská motorika vychází z kvadrupedálního zkříženého chůzového cyklu. Vzdálenost hybných stereotypů v jednotlivých sportovních odvětvích od vývojově starých pohybových programů a vzorů matric hraje roli v obtížnosti vytváření a fixace těchto stereotypů (Kračmar, 2002).



### 3.3 Kanoistika

*„A nyní vyjed'te ven, vy, kdož jste mladí v svých srdcích;  
řid'te svoje lodi ve vlnách a větru,  
houpejte se na bílých hřebenech přejí,  
veslujte na modrých vodách řek od pramene až k azurovým hladinám moří,  
užívejte slunce, vody a vzduchu,  
do hněda opálení a šťastni“ (Zizius, 1947).*

Řeky jsou neuvěřitelně bohaté cesty. Traverzují nadmořskými výškami, časem, kulturou, ekologií a geologií. Kanoistika nabízí vše, co nacházím v hudbě, sportu, řešení problémů, objevování, přírodě a atletické soutěživosti. Plynoucí řeka skýtá celý rozměr kvalit hudby – nekonečnou hravost, jemnost emocí, smích, sílu, moc, skotačící radost, mysterii i hloubku. Kanoista využívá svou loď, techniku a pochopení různých proudů řeky v zapletení se sám sebe do řeky (Ammons, 2017).

#### 3.3.1 Historie

Člověk je vynalézavý a pro uspokojení svých potřeb si v různých koutech světa poradil s vodním živlem vlastním způsobem. Pro pohyb po řece bylo příhodné plavidlo jiných rozměrů a vlastností než pro pohyb na moři. Na dalekém severu eskymák do lodi z kostí z velryb a kůže z tuleně nasedl na moře s nohama nataženýma před sebou a svírajíc v ruce pádlo s dvěma listy. Tak vznikl kajak, jak ho známe dnes. V tisíce kilometrů vzdálené Americe Indiáni pro pohyb po řece používali loď z dřevěných žeber a březové kůry. V lodi seděli, stáli, nebo klečeli a pro pohyb používali jednolísté pádlo. To dnes označujeme jako kanoe (Bílý, Kračmar, Novotný, 2001). S postupem času a vývoje dnes můžeme vidět kanoisty i kajakáře vedle sebe a již existuje mnoho plavidel, kde se stojí, sedí nebo klečí. V současné době ICF (mezinárodní kanoistická federace) na svých stránkách eviduje 14 disciplín.

#### 3.3.2 Disciplíny a kategorie

Pro potřeby naší práce není nutné rozebírat každou z disciplín ICF a proto jsem vybral jen dvě, ve kterých je záběr vpřed zásadní a věnuji se jim na výkonnostní úrovni.

### 3.3.3 Extrémní slalom a sjezd

„*Extrémní slalom se poprvé objevil na Světovém poháru ve vodním slalomu v roce 2015 a od té doby je jeho růst fenomenální.*“ (ICF, 2019)

V té době disciplína podle mezinárodní kanoistické federace nesla označení Boater Cross. Jedná se o kombinaci všech kanoistických disciplín na divoké vodě, kde se závodí na identických lodích. Vzrušení začíná hromadným startem čtyř závodníků ze startovní rampy více jak 2 metry nad vodou. Před sebou mají asi 1 minutu dlouhou trať, kde musí objet všechny bóje daným směrem. Na trati se staví i dvě protivodné bóje, nalevo i napravo, závodník se může takticky rozhodnout, kterou z nich projede. Další dovedností, kterou musí závodník během jízdy performovat je eskymácký obrat o 360° ve vymezeném prostoru. Extrémní slalom je taktický závod, kde nemusí být vhodné být ve vedení už od začátku. (ICF, 2019)

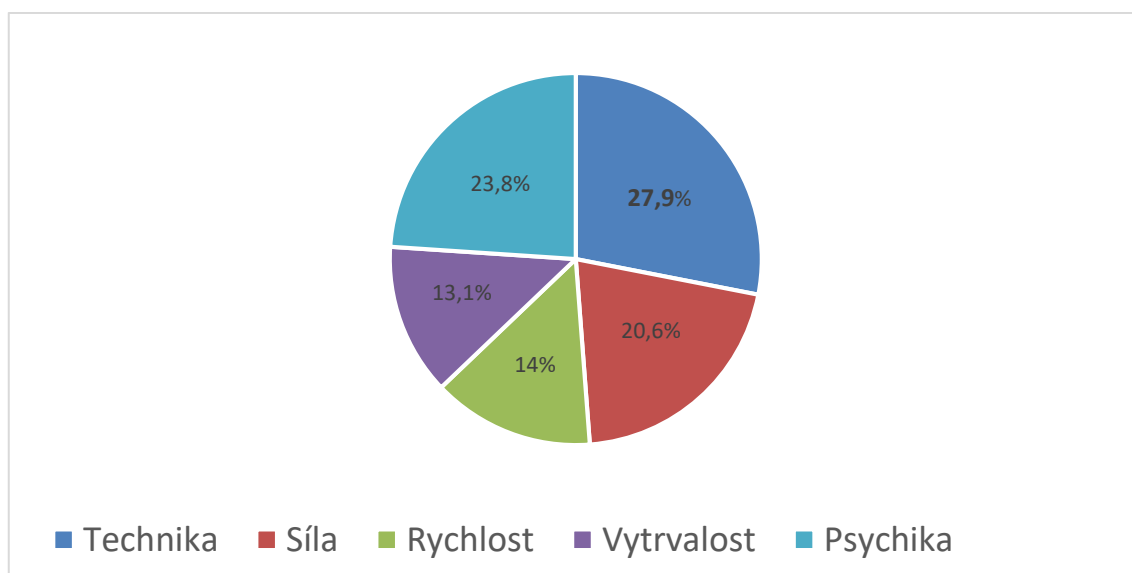
ICF ji tedy mezinárodně uznává již 4 roky, avšak v některých zemích tomu na národní úrovni zatím není. Český Svaz Kanoistiky (ČSK) na svých stránkách v roce 2017 uvedl nominační kritérium pro MS a SP v extrémním slalomu takové, které říká, že závodů se mohou zúčastnit jen členové A teamu reprezentace ve vodním slalomu. (2019)

Je nutné konstatovat, že u nás se již od roku 2014 pořádá závod Trnava X Race s podtitulem *Mistrovství České republiky v extrémním sjezdu na divoké vodě*. Účast v roce 2019 při součtu kategorií tvořilo 117 závodníků a závodnic. Tato soutěž se skládá ze tří dílčích disciplín: sprintu, slalomu a crossu. První dvě disciplíny jsou kvalifikační a nejrychlejších 64 závodníků z nich potom postupuje do crossu, kde platí pravidla podobného charakteru jako u extrémního slalomu.

Vítězové tohoto závodu přesto nemají možnost se účastnit MS a SP jinak než jako členové reprezentace ve vodním slalomu. A tak i v roce 2019 se můžou zúčastnit Mistrovství světa maximálně jako pasivní diváci z tribuny. Tento sport z výše uvedených důvodů zatím v ČR neshledávám jako vhodný pro další zkoumání v naší práci.

### 3.3.4 Vodní slalom

Vodní slalom se dá charakterizovat jako cyklickou a acyklickou dynamickou svalovou činnost s různou dobou trvání vytvářející značně složitý nervosvalový komplex. Technice a specifickým dovednostem se ve vodním slalomu věnuje značná část technické přípravy. Svalstvo horních končetin a trupu má úlohu především dynamických kontrakcí. Dolní končetiny potom sportovce fixují v lodi, pomáhají při řízení, náklonech lodi, eskymáckých obrazech a jsou důležitou přenosnou komponentou hnacích záběrů horních končetin do lodi. Svalové kontrakce dolních končetin jsou především izometrické. Na výkon závodníka ve vodním slalomu jsou kladeny specifické požadavky z oblasti bioenergetického krytí svalové práce (požadavky pohybových schopností), specifické požadavky na psychiku závodníka (psychické požadavky) a požadavky na individuální přizpůsobení obecné techniky pádlování na základě zákonů biomechaniky (požadavky individuální techniky). V průběhu tréninku se hledají cesty jak na tyto požadavky působit a tím připravit závodníka na výkon (Bílý, 2004). Lze konstatovat, že rozvoj technické složky výkonu hraje prioritní roli i při rozvoji ostatních specifických zatížení a její rozvoj je limitován rozvojem specifických silových schopností. Vrcholný sportovní výkon vodních slalomářů je podle výzkumu Bílého (2012) podmíněn 27,9% technických faktorů, 20% silových faktorů, 14% rychlostních faktorů, 13% vytrvalostních faktorů a 23,8% psychických.



Obrázek 2 - Struktura sportovního výkonu ve vodním slalomu (vlastní tvorba podle Bílého, 2012)

### 3.3.5 Způsob lokomoce na lodi

Tato kapitola pojednává především o záběrech na kajaku a kanoi jako o technicko - taktických dovednostech, které podmiňují výkon ve vodním slalomu přibližně z jedné čtvrtiny (Bílý, 2004). Zaměření pozornosti na techniku pádlování a techniku a taktiku jízdy na divoké vodě ve vodním slalomu patří k prvořadým úkolům závodníků i trenérů (Bílý, 2012).

Technikou pádlování rozumíme zapojování příslušných svalových skupin a ekonomičnost pohybu. Technikou pádlování se také rozumí správné provedení jednotlivých záběrů a jejich plynulá návaznost. Závodník musí umět během jízdy měnit frekvenci a délku záběrů a využívat vody ke zrychlování jízdy. Strnadová (2004) dále definuje jednu ze složek techniky jako cit pro vodu.

Je-li je pohyb nekvalitní, zapojují se při něm nesprávné svalové skupiny. Jestliže je navíc prováděn opakovaně, dochází k fixaci špatného hybného stereotypu, který může vést k svalovým dysbalancím a následným poruchám v držení těla a decentralizovaného postavení v kloubech s následnými poruchami struktury.

Ty mohou být příčinou zdravotních komplikací.

Základním a nejpoužívanějším záběrem ve slalomu na divoké vodě je přímý záběr pro jízdu vpřed. Společně s jeho modifikacemi, které mají funkci pohánět loď vpřed, patří do skupiny záběrů hnacích. Další záběry jsou záběry řídicí používané pro změnu směru lodi společně s dalšími technikami zatáčení (Pišvejc, 2006).

Činnost závodníků je především složená z pohybů, které mají loď pohánět vpřed, a z pohybů, které loď řídí. *„Záběrem nebo záběrovou kombinací je myšlena doba od ponoření listu pádla do vody do jeho úplného vytažení nebo do okamžiku, kdy přestává závodník působit na plochu pádla a tím přestává mít přímý vliv na pohyb lodi.“* (Buchtel, 2017).

