

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
Trenérská škola

## ZÁVĚREČNÁ PRÁCE

Vývoj posilovacího zařízení s připojením na  
posilovací stroje a porovnání zatěžovaných  
svalových skupin s pádlováním na rychlostním  
kajaku.

Vypracoval:            Ing. Jan Zimčík

Vedoucí práce:        PhDr. Milan Bílý, Ph.D.

Svoluji k zapůjčení své závěrečné práce ke studijním účelům.

Čestně prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval sám s použitím literatury uvedené v seznamu literatury, eventuálně v seznamu internetových zdrojů.

Datum

podpis

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce PhDr. Milanu Bílému, Ph.D. za odborné vedení a podporu při tvorbě závěrečné práce a za mnoho podnětných informací týkajících se zvolené problematiky.

Dále bych rád poděkoval Mgr. Radce Bačákové, Ph.D. za pomoc při měření, vyhodnocení a zpracování dat.

## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Cíle práce .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Popis záběru na rychlostním kajaku .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Fáze záběru na rychlostním kajaku.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2 Zatížení svalových partií v průběhu záběru .....</b>	<b>8</b>
<b>4. Vstupní zdroje pro návrh posilovacího zařízení .....</b>	<b>9</b>
<b>5. Vývoj a konstrukce zařízení .....</b>	<b>12</b>
<b>6. Verifikační měření.....</b>	<b>21</b>
<b>6.1 Vstupní data a výběr svalů k měření.....</b>	<b>22</b>
<b>6.2 Způsob vyhodnocení měření.....</b>	<b>24</b>
<b>6.3 Výsledky.....</b>	<b>26</b>
<b>6.4 Porovnání výsledků .....</b>	<b>31</b>
<b>7. Další využití zařízení .....</b>	<b>34</b>
<b>8. Diskuze.....</b>	<b>35</b>
<b>9. Závěr .....</b>	<b>35</b>
<b>10. Seznam bibliografických citací.....</b>	<b>36</b>
<b>11. Přílohy.....</b>	<b>37</b>
<b>Příloha 1 – Fotodokumentace z měření .....</b>	<b>37</b>
<b>Příloha 2 – Formulář pro informovaný souhlas dobrovolníka z měření .</b>	<b>39</b>

# 1. Úvod

Rychlostní kanoistika je silově vytrvalostní sport. Jedná se bezkontaktní sport. Soutěží se v individuálních kategoriích K1 a C1 i hromadných posádkách K2, C2, K4, C4. Označení K znamená kategorii kajak a označení C pak kánoe. Délky tratí jsou rozděleny na krátké tratě (200 m, 500 m a 1000 m). Dále pak na dlouhé tratě a marathóny. Cílem každé disciplíny je projet stanovenou trať nejrychleji s dodržением všech pravidel rychlostní kanoistiky (Ballová, 2007, Mareš, 2003).

Výkon sportovce závisí na mnoha faktorech. Jedním z důležitých faktorů je fyzická připravenost sportovce. To znamená, že sportovec musí být připraven silově, rychlostně i vytrvalostně. Ve své práci se budu zabývat hlavně složkou silovou specializovanou na pohyb, který se co nejvíce přibližuje rychlostnímu kajakářskému záběru.

V dnešní době probíhá silová příprava sportovců v klasických posilovnách na universálních posilovacích strojích. Pro rychlostní kanoistiku je důležité rozvíjet nejen svalové partie horní poloviny těla, ale i dolní poloviny. Kajakářský záběr je cyklické střídavé komplexní zapojení převážné většiny svalových skupin. Lokomoční pohyb však vytvářejí svalové skupiny horních končetin a trupu. Dolní končetiny pak zajišťují pevnou oporu celého systému záběru. Aktuální síla sportovce se porovnává a posiluje zejména na dvou hlavních cvicích – přitah a bench-press. Tyto cviky sice zatěžují komplexně hlavně svalové partie zad, hrudníku a horních končetin, ale zatížení je to symetrické vzhledem k pravé a levé straně těla, nikoli střídavé, tak jako u kajakářského rychlostního záběru, kde dochází k tomu, že střídavě na jedné straně horní končetina tlačí (jako u bench-pressu) a na druhé straně horní končetina táhne (jako u přitahu). Při záběru tedy vlastně dochází střídavě na levé a pravé straně ke kombinaci obou cviků.

## 2. Cíle práce

Cíle mé práce **byli** rozděleny na dva základní úkoly:

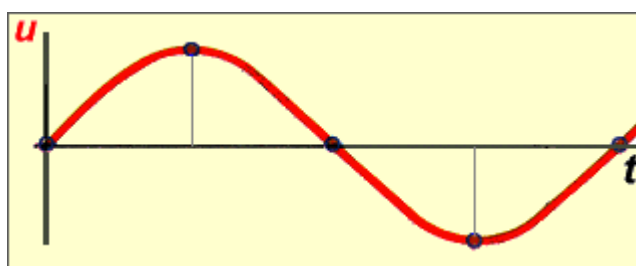
- 1) Vyvinout posilovací zařízení, které bude možné připojit k universálním posilovacím strojům a provádět na něm posilování svalových skupin tak, aby byly zatěžovány stejně jako při záběru na rychlostním kajaku.
- 2) Provést na vyvinutém posilovacím zařízení verifikační měření, které porovná, jak se **vyvinuté** posilovací zařízení shoduje s pádlováním na rychlostním kajaku v zatěžování jednotlivých svalových skupin pomocí měření EMG.

### 3. Popis záběru na rychlostním kajaku

#### 3.1 Fáze záběru na rychlostním kajaku

Ve složení záběru z hlediska motoriky se jedná o relativně malý soubor cyklicky se opakujících pohybových dovedností s malou variabilitou, ale vzhledem k tomu, že se jedná o pohyby prováděné v nestabilním stavu, je velmi těžké je provádět tak, aby neovlivňovali maximální sportovní výkon, a proto je velmi důležité se věnovat technickému provedení záběru v zatíženém stavu.

Technika pádlování na rychlostním kajaku se skládá z opakujících se, symetricky střídavých sérií koordinovaných pohybů vzhledem k ose pohybu lodě tak, abychom získali maximální pohyb lodě vpřed. Z fyzikálního hlediska nejlépe vystihuje tuto sérii pohybů sinusoida (Obr. 1), kde  $u$  představuje fázi záběru v závislosti na čase  $t$ .



Obr. 1 - Sinusoida

Záběr na rychlostním kajaku pak můžeme, rozdělit na levou a pravou část. Tyto části, by měly být vzhledem k provedení záběru symetricky stejné, ale v čase se provádějí střídavě za sebou, a proto je lze studovat odděleně a porovnávat je zvlášť, či mezi sebou.

Část záběru rozdělujeme dále na záběrovou fázi, kde dochází ke kontaktu listu pádla s vodou a k pohybu lodi vpřed a na fázi odpočinkovou, kde jsou oba listy pádla ve vzduchu a nedochází k žádnému přenosu pohybu vpřed.

Dále je potřeba ještě dělit záběrovou i odpočinkovou fázi na dílčí fáze vzhledem k provedení a účelu záběru. Záběrovou fázi dělíme na fáze zasazení, tažení a vytažení. Odpočinkovou fázi pak na relaxaci a zpevnění (Souček, 2006).

V závislosti na čase a zvolení první fáze zpevnění, jelikož tato fáze je i zároveň fází startovní, pak následuje druhá fáze zasazení, třetí fáze tažení, čtvrtá fáze vytažení a poslední pátá fáze relaxace, a to jak vzhledem k pravé straně, tak i levé.

### **3.1.1. První fáze záběru – Zpevnění**

V této fázi záběru dochází k přípravě na přechod z odpočinkové fáze záběru, kdy není pádlo v kontaktu s vodou, do záběrové fáze. Svalstvo se v této poloze zpevní a napne v očekávání tvrdého dynamického zasazení pádla do vody (Mareš, 2003).

### **3.1.2. Druhá fáze záběru – Zasazení**

Tato fáze reprezentuje vlastní ponoření celého listu pádla do vody, které je nutné provést přesně, intenzivně a hlavně plynule. V této fázi dochází totiž k tzv. „uchopení vody“ (Doktor, 2001). Nejdůležitější na této fázi zasazení, je vlastně co nejrychlejší ponoření celého listu pádla do vody, než začne tahová fáze.

### **3.1.3. Třetí fáze záběru – Tažení**

Jedná se o hlavní pracovní fázi celého záběru. V této fázi záběru dochází k přitahování kajaku k listu pádla a tím k zrychlení a pohybu kajaku vpřed. Zde v této fázi musí dojít k maximálnímu přenosu síly přes pádlo do kajaku. Tato fáze je nejvíce svalově náročná, a tudíž by se měla provádět velkými svalovými partiemi a měla by se jí věnovat největší pozornost z hlediska silové přípravy a techniky provedení.

### **3.1.4. Čtvrtá fáze záběru – Vytažení**

Tato fáze ukončuje celou záběrovou fázi, dochází v ní k vytažení listu pádla z vody. Je nutné docílit vytažení listu pádla z vody tak, aby byla tato fáze provedena co nejrychleji a nedošlo v ní hlavně k brždění kajaku tím, že list pádla zůstane po tahové fázi déle ve vodě.

### **3.1.5. Pátá fáze záběru – Relaxace**

Konec celého cyklu záběru je tvořen relaxační fází, tato fáze je důležitá ve smyslu odpočinku a uvolnění svalstva před zahájením dalšího cyklu záběru na druhé straně kajaku. Jelikož v této fázi záběru dochází k přechodu cyklu na opačnou stranu, mění se také zatížení svalových partií. Dochází k tomu, že se mění spodní tažná paže za horní tlačnou. Nejvíce se tato fáze projevuje v nižší frekvenci záběru, Je však nutné ji provádět i při maximální rychlosti kajaku a frekvenci záběru, aby došlo k odlehčení svalových partií před dalším cyklem a došlo tak k co nejekonomičtějšímu výkonu závodníka.

### 3.2 Zatížení svalových partií v průběhu záběru

K největšímu silovému zatížení dochází zejména v tahové fázi záběru, u které je nutné snažit se ji provádět velkými svalovými skupinami, tj. hlavně m. latissimus dorsi (široký sval zádový), ten provádí tahovou část záběru a proti němu m. pectoralis major (velký sval prsní) drží tlak horní paže, k těmto svalům a přenosu tahu a tlaku na pádlo se jako podpora aktivují svaly paže. M. triceps brachii (trojhlavý sval pažní) pro tlak a pro tah m. biceps brachii (dvojhavý sval pažní).

Další svalové partie se zapojují různě vzhledem k fázi a potřebě záběru. Některé svalové partie se zapojují po celou dobu záběru s různou intenzitou vzhledem k fázi záběru. M. obliquus abdominis externus (zevní šikmí břišní sval) by měl mít největší intenzitu hlavně při fázi zasazení, kdy je nutné se co nejvíce vytočit trup a zasadit list pádla co nejblíže ke špičce kajaku a pak ve fázi vytažení zároveň s ním na opačné straně v těchto fázích pracuje m. obliquus abdominis internus (vnitřní šikmý břišní sval). M. trapezius (trapézový sval) také pracuje po celou dobu celého cyklu záběru, nejvíce však ve fázi zasazení, kdy stabilizuje lopatku. M. deltoideus (deltový sval) plní tři funkce, kde jednak přední snopce vytvářejí tlačnou sílu s m. pectoralis major (velký sval prsní) a zadní snopce vyvíjejí tah při tahové fázi záběru. A konečně pak střední snopce zajišťují fázi vytažení listu pádla z vody při čemž ještě jako inicializační sval k protažení lopatky působí m. serratus anterior (přední sval pilovitý). Extenzi paže a zevní rotaci pak zajišťuje m. infraspinatus (podhřebenový sval).

Dolní končetiny při záběru na rychlostním kajaku jsou také důležité a mají za úkol přenášet sílu na loď a dále plní stabilizační a opěrnou funkci. Stejně jako u horních končetin pak dochází střídavě k tlaku hlavně přes m. rectus femoris (přímý sval stehenní) a tahu aktivací převážně m. gastrocnemius (povrchový sval na zadní straně lýtka).



