

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**2020**

**Bc. Veronika Szabóová**

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**Komparační analýza aktivity vybraných svalů při šplhu  
na laně, shybu a jeho modifikacích**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

**doc. PaedDr. Bronislav Kračmar, CSc.**

Vypracoval:

**Bc. Veronika Szabóová**

Praha, prosinec 2020

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla a řádně citovala 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 autora práce

## Evidenční list

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

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

---



## **Poděkování**

Mé upřímné poděkování patří panu doc. PaedDr. Bronislavovi Kračmarovi, CSc. za odborné vedení, konzultace a trpělivost při zpracovávání této diplomové práce. Dále děkuji paní Mgr. Radce Bačákové, Ph.D. za pomoc s realizací výzkumu a při transferu a zpracování dat z instrumentária, paní PhDr. Jitce Malé, Ph.D. za podnětné a konstruktivní připomínky a panu Ing. Tomáši Karlovi, Ph.D. za pomoc a rady při statistickém zpracování dat. Děkuji všem probandům za výbornou spolupráci, ochotu a trpělivost při realizaci výzkumu. V neposlední řadě děkuji za podporu během celého mého studia mé rodině, příteli a blízkým přátelům.

## **Abstrakt**

**Autor:** Bc. Veronika Szabóová

**Název:** Komparační analýza aktivity vybraných svalů při šplhu na laně, shybu a jeho modifikacích

**Cíle:** Cílem teoretické části diplomové práce je rešerše dostupné literatury zaměřující se na problematiku šplhu na laně a jeho tréninkové prostředky. Cílem praktické části diplomové práce je posouzení míry koordinační shody zapojení vybraných svalů z hlediska timingu při šplhu na laně bez dopomoci dolních končetin jakožto referenčního pohybu se specifickými tréninkovými prostředky využívanými v jeho tréninku.

**Metody:** Diplomová práce má charakter deskriptivní komparativně analytické studie. Ve výzkumu je sledována aktivita deseti vybraných svalů při šplhu na laně, shybu podhmatem, šplhačském přitahu nízkém a šplhačském přitahu vysokém. Rozhodující metodou výzkumu je povrchová elektromyografie. Výzkum byl proveden u záměrně vybraného vzorku jedenácti probandů z řad aktivních závodníků ve šplhu na laně. Práce hodnotí pořadí nástupu svalové aktivity u shybu a jeho modifikací vzhledem k pořadí nástupu aktivity těchto svalů u referenčního pohybu – šplhu na laně. K detekci svalové aktivity byla využita metoda prahování. Pro vyhodnocení vzájemného vztahu mezi proměnnými a ke statistickému testování stanovených hypotéz byl zvolen Spearmanův korelační koeficient.

**Výsledky:** Průměrný pohybový cyklus šplhu na laně z hlediska timingu sledovaných svalů vykazuje statisticky signifikantní rozdíl v porovnání s průměrným pohybovým cyklem shybu podhmatem, šplhačského přitahu nízkého i šplhačského přitahu vysokého téhož probanda u 90,9 % probandů. Z výzkumu obecně nevyplývá, že by varianty šplhačských přitahů byly vhodnějším tréninkovým prostředkem s vyšší mírou koordinační shody z hlediska timingu se šplhem na laně než klasický shyb podhmatem. Výška úchopu lana při šplhačském přitahu ovlivňuje timing svalové aktivity a tím i míru koordinační shody se šplhem.

**Klíčová slova:** shyb podhmatem, EMG, kineziologická analýza, elektromyografie, šplhačský přitah, timing, metoda prahování.

## **Abstract**

**Author:** Bc. Veronika Szabóová

**Title:** Comparative analysis of selected muscles activity during ropeclimbing, pull-up and its modifications.

**Objectives:** The aim of the theoretical part of this thesis is to make a search of the available studies in the field of ropeclimbing and its training methods. The aim of this study is to evaluate the coordination of the selected muscles in terms of its timing during three specific training exercises compared to legless ropeclimbing.

**Methods:** The theoretical part of the thesis was elaborated on the basis of information from printed and electronic sources in the Czech and English language in the form of a research. In the practical part of the thesis the activity of ten selected muscles during ropeclimbing, pull-up and its modifications was monitored. The main research method was the surface electromyography. The representative sample of 11 participants examined in the study was properly chosen from active competitors in ropeclimbing. The study evaluates the order of muscle activation compared to the legless ropeclimbing as the reference movement. The threshold method was used for detection of the muscle activity. The Spearman correlation coefficient was used to evaluate the relationship between the variables and for statistical testing.

**Results:** In terms of timing of observed muscles the average movement cycle of the legless ropeclimb has shown statistically significant difference in 90,9 % of participants compared to the average movement cycle of chin-up, low ropeclimb pull-up and high ropeclimb pull-up in the same individual. According to the research we cannot claim that the variations of ropeclimb pull-ups are more suitable option in term of timing of the observed muscles than chin-ups in general. Results of the study have shown that the grip height during the ropeclimb pull-up affects the timing of the observed muscles and consequently the coordination rate with the legless ropeclimb.