### 3.3.6 Hnací a řídicí záběry

Foukal (2018) ve své bakalářské práci rozlišuje u kategorie C1 jednotlivé záběry a průjezdy branek na divoké vodě:

#### **Řídicí záběry**

- Závěs
- Závěs v přesahu
- Záběr vzad
- Široký záběr od zádi
- Široký záběr od přídě
- Široký záběr v přesahu
- Přitažení protažením listu vodou na ruku
- Přitažení protažením listu vodou v přesahu

#### **Průjezdy branek**

- Průjezd na závěs
- Průjezd na závěs v přesahu
- Průjezd na odpich od břehu nebo překážky
- Průjezd propádlováním
- Průjezd na široký záběr od přídě
- Průjezd na široký záběr od zádi
- Průjezd na „R“

#### **Průjezd na závěs**

- Klasickou protivodnou brankou
- Průjezdnou protivodnou brankou
- Povodnou brankou

#### **Průjezd na závěs v přesahu**

- Protivodnou brankou
- Povodnou brankou

#### **Průjezd na odpich od břehu nebo překážky**

- Protivodnou brankou

#### **Průjezd propádlováním**

- Průjezdnou protivodnou brankou
- Povodnou brankou záběry na ruku
- Povodnou brankou záběry v přesahu

#### **Průjezd na široký záběr od přídě**

- Povodnou brankou

#### **Průjezd na široký záběr od zádi**

- Protivodnou brankou
- Povodnou brankou

#### **Průjezd na „R“**

- Povodnou brankou na závěs
- Povodnou brankou na závěs v přesahu
- Povodnou brankou na široký záběr od přídě
- Povodnou brankou na široký záběr od zádi

Buchtel (2017) ve své diplomové práci rozlišuje u kategorie K1 jednotlivé záběry a jejich kombinace a modifikace, průjezdy protivodných a povodných branek:

### **Řídící záběry**

- Široký záběr od přídě, také oblouk nebo odhoz
- Kontr, také široký záběr od zádě
- Zpětný záběr
- Přitažení
- Protažení
- Závěs

### **Kombinace a modifikace záběrů**

- Závěs + přímý záběr
- Závěs + široký záběr od přídě
- Kontr + závěs
- Kontr + přímý záběr
- Kontr + široký záběr od přídě
- Kormidlo
- Odhoz
- Kontr + závěs + záběr vpřed
- Přitažení + přímý záběr
- Protažení + přímý záběr

### **Průjezdy protivodných branek**

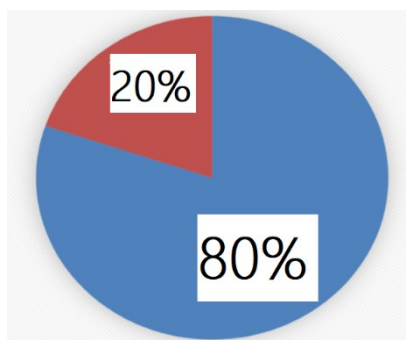
- Technika závěsu s širokým záběrem na druhé straně
- Technika závěsu s přímým záběrem ven
- Technika odhozu
- Technika závěsu podtažením pod vnitřní tyčí a přímým záběrem na stejné straně ven
- Technika odpichu
- Technika kontra-závěsu s přímým záběrem ven

- Technika kontra-závěsu s širokým výjezdovým záběrem na druhé straně
- Technika závěsu podtažením pod vnitřní tyčí a širokým záběrem na druhé straně
- Technika odhozu se závěsem (neúplný odhoz)
- Průjezd na S – s přitažením špice mezi tyče
- Průjezd na S – propádlováním dvěma odhozy

### **Průjezdy povodných branek**

- Přímý průjezd propádlováním bez úhybu těla
- Přímý průjezd propádlováním s použitím širokého záběru s pádlem uvnitř branky, horní list prochází branou
- Přímý průjezd propádlováním s úhybem ramena bližšího vnitřní tyči pod tyč, tzv. „shoulder drop“ neboli odhoz
- Přímý průjezd řízením nebo točením na závěs a záběr na druhé straně
- Přímý průjezd řízením nebo točením kontra a záběr na druhé straně
- Přímý průjezd řízením nebo točením kontra, závěs, záběr na stejné straně.
- Průjezd na R neboli Spin či pomocná otočka

Čím vyšší je podíl hnacích záběrů oproti řídicím, tím je účinnost pádlování vyšší (Bílý, 2002). Z analýzy četnosti záběrů nejlepších kajakářů z vrcholných soutěží v olympijském roce 2016 vychází průměrně 80% procent hnacích záběrů oproti 20% řídicím.



*Obrázek 3 – Podíl zastoupení hnacích (modrá) a řídicích (červená) záběrů na vrcholných soutěžích v roce 2016 (Buchtel, 2017)*

### **3.3.7 Záběr vpřed**

Výše uvedené disciplíny a kategorie spojuje potřeba se pohybovat efektivně vpřed. Základním záběrem pro lokomoci vpřed na singlkanoi, který pohání loď vpřed a udržuje její stabilitu a rychlost je záběr vpřed.

Problematikou záběru vpřed na K1 i C1 se zabírala celá řada autorů.

Tunková (2015) porovnávala přímý záběr vpřed na K1 na klidné vodě a v bazénu s protiproudem. Podobně Součková (2018) porovnávala přímý záběr vpřed na C1 v rychlostní kanoistice na klidné vodě a v bazénu s protiproudem. Charvátová (2011) ve své disertační práci srovnávala kineziologický obsah pohybu při záběru vpřed na rychlostním kajaku a pádlovacím trenažeru. Mrůzková (2011) ve své disertační práci se věnovala kineziologické analýze záběru vpřed na kajaku na vodě a v pádlovacím bazénu. Pišvejc (2006) zkoumal podobnosti mezi lokomocí na kajaku a kvadrupedálním zkříženým vzorem. Máder (2012) zase porovnával rozdíly v pádlování na slalomovém, sjezdovém a rychlostním kajaku. Zajímavý výzkum provedl Houška (2007), který zkoumal možnost ovlivnění pohybového vzoru jízdy na kajaku pomocí reflexního plazení dle Vojty. Kopečný (2012) zkoumal vliv kanoistiky na správné držení těla. Mrázová (2006) se taktéž zabírala vlivem pádlování na C1 na vrcholové úrovni na svalové

dysbalance. Doktor (2001) se věnoval biomechanice techniky na C1 v rychlostní kanoistice. 3D kinematickou analýzu techniky pádlování na C1 provedl Větrovský (2006). Technice záběrů na singlkanoi se podrobněji věnoval Pinkava v roce 2006 a navazuje na něj Foukal (2018).

Pinkava (2006) rozlišuje tři další modifikace záběru vpřed na C1 a to: se slalomovým ulomením, sjezdovým ulomením a v přesahu. Nás bude zajímat už jen ten základní - přímý záběr vpřed. Na něm se podílí celá řada svalů a dá se rozdělit do tří fází podle Bílého a kol. (2019) na zasazení, tažení, konec (vytažení) a přenos.

### **3.3.8 Pádlovací trenažer**

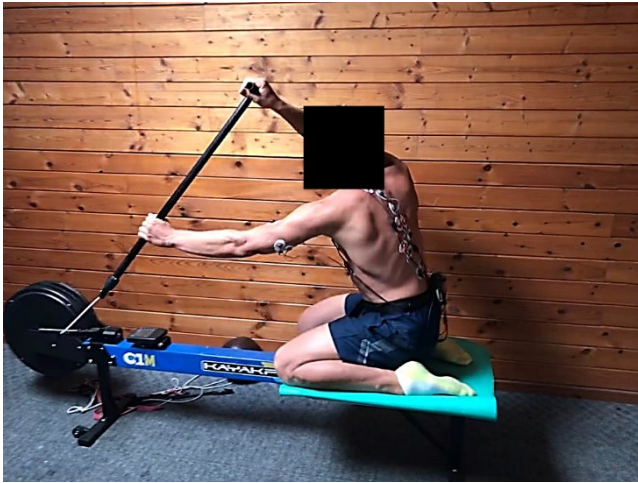
Pádlovací trenažer, jenž jsme využili pro výzkum se nachází v posilovně na loděnici USK v Praze, Troji. Tento ergometr byl vyroben americkou firmou ProKayak ULL a původně byl určen pro „suchý“ trénink pro závodníky dračích lodí a outrigger canoe paddling. Místní trenéři však část sezení upravili na klečení tak, aby trenažer více odpovídal specifickým potřebám kategorie C1 ve vodním slalomu. Je nutno konstatovat, že pádlovací trenažery zatím nemůžou nabídnout pro trénink tak důležitý „pocit vody“. Dřívější studie porovnávaly rozdíly pádlování na klidné vodě a na trenažeru v kategorii K1 a dospěli k závěru, že svalová souhra se lišila. Další zásadní rozdílností je změna uložení punctum fixum a punctum mobile.

### **3.3.9 Zasazení**

Při fázi zasazení listu pádla do vody je trup v mírném předklonu a torzi od záběrové strany tak, aby spodní (tažná) paže mohla zahájit záběr maximálně optimálně vpředu. Paže se natahuje vpřed, přičemž v loketním kloubu zůstává mírná flexe, ne úplně natažená. Horní paže svírá loketní úhel asi 30° a loket je ve výšce nad ramenem. Pádlo se drží co možná nejbliž vertikále a pevně, nikoliv křečovitě. Hlava zůstává v prodloužení páteře a pohled směřuje vpřed. Samotné zasazení by mělo být provedeno měkce a s citem těsně u boku lodi. Odstřikující voda proti směru tahu značí uspěchanou fázi zasazení a předčasnou fázi tažení. Takové zasazení ztrácí svou účinnost. Zasazení je nejdůležitější fází záběru a na



kvalitě jeho provedení závisí kvalita celého záběru vpřed a tím pohybového projevu sportovce.



*Obrázek 4 - Konec přenosu a příprava na zasazení (archiv autora)*

### 3.3.10 Tažení

Po měkkém zasazení do vody se začíná s tahem až když je list pádla celý ve vodě, aby se využila celá záběrová plocha a maximalizovala se tak efektivita. Táhneme pádlo ve vertikále, těsně podél lodě, aby moment otáčení byl co nejmenší. Poloha horní paže ovlivňuje postavení pádla při tahu. Loket horní paže zůstává nad výší ramen a loket dolní paže nejdříve zůstává v mírné flexi. Ukončení tažení nastává, když dolní tažná paže míjí trup. Ten je na konci fáze tažení ve vzpřímené poloze.



*Obrázek 5 – Tažení (archiv autora)*

### 3.3.11 Vytažení a přenos

Po ukončení fáze tažení je čas pádlo z vody vytáhnout. Děje se tak plynulým obloukem, kdy jsou obě paže flektovány. Přenos pádla je pak uskutečňován těsně nad hladinou vpřed zevní vzdálenější hranou listu pádla. (Bílý, Novotný, Kračmar, 2019)



*Obrázek 6 - Vytažení a přenos (archiv autora)*

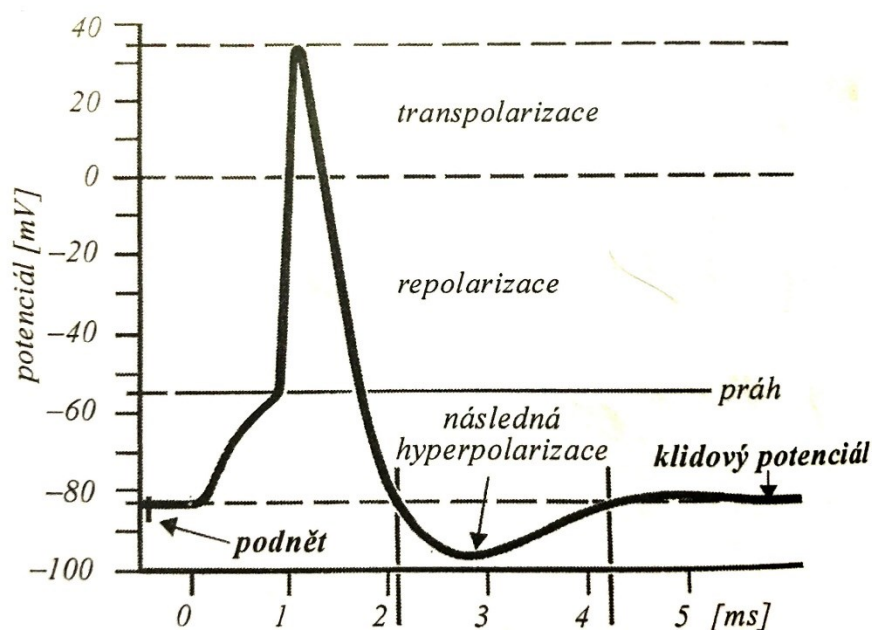
## 3.4 Neurofyziologické poznatky

### 3.4.1 Struktura svalu

Základem svalového systému je příčně pruhovaná svalová tkáň vyznačující se kontraktibilitou. Společně se skeletem je funkčně spojená a vytváří tak nervově řízený aktivní pohybový aparát. Kosterní sval dále tvoří svalová vlákna v délce 1-40 mm. Každé takové svalové vlákno ještě obsahuje menší vlákna – myofibrily. Vlastní kontraktilní aparát – myofibrily jsou uspořádány v tzv. sarkomérách. Ty obsahují dva druhy bílkovin – bílkoviny kontraktilní a bílkoviny elastické, výztužné, tvořící tzv. cytoskeleton. Myofibrily v sarkoplazmě mohou být rozložena difúzně (bílá vlákna), nebo se sdružují do svazečků – sarkostil (červená vlákna). Sarkoméra je ohraničena Z-disky, na které se upínají myofibrily. V myofibrilách potom najdeme myofilamenty myozinu, které jsou silné a ve středu zhuštělé a myofilamenty aktinu, které jsou svými konci přichycené k Z-diskům (Bartůňková, 2013).