## 4. Vstupní zdroje pro návrh posilovacího zařízení

Pro návrh posilovacího zařízení byly jako vstupní zdroje brány tyto základní požadavky:

- a) Pohyb při zatížení musí co nejvíce odpovídat pohybu záběru na rychlostním kajaku.
- b) Zatížení bude jednoduše proměnné jednak pro přizpůsobení záběru jednotlivce a také pro měření při jaké zátěži je sportovec schopen provádět ještě správně technicky záběr.

Idea byla v tom, že se celé posilovací zařízení připojí ke standardním posilovacím věžím, které dnes obsahuje skoro každá posilovna, a zatížení se bude jednoduše nastavovat přestavením kolíku závaží na posilovací věži.

Dále bylo bráno v úvahu i samostatné využití posilovacího zařízení například na trénování techniky záběru na suchu při minimálním či volitelném zatížení.

Při návrhu bylo vycházeno, z již dnes zavedených kajakářských trenažerů, které se dnes pro suchou přípravu využívají. Tyto trenažéry vznikli původem z trenažerů veslařských. Na těchto trenažerech je vždy dodrženo sezení tak, aby odpovídalo sezení v rychlostním kajaku. Závodník má pokrčené nohy stejně jako v kajku a měl by vyvíjet stejnou oporu do příčky trenažeru jako do příčky rychlostního kajaku. Tyto trenažéry se nabízejí ve spoustě variant a modifikací, V základu je lze rozdělit na dvě základní skupiny, a to na trenažéry s pevnou a posuvnou sedačkou (Ridge et al, 1976).

Trenažéry s pevnou sedačkou (Obr.2 a 3) jsou koncipovány tak, aby závodník seděl spojen pevně s trenažerem a přitahoval žerd' k sobě. V tomto případě se ale vzhledem k celé soustavě pohybu nepřitahuje závodník k pádlu tak jako na rychlostním kajaku. Tento typ trenažerů je daleko rozšířenější a používanější než trenažéry s posuvnou sedačkou. U těchto typů trenažerů je zatížení nastavováno stejným principem jako u rotopedů. Tím, že střídavě na jedné a druhé straně přitahuje závodník žerd' k sobě roztáčí setrvačnick trenažeru, který se pro nastavování zatížení nějakým způsobem brzdí např. napínáním brzdného pásu nebo škrcením připojeného ventilátoru k setrvačnicků. Jelikož se jedná o dynamické účinky, zatížení není tento typ trenažeru úplně vhodný pro statické měření zatížení či nácvik a rozbor techniky. Tyto trenažéry jsou spíše vhodné pro kondiční přípravu v zimní přípravě nikoliv jako pomůcka pro silovou přípravu.



**Obr. 2 – Pádlovací trenažer s pevnou sedačkou**



**Obr. 3 - Pádlovací trenažer s pevnou sedačkou při záběru**

Trenažery s posuvnou sedačkou (Obr. 4) jsou řešeny tak, aby žerď, která nahrazuje kajakářské pádlo, byla pevně spojena se základní konstrukcí trenažeru a závodník seděl na posuvném sezení, které společně se sebou přitahuje k žerdi. Posuvné sezení pak vlastně simuluje pohyb rychlostního kajaku. Tyto trenažery nejsou dnes tolik využívány, jejich používání není tolik rozšířené jako u trenažerů s pevnou sedačkou. U těchto typů trenažerů s posuvnou sedačkou je několik variant, jak vyvinout různé velikosti zatížení. Nejčastějším způsobem zatížení u těchto typů trenažerů je, že celá soustava je řešena jako šikmá rovina a závodník přitahováním k žerdi překonává gravitační sílu, tedy vlastně posiluje s vlastní vahou a pokud je tím trenažer vybaven lze i doplňovat na posuvné sezení ještě další závaží např. ve formě činkových kotoučů a tím dále zvyšovat zatížení. Další způsob vytvoření zatížení je připojení posuvného sezení pomocí elastické šňůry k pevné konstrukci trenažeru, zvyšováním tuhosti elastické šňůry nebo přidáním více šňůr se pak zatížení zvyšuje. Zatížení

Lze také řešit i kombinací jednotlivých variant. Zatížení u elastické šnůry funguje jako pružina, a proto je proměnné vzhledem k aktuální pozici pojízdného sezení. Největší zatížení je dosaženo až na konci tahové fáze záběru a nejnižší na začátku tahové fáze záběru, což je přesně obráceně než při tahové fázi záběru na rychlostním kajaku. Vhodnější je tedy zatížení, které je rovnoměrné po celou dobu tahové fáze záběru.

Nevýhodou tohoto typu treňažeru s posuvnou sedačkou je to, že na něm nelze provádět kontinuální střídavý pohyb jako při jízdě na rychlostním kajaku. Posuvné sezení se po každém pohybu vpřed musí volně vrátit zpět do základní pozice. Další problém je, že nelze střídat levou a pravou stranu po každém záběru, a proto se musí provádět vždy sada cvičení na jedné straně a pak učinit výměnu, kde se konec žerdě uchytil na druhou stranu pevné konstrukce treňažeru, vymění se spodní paže za horní, a naopak a provádí se stejná sada cvičení na druhé straně. Prakticky na tomto typu treňažeru s posuvnou sedačkou se jedná jen o nácvik a posilování fáze záběru – tažení a vytažení pro obě strany záběrové fáze odděleně. Ostatní fáze záběru – relaxace, zpevnění a zasazení na tomto typu treňažeru s posuvnou sedačkou nelze simulovat. Však z hlediska silové přípravy záběru na rychlostním kajaku jde hlavně o kvalifikování tahové fáze záběru. Z tohoto hlediska je tedy tento typ treňažeru s posuvnou sedačkou na měření a posílení síly a techniky kajakářského záběru vhodnější. Musí se brát pak, ale v úvahu, že měření a posílení síly se vztahuje už jen pouze na fázi záběru tažení a vytažení.



**Obr. 4 – Pádlovací treňažer s posuvnou sedačkou**

## 5. Vývoj a konstrukce zařízení

V současné době se porovnává silová připravenost závodníka dvěma základními posilovacími cviky bench-press a přítah, jak již bylo zmíněno v úvodu této práce. Tyto cviky jsou prováděny symetricky, což vzhledem k jízdě na kajaku není úplně ideální. Abychom se přiblížili, co nejvíce k záběru na rychlostním kajaku potřebujeme, aby teoreticky jedna paže prováděla bench-press a druhá přítah, a ještě se cyklicky střídali.

Z těchto důvodů pro vývoj a konstrukci posilovacího zařízení, vzhledem k daným požadavkům, byl zvolen vhodnější typ trenažéru, tedy typ s posuvnou sedačkou. U tohoto typu trenažeru se jedná simulování fáze tažení a vytažení při jízdě na rychlostním kajaku a teoreticky tu právě probíhá kombinovaný cvik bench-press/přítah, který se ale musí provádět v sadách zvlášť na pravé a zvlášť na levé straně, kde se střídá horní a dolní paže. K cyklickému střídání dojde vždy po určité sadě záběrů na jedné straně.

Jelikož původ pochází z trenažerů veslařských, tak i pro vyvíjené zařízení byla čerpána inspirace z veslovacího cviku na posilovací věži. Zatížení tedy řešíme napojením na kladky posilovací věže a jednoduchým přestavováním kolíků volíme libovolnou velikost závaží a tím i gravitační sílu, která se musí překonat při tahu záběru.

Vyvíjené zařízení tedy není potřeba koncipovat jako šikmou rovinu, ale základní kolejnicová konstrukce pro posuvné sezení může být vodorovná a ležet přímo na podlaze. Gravitační sílu závodníka pak nahrazuje nastavené závaží v posilovací věži. Vodorovný pohyb závodníka je pak ještě přirozenější ve srovnání s jízdou na rychlostním kajaku. Závodník pak nemá pocit, že jede takzvaně „do kopce“. Při posunování na šikmé rovině hrozí, že si závodník zafixuje špatný tah žerdě a v kajaku pak bude docházet k podélnému houpání lodě při záběru, což má za následek zpomalování lodě.

Dále byla inspirace pro konstrukci čerpána i v různých koutech loděnicí po celé Evropě např. loděnice v Linci používá trenažér s posuvnou sedačkou a šikmou rovinou (Obr. 5). U této konstrukce je pro vyvíjení zatížení použita kombinace vlastní váhy a



**Obr. 5 – Pádlovací trenažér s šikmou rovinou**

možnosti doplnění dalšího závaží na trn u sedačky (Obr. 6), kombinovaného s elastickou gumou, která je uchycena na konci pevné konstrukce a konci pojízdné sedačky (Obr. 7).



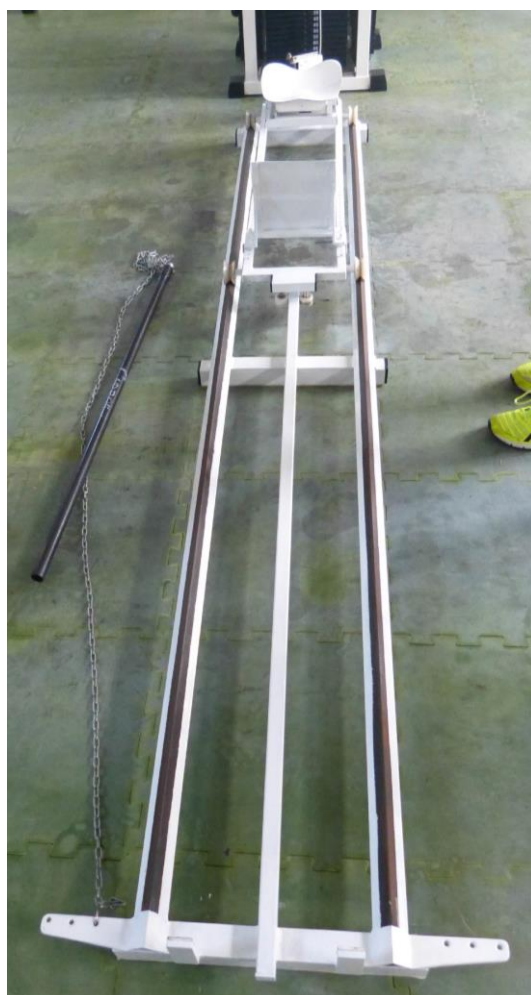
**Obr. 6 – Doplnění dalšího závaží**



**Obr. 7 – Uchycení elastické gumy**



V italské loděnici jsme pak objevili, že používají trenažer s posuvnou sedačkou s vodorovnou základní konstrukcí a zatížením právě na připojení k posilovací věži (Obr.8).



**Obr. 8 – Trenažer s posuvnou sedačkou a vodorovnou konstrukcí**

Tento trenažer je řešen tak, že simuluje vodorovný pohyb posuvné sedačky (Obr. 9). Tento pohyb je pak co nejvíce shodný s pohybem při jízdě na rychlostním kajaku. Proto se nám tento způsob konstrukce zdál jako nejvýhodnější pro naši práci. Základní konstrukce tedy vychází hlavně z této varianty.



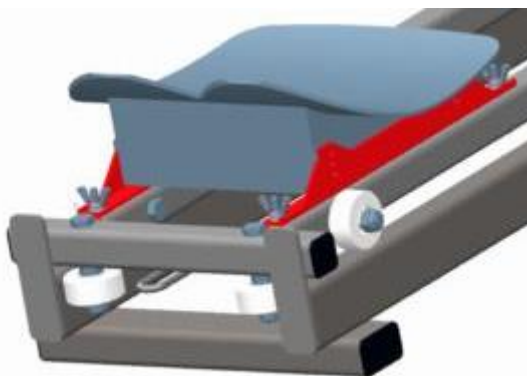
**Obr. 9 -Vodorovná posuvná sedačka**

U této varianty trenažeru s posuvnou sedačkou jsme se ještě snažili vylepšit konstrukci našeho zařízení hlavně ve dvou konstrukčních uzlech. V prvním případě jsme se zabývali stykem koleček posuvné sedačky a základní konstrukce (Obr. 10).