**Klíčová slova:** chin up, EMG, kinesiological analysis, electromyography, ropeclimbing pull-up, timing, threshold method.

## Obsah

1	ÚVOD.....	10
2	TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE.....	12
2.1	Lidská lokomoce .....	12
2.1.1	Koordinace pohybů končetin.....	12
2.1.2	Diagonální kvadrupedální lokomoční vzor .....	13
2.1.3	Lokomoce pomocí pletence ramenního .....	14
2.1.4	Fylogeneze lidské lokomoce realizované pletencem ramenním .....	15
2.2	Šplh na laně .....	15
2.2.1	Tradice šplhu jako prostředku pohybového rozvoje .....	17
2.2.2	Šplh na laně jako závodní disciplína .....	19
2.2.3	Pohybová charakteristika a technika šplhu na laně bez přírazu .....	21
2.2.4	Kvadrupedální lokomoční vzor ve šplhu na laně .....	25
2.3	Specifické tréninkové prostředky v tréninku šplhu na laně .....	26
2.3.1	Shyb.....	26
2.3.2	Šplhačský přítah .....	28
2.4	Komparace pohybových vzorů šplhu na laně a shybu .....	30
2.5	Pohybový systém člověka .....	30
2.5.1	Elektrofyzilogická podstata svalové aktivity .....	30
2.5.2	Horní končetina .....	32
2.5.3	Kineziologie pletence ramenního a ramenního kloubu .....	32
2.5.4	Svalové smyčky a svalové řetězce .....	34
2.6	Povrchová elektromyografie - sEMG .....	35
2.6.1	Faktory ovlivňující EMG signál.....	35
2.6.2	Vznik EMG záznamu .....	36
2.6.3	Pozitiva a možnosti využití sEMG .....	37

2.6.4	Limitace sEMG .....	38
2.7	Přehled výzkumných prací v řešené problematice.....	39
3	CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY .....	42
3.1	Cíle práce .....	42
3.2	Úkoly práce .....	42
3.3	Výzkumné otázky.....	42
3.4	Hypotézy práce.....	43
4	METODIKA PRÁCE .....	45
4.1	Vymezení a omezení práce .....	45
4.2	Charakteristika sledovaného souboru .....	45
4.3	Použité metody.....	46
4.3.1	Specifikace technického vybavení využitého ve výzkumu.....	46
4.4	Sběr dat.....	47
4.4.1	Sledované svaly a lokalizace elektrod.....	51
4.4.2	Charakteristika místa provedení výzkumu .....	60
4.5	Zpracování a analýza dat.....	60
4.5.1	Metoda detekce svalové aktivity .....	61
4.5.2	Analýza a interpretace dat .....	64
4.5.3	Statistické zpracování dat.....	69
5	VÝSLEDKY.....	72
6	DISKUSE .....	94
7	ZÁVĚR.....	100
	Seznam použité literatury.....	102
	Seznam obrázků, grafů a tabulek .....	110
	Přílohy.....	113

## Seznam použitých symbolů a zkratk

AP	akční potenciál
art.	articulatio
c.	caput
DK	dolní končetina
DKK	dolní končetiny
dx.	dexter
EMG	elektromyografie
HK	horní končetina
HKK	horní končetiny
LHK	levá horní končetina
m.	musculus
MAP	muscle action potential, svalový akční potenciál
MČR	mistrovství České republiky
n.	nervus
nn.	nervi
OCR	obstacle course races
PHK	pravá horní končetina
PNF	Proprioceptivní neuromuskulární facilitace
PR	personal record, osobní rekord
sEMG	surface electromyography, povrchová elektromyografie
sin.	sinister
špn	šplhačský přítah nízký
špv	šplhačský přítah vysoký
VVŠ	Výkonný výbor šplhu na laně

# 1 ÚVOD

Komparační analýzou aktivity vybraných svalů při šplhu na laně, shybu a jeho modifikacích jsem se rozhodla zabývat, protože se šplhu na laně od roku 2013 věnuji na vrcholové úrovni, tento sport mi otevřel další příležitosti i v jiných sportech a byl mimo jiné i hlavním spouštěčem mého zájmu o pohybový projev člověka, který vyústil ve studium fyzioterapie na UK FTVS.

Nyní se jako fyzioterapeut a trenér setkávám nejen s problematikou tréninku této disciplíny ale i s tím spojenými stavy pohybového aparátu – přetížení, svalové dysbalance i zranění z neoptimálních tréninkových metod a chybných pohybových stereotypů.

Přestože v současnosti není šplh na laně v populaci příliš rozšířenou závodní disciplínou, byl a je běžně využívaným prostředkem pro hodnocení síly horních končetin v poměru k tělesné hmotnosti. Zároveň se jedná o sportovní disciplínu, v níž v roce 1924 v Paříži získal Bedřich Šupčík první českou olympijskou zlatou medaili v historii.