### 3.4.2 Klidový a akční potenciál

Membrána buňky odděluje extracelulární a intracelulární tekutinu. Na obou stranách membrány se nachází přibližně stejný počet iontů, avšak v intracelulárním prostoru je více aniontů než kationtů a v extracelulárním prostoru je tomu naopak. To dělá potenciální rozdíl 80-90 mV. Je udržován rozloženou koncentrací hlavně iontů  $K^+$  intracelulárně a  $Na^+$  extracelulárně. Tento koncentrační rozdíl se označuje jako klidový membránový potenciál. Je udržován činností  $Na^+$  a  $K^+$  ATP dependetních pump v buněčné membráně. Když motorický nerv přivede impulz do nervosvalové ploténky v sarkolemě svalového vlákna, tak vyvolá průchodnost sarkolemy pro ionty  $Na^+$  a  $K^+$ . Důsledkem toho membrána depolarizuje. Depolarizace spouští akční potenciál, který se šíří dál až do sarkoplazmatického retikula, kde se uvolňují  $Ca^{2+}$ . Ionty vápníku, ty potom difundují do myofibril, kde iniciují kontrakci. Celý tento proces trvá asi 1 ms. Výsledkem aktivace svalového vlákna je změna konformace molekuly aktinu a uvolnění prostorů, do kterých se na několik setin sekundy zasouvají myozinové hlavy (Bartůňková, 2013).

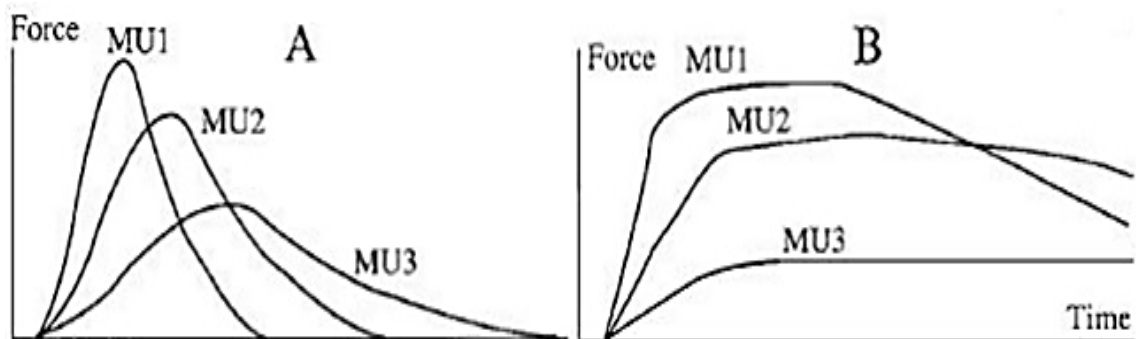


Obrázek 7 - Akční potenciál neuronu (Rokyta, R. a kol., 2000)

### 3.4.3 Motorická jednotka

Motorická jednotka by se dala definovat jako základní strukturální a funkční jednotka motorického systému. Skládá se z míšního motoneuronu, jeho axonu a všech svalových vláken, které inervuje. Spojení mezi motoneurony a svalovými buňkami je zprostředkováno nervosvalovou ploténkou. V každém svalu existují motorické jednotky různých velikostí, tj. s větším či menším počtem inervovaných svalových vláken. Malé MJ mají nižší práh dráždivosti, než velké MJ. (Keller, 1999) Základní jednotkou řízení motoriky je MJ. Jedná se o soubor svalových snopců, které jsou funkčně závislé na jednom motoneuronu. Malé motorické jednotky inervují např. 3-6 sv. vláken v okohybných svaích. Velké motorické jednotky inervují např. 2000 sv. vláken v m. gastrocnemius. Sval při své funkci může zvyšovat sílu a to zvýšením počtu aktivně zapojených motorických jednotek (Bartůňková, 2013). MJ se mezi sebou neliší jen velikostí, ale i vlastnostmi kontraktility. Na obrázku 9A můžeme vidět čas nástupu vrcholné kontrakce tří typů MJ. Také můžeme vidět, že každá ve svém vrcholu dosáhne jiné velikosti síly. Na obrázku 9B potom můžeme vidět, že když jsou MJ stimulované

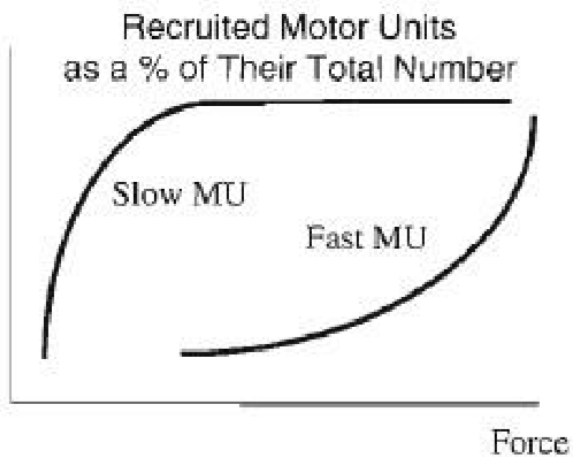
delší dobu dochází ke změnám jejich kontrakční síly souvisejících s únavou. Z obrázku je patrné, které MJ jsou rychle unavitelné. Odtud potom rozlišujeme rychlé (MJ1, MJ2) a pomalé (MJ3). Většina svalů obsahuje různý poměr typů MJ.



Obrázek 8A a 9B - Typy motorických jednotek (Latash, 2008)

#### 3.4.4 Hennemanův princip

Hennemanův princip, nebo-li velikostní princip rekrutace MJ říká, že se zvyšující svalovou silou se MJ aktivují podle své velikosti od pomalých k rychlým MJ.



Obrázek 9 - Hennemanův princip rekrutace MJ (Latash, 2008)

### 3.4.5 Typologie a funkce svalových vláken

Zastoupení jednotlivých typů svalových vláken ve svalu má vzhledem k jejich funkčním charakteristikám nepochybně zásadní význam z hlediska svalové výkonnosti, rychlosti prováděného pohybu, ekonomii svalové práce, atd. Pohybová aktivita má plastický vliv na diferenciaci typu svalového vlákna. Specifickou aktivitou dochází k vynucené diferenciaci vláken určitého typu (Bartůňková, 2013).

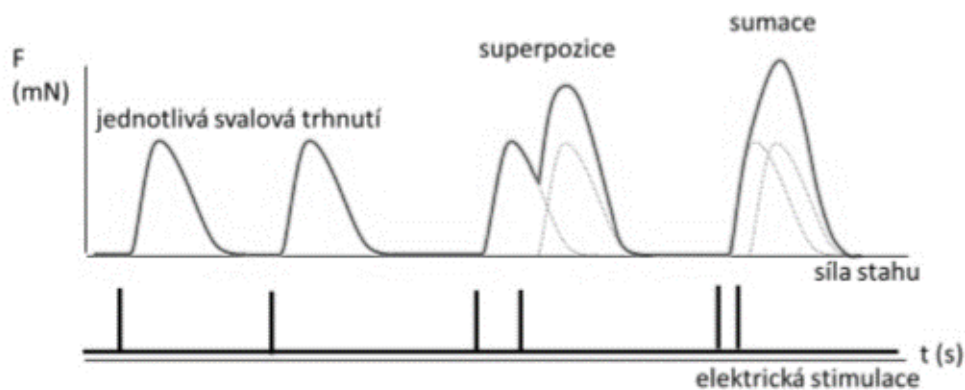
Ukazatelé	Typy svalových vláken		
	Typ I; SO	Typ IIa; FOG	Typ IIb; FG
Zdroje energie	Cukry, tuky	ATP, CP, cukry	ATP, CP
Metabolismus	Aerobní	Anaerobní	Anaerobní
Unavitelnost	malá	střední	vysoká
Lokalizace	Posturální tonické svaly	Fázické svaly	Fázické svaly
Tendence k...	ochabování	zkracování	zkracování
Anatomická charakteristika	Velmi tenká a bohatě kapilarizovaná	Středně silná a kapilarizovaná	Velmi silná a málo kapilarizovaná
Funkční charakteristika	Statické pomalé pohyby, polohové fce	Rychlý a silový pohyb	Maximální silový pohyb
MJ (rychlost)	Pomalá (40ms)	Rychlá	Rychlá (až 100ms)

Tabulka 1 – Typy svalových vláken (vlastní) podle Bartůňkové a kol., 2013

### 3.4.6 Formy kontrakce svalu

Sval odpovídá na jediný akční potenciál záškubem, který se projeví přibližně 2 ms po začátku depolarizace membrány, ale dříve, než začne repolarizace. Jak dlouho bude záškub trvat záleží mimo jiné na tom, o jaký druh testovaného svalu jde. Vlákná bílého typu II mají trvání záškubu do 7,5 ms. „Pomalá“ oxidativní vlákna typu I účastňující se silných, déletrvajících kontrakcí mají záškuby dlouhé i 100ms (Gagong, 2005). Přirozená kontrakce svalového stahu je svou formou tetanický stah. Při dostatečné frekvenci dráždivých stimulů nasedá na zbytek kontrakce z předchozího svalového záškubu další kontrakce a každý další následující stah je intenzivnější. Dochází ke dvěma možným stavům:

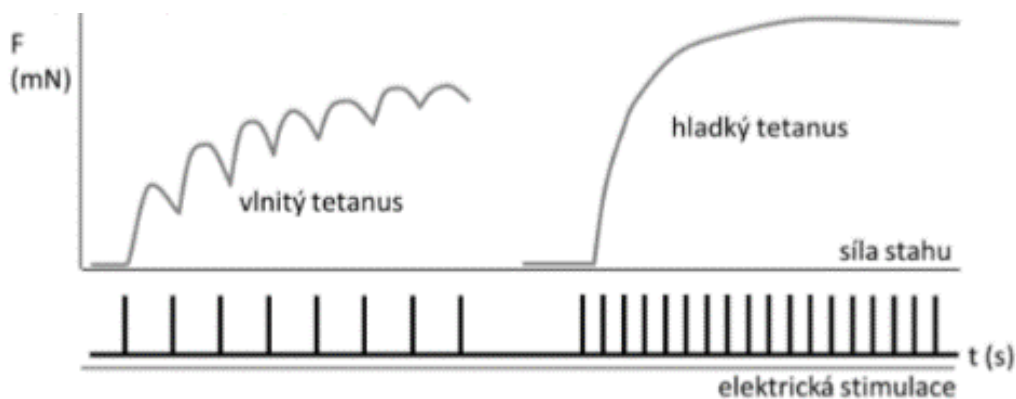
- Superpozici – když další podnět přichází v sestupné fázi záškubu
- Sumaci – když další podnět přichází ve vzestupné fázi záškubu



Obrázek 10 - Časová sumace: vztah síly stahu a frekvence podnětů (Svačinová, 2016)

Pokud další impulz přijde v sestupné fázi předchozího, dochází k superpozici stahů a vzniká tak vlnitý tetanus. Vlnitý tetanus vyvolávají podněty o frekvenci 10-20 Hz. Pokud další impulz přijde ve vrcholné fázi předchozího impulzu, dochází k sumaci a vzniká tak hladký tetanus. Pokud naše dráždění budeme opakovat jako série rytmických podnětů vzniká trvalý – tetanický stah dvou typů podle frekvence:

- nižší frekvencí vzniká vlnitý tetanus,
- vyšší frekvencí vzniká hladký tetanus.