**Obr. 10 – Styk kolečka se základní konstrukcí**

Tento styk tvoří v řezu trojúhelníkový tvar, na jehož špičku dosedá kolečko posuvné sedačky. V případě zatížení kolečka gravitační silou je pak kolečko namáháno nejen radiálně, ale i axiálně, a tak dochází i k velkému tření a opotřebování koleček. Takto konstruované kolečko má malou životnost a může pak dojít i k okamžitému prasknutí a následné nestabilitě celé konstrukce trenažeru při provádění cvičení a mohlo by být i ohroženo zdraví závodníka, který v dané chvíli bude trenažér používat. Proto byl pro naše zařízení volen styk plochý v řezu s tvarem čtverce. Sada čtyř koleček byla použita jen pro přenesení pohybu a vedení bylo řešeno zvlášť dalšími čtyřmi kolečky (Obr. 11). Kolečka jsou tedy namáhány pouze radiálně, a tudíž je dosaženo maximální možné životnosti a bezpečnosti závodníka při provádění cvičení i při maximální zátěži. Každé kolečko je vybaveno dvěma valivými ložisky typu 6000, aby bylo docíleno co nejmenšího valivého odporu a co největší nosnosti a vedení při pohybu posuvné sedačky.



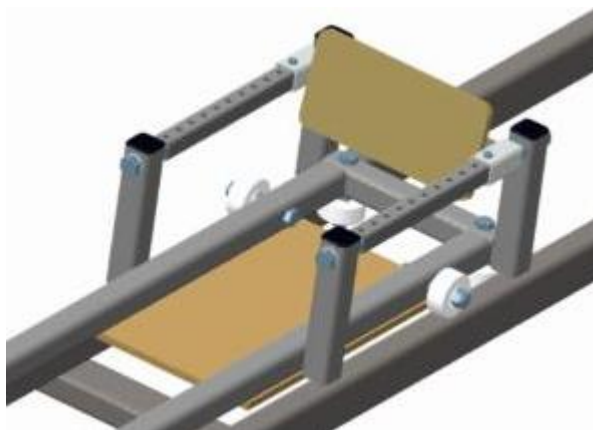
**Obr. 11 – Styk koleček a vedení pojízdné sedačky našeho zařízení**

Další, už méně závažný konstrukční uzel, vzhledem k bezpečnosti, bylo zajištění opory dolních končetin pro přenos pohybu z žerdě na posuvnou sedačku. Tato opora by měla tvarem připomínat příčku v rychlostním kajaku, aby měl závodník pocit, že o ni opírá jako v rychlostním kajaku. Dále musí být jednoduše a rychle přestavitelná. V případě italského trenážeru s posuvnou sedačkou je tato opora řešena velkou železnou přestavitelnou deskou (Obr. 12). Tato deska má zbytečně velkou hmotnost a její přestavování je náročné jak z hlediska času, tak i poměrně fyzicky náročná a převážně mladší závodníci by s přestavením mohli mít potíže.



**Obr. 12 – Opora dolních končetin**

U našeho zařízení byla tedy tato opora řešena trochu jednodušeji a více tak, abychom se přiblížili realitě příčky v rychlostním kajaku. Na posuvné sedačce byla vytvořena menší konstrukce, která vlastně nahradila boky rychlostního kajaku, ve kterých je příčka držena. Do této konstrukce pak byla vložena jednoduše přestavitelná příčka (Obr. 13).



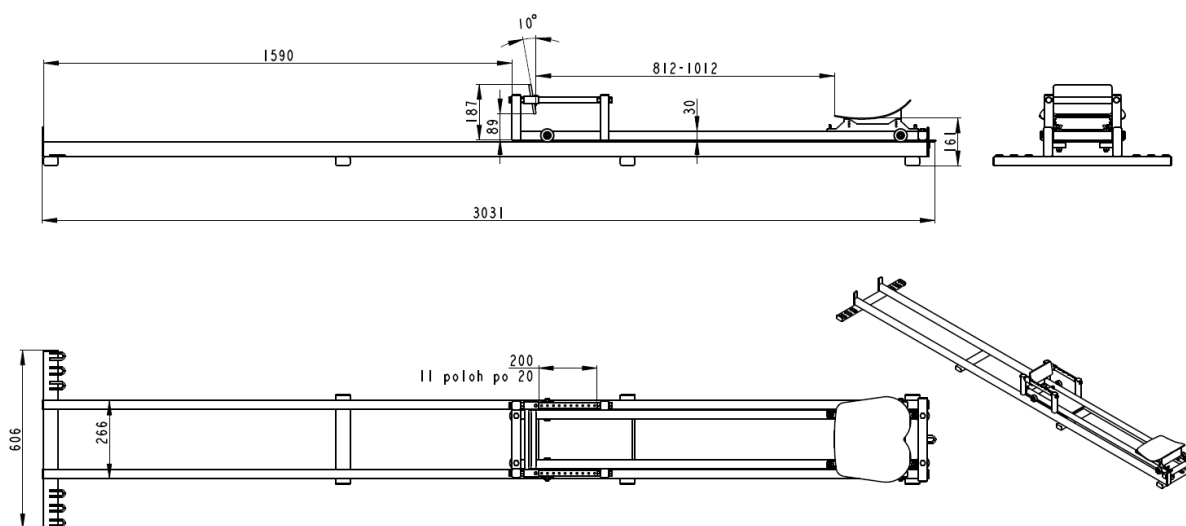
**Obr. 13 – Opora dolních končetin našeho zařízení**



Dalším cílem u našeho zařízení byla kompaktnost a jednoduchost celé konstrukce. Důležité bylo, aby základní konstrukce měla co nejmenší rozměry, ale aby bylo umožněno provést celý rozsah tahové fáze záběru. Jelikož se zařízení bude provozovat v posilovnách, je nutné dodržet co nejmenší zástavbový prostor, aby zařízení mohlo, bylo co nejvíce univerzální.

Dalším důležitým faktorem pro konstrukci byla hmotnost celého zařízení, byl kladen důraz na to, aby šlo zařízení jednoduše přemístit či uklidit při každém tréninku, zkrátka aby z toho nebyla další nepřenositelná věc, která překáží v posilovně při jiných cvičení.

Pomocí metody konečných prvků byla tedy navržena optimalizovaná konstrukce, tak aby splnila parametry nosnosti 150 kg. Rozsah nastavení sedačky a opory dolních končetin musí splňovat stejné parametry jako v rychlostním kajaku cca. 800-1000 mm a rozsah posuvné sedačky musí být min. 1,5 m. Z těchto parametrů pak vycházejí minimální celkové rozměry základní konstrukce (Obr. 14)



**Obr. 14 – Základní rozměry zařízení**

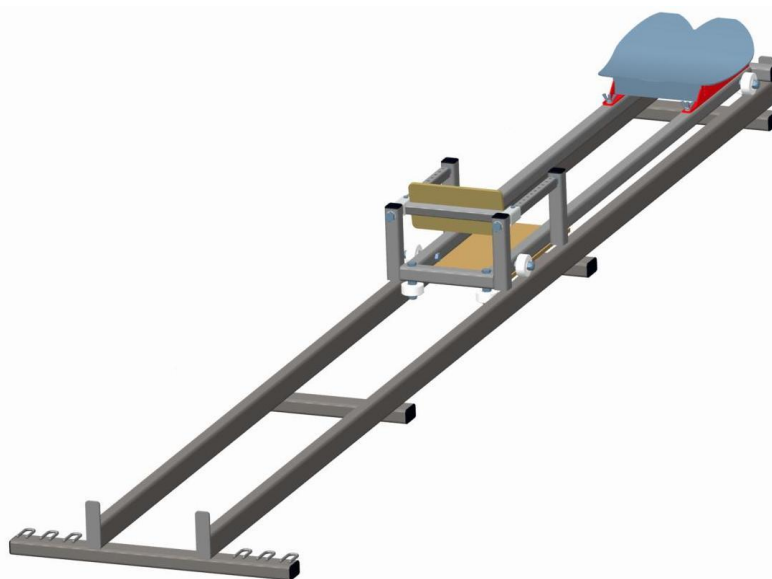
Z obr. 14 je patrné, že záměr přiblížit sezení na zařízení sezení v rychlostním kajaku vyšel. Posuvná sedačka tvarem i rozměrově odpovídá sezení v rychlostním kajaku (Obr. 15)



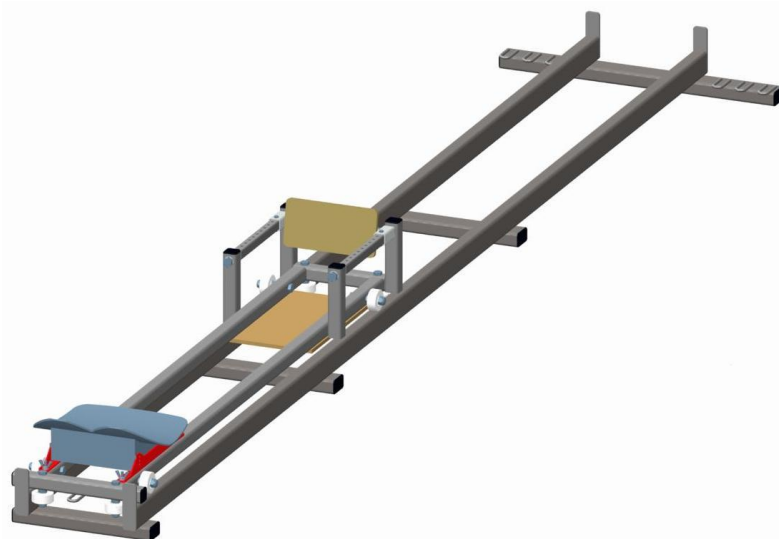
**Obr. 15 – 3D model posuvné sedačka zařízení**

Uchycení žerdě k hlavní nosné konstrukci bylo vyřešeno tím, že na čele hlavní nosné konstrukce jsou navrženy tři oka symetricky na levé i pravé straně pro variabilní připojení lana, které bude spojeno pevně s žerdí a bude se přes toto lano přenášet celá síla pohybu při posuvu sedačky. Spojení je navrženo karabinou, která lze jednoduše přepnout jak z levé nebo pravé strany, taky i dále či blíže od konstrukce, aby byl co nejvíce napodoben stav začátku záběru u rychlostního kajaku. Vzhledem k rozměrům kajaků a proporcím závodníka pak můžeme záběr simulovat směrem více od konstrukce a naopak.

Celá konstrukce zařízení byla nejprve navržena a verifikována jako 3D model (Obr. 16). Po jejím odladění a rozměrovém otestování na 3D modelu (Obr.16a, 16b) mohlo být přistoupeno k výrobě skutečného zařízení.



**Obr. 16a – Přední pohled 3D modelu zařízení**



**Obr. 16b – zadní pohled 3D modelu zařízení**

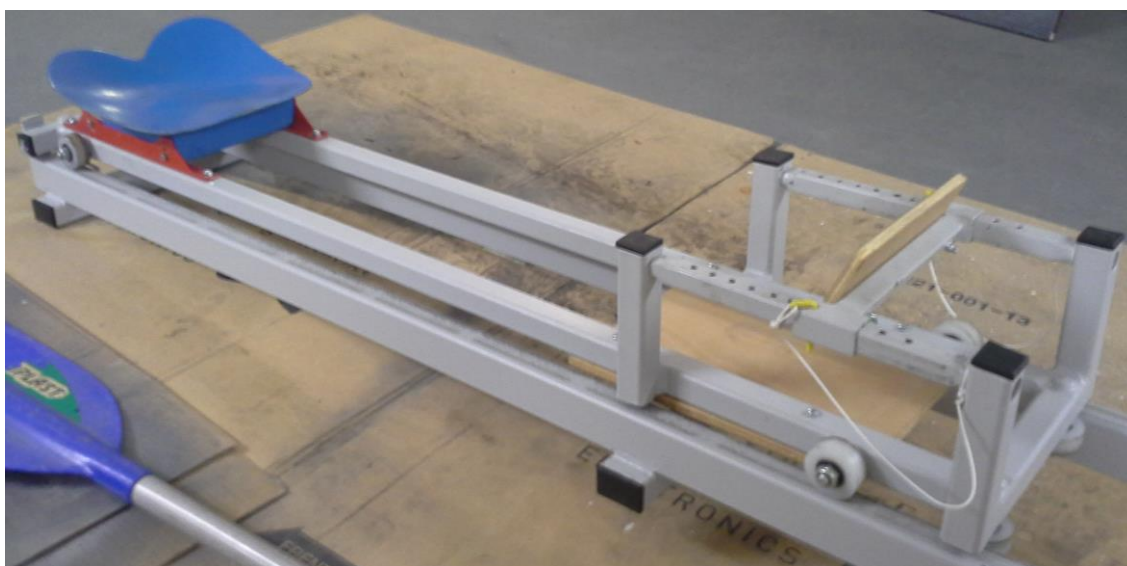
Při výrobě zařízení byli použity jednoduše dostupné materiály. Celá konstrukce byla vyrobena převážně z uzavřených čtvercových a obdélníkových ocelových profilů o rozměrech 50x30x3 a 30x30x3 mm. Materiál těchto profilů byl volen z uhlíkové konstrukční oceli s jakostí S235JR, aby byla zaručena svařitelnost konstrukce. Svary konstrukce zařízení byli provedeny svařovací metodou MAG (metal active gas) s použitím plynu CO<sub>2</sub> vhodným pro svařování tohoto materiálu se zajištěním maximální pevnosti a životnosti konstrukce. Celá konstrukce byla po svaření a sestavení opatřena povrchovou ochranou proti korozi. Povrchová ochrana konstrukce byla provedena nejprve jednou vrstvou základového nátěru a následně dvěma vrstvami vrchního nátěru vodou ředitelné barvy na kovy (Obr. 17).