Zájem o tento sport ale v posledních letech vzrostl společně s rostoucím trendem o posilování s vlastní vahou a také s rozvojem stále populárnějšího crossfitu a OCR (Obstacle Course Races) soutěží. Zároveň ale neexistuje mnoho publikací, zabývajících se kineziologickou analýzou šplhu a jeho tréninkovými metodami.

Dosavadní studium mi zprostředkovalo velmi cenné informace o pohybu a dovoluji si tvrdit, že právě tyto nabyté vědomosti mi poskytly nesmírnou výhodu v závodní kariéře oproti ostatním soupeřkám. Nejlepší trénink šplhu na laně je nepochybně tato aktivita sama o sobě. Přesto existují různé metody a tréninkové prostředky využívané v přípravě, ať už z důvodu ne příliš široké nabídky tréninkových zázemí, tak kvůli zajištění bezpečnosti při posouvání limitů vzhledem k absenci jištění při šplhu na laně. Jedním z těchto prostředků, do tréninkových plánů hojně zařazovaný a považovaný za základní, je shyb, jehož výhoda tkví především v možnosti přidávat ale i ubírat zátěž a tím je zařaditelný do tréninku závodníků všech úrovní. Kromě všeobecně známých variant shybů závodníci vytvořili a popsali varianty shybů zaměřených specificky pro trénink šplhu na laně, které se více přibližují pohybovému vzoru šplhu. Jejich provedení není stranově symetrické, jako je tomu u základních

variant, nýbrž dochází k upřednostnění jedné horní končetiny, která je hlavním zdrojem propulzní síly podobně, jako je tomu právě u šplhu.

Měřením byla prokázána přítomnost kvadrupedálního lokomočního vzoru při šplhu na laně bez dopomoci dolních končetin a jeho absence u shybu klasického, z čehož můžeme usuzovat, že efektivita klasického provedení shybu je v tréninku šplhu nadhodnocována. Z výše zmíněných důvodů je ale zařazení specifických tréninkových prostředků, které ale nezahrnují přímo šplh na laně, do přípravy nezbytnost. Nabízí se tedy hledat efektivnější alternativu z řad shybu v dalších variantách shybu - tzv. šplhačských přitazích, které jsou sice nyní v porovnání s klasickými shyby v tréninku méně využívané, ale svým provedením se šplhu blíží více. Nejen z důvodu dosahování lepších výsledků, ale také z důvodu snížení rizika fixace špatného, nevýhodného a destruktivního pohybového vzoru a tím zvýšení bezpečnosti tohoto sportu a prevenci zranění. Přínosem práce by mělo být prověření, zda má šplhačský přitah větší potenciál při tréninku šplhu než klasický shyb podhmatem a tím pomoci zefektivnit trénink šplhu na laně jak pro začátečníky tak profesionály.



## 2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

### 2.1 Lidská lokomoce

Véle definuje lokomoci jako přesun těla z místa na místo (Véle, 2006). Jedná se o schopnost pohybu v prostoru pomocí svalové činnosti, kterou zajišťuje lokomoční systém, jakožto podsystém systému pohybového. Zajišťuje tedy aktivní přemístění živého organismu v definovaném prostoru a čase (Kračmar, 2016). Přičemž přesun může probíhat různým způsobem např. plížením, plazením, lezením, bipedální chůzí v terénu, během, případně jinými komplexními pohyby – tanec, sportovní hry, boj apod. (Véle, 2006).

Druhově lidská lokomoce je volná bipedální chůze, která je zajišťována pletencem pánevním. Ramenní pletenec není při této druhově specifické lokomoci zapojen ve smyslu vytváření propulzní síly (Véle, 2006; Kračmar, 2016).

#### 2.1.1 Koordinace pohybů končetin

Jak již bylo uvedeno výše, v dospělosti primárně zajišťuje lidskou lokomoci pletenec pánevní. Přesto při chůzi dochází ke koordinovaným pohybům horních končetin, a přestože tento pohyb kyvadlového charakteru byl dříve považován za pasivní, pomocí elektromyografie byla potvrzena aktivita svalů horní končetiny a pletence ramenního, a to dokonce i při vyloučení pohybu horních končetin jejich fixací k tělu (Huang a Ferris, 2009). Kyvadlový pohyb horních končetin je pravděpodobně výsledkem pasivní dynamiky (Collins et al., 2009) a aktivita svalů pletence ramenního při chůzi dovoluje přizpůsobit timing, rychlost a rozsah jejich pohybu rychlosti lokomoce (Ferris et al., 2006). Tyto pohyby nejsou při chůzi nezbytné, a proto lze během chůze horními končetinami manipulovat s předměty apod. (Park, 2008).