Obrázek 11 - Časová sumace: vznik hladkého a vlnitého tetanu (Svačinová, 2016)

### 3.4.7 Maximální volní kontrakce

MVC je kontrakce svalu s maximálním volním úsilím jedince k co možná největší aktivaci svalu a produkci maximálního silového momentu. Závisí tedy na množství aktivovaných MJ, jejich síle záškubu a vzájemné interakci svalových vláken. Test MVC

je realizován proti statickému odporu v přesně definované poloze, s pevnou fixací jednotlivých segmentů. Délka svalu se tedy nemění. Mění se rekrutace MJ. (Dylevský, 2007)

### **3.4.8 Intramuskulární koordinace**

Podle Zatsiorskyho existují tři možnosti, jak variovat vyvíjenou svalovou sílu uvnitř jednoho svalu:

#### **a. Rekrutace MJ**

Při vědomých kontrakcích je pořadí rekrutace určováno velikostí motoneuronů. Malé motoneurony s nízkým prahem vybíjení jsou rekrutovány nejdříve. Když je třeba vyvinout větší síly, jsou ve větší míře přibírány větší MJ. Motorické jednotky s největšími motoneurony a nejsilnějšími a nejrychlejšími kontrakcemi mají nejvyšší reakční práh a jsou zařazovány jako poslední.

#### **b. Frekvence MJ**

Vybíjecí frekvence motoneuronů se může měnit ve značném rozsahu. Vybíjecí frekvence se v zásadě zvyšuje se stoupajícím vyvíjením síly a podáváním výkonu. Až 80%  $F_{\text{mm}}$  mechanismu stupňování síly ve velkých proximálně uložených svalech tvoří rekrutace dalších MJ. V rozsahu síly 80-100%  $F_{\text{mm}}$  dochází k vyvíjení síly téměř výlučně pomocí zvyšování vybíjecí frekvence.

#### **c. Synchronizace MJ**

Za normálních okolností MJ pracují asynchronně, aby vytvořily plynulý a přesný pohyb. Je však doloženo, že špičkoví sportovci, kteří při výkonu, kde se uplatňuje maximální a rychlostní síla, aktivují při maximálních vědomých použití síly MJ synchronně.

Celkově by se dalo konstatovat, že maximální síly se dosáhne, když:

- Se rekrutuje maximální počet jak pomalých, tak rychlých MJ,
- Optimální vybíjecí frekvence v každém motorickém vláknu souhrnně vyvolávají fúzíjící tetanii,



- MJ během krátkého časového období vědomého vyvíjení maximální síly pracují synchronně.

*„„Skrytý potenciál“ lidského svalu vedoucí k vyvinutí maximální síly lze odhalit pomocí elektromyostimulace.“ (Zatsiorsky, 2006)*

#### **3.4.9 Intermuskulární koordinace**

Každý pohyb, i ten nejjednodušší, vyžaduje komplexní koordinaci více svalových skupin. Prvořadým úkolem tréninku musí být celkový pohybový vzorec, nikoli síla jednoho jediného svalu nebo jednokloubový pohyb (Zatsiorsky, 2006). Z Véleho knihy (2006) můžeme vyvodit myšlenku, že: „neposilujeme sval nebo svaly, ale pohyb“.

## 3.5 Elektromyostimulace

„Jde o vyvolání mimovolní kontrakce příčně pruhovaného svalu pomocí elektrického dráždění“ (Poděbradský, Poděbradská, 2009). Pro takovéto dráždění není v odborné veřejnosti jednotné názvosloví. Robertson (2006) pracuje například s pojmem motorická elektrická stimulace (MES). Středa (2015) pracuje s termínem elektrogymnastika. Uvádí, že elektrogymnastika se dříve označovala jako myostimulace.

### 3.5.1 Historie EMS

Úmyslné použití elektrické aktivity na tělo člověka sahá hluboko do minulosti. Podle Watsona (2008) dokonce až do roku 2500 př. n. l. Římský lékař Scribonius Largus v roce 15 n. l. údajně doporučoval pacientovi s dnou kontakt s elektrickými výboji rejnoka pro tišení bolesti. Luigi Galvani v 19. století sledoval kontrakce svalů žáby po tom, co je elektrizoval. (Gildenberg, 2006)

EMS jako tréninkovou metodu vyvinuli v bývalém SSSR na konci šedesátých let. Navzdory obecnému mínění ji však sovětští sportovci nepoužívali pravidelně jako náhražku tradičního silového tréninku. (Zatsiorsky, 2006)

### 3.5.2 Neurofyziologie EMS

Zatsiorsky (2006) uvádí, že pomocí EMS je možné dosáhnout jak hypertrofie, tak zvýšení maximální síly jednoho svalu (např. m. rectus femoris), nebo svalové skupiny (např. extenzory kolene). Výhoda EMS spočívá především v aktivaci rychle kontrahujících svalových vláken, které se dá vědomě těžko dosáhnout. To má několik důvodů:

- mnoho rychlých svalových vláken je umístěno pod povrchem blízko vnějšího okraje svalu,
- mají nižší práh pro externě aplikovaný elektrický proud.

Z toho vyplývá, že během EMS už velikostní princip rekrutace motorických jednotek neplatí (Zatsiorsky, 2006).

Při fyziologické práci svalu se svalová vlákna kontrahují ve frekvencích kolem 10 až 30 Hz (Trojan, 2003). Podobných kontrakcí je možné dosáhnout i při vyšších frekvencích, dochází ale k větší únavě svalu (Baker, 2000).

Zatsiorsky dále uvádí, že zlepšení síly tradičním tréninkem se opírá o změny v nervovém systému, jakých se nedosahuje, když jsou svaly stimulovány elektricky.

Ballay a Martin (2005) naproti tomuto tvrzení dospěli k závěru, že EMS mělo vliv na neurální i svalovou adaptaci.

Tento rozpor by se dal odůvodnit tím, že Zatsiorsky pojednává o síle pohybu jakožto intermuskulární koordinaci, kdežto Ballay a Martin zkoumají sílu svalové kontrakce jednoho konkrétního svalu jakožto intramuskulární koordinaci.

Zatsiorsky (2006) ze zjištění vyvozuje názor, že zjednodušeně řečeno EMS trénuje jen svaly a nikoli nervosvalové faktory. Dochází k závěru, že tímto postupem se nedá zlepšit schopnost aktivovat trénované kosterní svalstvo. EMS představuje užitečné doplnění konvenčních metod silového tréninku. Dokáže zlepšit nejen maximální stimulovanou sílu, ale také vědomé kontrakce, pohybovou rychlost a svalovou vytrvalost. Doba adaptace u rozvoje maximální síly obvykle činí 20 až 25 tréninkových dnů a u rozvoje maximální rychlostí 10 až 12 dní. Při použití EMS pro rozvoj svalové vytrvalosti nenastupuje adaptace ani po 35 aplikacích.

Efekty 7 týdenní intervence EMS se zabývali například Colson, Martin a Hoecke (2009). Výzkumný soubor tvořila jedna skupina s EMS tréninkem a druhá skupina s klasickým silovým tréninkem. Porovnávali maximální volní isometrickou, excentrickou a koncentrickou sílu a EMG aktivitu svalů paže před a po intervenci. Dospěli k závěru, že metoda elektromyostimulace je efektivnější než volní isometrická metoda na isometrickou, koncentrickou i excentrickou sílu. EMS ve sportu.

Názory sportovců se na tuto metodu značně liší. Mnoho špičkových sportovců se však k EMS staví kladně. Například někteří olympijští vítězové v kajaku a kanoistice se snažili stimulovat několik svalů po dobu jednoho měsíce před důležitými soutěžemi včetně olympijských her. Nárůst sportovní výkonnosti a pozitivní výsledky se projevíly u

vzpěračů, gymnastů, atletů, jakož i u skokanských schopností ve volejbalu a basketbalu. Rutinní využívání EMS je zatím známo jen u ojedinělých sportovců. Jedním z příkladů je stimulace vzpřimovačů páteře veslařů a kajakářů, kteří mají sklony k bolestem v dolní části zad.

Na druhé straně mnoho zkušených sportovců tuto metodu neakceptovalo. Vedle konzervatismu pro to existuje několik hlavních důvodů:

- Sportovci nemůžou využít zlepšení izometrické (speciálně stimulované) hodnoty v soutěžních pohybech
- Čas a úsilí potřebné pro transmutaci dosažených změn do silového výkonu při skutečných pohybech jsou příliš velké
- Někteří sportovci mají při použití EMS nepříjemný pocit nedostatku svalové kontroly a ztráty koordinace
- Jestliže je poměr tréninku pomocí EMS k tradičnímu tréninku příliš velký, může být transmutace obtížná
- Jestliže se stimuluje nejsilnější sval ze svalové skupiny a nejslabší nikoli, nedojde k žádném výkonnostnímu zlepšení. (Zatsiorsky, 2006)

Hlavním cílem posílení svalu je zlepšit jeho funkci v rámci komplexních pohybů, čehož elektrostimulace není schopna. EMS však může být vhodným doplňkem (Fitzgerald et al., 2003).

### 3.5.3 Metody EMS

Metody EMS se mezi sebou značně liší. Rozdíly nacházíme jak ve způsobu aplikace, parametrech „dodávky“ elektřiny, tak v indikacích a kontraindikacích. V rehabilitaci se elektroléčba využívá pro regeneraci, analgetické účinky, snížení svalového tonu, vstřebávání výronů, otoků a výpotků, při poruchách cirkulace, ale některé metody se využívají i pro své hypertrofické účinky na atrofovaných svalech např. po operaci. (Vyskotová, 2010) Vyskotová pak dělí elektroléčbu na dílčí metody použití:

- Galvanoterapie
- Diadynamické proudy (Bernardovy proudy)
- TENS (Transkutánní elektrická nervová stimulace)
- Trabertův proud
- Modulované impulsní proudy
- Impulsní proudy s pozvolným nástupem
- Leduvcův proud
- H vlny
- Faradický a neofaradický proud
- Interferenční proudy
- Amplitudově modulované SF proudy
- Kotzovy proudy
- Reboxové proudy
- Kombinovaná terapie
- Vysokofrekvenční terapie
- Distanční elektroléčba
- Magnetoterapie

### 3.5.4 TENS

Námi použité metodě a přístroji se mým odhadem nejvíce blíží metoda TENS, což je zkratka pro Transkutánní elektrickou nervovou stimulaci, konkrétně pak TENS surge (vlny). Jedná se o amplitudově modulovaný konvenční TENS s konstantní frekvenční modulací 30-60 Hz. Doba trvání jednoho impulsu je 100-300  $\mu$ s. Doba trvání skupiny impulsů je nastavitelná od 11 do 60 sekund, pauza mezi skupinami impulsů trvá od 1 do 99 sekund. Tento typ TENS se využívá k elektrogymnastice a myostimulaci. Kontrakce svalu je plynulá a nejvíce podobná volní kontrakci. Pacienti proud velmi dobře tolerují (Vyskotová, 2010).

## 3.6 Elektromyografie

EMG - elektromyografie je jednou z technik, jak zjistit zapojení svalových skupin. Dá se tak registrovat elektrická aktivita uvnitř, nebo na povrchu svalu (Zatsiorsky, 2006). Elektromyografie patří mezi elektrofyziologické vyšetřovací techniky, kde zaznamenáváme změnu elektrických potenciálů při svalové kontrakci. (Otáhal, Tlapáková, 1999) Její uplatnění nacházíme napříč lékařskými obory jako je neurologie, ortopedie, chirurgie a fyzioterapie. Široké uplatnění nacházíme i ve sportu pro mapování pohybových vzorců a měření svalové výkonnosti (Konrad, 2005).

### 3.6.1 Povrchová elektromyografie

Snímání elektrické aktivity svalů na povrchu těla se nazývá povrchová elektromyografie a je neinvazivní. Dalším způsobem, jak zjistit elektrickou aktivitu uvnitř svalu, se nazývá jehlová elektromyografie. Ta má sice svoje výhody, ale je invazivní a pro vyšetřování svalové koordinace, síly stahu a míry únavy proto využíváme povrchovou (Kolář, 2009). Pomocí povrchového EMG získáváme přístup k nahlédnutí do fyziologických procesů, kde existuje přímý vztah mezi nimi, pohybem a produkcí síly (Rodová, Mayer, Janura, 2001). Vyšetřující osoba by měla mít znalosti z anatomie, fyziologie a ohledně přístrojů. Pomocí této metody potom můžeme hledat odpovědi například na otázku, zda daný pohyb aktivuje měřený sval, zda se změnil pohybový vzor nebo jak velký je nábor motorických jednotek (Criswell, 2011).