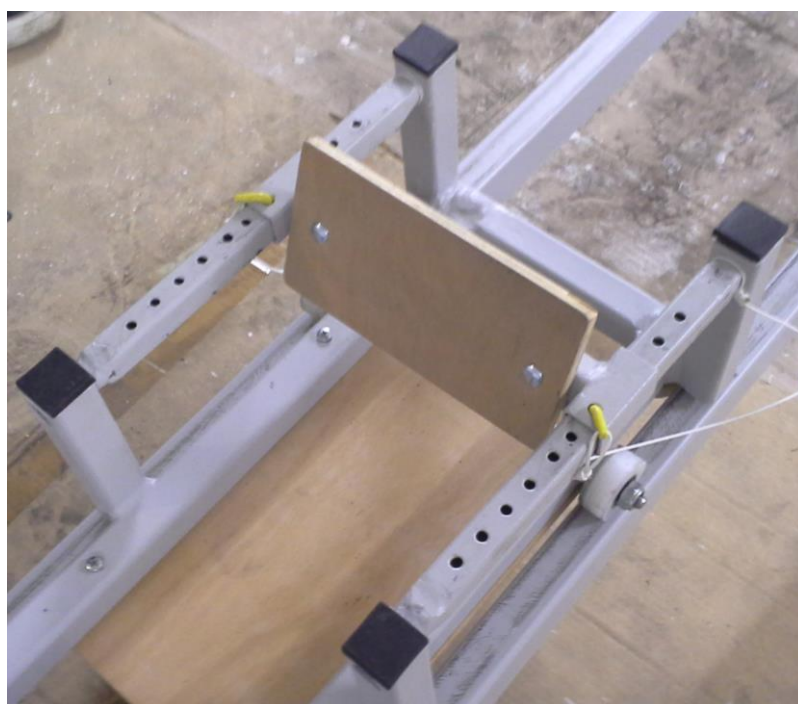
**Obr. 17 - prototyp vyrobeného zařízení**

Aby byla zajištěna co největší podobnost sezení jako v rychlostním kajaku, byla na sezení použita přímo originální sedačka z rychlostního kajaku, na kterou byla přesně vyrobena konstrukce posuvu (Obr. 18). Nastavení libovolné vzdálenosti mezi sedačkou a oporou dolních končetin je řešena přestavitelností opory dolních končetin (Obr. 19). Na každé straně této opory je vložen kolík pro zajištění nastavené vzdálenosti při cvičení. Pokud je potřeba nastavit jinou vzdálenost mezi sedačkou a oporou, tak se jednoduše vyjmou kolíky na obou stranách a nastaví se vzdálenost do požadované polohy. Vložením kolíků v příslušné poloze se zajistí, aby se opora dolních končetin nepohybovala.

U zařízení lze nastavit 11 poloh po 20 mm v rozmezí 812-1012 mm mezi sedačkou a oporou dolních končetin. Toto rozmezí odpovídá rozsahu rychlostního kajaku pro mládež i seniory.



**Obr. 18 – Posuvné sezení zařízení**



**Obr. 19 – Přestavitelnost opory dolních končetin**



## 6. Verifikační měření

Další částí mojí práce bylo otestovat vyrobené zařízení v praxi, hlavně jak vyhovuje závodníkům při cvičení. Testovacím cvičením přímo v posilovně s použitím připojení na posilovací věž bylo prověřeno, že všechny plánované cíle v konstrukci jsou plně funkční při cvičení (Obr. 20). Posuvná sedačka má plynulý chod a v žádné pozici neklade odpor ani při nejvyšší zátěži. Přestavení opory nohou lze také jednoduše a rychle přestavovat. Závodníci, kteří prověřovali testovací cvičení, posoudili funkce a konstatovali, že zařízení vykazuje nějaké nedostatky, které by bránily nebo ztěžovaly či prodlužovali cvičení.



**Obr. 20 – Testovací cvičení zařízení**

Dalším krokem v rámci testování a posouzení, zda je zařízení vhodné k porovnávání záběru na rychlostním kajaku bylo provedení povrchového měření EMG u vybraných svalových skupin zajišťujících pohyb při pádlování na rychlostním kajaku. Pro provedení měření EMG, byli vybráni tři dobrovolníci ze seniorského reprezentačního družstva rychlostní kanoistiky. U těchto závodníků je předpoklad, že mají všichni zvládnutou techniku pádlování na rychlostním kajaku, a že lze provádět měření s maximálním zatížením tak, aby byl stále technicky zvládnut rychlostní záběr. Měření bylo provedeno současně jak na vyrobeném zařízení, tak i přímo při jízdě na rychlostním kajaku v loděnici Dukly Praha. Měření pak bylo ještě rozděleno do třech fází podle zatížení. Nejnižší zatížení bylo simulováno jako technická jízda. Závodník se na vodě snažil jet co nejlépe technicky bez snahy silového záběru. Střední zatížení bylo simulováno jako traťové tempo při závodu 500 m. A poslední maximální

zatížení bylo simulováno jako start při závodu 200 m, tedy maximální rychlost, kterou závodník dokáže při jízdě na rychlostním kajaku vyvinout.

## 6.1 Vstupní data a výběr svalů k měření

Vstupní data byly získávány pomocí přenosného elektromyografického měřicího zařízení, které bylo vyvinuto na UK FTVS v Praze. K dispozici jsme měli 12 kanálů pro přenos EMG potenciálů ze svalů.

Pro povrchové měření EMG bylo použito 12 dvojic plochých elektrod o průměru 7 mm s jedním uzemněním. Vzhledem k tomu, že měření bylo prováděno současně na vyrobeném prototypu zařízení a při jízdě na rychlostním kajaku, bylo zajištěno, že nastavení i umístění elektrod bude stejné a porovnání výsledků nebude degradováno tím, že by nebylo dodrženo přesně stejné nastavení či umístění elektrod.

Výběr svalů k měření byl řešen ze dvou hledisek. První hledisko bylo to, že se musí jednat o základní svaly, které zajišťují pohyb při jízdě na rychlostním kajaku. Druhé hledisko pak bylo i to, přiblížit a případně porovnat naše měření i z jiných v minulosti již provedených měření. Z tohoto důvodu pak bylo vybráno prvních 7 svalů shodných s měřením prováděným při jízdě na rychlostním kajaku a na trenažéru s pevnou sedačkou (Dufková, 2011):

- m. latissimus dorsi
- m. triceps brachii
- m. biceps brachii
- m. serratus anterior
- m. obliquus externus abdominis
- m. pectoralis major
- m. quadriceps femoris (vastus lateralis)

Elektrody u těchto svalů byly nalepeny a snímány z levé strany. U m. obliquus externus abdominis a m. quadriceps femoris (vastus lateralis) byly elektrody nalepeny i na pravou stranu. Dále byl ještě vzhledem k provádění pohybu při jízdě na rychlostním kajaku zvolen i m. gastrocnemius – medial part, také na levé a pravé straně. A poslední zbývající dvojice elektrod byla nalepena a snímala nám signál z m. infraspinatus na levé straně. Jednotlivé kanály v měřicím zařízení měli pak všichni dobrovolníci přiřazeny po celou dobu měření stejně (Tabulka 1). Nalepení elektrod bylo provedeno co možná nejpodobněji u všech závodníků (Obr. 21a, 21b, 21c).

Tabulka 8 - Přiřazení kanálů měřicího zařízení k vybraným svalům

Č. kanálu	Sval	Strana
Channel 1	M. biceps brachii	Levá
Channel 2	M. triceps barchii	Levá
Channel 3	M. pectoralis major	Levá
Channel 4	M. serratus anterior	Levá
Channel 5	M. latissimus dorsi	Levá
Channel 6	M. infraspinatus	Levá
Channel 7	M. obliquus externus abdominis	Levá
Channel 8	M. obliquus externus abdominis	Pravá
Channel 9	M. quadriceps femoris	Levá
Channel 10	M. gastrocnemius - medial part	Levá
Channel 11	M. quadriceps femoris	Pravá
Channel 12	M. gastrocnemius - medial part	Pravá



Obr. 21 – Nalepení elektrod

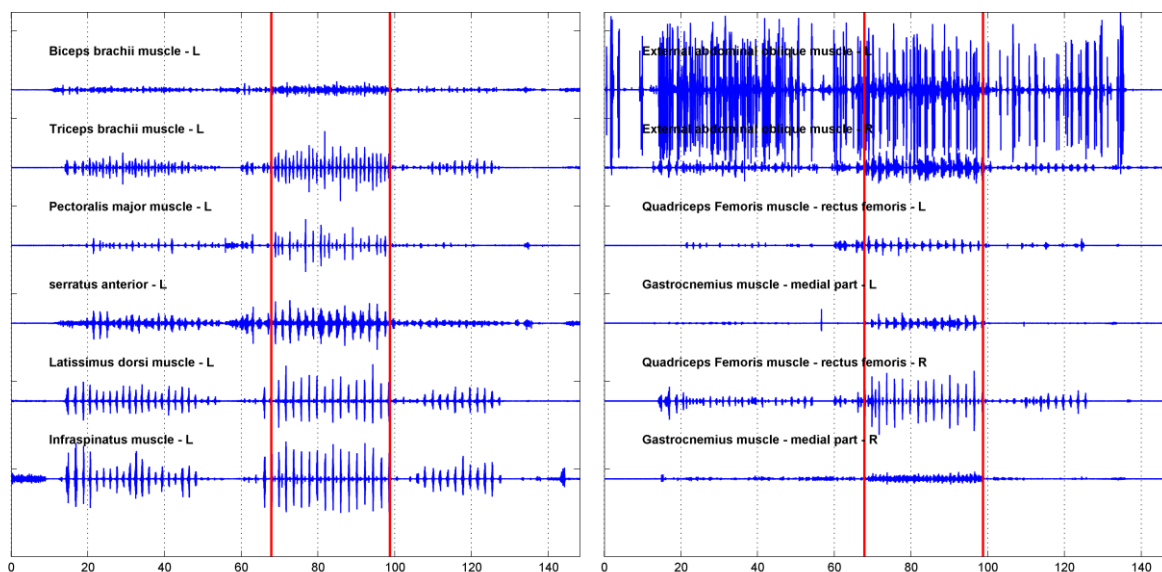
21a – přední pohled, 21b – boční pohled z levé strany, 21c – zadní pohled

## 6.2 Způsob vyhodnocení měření

Vzhledem k tomu, že se nejedná o úplně shodný pohyb na vyrobeném zařízení jako na rychlostním kajaku, kde se střídá levý a pravý záběr cyklicky a na zařízení se střídá po jednotlivých odvíčených sadách, musíme tento fakt brát i ve vyhodnocení a posuzovat jen tahovou fázi záběru na rychlostním kajaku. K vyhodnocení tedy dojde pouze v úrovni tahové fáze záběru. Nejtěžší tedy vzhledem k vyhodnocení bude určit správnou výseč průběhu měření na rychlostním kajaku a porovnat ji z výsečí tahu na vyrobeném zařízení.