Mnoho autorů se shoduje na tom, že je koordinace pohybů končetin zajišťována pomocí centrální nervové soustavy, koordinační vzory jsou uloženy na spinální úrovni a jsou řízeny pomocí propriospinálních spojů mezi cervikálními a lumbosakrálními generátory vzorců pohybu pro horní a dolní končetiny (Huang a Ferris, 2009; Barthelemy a Nielsen, 2010; MacLellan et al., 2012). Pomocí elektromyografie bylo dokázáno, že rytmickou aktivitu jednoho páru končetin doprovází elektromyografická aktivita druhého páru končetin (Patrick et al., 2009), což poukazuje na propojení

motoneuronů horních a dolních končetin (Ferris et al., 2006). Zároveň se na vzniku elektromyografické aktivity podílí motorický kortex a kortikospinální trakt (Dietz, 2003; Barthelemy a Nielsen, 2010).

Dále existují koordinační vzory pro frekvenci pohybů končetin při rytmických aktivitách, jako je např. chůze, plavání, plazení, lezení po čtyřech (Ferris et al., 2006; Huang a Ferris, 2009). Tato úzká koordinace mezi končetinami vykazuje podobnost koordinace mezi končetinami u kvadrupedů (Dietz, 2003). Může se jednat o fylogenetický pozůstatek kvadrupedického období. (Blouin a Fitzpatrick, 2010).

### **2.1.2 Diagonální kvadrupedální lokomoční vzor**

Koordinace končetin lidí během lezení po čtyřech, vykazuje podobné znaky jako koordinace končetin u jiných primátů (Webb a Sparrow, 2007; MacLellan et al., 2012). Při kvadrupedální lokomoci primátů je sekvence kroků diagonálního charakteru, takže při dopadu chodidla na jedné straně dopadá na zem chodidlo na kontralaterální straně (Schmitt, 2003). Podobný, diagonální vzor koordinace pohybu je přítomen i při bipedální lokomoci – při chůzi i běhu (Webb a Sparrow, 2007).

Přirozená, fylogeneticky determinovaná lokomoce probíhá v režimu kvadrupedálního zkříženého lokomočního vzoru, ať se jedná o lokomoci, do které je zapojen i pletenec ramenní nebo o lokomoci bipedální, kde v režimu kvadrupedálního vzoru pracuje pletenec ramenní v otevřeném kinetickém řetězci ve funkci vyrovnávání torzního působení dolních končetin a pánve. Podobně bylo pomocí elektromyografie dokázáno zapojení pletence pánevního a dolních končetin automaticky bez vědomé kontroly při plazení (Kračmar et al., 2016). Plazení je považováno za za typický pohybový projev člověka, doplňuje tedy chůzi, manipulaci a úchop (Janda et al., 1966; Véle, 1997, 2006). Tento koordinační vzor má svůj původ již z doby přechodu obratlovců na souš, zatímco chůze, manipulace a úchop jsou rozvíjeny až ve fylogenezi primátů směřujících k vývojové linii Homo (Kračmar et al., 2016).

V průběhu ontogeneze prochází jedinec fázemi vývoje lokomoce. Čtyři až šest týdnů po narození, kdy nastupují centrální koordinační mechanismy řízení polohy a pohybu, se začíná v lokomočním projevu člověka objevovat koordinační vzor krokového cyklu. Ten je určený pro řízení pohybu všech 4 končetin a představuje pro každou končetinu definovaný pohyb vyjádřený ve čtyřech fázích: flekční, relaxační, opěrné a odrazové (Thorstensson et Roberthson, 1987).

Tyto fáze se řídí principem reciprocity a shodné fáze jsou vykonávány víceméně současně na diagonálně protilehlých končetinách, kdy se horní končetiny pohybují v mírném předstihu oproti dolním (Vojta, 1993).

### **2.1.3 Lokomoce pomocí pletence ramenního**

Lidská chůze, jakožto lokomoce druhově specifická, je realizována prostřednictvím pletence pánevního (Vystrčilová et al., 2006). Pletenec ramenní při chůzi sice vykonává významnou aktivitu např. z hlediska vyrovnávání laterálních výchylek trupu a úspory energie, ale do pohybu se nezapojuje vytvářením propulzní síly (Ortega et al., 2008).

V průběhu ontogeneze člověk prochází obdobím, kdy je lokomoce zajišťována primárně pomocí pletence ramenního, jedná se o období prvního roku života (Vystrčilová et al., 2006). Fyziologicky dítě postupně prochází dalším vývojem, kdy je lokomoce zajišťována jak pletencem ramenním tak pánevním. Jedná se o kvadrupedální formy lokomoce, mezi něž se řadí plazení, lezení po čtyřech a později ve vertikále stoj a chůze s oporou o předměty (Kračmar et al., 2011). Je to tedy model lokomoce, ve kterém končetiny pracují v uzavřených kinematických řetězcích (Kračmar et al., 2007). Dalším vývojem dítěte původní lokomoční funkce pletence ramenního sice nemizí, ale je upozaděna ve prospěch dominantní funkce pletence ramenního, tedy manipulací a úchopem (Véle, 2006). To se děje ve čtvrtém trimenonu, kdy je kvadrupedální model lokomoce transformován na bipedální a lokomoce je uskutečňována primárně prostřednictvím pletence pánevního (Kračmar et al., 2007).