Můžeme sledovat velikost aktivace vybraných svalů, nárůst únavy ve vybraném svalu nebo timing aktivace svalů.

### 3.6.2 Elektrody

Pro umístění elektrod je vhodné místo ve středu svalového břicha paralelně s průběhem svalových vláken, ne na motorický bod, ale mezi něj a úpon šlachy, nebo mezi dva motorické body (De Luca, 2002). Připevnění elektrod ke kůži můžeme provést různými způsoby. V současnosti používáme vodivá lepidla a kůže by měla být zbavena nečistot pro snížení impedance (Deuschel, Eisen, 1999).

### 3.6.3 Zpracování EMG signálu

Signál, který jsme nasníмали a není nijak zpracovaný se nazývá surový. Pro interpretaci je nutné surový záznam dále zpracovat.

- Filtrace – pomocí dvoupásmového filtru odfiltrujeme frekvence nižší než 20 Hz a vyšší než 500 Hz. Dále je třeba odstranit frekvenci střídavého napětí
- Rektifikace – záporné hodnoty převádíme na kladné a vytváříme absolutní hodnoty
- Vyhlazení amplitudy – vyhlazení ostrých vrcholků, které vznikly superpozicí akčních potenciálů motorické jednotky
- Normalizace – pro možnost porovnávání provádíme vzhledem k izometrické MVC, kterou testovaný dokáže vyvinout (Otáhal, Tlapáková, 1999).

### 3.6.4 Faktory ovlivňující EMG signál

Faktorů, které snímaný signál ovlivňují je celá řada. Můžeme je rozdělit na vnitřní a vnější, přičemž ty vnější můžeme ovlivnit a měli bychom jim tedy věnovat pozornost.

**Vnitřní faktory** – vlastnosti aktivních svalových vláken (jejich typ a poměr), počet aktivních sv. vláken, umístění aktivních sv. vláken vůči elektrodě. Dále můžeme jmenovat aktivitu okolních svalů, tzv. cross-talk.

**Vnější faktory** – velikost a vzdálenost elektrod a kontakt mezi elektrodou a kůží. Externí šumy vznikají narušením elektromagnetického pole v blízkosti snímaného objektu (Krobot, Kolářová, 2001).

## **4. METODIKA**

Základním metodologickým principem, který je zvolen pro tuto práci, je kvaziexperiment. Ten můžeme definovat jako záměrnou manipulaci jedné a více proměnných a následné zkoumání efektu na závisle proměnné. Výsledky pak analyzujeme za pomoci získaných teoretických poznatků. V případě této studie je pozorovanou závisle proměnnou povrchově měřená elektrická aktivita sledovaných svalů pomocí EMG během pádlování na kanoistickém trenažeru. Nezávisle proměnnou v této práci představuje vliv EMS na kineziologický obsah pohybového stereotypu záběru vpřed na C1.

### **4.1 Výzkumný soubor**

Během výzkumu jsme sledovali na trenažeru jednoho probanda. Pokusnou osobu jsme proto museli vybírat velice obezřetně. V dřívějších pracích zkoumajících lokomoci na kajaku pomocí EMG byla využita například olympijská vítězka ve vodním slalomu kajakářka Štěpánka Hilgertová. Tak bylo zajištěno vrcholného, stabilizovaného a ekonomického pohybového projevu.

Pro naše měření jsme vybrali bývalého reprezentanta, dvojnásobného mistra ČR, současného trenéra specializujícího se na kategorii C1, bývalého studenta UK FTVS trenérské specializace kanoistiky. Nyní zde působí jako interní doktorand na oddělení sportovní didaktiky.

Významným požadavkem pro objektivitu tohoto experimentu je právě dobrá úroveň zafixovaného vybraného pohybu v paměťových stopách CNS.

### **4.2 Výzkumné metody**

Experiment proběhl v jeden den na jednom probandovi. Elektrody pro EMG nebyly přelepovány a zůstali na probandovi po celou dobu experimentu. Záměrně jsme zvolili měření v laboratorních podmínkách v posilovně na trenažeru místo v terénních podmínkách na vodě. Tímto jsme se vyhnuli některým proměnným, jako je vítr, čistota vody, atd. Tím bylo umožněno objektivnější srovnání záznamů před a po EMS.



Samotný EMS trénink, co se týče zátěžových parametrů, který proband absolvoval, byl standartní jako při první návštěvě komerčního studia. Náplň tohoto tréninku je rozdělena na dvě části. Tou první je pětiminutový program „seznámení se s impulzy“ a druhou představuje celkem 12 minut dlouhý „intervalový trénink“ s poměrem 1:1 trvajícím 4 vteřiny s názvem „aktivace svalstva základní“. Pauzy mezi cvičením a pádlovacími sekvencemi trvaly vždy 10 minut. Proband začínal úkol vždy bez únavy. Pro přesnou definici klíčových bodů záběrového cyklu byl EMG nábor doplněn synchronizovaným videozáběrem.

### **4.3 Instrumentárium**

Pro získání EMG dat byl použit terénní homologovaný přístroj Biomonitor s implementovaným software ME 6000 a homologované samolepící elektrody Kendall Disposable ECG electrode H92SG.

Vzorkovací frekvence byla zvolena 1000 akcí za 1 s. Nábor EMG dat byl synchronizován s 2D videozáznamem.

### **4.4 Měřené svaly a sběr dat**

Svaly, které jsme měřili, jsme vybírali s ohledem na míru zapojení při přímém záběru vpřed, podle uvážení odborníka, laterální preference probanda. Konkrétně pak:

- |                                |                                       |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| 1. m. pectoralis major sin.    | 5. m. triceps brachii sin., cap.long. |
| 2. m. trapezius sin., p.trans. | 6. m. biceps brachii sin., cap.long.  |
| 3. m. latissimus dorsi sin.    | 7. erector spinae sin., L2            |
| 4. m. infraspinatus sin.       | 8. m. serratus anterior dex.          |

Během celého výzkumu byly kanály přístroje EMG nastaveny takto:

1. kanál – m. pectoralis major sin.
2. kanál – m. trapezius sin.
3. kanál – m. latissimus dorsi sin.
4. kanál – m. infraspinatus sin.
5. kanál – m. triceps brachii sin.
6. kanál – m. biceps brachii sin.
7. kanál - erector spinae sin. C2
8. kanál – m. serratus anterior dx.

Bylo provedeno celkem 6 měření:

1. MVC m. latissimus dorsi
2. 30 pádlovacích cyklů na 50-60%
3. 30 pádlovacích cyklů na 90%

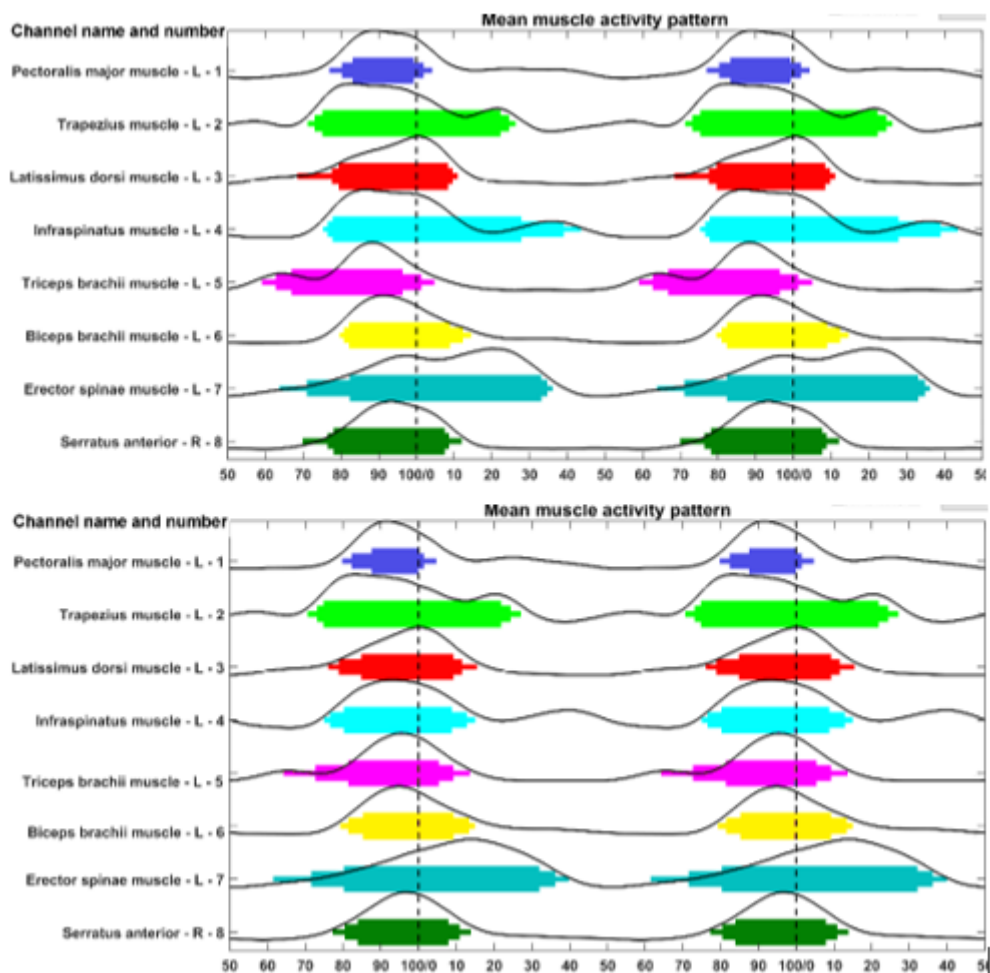
Pak byla provedena stimulace svalů EMS.

5. MVC m. latissimus dorsi
6. 30 pádlovacích cyklů na 50-60%
7. 30 pádlovacích cyklů na 90%

## 5. ZPRACOVÁNÍ DAT A VÝSLEDKY

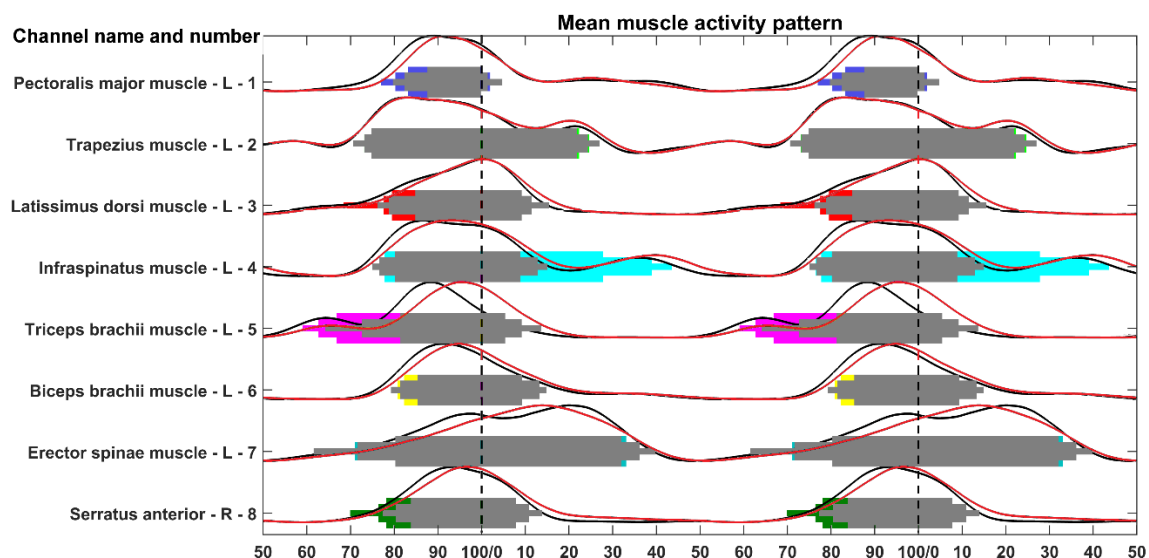
### 5.1 Průměrné polohy pohybového cyklu

Průměrné polohy pohybového cyklu a směrodatné odchylky počátků a konců svalové aktivity u probanda při měření před a po elektrostimulaci u všech kanálů jsou znázorněny graficky na obrázcích níže jako „lodě“. Středně tlustá čára značí interval od průměrné polohy počátku, do průměrné polohy konce svalové aktivity. Konec (resp. začátek) tenčí i tlustší čáry je od této průměrné polohy vzdálen o velikost směrodatné odchylky. Rozsah 0 – 100% na horizontální ose grafu značí jeden pohybový krok, graf takto zachycuje dva kroky - druhou polovinu z předchozího a první polovinu následujícího cyklu.