Měření budeme vyhodnocovat podle jednotlivce ve třech úrovních zatížení jak na posilovacím zařízení, tak i na rychlostním kajaku. Jednotlivé sady měření se nejprve vyhodnotí zvlášť a pak dojde k porovnání vyhodnocených měření vzhledem k zatížení na zařízení a na kajaku a následně pak můžeme porovnat i jednotlivce mezi sebou.

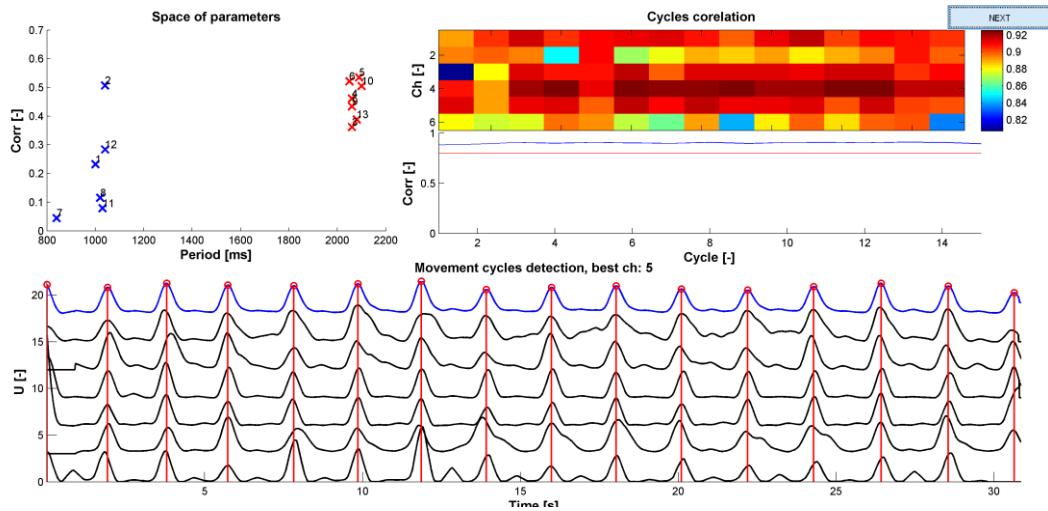
Vyhodnocení jednotlivých sad měření proběhlo shodně, a proto zde popisují pouze jeden příklad vyhodnocení, který se pak opakuje stejně pro každou sadu měření. U každé sady se nejprve musí určit začátek a konec signálu pro konkrétní sadu měření pro všechny kanály současně (Obr. 22).



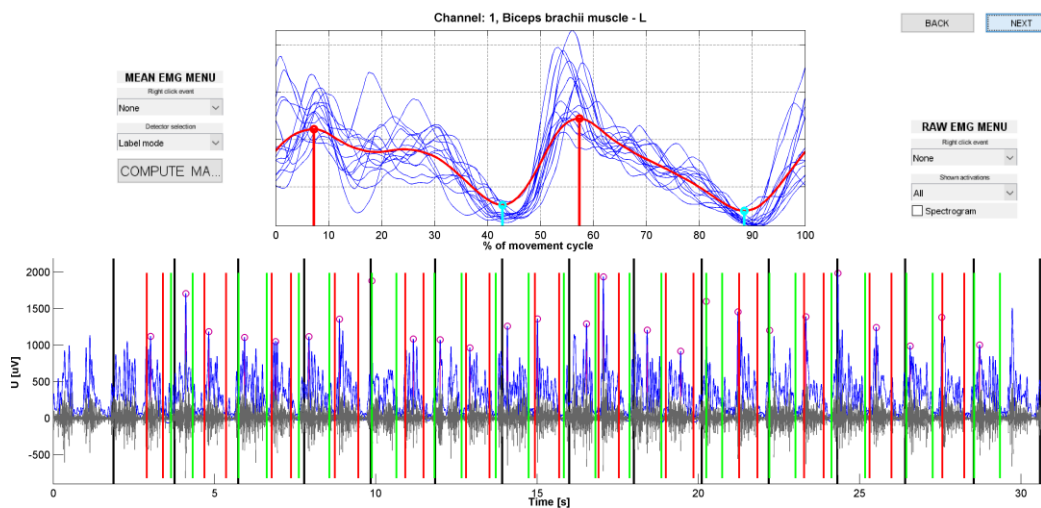
Obr. 22 – Výběr signálu pro sadu měření

V této výseči signálu pak dojde k výběru segmentace a tím k určení jednoho cyklu záběru (Obr. 23). Následně se jednotlivé segmenty vyhodnotí a naskládají se přes sebe a výpočtem se vytvoří jedna průměrná křivka jednoho kanálu a jednoho cyklu (Obr. 24). Následně se vyhodnotí jeden zprůměrovaný cyklus pro všechny kanály pro jednu sadu měření (Obr. 25).

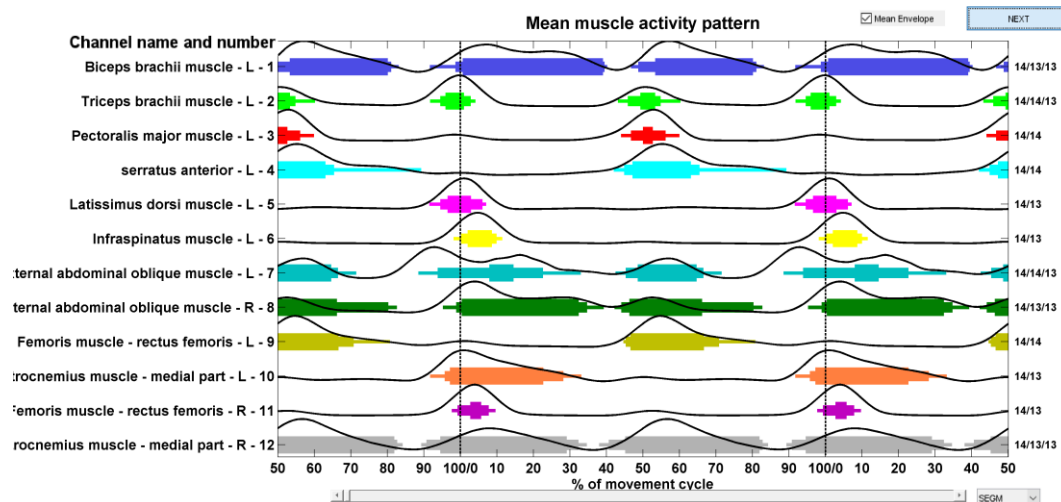




Obr. 23 – Výběr segmentace



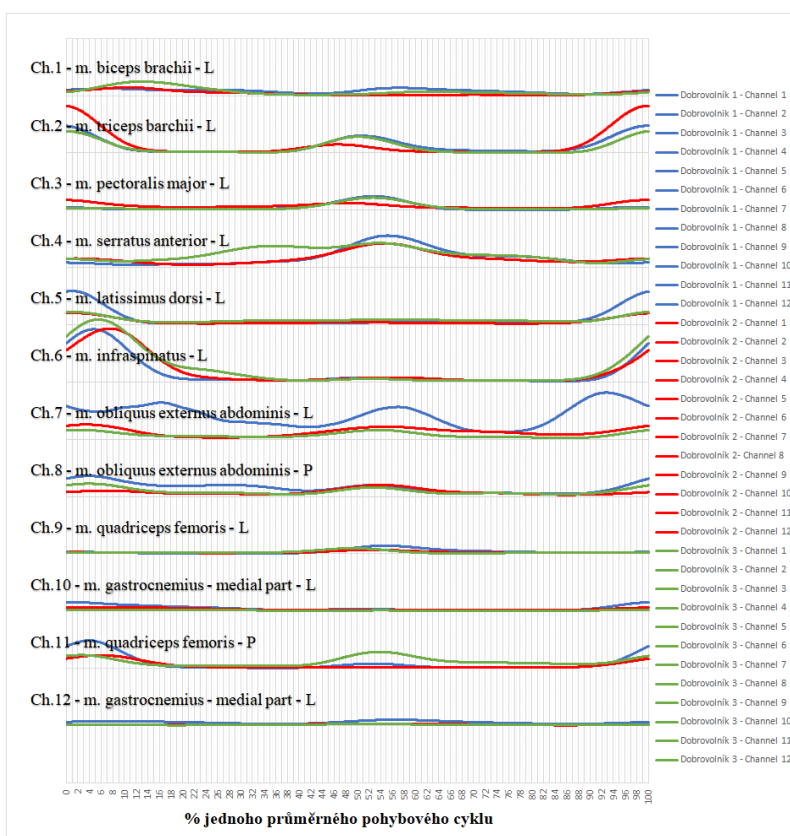
Obr. 24 – Výsledná křivka jednoho segmentu a jednoho kanálu



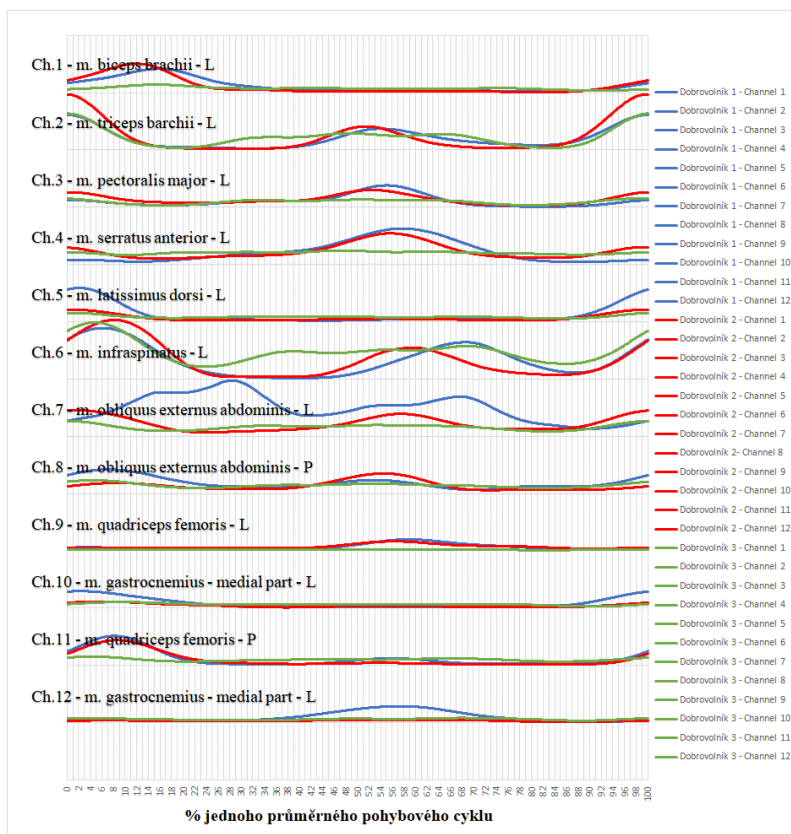
Obr. 25 – Výsledné křivky jednoho segmentu všech kanálů

Pokud, bychom porovnávali stejně cyklické pohyby, pak by výsledné křivky všech kanálů stačili k porovnání mezi sebou. Tyto výsledky znázorňují průměrné hodnoty celého cyklu záběru, tedy všechny fáze záběru na rychlostním kajaku. Proto byli nejdříve vyhodnoceny samostatně křivky aktivace svalů z měření na vodě, a to ve dvou rovinách nejprve byli porovnáni všichni tři dobrovolníci s nejnižší zátěží – technika (Graf 1), střední zátěží – tempo 500 m (Graf 2), nejvyšší zátěží – start (Graf 3) a následně bylo provedeno porovnání jednoho každého dobrovolníka se všemi třemi stavy zatížení – dobrovolník 1 (Graf 4), dobrovolník 2 (Graf 5), dobrovolník 1 (Graf 6). Následně bylo ještě provedeno vyhodnocení každého dobrovolníka ve všech stavech zatížení na vyrobeném zařízení – dobrovolník 1 (Graf 7), dobrovolník 2 (Graf 8), dobrovolník 1 (Graf 9).