Lokomoce pomocí pletence ramenního tedy není po dokončení ontogeneze primárním způsobem lidské lokomoce (Véle, 2006; Kračmar, 2016), přesto je lokomoce prostřednictvím pletence ramenního fylogeneticky kódovaná jako pozůstatek vývoje tetrapodů na své nejnižší úrovni (Lacquaniti et al., 2012). Základním pohybovým programem pro lidskou lokomoci prostřednictvím pletence ramenního je spontánní plazení. To by mělo tvořit fundamentální základy jak pro přirozenou formu lidské lokomoce zajišťovanou pletencem ramenním v kooperaci s pletencem pánevním (lezení po žebříku, chůze do velmi strmých svahů s dopomocí paží, plížení a plazení), tak pro rozmanitou skupinu sportovních a rekreačních aktivit (běh na lyžích klasickou technikou i bruslení na lyžích, sportovní lezení, horolezectví, bouldering, plavání, šplh, nordic walking, in-line bruslení s holemi) včetně lokomoce zajištěné ryze pletencem

ramenním reprezentovanou šplhem na laně bez dopomoci dolních končetin (dříve tzv. olympijský šplh) a pádlováním (Kračmar 2016).

Hlavním svalem zajišťujícím lokomoci v oblasti pletence ramenního je m. latissimus dorsi (Kračmar et al., 2008).

Dle Vystrčilové et al. (2006) lze u sportovních činností, u kterých je lokomoce zajišťována přes pletenec ramenní, mezi které se mimo jiné šplh řadí, spatřit tvarové ekvivalenty pohybu při reflexním plazení. Lokomoce pomocí pletence ramenního je vyvolatelná uměle pomocí stimulace spoušťových bodů Vojtovou reflexní lokomocí (Vojta a Peters, 1995). Spontánní plazení je běžně využíváno ve vojenských podmínkách (Newman et al., 2012).

#### **2.1.4 Fylogeneze lidské lokomoce realizované pletencem ramenním**

Z hlediska dominance končetin při zajištění lokomoce představuje člověk se svojí bipedální chůzí výjimku oproti ostatním primátům. Lokomoce ryze prostřednictvím pletence ramenního nebo v kombinaci s pletencem pánevním má svoje kořeny v období přechodu obratlovců z vody na souš u obojživelníků, tedy v době před 405 - 360 miliony let. Jedná se o bazální kvadrupedii, která u člověka přetrvává od prvních primitivních obojživelníků z období devonu přibližně 375 milionů let (Kračmar, 2016). S tímto pohybovým programem se lidé rodí. Tato forma lokomoce se v průběhu posturálního pohybového zrání člověka dále nerozvíjí, ale zůstává zachována, přestože je překryta manipulační a úchopovou funkcí horní končetiny (Véle, 2006). Pohybový program pro pletenec pánevní se začal vytvářet až u společného předka šimpanzů a lidí před 7 - 4 miliony let (Kračmar 2016).

## **2.2 Šplh na laně**

Definice šplhu se liší dle jednotlivých autorů.

Smotlacha (1930) popisuje šplh v nejširším slova smyslu jako každý pohyb člověka svisle neb šikmo vzhůru případně i dolů.

Baláš, Strejcová a Vomáčko ve své publikaci (2016) pojem šplhání definují jako pohyb vzhůru po něčem svislém pomocí rukou i nohou. Částečně se překrývá s pojmem lezení, které je ale zároveň považováno v tomto vztahu za slovo nadřazené. Pochází z všeslovanského „nalézti“ a je spojováno s pohybem těla ve visu nebo v podporu. Lezení se vztahuje především k pohybu po lezecké stěně, skalách a překážkách.

Pro pohyb po žebříku, laně či stromech se užívají oba pojmy (lezení i šplhání) (Baláš, Strejcová a Vomáčko, 2016).

Tyrš (1873) se ke šplhu vyjadřuje jako k ručkování se změnou visu (podporu) spojeným, které lze provádět jak s pomocí i bez dopomoci dolních končetin. Šplhat lze po šplhací tyči, stožáru a šplhacím laně (provaze).

Appelt a Libra (1987) řadí šplhání společně s ručkováním a lezením mezi pohyby celého těla na nářadí, které je charakterizováno postupem po nářadí pomocí paží a případně dalších částí těla. Dělí šplh podle směru (šplhání vzhůru a dolů) a dle zapojených částí těla. Při ručkování se pro postup po nářadí využívá paží, na lezení se podílí paže i nohy a o šplhání se jedná při ručkování nebo lezení na šplhacím nářadí, mezi které řadí lano a tyče.