Obrázek 12 - Lodě (nahore pretest, dole posttest)

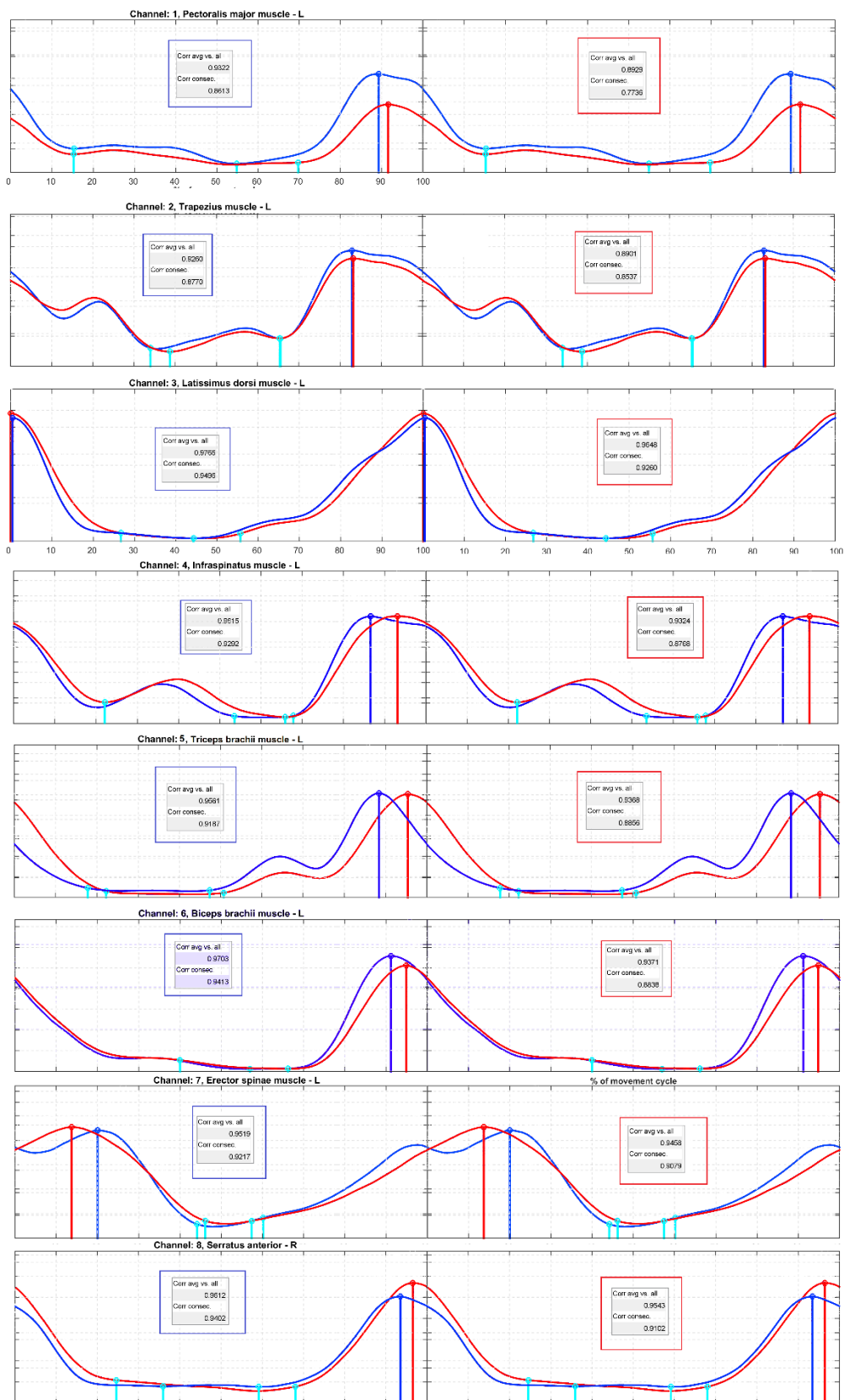
Následující obrázek „lodí“ ilustruje srovnání poloh pre- a post-testu. Černá křivka a barevné lodě značí polohy před elektrostimulací. Jsou přeloženy červenou křivkou a šedivými loděmi, které značí polohu po elektrostimulaci.



Obrázek 13 - Lodě přeložené přes sebe (barevná v pozadí pre-test a šedá v popředí post-test)

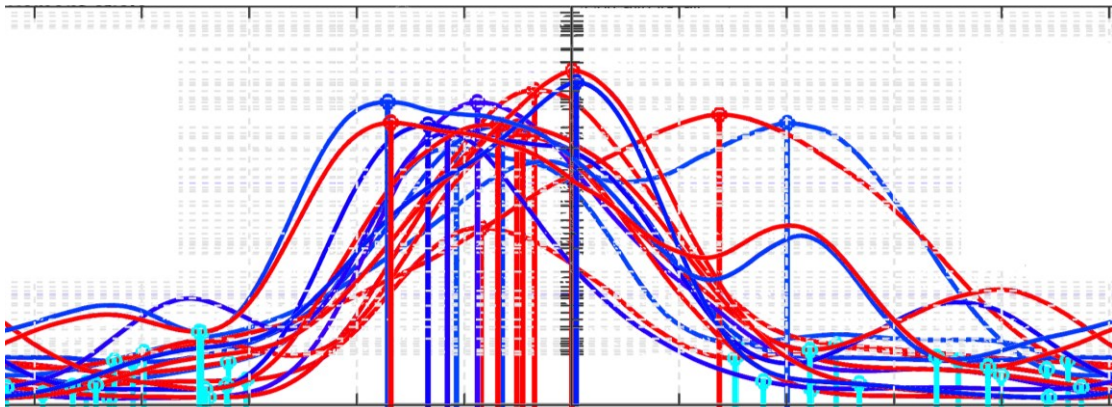
## 5.2 Obálky

V následujících obrázcích jsou zaznamenány výsledky detekce svalové aktivity záznamu naměřeného signálu u všech sledovaných svalů probanda před i po elektrostimulaci. Křivky značí průměrnou obálku měřeného elektromyografického signálu z jednotlivých pohybových cyklů interpolovaných na jednotnou délku 0 – 100% cyklu. Modře je znázorněna obálka v pre-testu a červeně v post-testu. Svislá čára udává polohu průměrného maxima aktivace, tzv „peak“. V obrázcích jsou znázorněny dva cykly za sebou, aby byla zřetelnější periodicita. V tabulce uvnitř obrázků se v modrém rámečku nachází korelace cyklů před elektrostimulací a v červeném rámečku po elektrostimulaci. U hodnot korelace jednotlivých pracovních kroků vs průměrný pracovní krok (Corr avg vs all.) a autokorelace (Corr. Consec.) došlo k poklesu, ve velké většině případů k signifikantnímu. Dalším obecným jevem je značný posun lokálních maxim svalů doleva i doprava směrem k lokálnímu maximu svalu m. latissimus dorsi u většiny svalů, vyjma m. trapezius.



Obrázek 14 – Průměrná obálka pracovního cyklu pre-testu – modrá a post-testu – červená zobrazená ve dvojnásobné formě pro lepší ilustrativnost v semiautomatickém hodnocení

Při bližším zkoumání potom můžeme sledovat obecnou tendenci lokálních maxim všech svalů se „shlukovat“ k lokálnímu maximu m. latissimus dorsi. Pro názornost byly přeloženy všechny průměrné obálky před stimulací a po stimulaci přes sebe. Z obrázku je potom patrný shluk červených svislých čar (peaků) směrem k počátku (resp. konci) pracovního kroku.



Obrázek 15 - Průměrné obálky všech svalů před i po elektrostimulaci

### 5.3 Pořadí dosažení lokálních maxim

Pořadí lokálních maxim EMG křivky ukazuje tabulka 2. Pořadové číslo svalu odpovídá výčtu monitorovaných svalů v kap. 4.4 Měřené svaly a sběr dat.

Pořadí dosažení lokálních maxim (peaků)								
PRE	3	7	2	4	5	1	6	8
POST	3	7	2	1	4	6	5	8

Tabulka 2 - Pořadí lokálních maxim EMG křivky průměrného pracovního cyklu

## 5.4 Pořadí aktivace zapojení svalů

Pořadí signifikantních počátků aktivace monitorovaných svalů ukazuje tabulka 3. Pořadové číslo svalu odpovídá výčtu monitorovaných svalů v kap. Měřené svaly a sběr dat.

Pořadí počátků aktivace zapojení svalů								
PRE	5	7	2	8	4	3	1	6
POST	7	5	2	4	3	8	6	1

*Tabulka 3 - Pořadí signifikantních počátků aktivace monitorovaných svalů průměrného cyklu*

## 6. DISKUZE

Snímací elektrody pro měření EMG jsme umístili na levou půlku těla. Ta je z hlediska kvality snímané svalové aktivity nevýhodná, protože elektrická aktivita srdeční svaloviny může rušit měření. Náš proband je však levák. Při dalších výzkumech je třeba tomu věnovat pozornost a vybrat pádlujícího napravo. Sval nejbliže k srdci - m. serratus anterior jsme měřili na pravé straně.

Pádlování na vodě je specifický pohyb ve specifickém prostředí a v současné době ho trenažery neumí uspokojivě simulovat. My jsme se přesto rozhodli využít trenažeru a to hlavně z důvodů, že se jednalo o pilotní studii, ve které jsme mohli využít laboratorních podmínek a z toho plynoucích výhod.

Elektrická aktivita při elektromyostimulaci, stejně jako při elektromyografii, podléhá ovlivňujícím faktorům v důsledku vlastností tkáně mezi svalem a elektrodou.

Naše metoda uložení elektrod pro elektromyostimulaci je standardizovaná pro komerční využívání. Specifičtější uložení elektrod a časování stimulace jednotlivých svalů podle individuálních potřeb by mohlo skýtat větší přínos, ale vyžadovalo by i hluboké znalosti z fyzioterapie.

Popisované fenomény nejsou důležité z pohledu kvantity dynamiky změny. Vzhledem k velmi omezeným možnostem a množství dnes neidentifikovatelných chyb exploraace má velkou výpovědní hodnotu pouhý fakt, že ke změně vůbec došlo. Z tohoto pohledu je statistický průměr vyjádřený v dynamice EMG křivky průměrného pracovního kroku velmi silným statistickým nástrojem. Směrodatné odchylky jsou velmi pohodlně vizuálně ilustrovány v grafu „lodí“ – obrázek 15.

Všeobecným jevem nacházející se v režimu aktivace všech sledovaných svalů je nárůst nestability pohybového stereotypu po realizaci elektrostimulace. Tabulky korelací jednotlivých pracovních kroků vs průměrný pracovní krok a tabulky autokorelací to potvrzují. Ve všech případech došlo k poklesu, ve velké většině případů k signifikantnímu.



Dalším všeobecným jevem je snížení míry diferenciacce svalových funkcí. Aktivace svalů se jakoby shlukují v čase. Při EMS přichází ke všem stimulovaným svalům elektrický impulz ve stejný čas. To znamená, že stimul přichází jak do synergistů, tak do antagonistů v jednu chvíli a to jak do dolních a horních končetin i trupu najednou. Předpokládáme, že taková aktivace svalů by mohla mít vliv jak na intramuskulární, tak intermuskulární koordinaci. Tímto arteficiálním, nefyziologickým způsobem spuštěná globální svalová aktivace přetrvává částečně i v následujícím výkonu. Ukazuje to graf směrodatných odchylek – obrázek 13 a 14.