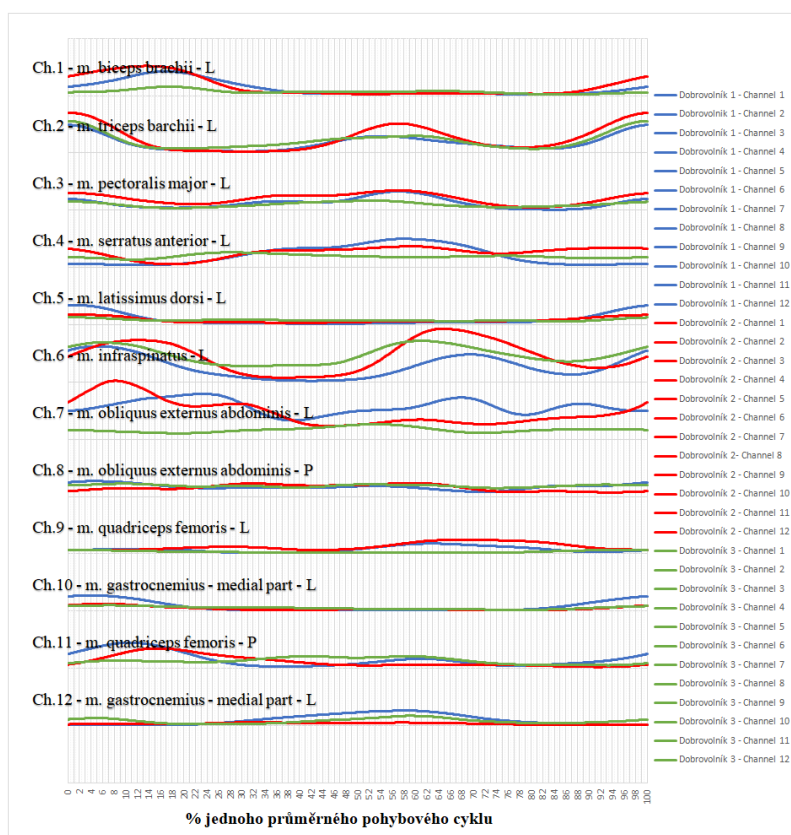
### 6.3 Výsledky



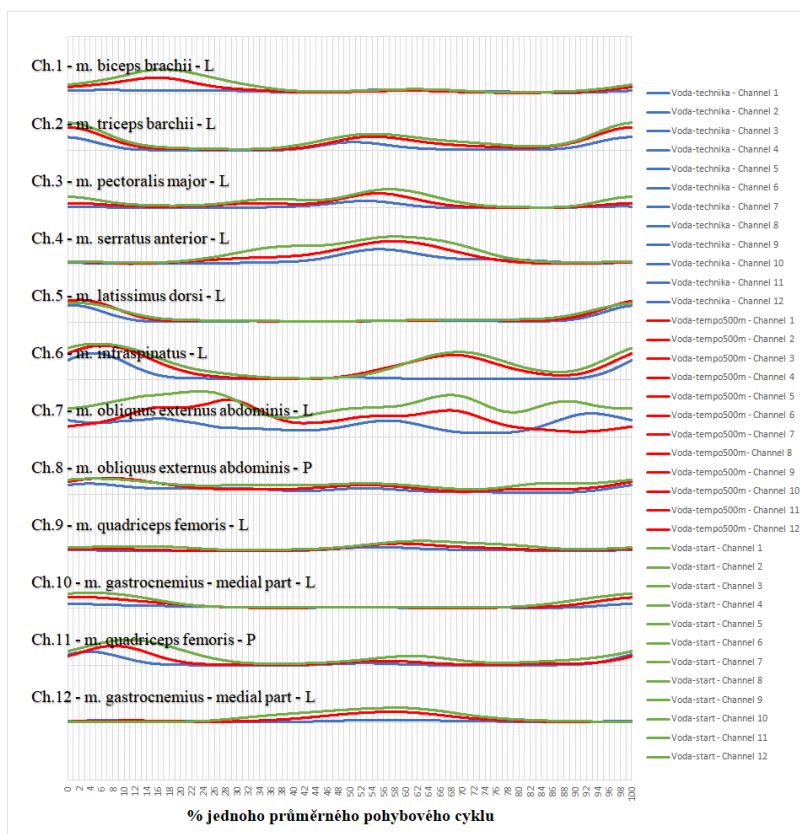
Graf 1 – Dobrovolníci v jednom cyklu se zatížením – technika na vodě



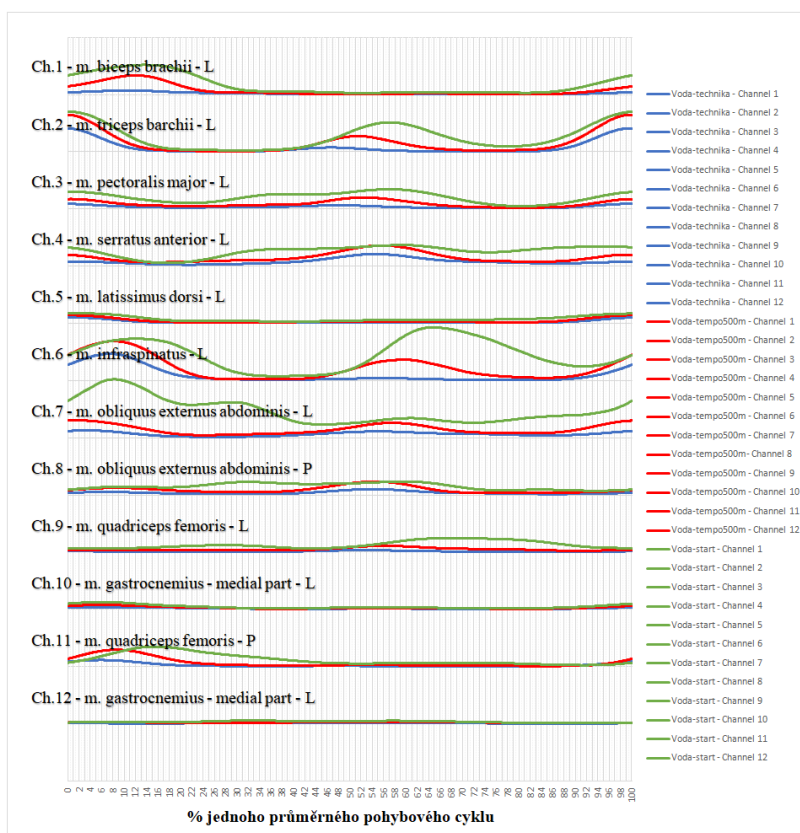
**Graf 2 – Dobrovolníci v jednom cyklu se zatížením – tempo 500 m na vodě**



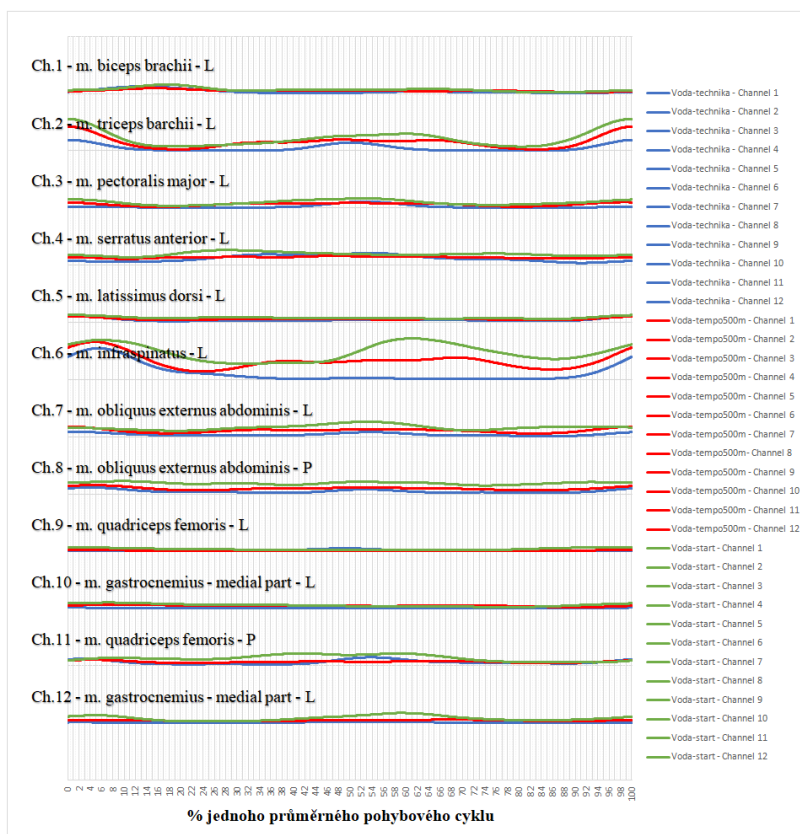
**Graf 3 – Dobrovolníci v jednom cyklu se zatížením – start na vodě**



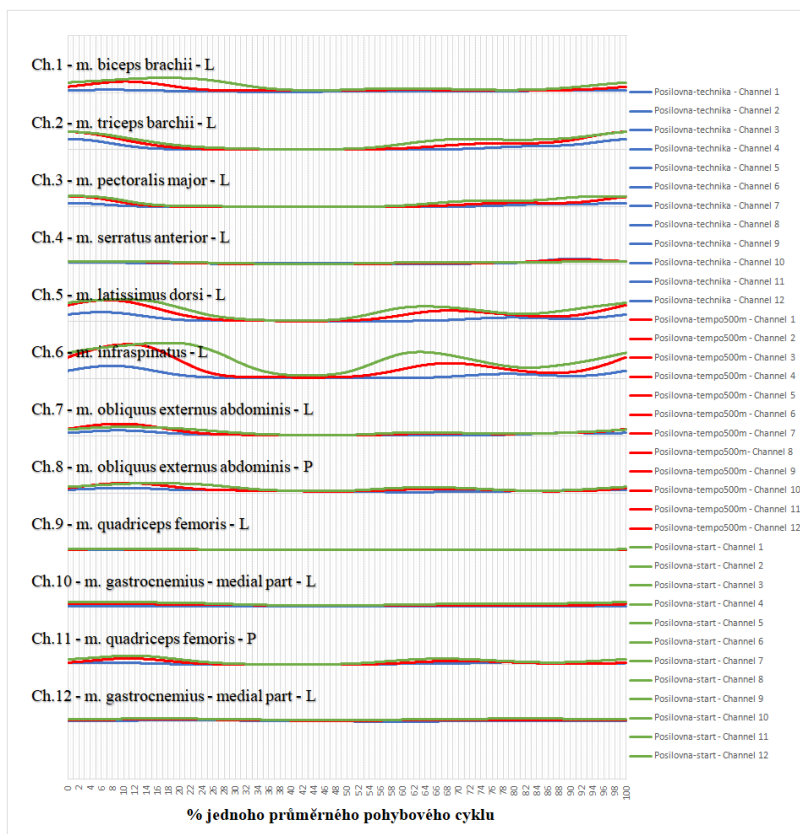
**Graf 4 – Dobrovolník 1 v jednom cyklu s různým zatížením na vodě**