Kožíšek (1921) a Kos (1960) hodnotí šplh jako velmi náročnou aktivitu a doporučují jeho zařazení do tréninku, jelikož přispívá k všestrannému pohybovému rozvoji. Kromě síly podněcují také houževnatost a získávají se jím pro život důležité návyky. Přispívá k všestrannému výcviku, je ideální pro rozvoj “přitahovacích“ svalů na vnitřní straně paží, prsních svalů ale i svalů stehenních. V porovnání se šplhem na tyči je šplh na laně náročnější.

Co se týče techniky šplhu, odvíjí se na nářadí, na kterém se šplhá. Tyrš (1873) popisuje několik způsobů šplhání – s přírazem na tyči (Obr. 1) nebo s využitím kličky na laně (Obr. 2), šplhání pomocí jedné nohy, šplhání beze všeho přírazu, s dolními končetinami volně spuštěnými z jedné nebo z obou stran tyče.



*Obr. 1 Šplh na tyči s přírazem vlevo  
(zdroj: Tyrš, 1873)*



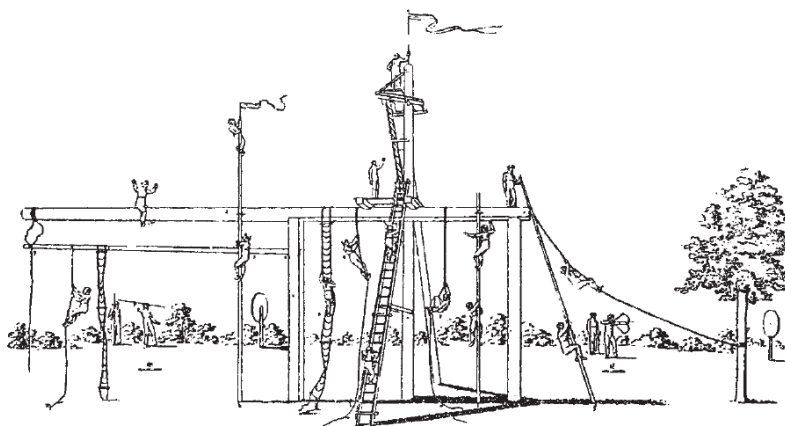
*Obr. 2 Šplh na laně s kličkou  
(zdroj: Tyrš, 1873)*

Podobně Appelt a Libra (1987) rozlišují šplh s přírazem (šplh s využitím horních i dolních končetin) a bez přírazu (šplh realizovaný pouze pažemi). Oproti Tyršovi ale šplh s přírazem na tyči dělí dále ještě na příraz obouoř a příraz chodidly. Při šplhu bez přírazu jsou dolní končetiny v přednožení nebo se pohybují střídavě jako doprovodný pohyb paží. Kos (1960) se dále k technice vyjadřuje s doporučením šplhat pomocí dlouhých záběrů paží tak, aby ruka horní končetiny, která se nachází ve fázi shybu, byla stále ve výše obličeje a horní končetina se tak vyvarovala pozici svislu, ze které je pak přehmat náročnější.

### 2.2.1 Tradice šplhu jako prostředku pohybového rozvoje

Lezení a šplhání jsou pohybové aktivity, které byly odnepaměti součástí běžných lidských činností často i nezbytných pro přežití. Bez lezeckých a šplhacích dovedností by se lidé nemohli živit potravou na stromech, ani je využívat jako úkryt před predátory a případně k lovu. Zmínky o využití šplhu jako prostředku pohybového rozvoje pocházejí již ze starého Egypta. Ve starověkém Římě prosazoval římský lékař Mercurialis k udržení tělesné kondice různé šplhací konstrukce a lana. Lezení na různé sloupy bylo zase disciplínou středověkých oslav (Baláš et al., 2008).

O systematickém zařazení šplhu do výuky jsou doklady z 18. století, kdy učitelé z dessavského Philantropina vytvořili postupně nový způsob tělesné příravy, který se opíral o pět elementárních tělesných aktivit: běh, skoky, šplh, nošení břemen a rovnovážné cviky. J. Ch. Gutsmuths (1759-1839) zařazuje ve své knize *Gymnastik für die Jugend* (1804) lezení a šplhání mezi základní tělesná cvičení rozvíjející silové i psychické schopnosti. Pro jejich trénink využíval lezecké konstrukce (Obr. 3).