### **Semiautomatická analýza dovoluje formulovat následující závěry:**

Sval m. pectoralis major snižuje po EMS celkově svoji odevzdanou práci (plocha pod EMG křivkou v rámci průměrného pracovního kroku, pracovní jednotka  $mV \cdot s^{-1}$ ). Původní úkol svalů v modelu plazení je posturální, antigravitační působení. Tato funkce je po EMS částečně opouštěna, zřejmě z důvodů celkového porušení stereotypu, projevující se snížením diferenciacce svalových funkcí. Nacházíme i fázový posun dále v čase odpovídající smyslu podobného posunu jeho protihráče, zevního rotátoru, svalů m. infraspinatus. Sval m. trapezius, pars transversa nevykazuje signifikantní změny ani v timingu, ani ve svalové práci (plocha EMG pod křivkou). Tato situace odpovídá akci jeho protihráče, svalů m. serratus anterior. Dynamika jeho změny je poměrně nevýrazná a odpovídá všeobecné tendenci snižování diferenciacce svalových funkcí.

Sval m. latissimus dorsi nevykazuje zásadnější změny v pre- a post-testu. Důvod je zřejmý. Je to hlavní propulzní lokomoční sval ramenního pletence. Jeho dominantní práce je zřejmě pomocí EMS neovlivnitelná. Vypadá to, že ostatní svaly se řídí spíše podle něho než naopak. V posttestu přibližují k němu svá lokální maxima.

Sval m. infraspinatus vykazuje spolu se svalem m. triceps brachii, caput longum nejvyšší míru dynamiky změn. Tento zevní rotátor ramene je sval velice slabý a jeho ovlivnění je tudíž prostřednictvím EMS velice silné.

Sval m. triceps brachii, caput longum přibližuje v posttestu svoje lokální maximum svalů m. latissimus dorsi. Tento jev nacházíme i u svalů m. biceps brachii, caput longum. Situace se tak začíná blížit popisované kokontrakci dlouhých hlav pažních svalů ve Vojtově reflexní lokomoci v poloze na břicho, při reflexním plazení (Vojta, Peters, 1995). EMS tak způsobila rozpad diferenciacce svalových funkcí, tedy svalovou koordinaci, vybudovanou tréninkem na vodě a přiblížila tak stereotyp původnímu pohybovému

programu prvních kolonizátorů souše před 375 miliony lety ve svrchním devonu, který máme ve svém pohybovém portfoliu už při narození.

Skupina svalů erector spinae stabilizuje locus minoris resistentiae pohybové soustavy člověka, tedy bederní páteř poté, co odeznívá stabilizační funkce šikmých trupových svalových řetězců. I tato diferenciací svalových funkcí se působením EMS snižuje.

## 7. ZÁVĚR

Z výsledku případové studie kanoisty s vysokou mírou techniky pohybu vyplývá teoretický závěr. EMS odbourává diferenciaci svalových funkcí, která je nutnou součástí konkrétních pohybových stereotypů. Záběr na vodě má svá specifika vyplývající z vodního prostředí. EMS likviduje tato specifika a vrací pohybovou soustavu do archaického globálního lokomočního vzoru plazení. I když se jedná pouze o případovou studii, měli bychom si uvědomit, že tento fenomén u vysoce technicky vybaveného závodníka nastal a s touto skutečností počítat. Objektivní verifikace může být provedena až kapacitně vyšší formou výzkumu.

Trenérsko didaktický výstup bude platný až po provedení výzkumu souboru s větším množstvím probandů. EMS tak můžeme vnímat jako vhodnou nespécifickou metodu pro aktivaci svalstva po úraze, nemoci nebo jako efektivní doplněk při rozvoji schopností. Náš kvalitativní výzkum vykazuje odlišnost v pohybovém stereotypu v pre- a post-testu. Pohyby probanda prováděné během EMS byly nespécifické ve vztahu ke kanoistice. Další zkoumání použití EMS během specifického pohybu může být předmětem dalšího zkoumání. Zajímavý by také mohl být EMG záznam během EMS.

Do praxe můžeme EMS doporučit pro všechny výkonnostní třídy. Tato metoda, jako každá jiná, má své výhody a nevýhody. Trenér by si toho měl být vědom.

## 8. SEZNAM POUŽITÉ A DOPORUČENÉ LITERATURY

1. AMMONS, D. *Whitewater philosophy*. Missoula: Water Nyph press, 2009. ISBN 9780976158011.
2. BÍLÝ, J. *Vliv nervosvalové aktivace extenzorů kolenního kloubu metodou elektrostimulace na vertikální výskok*. Diplomová práce, Brno: FSpS MU, 2013.
3. BÍLÝ, M. *Komplexní analýza techniky pádlování a jízdy na divoké vodě*. Rigorózní práce. Praha: UK FTVS, 2002.
4. BÍLÝ, M. *Systém sportovního tréninku ve vodním slalomu*. Kreditní práce. Praha: UK FTVS, 2004.
5. BÍLÝ, M. *Výkonové aspekty ve vodním slalomu.*, Dizertační práce. Praha: UK, FTVS, 2012.
6. BÍLÝ, M., KRAČMAR, B., NOVOTNÝ, P. *Kanoistika*. Praha: Karolinum, 2001. ISBN 80-247-9050-5.
7. BUCHTEL, M., *Analýza techniky jízdy na kajaku při závodech ve slalomu na divoké vodě*. Diplomová práce. Praha: UK FTVS, 2017.
8. COLSON, S., A. MARTIN a J. VAN HOECKE. Effects of electromyostimulation versus voluntary isometric training on elbow flexor muscle strength. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. 2009, 19(5) [cit. 2019-12-12]. ISSN 1050-6411. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18621547>
9. CRISWELL, E. *Cram's introduction to surface electromyography*, 2. vydání, Sudbury: Jones and Bartlett Publishers, 2011. ISBN 978-0-7637-3274-5.
10. DEUSCHEL, G. a A. EISEN. Doporučení pro praxi v klinické neurofyzilogii: Standardy Mezinárodní federace klinické neurofyzilogie. *Electroencephalography and clinical neurophysiology* [online]. 1999, (52) [cit. 2019-12-12]. ISSN 1872-6380. Dostupné z: <http://www.neurofyzilogia.sk/Dokumenty/Doporucenie%20pre%20prax%20EMG.doc>
11. DE LUCA, C. J.: *Surface electromyography: detection and recording*, [online], c2002, [cit. 12.12.2013] přístupné z: [http://www.delsys.com/Attachments\\_pdf/WP\\_SEMGintro.pdf](http://www.delsys.com/Attachments_pdf/WP_SEMGintro.pdf).
12. DOVALIL, J. a kolektiv. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2002. ISBN 80-7033-928-4.

13. DOVALIL, J., CHOUTKA M. *Výkon a trénink ve sportu*. 4. vyd. Praha: Olympia, 2012, 331 s. ISBN 978-80-7376-326-8.
14. DYLEVSKÝ, I. *Obecná kineziologie*. Praha: Grada Publishing, 2007, 190 s. ISBN 978-80-247-1649-7.
15. EICHLER, I. Změna nominačních kritérií pro extrémní slalom. *Kanoe.cz* [online]. 2017 [cit. 2019-12-12]. Dostupné z: <https://www.kanoe.cz/sporty/slalom-a-sjezd/138-aktuality/6933-nominacni-kriteria-pro-extremni-kajak-slalom-cross-upravene>
16. ERIKSSON, E., HÄGGMARK, T. Comparison of isometric muscle training and electrical stimulation supplementing isometric muscle training in the recovery after major knee ligament surgery. A preliminary report. *The American Journal of Sports Medicine*. Vol. 7., 1979
17. Estetická medicína a regenerace: *Elektrogymnastika*. In Youtube [online] 15.4.2015 [cit. 2019-10-28]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=TKk3b2tBQpU>. Kanál uživatele Tn Cz
18. FOUKAL, P., *Technika jízdy na singlkanoi ve vodním slalomu*. Bakalářská práce. Praha: UK FTVS, 2018.
19. GONDIN, J., Duclay, J., Martin, A. Soleus- and Gastrocnemii-Evoked V-Wave Responses Increase After Neuromuscular Electrical Stimulation Training. *J Neurophysiol*. 2006. 95. ISSN 3328–3335.
20. GONDIN, J., Guette, M., Ballay, Y., & Martin, A. (2005). Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(8), 1291-1299.
21. GREGORY, C. M., Bickel, C. S. (2005). Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation. *Physical Therapy*, 85(4), 358-364. Dostupné z: <http://www.physther.net/content/85/4/358.short>
22. HOUŠKA, O., *Možnost ovlivnění pohybového vzoru jízdy na kajaku pomocí reflexního plazení dle Vojty*. Diplomová práce, Praha: UK FTVS, 2007
23. CHARVÁTOVÁ, A., *Srovnání kineziologického obsahu pohybu při záběru vpřed na rychlostním kajaku a pádlovacím trenažeru*. Disertační práce, Praha: UK FTVS, 2011.

24. CHOUTKA, M., *Stručné základy teorie sportu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1974.
25. KOLÁČEK, M. *Vzdálené účinky svalové elektrostimulace*. Praha: Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2015. 81 stran. Vedoucí diplomové práce MUDr. Kryštof Slabý.
26. KOLÁŘ, P., et al.: *Rehabilitace v klinické praxi*, 1. vydání, Praha: Galén, 2009, 713 str., ISBN: 978-80-7262-657-1.
27. KONRAD, P.: *The ABC of EMG: A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography*, [online], c.2005, [cit. 8.12.2013] dostupné z: <http://www.noraxon.com/docs/education/abc-of-emg.pdf>.
28. KOPEČNÝ, J., *Vliv kanoistiky na správné držení těla*. Diplomová práce, Praha: UK PedF, 2012.
29. KRAČMAR, B. *Kineziologická analýza sportovního pohybu: Studie lokomočního pohybu při jízdě na kajaku*. Praha, 2002. Habilitační práce na UK FTVS.
30. KROBOT, A.; KOLÁŘOVÁ, B.: *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. 1. vydání, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011, 82 str., ISBN 978-80-244-2762-1.
31. LATASH, M. L. *Neurophysiological Basis of Movement*. Canada: *Human Kinetics*, 2008. ISBN: 978-0-7360-6367-8.
32. MÁDER, T., *Komparativní analýza záběru vpřed na slalomovém, sjezdovém a rychlostním kajaku*. Praha: UK FTVS, 2012.
33. MRÁZOVÁ, G. *Negativní vliv pádlování na C1 na vrcholové úrovni na pohybovou soustavu sportovce – svalové dysbalance*. Praha : UK FTVS, 2006.
34. MRŮZKOVÁ, M., *Komparativní kineziologická analýza záběru vpřed na kajaku a dalších forem lokomoce v rámci lokomočního vzoru*. Praha: UK FTVS, 2011
35. PINKAVA, O. *Vodní slalom. Technika jízdy na singlkanoi*. Praha : UK FTVS, 2006.
36. PIŠVEJC, I., *Princip kvadrupedální lokomoce při jízdě na kajaku*. Praha: UK FTVS, 2006.
37. PODĚBRADSKÝ, J., PODĚBRADSKÁ, R. *Fyzikální terapie. Manuál a algoritmy*. 1. vydání, Praha: Grada, 2009. 200 s. ISBN 978-80-247-2899-5.
38. PODĚBRADSKÝ, J., VAŘEKA I. *Fyzikální terapie*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-661-7.