**Graf 5 – Dobrovolník 2 v jednom cyklu s různým zatížením na vodě**

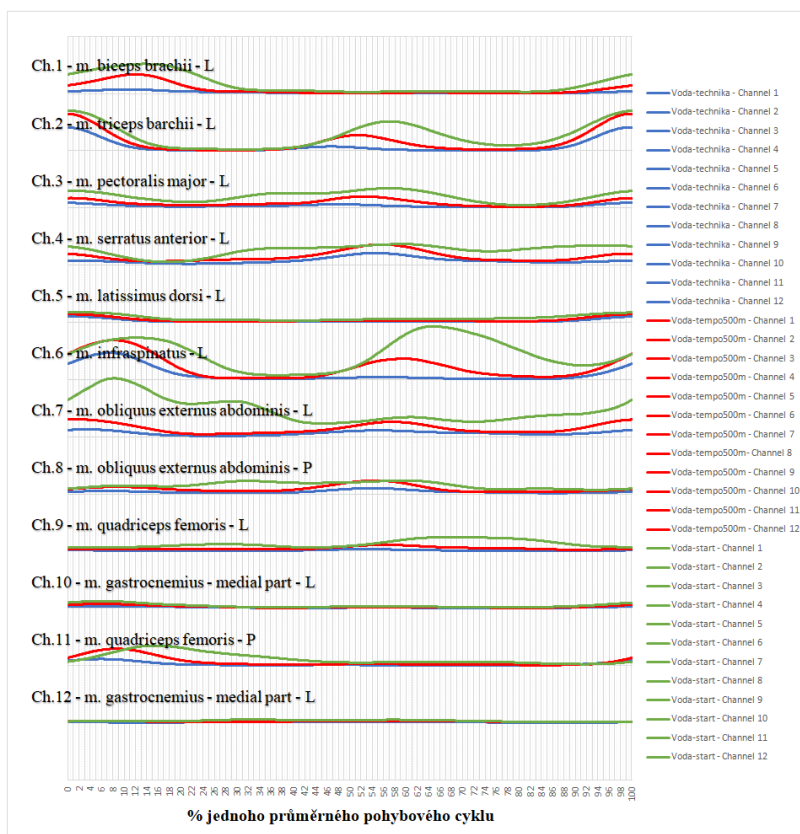


**Graf 6 – Dobrovolník 3 v jednom cyklu s různým zatížením na vodě**

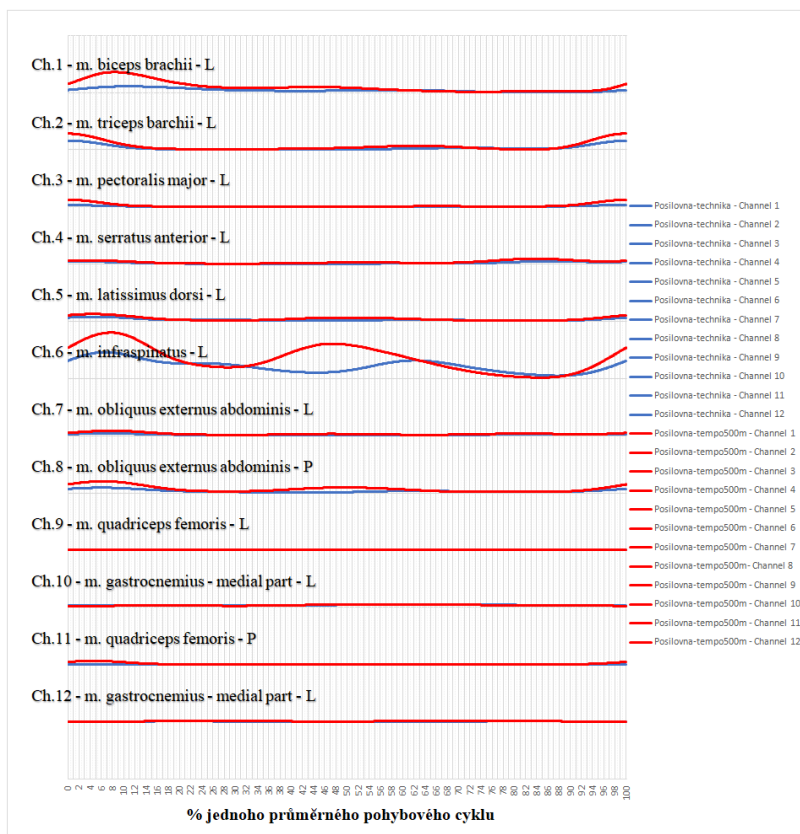


**Graf 7 – Dobrovolník 1 v jednom cyklu s různým zatížením na vyrobeném zařízení**





**Graf 8 – Dobrovolník 2 v jednom cyklu s různým zatížením na vyrobeném zařízení**

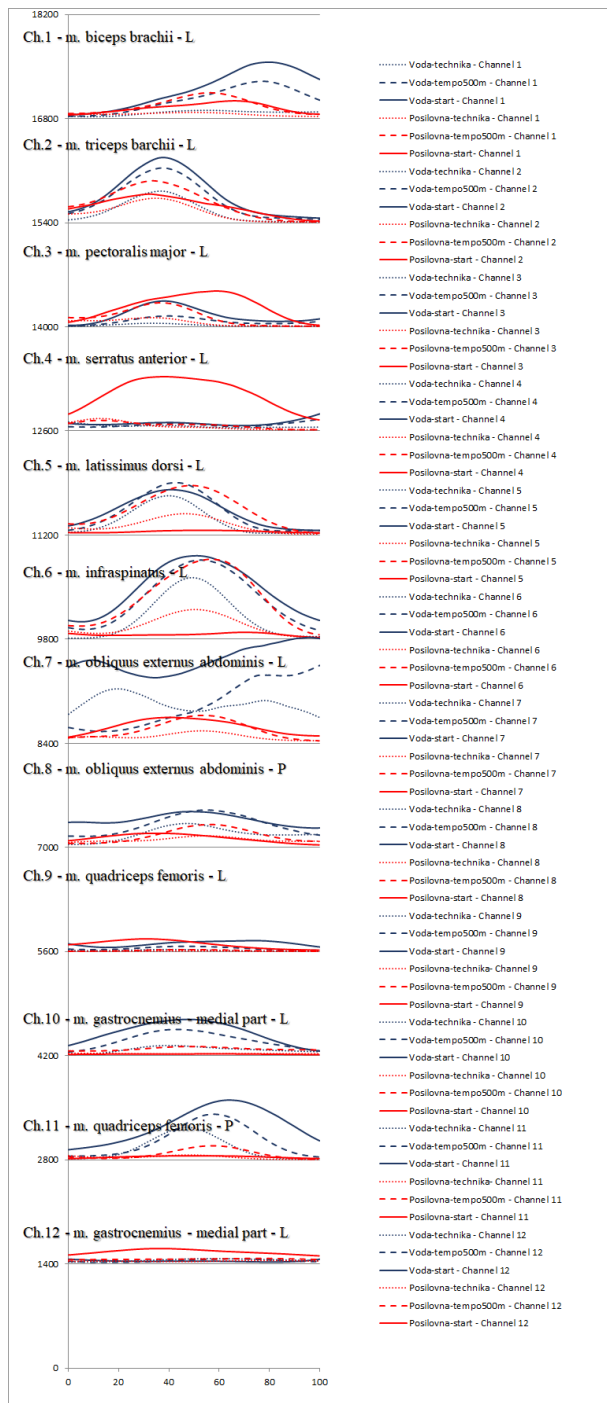


**Graf 9 – Dobrovolník 3 v jednom cyklu s různým zatížením na vyrobeném zařízení**

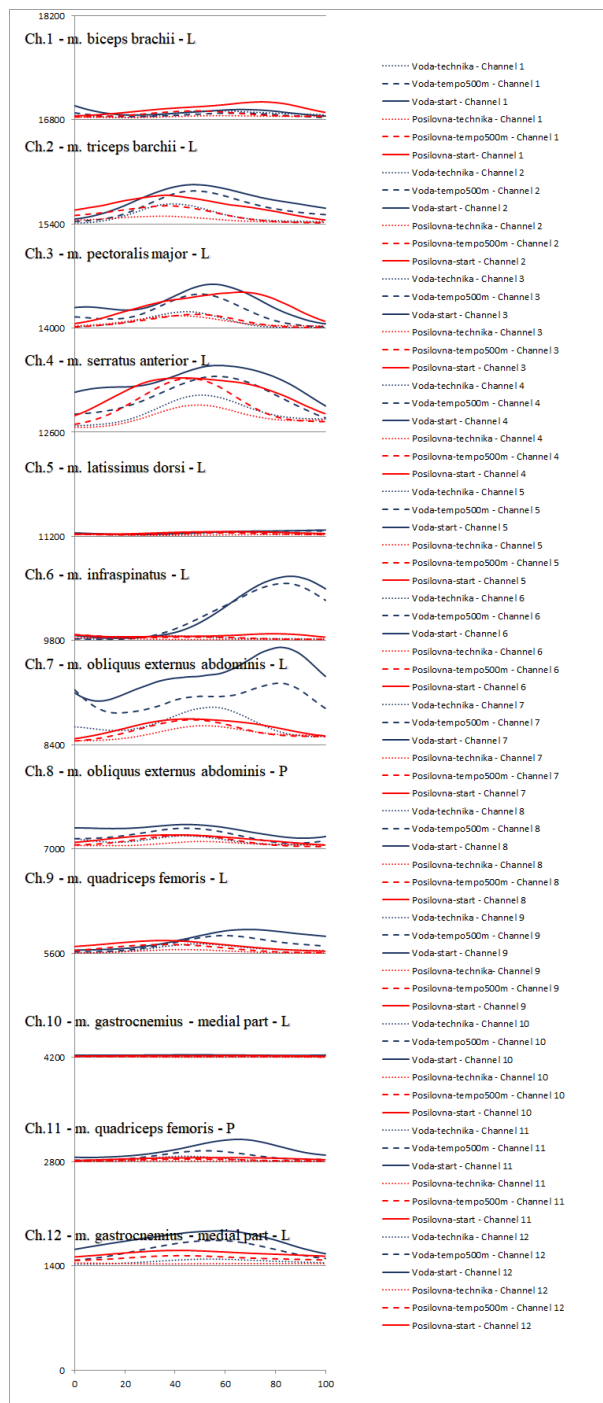
## 6.4 Porovnání výsledků

Pro porovnání jednotlivých křivek aktivace svalů na vodě s našim vyrobeným zařízením je však přímo nelze porovnat přímo z výsledky grafů, neboť jak již bylo popsáno, na našem zařízení nedochází vůbec k některým fázím rychlostního záběru, a tudíž části křivky v těchto fázích nemohou být shodné a nelze je takto porovnávat. Je tedy ještě nutné provést výřez pouze fáze tažení a vytažení záběru z hlediska toho, že známe celý proces záběru a dále známe a našimi výsledky jsme si potvrdili, kdy dochází k aktivaci jednotlivých svalů v jednotlivých fázích záběru na rychlostním kajaku. Vzhledem k tomu, že byli snímací elektrody umístěny převážně na levé straně všech dobrovolníků je nutné provést porovnání výsledků jednak, kdy dochází k tahové a výtahové fázi s levou horní končetinou pod pravou a naopak.

Grafy na vodě byly tedy vyřezány na příslušné části takto: Pro tah horní levé končetiny byly použity průměrně výřezy 85-25 % z jednoho cyklu na vodě a pro tah pravé horní končetiny byly použity průměrně výřezy 35-75 % z jednoho cyklu na vodě a přeneseny na cyklus fáze pouze tažení a vtažení 0-100 %. K tomu byly pak stejným způsobem nefázovány výsledky z grafů na vyrobeném zařízení. Porovnáno pak vše bylo s ohledem na výsledky pro jednotlivé dobrovolníky zvlášť, aby nebylo porovnání znehodnoceno různou technikou pádlování jednotlivých dobrovolníků při různých stavech zatížení – dobrovolník 1 (Graf 10, 11), dobrovolník 2 (Graf 12), dobrovolník 1 (Graf 14). U dobrovolníků 2 a 3 byly měřeny pouze jednotlivé stavy zatížení pro levou horní končetinu z důvodu nalepených snímacích elektrod vlevo, a z časové náročnosti měření.