Obr. 3 Lezecká konstrukce podle Gutsmuthe z roku 1817 (zdroj: Baláš et al., 2008)

G. U. A. Vieth (1763-1836) rozlišil lehké a obtížné lezení, přičemž šplh na laně radí do obtížného lezení a poukazuje na jeho silovou náročnost. F. L. Jahn (1778-1852) se z militaristických pohnutek zasadil o navržení různých šplhacích konstrukcí (Einbaum, Zweibaum, Dreibaum, Vierbaum) a jejich kombinací, na kterých organizoval veřejná cvičení pro mládež. Ve Švýcarsku působil Adolf Spiess (1810-1858), který vytvořil nové pojetí školní tělesné výchovy, jejíž součástí bylo i hromadné cvičení na šplhacích náradích, kdy využíval např. šikmá šplhadla (Baláš et al., 2008). Ve Španělsku Francesco Amorose y Ondeano (1770-1846) používal k výcviku různá šplhací náradí a konstrukce. Amorosův následovník ve Francii byl Georges Hébert (1875-1957), který je považován za zakladatele tělovýchovného systému „méthode naturelle“. Prosazoval utilitární (užitkovou) gymnastiku, zavrhoval umělé cviky a upřednostňoval především účelová cvičení. Proto doporučoval jen užitečné a pro život nepostradatelné cviky: běh, skok, šplh, zvedání, házení, úpoly a plavání. Vypracoval normy pro různý věk a pohlaví, dle kterých lze tyto aktivity hodnotit. Jím vypracované standardy pro šplh na laně, shyby a výdrž ve svisu na hrazdě pro muže nad 18 let jsou zobrazeny na Obr. 4 (Baláš et al., 2008).

Hodnota výkonu	Šplh na laně bez přírazu (m)	Šplh na laně libovolně 10 m (s)	Výdrž ve svisu (s)	Shyby (počet)
Výkon nedostatečný	2,5-4,5	25-21	60-160	1-5
Hranice otužilosti nižšího stupně	5	20	180	6
Výkony střední	6-7	19-18	240-300	7-8
Výkony vyšší	8-9	17-16	360-420	9-10
Výkony výjimečné	10-15	15-12,5	480-780	11-16
Výkony na hranici lidských možností	16-18	12-10,2	840-960	17-21

*Obr. 4 Požadované výkony ve šplhu a ve svisu pro muže nad 18 let podle Héberta (zdroj: Baláš et al., 2008)*

První, kdo v českých zemích zařadil šplhání mezi nezbytná a pro rozvoj organismu důležitá cvičení, byl spoluzakladatel Sokola Miroslav Tyrš. Ve svém díle *Základové tělocviku* (1887) popisuje způsoby šplhu na laně tyčí a stožáru. Přírozené šplhání v Sokole propagoval Augustin Otčenášek, inspirovaný francouzskou přírozenou metodou. František Kožíšek sepsal první samostanou publikaci věnovanou šplhu s názvem *Šplhání* (1921), rozebral v ní různé techniky šplhu na lanech a tyčích

včetně terminologického popisu. Frantiček Smotlacha, první jmenovaný docent tělesné výchovy v českých zemích, se zabýval podstatou záliby člověka ve šplhu a visu především v publikacích *Záliby člověka ve šplhu a visu. Jejich vývoj a význam* (1927) a *Biologické základy záliby člověka ve šplhu a visu* (1930). Popisuje v nich instinkt výškový, šplhový a visový, přičemž cviky využívající šplhu, visu a stoupání považuje za důležitý prostředek tělesné výchovy. Upozorňuje ale zároveň na jednostrannost těchto aktivit a doporučuje je proto kompenzovat i dalšími různorodými aktivitami. Bohumil Kos ve své publikaci *Lezení a šplhání* (1960) shrnuje lezecké i šplhačské aktivity na nářadí včetně jejich benefitů. Na Hébertovo přirozené pojetí šplhu v přírodních podmínkách navazuje společně s Milošem Zapletalem v díle *Cvičení v přírodě* (1971) (Baláš et al., 2008).

### **2.2.2 Šplh na laně jako závodní disciplína**

Šplh na laně jako závodní disciplína má dlouholetou tradici. Přestože v současnosti již není tento sport součástí olympijských her, závodilo se v něm v historii na olympijských hrách celkem čtyřikrát a byl zařazen hned do prvních novodobých Olympijských her v Aténách v roce 1896. Jedná se navíc o disciplínu, ve které v roce 1924 získala Česká republika, tehdy jako Československo, první zlatou olympijskou medaili v historii zásluhou gymnasty Bedřicha Šupčíka. Je možné, že právě díky tomuto faktu je nyní Česká republika jedinou zemí, která se může v současnosti pyšnit oficiálním systémem závodů ve šplhu, jejichž každoročním vyvrcholením je mistrovství České republiky ve šplhu na laně (do roku 2018 „mistrovství České republiky v olympijském šplhu“). Dalšími zeměmi, kde se v současnosti pořádají závody ve šplhu na laně je Francie a v roce 2019 byl poprvé uspořádán světový pohár Ropeclimb X v Nizozemí. Česká republika má nejen propracovanější strukturu závodů ale i sofistikovanější technické zabezpečení a objektivizaci měření využíváním a neustálým zdokonalováním elektronické časomíry vyvinuté speciálně pro tyto účely (Výkonný výbor šplhu na laně, 2018).