39. PORCARI, J. P., et al. (2002) Effects of Electrical Muscle Stimulation on Body Composition, Muscle Strength, and Physical Appearance *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(2), 165–172.
40. PRITHWISH, B., et al. (2005) Prolonged electrical muscle stimulation exercise improves strength and aerobic capacity in healthy sedentary adults. *J Appl Physiol* 99: 2307–2311.
41. ROBERTSON, V. et al. *Electrotherapy explained: principles and practice*. Edinburgh: Butterworth-Heinemann, 2006.
42. OTÁHAL, S., TLAPÁKOVÁ, E.: *Patobiomechanika a patokinesiologie, kompendium – Biomechanika, kapitola: experimentální biomechanika – Elektromyografie*, [online], c2009 [cit. 8.11.2013] přístupné z: [http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpk/kompendium/biomechanika/experiment\\_metody\\_e mg.php](http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpk/kompendium/biomechanika/experiment_metody_e mg.php).
43. ROKYTA, R. *Fyziologie : pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. 1. vyd. Praha: ISV nakladatelství, 2000. 359 s. ISBN 80-85866-45-5.
44. SLOVÁK, P., JÍRA, J. (2010) *Elektroterapie ve sportovní medicíně*. Dostupné z: <http://www.medsport.cz/clanky-slovak-p-jira-j-elektroterapie-ve-sportovni-medicine.html>
45. SOUČKOVÁ, L. *Komparativní analýza přímého záběru vpřed na C1 v rychlostní kanoistice*. Praha: UK FTVS, 2014
46. STRNADOVÁ, M. *Analýza zapojování svalových řetězců při záběru vpřed na kajaku ve sjezdu na divoké vodě*. Praha : UK FTVS,2004
47. SVAČINOVÁ, J. *Časová a prostorová sumace u kosterního svalu* [online]. 2016, [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/sci/jaro2017/Bi4182c/um/cvVIII-Casova\\_prostorova\\_sumace.pdf](https://is.muni.cz/el/sci/jaro2017/Bi4182c/um/cvVIII-Casova_prostorova_sumace.pdf)
48. TUNKOVÁ, K. *Komparativní analýza přímého záběru vpřed na kajaku*. Praha, UK FTVS, 2015
49. VÉLE, F. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2006 ISBN: 8072548379.
50. VOJTA, V., PETERS, A. *Vojtův princip*. Grada 1995. ISBN: 80-7169-004-X

51. WATSON, T. *The role of electrotherapy in contemporary physiotherapy practice* [online]. Department of Physiotherapy, University of Hertfordshire, UK. *Manual Therapy*. 2008, [cit. 2015 -09-3] 5(3), s. 132-141. Dostupné z: <<http://www.electrotherapy.org/assets/Downloads/Key%20Concepts%20in%20Electrotherapy%20March%202014.pdf>>.
52. ZATSIORSKY, M. V., KRAEMER W. J., *Silový trénink: praxe a věda*, Praha: Mladá fronta, 2014. ISBN: 9788020432612



# 9. PŘÍLOHY

## 9.1 Žádost o vyjádření etické komise

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

### Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

**Název projektu:** Elektrostimulační ovlivnění neurofyziologických ukazatelů svalové práce na pádlovacím trenažeru  
**Forma projektu:** výzkumná práce - bakalářská práce  
**Období realizace:** prosinec 2019 – leden 2020  
**Předkladatel:** Jan Choutka, UK FTVS katedra sportů v přírodě  
**Hlavní řešitel:** Jan Choutka, UK FTVS katedra sportů v přírodě  
**Místo výzkumu (pracoviště):** UK FTVS - loďnice Trója  
**Vedoucí práce (v případě studentské práce):** doc. PaedDr. Bronislav Kračmar, CSc.

**Popis projektu:** Cílem bakalářské práce je zjistit na základě elektromyografického měření možnost ovlivnění svalové práce na pádlovacím trenažeru před a po aplikaci elektromyostimulace. Jedná se o komparativní analýzu měření EMG na pádlovacím trenažeru před a po aplikaci EMS. Jde o pilotní výzkum.

**Charakteristika účastníků výzkumu:** Předpokládán počet účastníků je jeden ve věku 30 let, který má platnou zdravotní prohlídku. Záměrně vybírám výkonnostního vodního slalomáře v kategorii C1 se stabilní technikou.

Do projektu nebude zařazen jedinec se srdečním kardiosimulátorem, se zvýšenou krvácivostí (hemofilie), s epilepsií, s diabetem, s kožními chorobami, s těžkými neurologickými chorobami, s tuberkulózou, s nádorovým onemocněním, se zraněním či akutním onemocněním nebo s jakýmkoliv onemocněním či omezením pohybového aparátu ani s kardiovaskulárním onemocněním či v úrazu a v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu.

**Zajištění bezpečnosti:** Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní jeho příprava k prováděním aktivitám v rámci daného výzkumu. Před testováním se řádně rozsvítí. Odborný dozor a bezpečnost při testování bude dohledem vedoucím práce doc. PaedDr. Bronislavem Kračmarem, CSc. Měření EMG a funkce aplikace EMS bude provádět J. Choutka řešitel, jako proškolený trenér EMS z komerčního studia. Školení proběhlo 19.-23. listopadu 2018 v Praze na Vinohradská 55 ve studiu Body Express, školitel: Tomáš Krmíček. Měření a aplikace bude prováděna za standardních podmínek. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

**Etické aspekty výzkumu:** Výzkum se netýká vulnerabilních skupin a jednotlivců

**Střet zájmů:** Do června roku 2019 jsem působil v komerčním EMS studiu jako trenér. V současné době nejsem v potenciačním ani skutečném střetu zájmů.

**Ochrana osobních dat:**  
Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje: jméno, datum narození, které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači, přístup k nim bude mít řešitel a budou do 1 dne po testování smazány. Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v bakalářské práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.


**Pozitivování fotografií/video/audio nahrávek účastníků:** Anonymizace osob na fotografiích bude provedena začerněním/rozmazáním obličejů či částí těla, znaků, které by mohly vést k identifikaci jedince. Neanonymizované fotografie/video/audio nahrávky budou bezpečně uchovány na heslem chráněném počítači a přístup k nim bude mít řešitel a budou do 1 dne od výzkumu smazány.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

**Text informovaného souhlasu (IS):** přiložen

Povinnosti všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně. Potvrzují, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakémkoli změně projektu, zejména použitých metod, zařadí Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 3.12.2019

Podpis předkladatele: 

### Vyjádření Etické komise UK FTVS

**Složení komise:** **Předsedkyně:** doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.  
**Členové:** prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.  
doc. MUDr. Jan Heller, CSc.  
PhDr. Pavel Hříšský, Ph.D.  
Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.  
MUDr. Simona Majorová

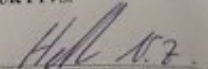
Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 226/2019  
dne: 9.12.2019

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a **neshledala rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky.

**Řešení projektu splní podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise UK FTVS.**

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

- 20 -  
razítko UK FTVS

  
podpis předsedkyně EK UK FTVS

## 9.2 Vzor informovaného souhlasu

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

### INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicině č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu na UK FTVS v rámci bakalářské práce, s názvem Elektrostimulační ovlivnění neurofyzilogických ukazatelů svalové práce na pádlovacím trenažeru prováděné na UK FTVS, katedra sportů v přírodě, loděnice Troja.

Projekt bude probíhat v období: prosinec 2019 – leden 2020.

Cílem výzkumného projektu je porovnat neurofyzilogické ukazatele svalové práce před a po aplikaci elektromyostimulace.

Způsob zásahu bude neinvazivní. Budete se účastnit měření na pádlovacím trenažeru, poté absolvujete trénink EMS na přístroji Miha Bodytec podle standardního postupu doporučeného výrobcem tj. na vybraných svalových partiích budou umístěny elektrody. Samotná stimulace má dvě části. První je „seznámení se s impulzy“ a část druhá je program „aktivace svalstva základní“. Následně znovu podstoupíte měření na pádlovacím trenažeru před a po aplikaci EMS.

Časová náročnost projektu: předpoklad 1 den, asi 60 pádlovacích cyklů a 20 min tréninku.

Metoda EMS může způsobit určité nepohodlí např. nepříjemné pocity, mravenčení, bolest). Toto nepohodlí bude minimalizováno adekvátním nastavením zátěžových parametrů podle pocitu.

Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní jeho příprava k prováděním aktivitám v rámci daného výzkumu. Před testováním se řádně rozcvičí. Odborný dozor a bezpečnost při testování bude dohledem vedoucím práce doc. PaedDr. Bronislavem Kračmarem, CSc. Měření EMG a funkci aplikace EMS bude provádět J. Choutka řešitel, jako proškolený trenér EMS z komerčního studia. Školení proběhlo 19.-23. listopadu 2018 v Praze na Vinohradská 55 ve studiu Body Express, školitel: Tomáš Krmiček. Měření a aplikace bude prováděna za standardních podmínek Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

Projektu se nemůžete účastnit, pokud máte srdeční kardiostimulátor, zvýšenou krvácivost (hemofilie), epilepsii, diabetes, onemocnění jater, onemocnění oběhového systému, kožní onemocnění, těžké neurologické choroby, tuberkulózu, nádorové onemocnění, zranění či akutní onemocnění nebo jakémkoliv onemocnění či omezení pohybového, úraz nebo budete v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu. Užívání analgetik a léků může ovlivnit vědomí.

Svůj zdravotní stav konzultujte před testováním s lékařem.

Přínosem tohoto výzkumného projektu pro Vás bude vyzkoušení si EMS trénink.

Vaše účast v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocena.

S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit na choutka.j@gmail.com

Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje: jméno, datum narození, které budou bezpečně uchovány na heslem zabezpečeném počítači, přístup k nim bude mít řešitel a budou do 1 dne po testování smazány. Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v bakalářské práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

Pořizování fotografií/videí/audio nahrávek účastníků: Anonymizace osob na fotografiích bude provedena začerněním/rozmazáním obličejů či částí těla, znaků, které by mohly vést k identifikaci jedince. Neanonymizované fotografie/video/audio nahrávky budou bezpečně uchovány na heslem chráněném počítači a přístup k nim bude mít řešitel a budou do 1 dne od výzkumu smazány.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu : Jan Choutka

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Jan Choutka                      Podpis:.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. **Potvrzuji, že mám platnou zdravotní prohlídku.** Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu. Dále potvrzuji, že mi byl předán jeden originál vyhotovení tohoto informovaného souhlasu.

Místo, datum .....

Jméno a příjmení účastníka ..... Podpis: .....

### 9.3 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Struktura sportovního výkonu a) Bílý, 2004, b) Maffioletti, 2013 (vlastní tvorba).....	14
Obrázek 2 - Struktura sportovního výkonu ve vodním slalomu (vlastní tvorba podle Bílého, 2012) .....	19
Obrázek 3 – Podíl zastoupení hnacích (modrá) a řídicích (červená) záběrů na vrcholných soutěžích v roce 2016 (Buchtel, 2017) .....	23
Obrázek 4 - Konec přenosu a příprava na zasazení (archiv autora) .....	25
Obrázek 5 – Tažení (archiv autora) .....	25
Obrázek 6 - Vytažení a přenos (archiv autora) .....	26
Obrázek 7 - Akční potenciál neuronu (Rokyta, R. a kol., 2000) .....	28
Obrázek 8A a 9B - Typy motorických jednotek (Latash, 2008) .....	29
Obrázek 9 - Hennemanův princip rekrutace MJ (Latash, 2008).....	29
Obrázek 10 - Časová sumace: vztah síly stahu a frekvence podnětů (Svačinová, 2016).....	31
Obrázek 11 - Časová sumace: vznik hladkého a vlnitého tetanu (Svačinová, 2016) .....	31
Obrázek 12 - Lodě (nahore pretest, dole posttest) .....	43
Obrázek 13 - Lodě přeložené přes sebe (barevná v pozadí pre-test a šedá v popředí post-test).....	44
Obrázek 14 – Průměrná obálka pracovního cyklu pre-testu – modrá a post-testu – červená zobrazená ve dvojnásobné formě pro lepší ilustrativnost v semiautomatickém hodnocení .....	45
Obrázek 15 - Průměrné obálky všech svalů před i po elektrostimulaci.....	46

## 9.4 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Typy svalových vláken (vlastní) podle Bartůňkové a kol., 2013 .....	30
Tabulka 2 - Pořadí lokálních maxim EMG křivky průměrného pracovního cyklu .....	46
Tabulka 3 - Pořadí signifikantních počátků aktivace monitorovaných svalů průměrného cyklu.....	47