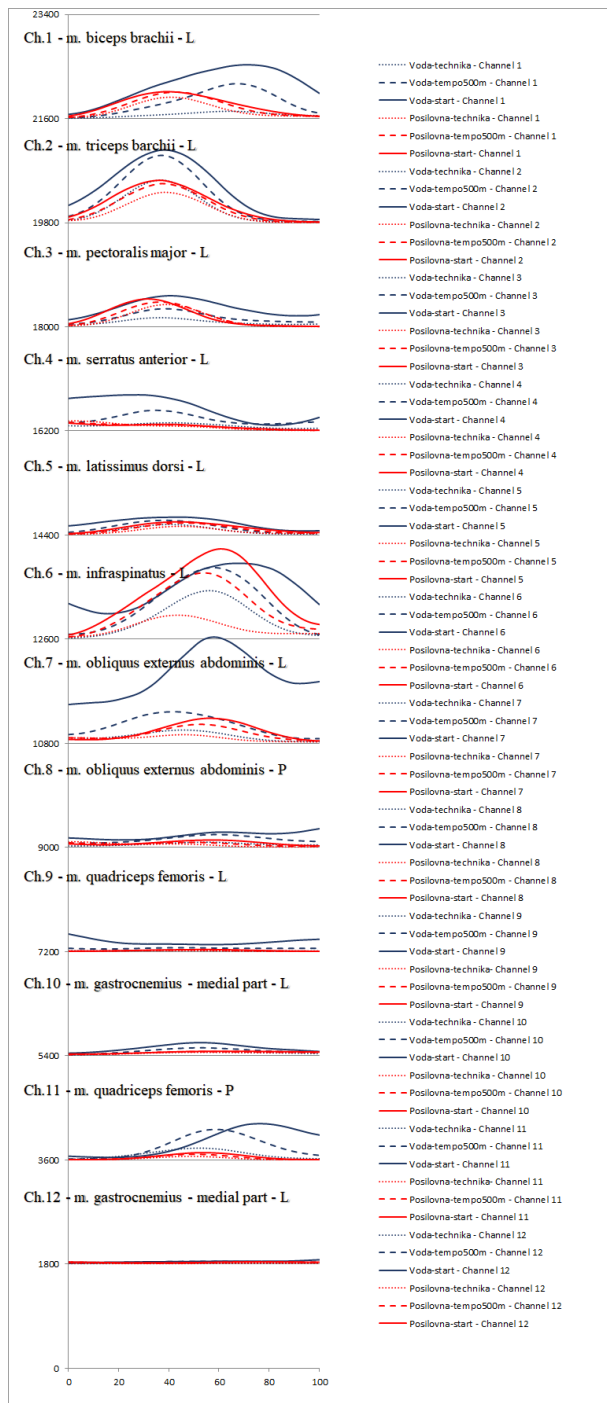


**Graf 11 – Dobrovolník 1**  
**Levá dolní končetina v tahu**

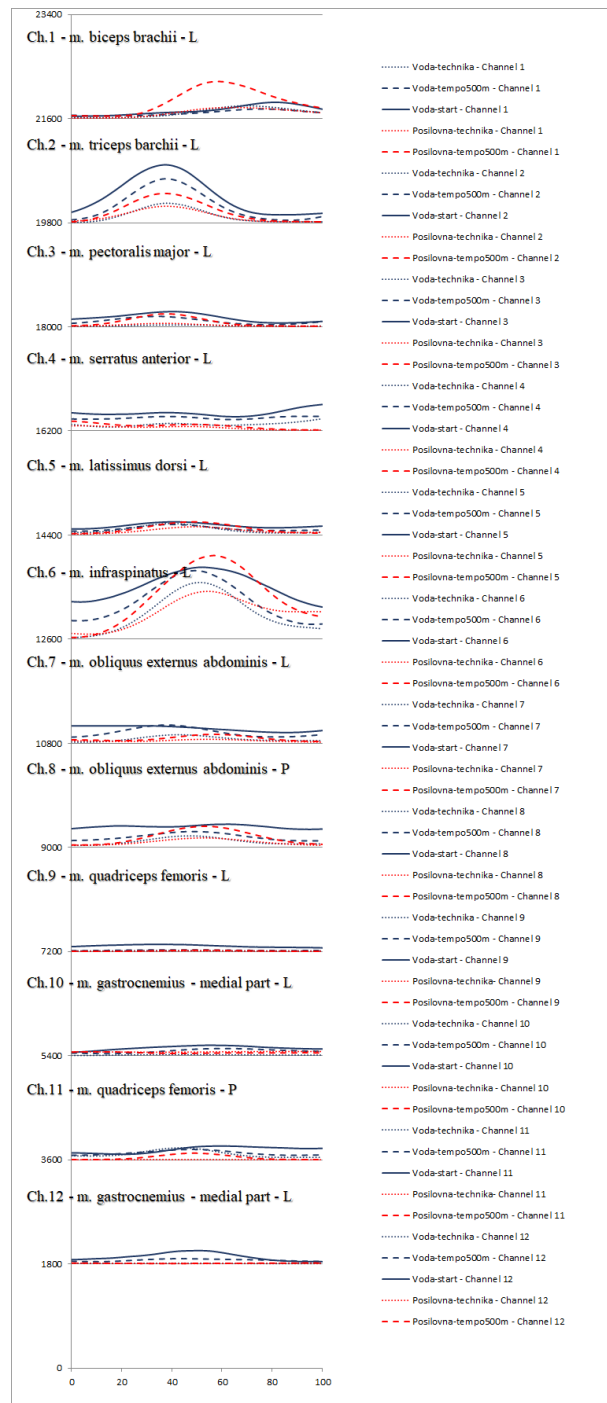


**Graf 12 – Dobrovolník 1**  
**Pravá dolní končetina v tahu**





**Graf 13 – Dobrovník 2**  
**Levá dolní končetina v tahu**



**Graf 14 – Dobrovník 2**  
**Levá dolní končetina v tahu**

## 7. Další využití zařízení

Při provádění této práce tedy výroby a měření na našem zařízení a vyhodnocení se prokázalo, že při práci s žactvem a dorostem, lze výborně využít obecně trenažer s posuvnou sedačkou pro nácvik techniky fáze tažení a vytažení rychlostního záběru. Na vodě je totiž těžké vysvětlit a ukázat mladšímu závodníkovi, jak se má například vytočit, či natáhnout ruku. Při nácviku nasuchu je zase problém s tím, že při předvádění záběru neklade nic na žerd' pádla odpor. Proto je ideální pro nácvik techniky na suchu využít právě trenažer s posuvnou sedačkou, kde lze přesně simulovat jakoukoliv část fáze tažení a vytažení dle potřeby a přesně tak okamžitě se závodníkem rozebrat a vysvětlit co dělá dobře nebo špatně. Je samozřejmé že u žactva a dorostu není vůbec potřeba řešit vysoké zatížení, ale pouze minimální zátěž pro vyvinutí odporu žerdě pádla.

Proto bylo ještě vyrobeno další prototypové zařízení, které v současné době testují dva rychlostní oddíly pro práci z mládeží. Toto zařízení bylo navrženo, tak aby bylo mobilní a nebyli u něj kladeny takové nároky na to, aby vydrželo velká zatížení, ale na to, aby bylo lehce přenosné a použitelné například i na soustředěních nebo třeba jen na technickou část tréninku. Proto bylo zařízení řešeno jako nakloněná rovina s hliníkovou konstrukcí. Zatížení lze pak řešit dalším závažím nebo případně elastickou šňůrou jako u jiných trenažerů s posuvnou sedačkou (Obr. 26, 27).



**Obr. 26 – Mobilní zařízení**



**Obr. 27 – Mobilní zařízení  
při práci s žactvem a dorostem**

## 8. Diskuze

Z porovnaných výsledků je patrné, že začátky aktivace svalových skupin, které jsou využívány ve fázi tažení a vtažení dochází shodně jak na vodě, tak i na použitém zařízení, zvláště pak u levé horní končetiny, která je v tahu (Graf 11, 13, 14). U měření, kdy je v tahu pravá horní končetina jsme bohužel k náročnosti měření a vyhodnocení měli pouze výsledky jednoho dobrovolníka (Graf 12). I z tohoto grafu je patrné, že k začátku aktivace svalových skupin dochází současně, jak při jízdě na rychlostním kajaku, tak na vyrobeném zařízení. Z jednotlivých křivek na vodě je zřejmé, že dochází i k aktivaci svalů, z důvodu udržení stability na kajaku a u křivek z vyrobeného zařízení pak vyplývá že dobrovolník nemusí bojovat se stabilitou a převážně aktivuje jen hlavní pracovní skupiny svalů. Dále lze ještě pozorovat u dobrovolníka 1, že při cvičení na vyráběném zařízení s nejvyšší zátěží už dobrovolník 1 neovládá správný technický záběr a využívá už pro vykonání cviku jiné svalové skupiny. Konec aktivace svalových skupin už se pak začíná mírně lišit, což souvisí znovu stabilitou a technikou záběru jednotlivce.

## 9. Závěr

Vzhledem k malému počtu měřených dobrovolníků nemůžeme úplně výsledky zobecnit. Lze však konstatovat, že oba úkoly a cíle mé práce byli splněny. Vyvinuté posilovací zařízení je vhodné pro rozvoj svalových skupin, a to hlavně pro fázi záběru tažení a lze ho využívat pro rozvoj svalových skupin a techniky záběru obou horních, jak ukazuje porovnání výsledků měření metodou EMG.

Nelze toto vyvinuté posilovací zařízení však hodnotit jako komplexní náhradu jízdy na rychlostním kajaku. Nelze využít jako plnohodnotná náhrada za pádlování na rychlostním kajaku například v zimním období, jelikož zde nedochází vůbec k aktivaci stabilizačních svalových skupin.

Pokud se však bude využívat se správným účelem tzn. k rozvoji dynamiky a posílení svalových skupin v záběrové fázi tažení a vytažení nebo z hlediska nácviku techniky s nízkým zatížením má v sobě velký potenciál pro rozvoj a posun výkonosti nejen juniorů a seniorů, ale také žactva a dorostu.

## 10. Seznam bibliografických citací

1. BALLOVÁ, K., Diplomová práce, *Posouzení změn výsledků Wingate testu horních končetin v jednotlivých obdobích ročního tréninkového cyklu rychlostních kanoistů*, Praha, UK FTVS, 2007
2. DOKTOR, M., Diplomová práce, *Technika a taktika pádlování v rychlostní kanoistice – disciplína C1*, Praha, UK FTVS, 2001
3. DUFKOVÁ, A., Disertační práce, *Srovnání kineziologického obsahu pohybu při záběru vpřed na rychlostním kajaku a pádlovacím trenažéru*, Praha, UK FTVS, 2011
4. MAREŠ, J., *Školení trenérů III.třídy – rychlostní kanoistika*, Olympia, 2003
5. RIDGE B. R. a kol., Responses to kayak ergometer performance after kayak and bicycle ergometer training, *Medical Sciences of Sports*, 1976
6. SOUČEK, J. Diplomová práce, *Technika pádlování a taktika jízdy na K4 1000 m*, Praha, UK FTVS, 2006

Internetové zdroje:

<https://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/kineziologie/auth/index.html>

<http://www.kanoec.cz>

<http://www.kayakpro.com/>

## 11. Přílohy

### Příloha 1 – Fotodokumentace z měření



Obr. 28 – Levá horní končetina v tahu na vyrobeném zařízení



Obr. 29 – Pravá horní končetina v tahu na vyrobeném zařízení





**Obr. 30 – Pravá horní končetina v tahu při jízdě na rychlostním kajaku**



**Obr. 31 – Levá horní končetina v tahu při jízdě na rychlostním kajaku**

## **Příloha 2 – Formulář pro informovaný souhlas dobrovolníka z měření**

Já, níže podepsaný/á:

.....

Souhlasím, že jsem byl/la v rozhovoru s řešitelem závěrečné práce dostatečně a srozumitelně seznámen/na s účelem a cílem závěrečné práce.

Měření bude prováděno za účelem závěrečné práce v rámci trenérské školy, trenéra licence A, FTVS UK v Praze.

Byl/la jsem informován/na o tom, jakou formou bude měření probíhat. Byl/la jsem informován/na o způsobu dokumentace a prezentace této závěrečné práce. Byl/la jsem informován/na o tom, že veškeré mnou poskytnuté osobní údaje budou dokumentovány bez uvedení mého jména a příjmení. Bylo mi umožněno si rozvážit a zeptat se na vše, co považuji za podstatné.

S postupem a metodami měření souhlasím.

V Praze dne .....

Podpis .....

Informace sdělené dobrovolníkovi:

V rámci měření budou snímány elektrické potenciály z vybraných svalů metodou povrchové elektromyografie. Měření bude probíhat tak, že nejprve dojde k nalepení elektrod pomocí náplastí a aplikačního gelu speciálně vyvinutého pro snímání povrchového EMG na nejvhodnější lihem očištěná místa. Následně proběhnou sady měření v posilovně na vyrobeném zařízení a dále proběhne sada měření při jízdě na rychlostním kajaku. Přístroj pro záznam z měření bude umístěn kolem pasu při všech měřeních. Výsledky budou zpracovány a vyhodnoceny anonymně. V prezentaci výsledků a jejich porovnání nebudou uveřejněny žádné osobní informace (příjmení, jméno, rok narození).