Na všech olympijských hrách, kde se ve šplhu na laně závodilo, byla tato disciplína součástí gymnastiky. Usuzuje se, že důvodem jejího vyřazení, respektive opětovného nezařazení do her, je fakt, že tato disciplína nezapadá do celkového konceptu gymnastiky jako esteticky a subjektivně hodnoceného sportu, kde hlavním porovnávacím parametrem není rychlost, jako je tomu právě u šplhu. V současné době



ale šplh spadá pod hlavičku České gymnastické federace a závodníci startující na mistrovství České republiky musí být registrovaní pod touto federací.

Jak již bylo zmíněno výše, v ČR existuje oficiální systém závodů, mezi něž patří i tzv. velké ceny, které splňují kritéria nominačního závodu pro MČR (mistrovství České republiky). Všechny velké ceny se uskutečňují dle pravidel pro MČR. Ve stručnosti dále uvádím nejdůležitější pravidla z důvodu charakteristiky tohoto sportu. Jejich podrobný popis je nad rámec této práce a není pro tento výzkum stěžejní. Detailní podoba pravidel dle Výkonného výboru šplhu na laně (VVŠ) je k dispozici na webových stránkách šplhu na laně - [www.svetsplhu.cz](http://www.svetsplhu.cz) (Výkonný výbor šplhu na laně, 2018).



Obr. 5 Současné logo šplhu na laně (zdroj: Výkonný výbor šplhu na laně, 2018)

Soutěžní disciplína šplh na laně je Výkonným výborem šplhu na laně (2018) definována takto: „Za šplh na laně se považuje šplh ze sedu na podlaze bez přirazu nohou do výše 8 m. Cílem závodníka je dosáhnout co nejlepšího času. Všechny jiné délky lana při použití stejné techniky lezení jsou považovány za další disciplíny šplhu na laně (4,5 m, 10 m, 14 m, 15 m, 20 m atd.)“.

Povolený průměr lana je 32 – 28 mm. Při šplhu do 8m včetně, není povinné jištění závodníka. Při šplhu nad 8 m je povinnost lezce být jištěn horolezeckým způsobem a organizátor závodu je povinen toto jištění poskytnout.

Na velkých cenách je povoleno používat pouze časomíry schválené komisí VVŠ. Ruční měření se používá pouze jako záložní pro případ selhání elektronické časomíry. Čas závodníka je měřen na setiny sekundy.

Závodník startuje ze sedu pod lanem, bez dotyku nohou země, jednou rukou drží lano, druhou rukou spíná startovní spínač. Startuje na akustický signál (3. „pípnutí“). Časomíra se zastaví při dotyku cílového čidla, kterým je vymezena závodní délka lana.

Závodník nesmí zvednout z podlahy hýždě dříve než ruku ze startovního spínače nebo podlahy. V průběhu pokusu nesmí sevřít lano dolními končetinami ani se jimi dotknout země. Pokud se tak stane, je pokus považován za neplatný. Stejně tak je pokus považován za neplatný, pokud závodník v průběhu šplhu sevře lano nohama nebo neukončí pokus dotykem ruky na cílové čidlo (Výkonný výbor šplhu na laně, 2018).

### 2.2.3 Pohybová charakteristika a technika šplhu na laně bez přírazu

Šplh na laně bez přírazu, tedy bez dopomoci DKK (dolní končetiny), je z hlediska vytváření propulzní síly lokomoční způsob pohybu, při kterém se HKK (horní končetiny) pravidelně střídají v aktivaci a relaxaci svalů pletenců HKK. Dolní končetiny se pohybují švihově v otevřeném kinetickém řetězci v opačném smyslu než příslušné horní končetiny (Bačáková, 2013).



*Obr. 6 Fáze ukončení LHK (LHK opouští lano) v rámci jednoho sáhu (zdroj: archiv autorky)*

Výkonnost závodníka je ovlivněna maximální a výbušnou silou svalů, silovou vytrvalostí a v neposlední řadě technikou šplhu. Tyto čtyři charakteristiky jsou předpokladem nejen kvalitního výkonu ale především schopnosti lano bez přírazu vyšplhat. Mají vliv na délku sáhů, rychlost i plynulost pohybu a schopnost udržet tyto kvality pohybu dostatečně dlouhou dobu bez známky únavy (Výkonný výbor šplhu na laně, 2017).

VVŠ popisuje pohyby v kloubech, ke kterým při šplhu dochází. Klouby prstů a zápěstí se flektují, k flexi a pronaci dochází v loketním kloubu, v ramenním kloubu se jedná o addukci a horizontální addukci, extenzi a vnitřní rotaci. K doprovodnému

pohybu dolních končetin se VVŠ nevyjadřuje jinak, než že je v průběhu závodního pokusu zakázáno sevřít lano dolními končetinami či dotknout se jimi země (Výkonný výbor šplhu na laně, 2017).

Bačáková (2013) popisuje 4 fáze šplhačského kroku neboli sáhu – ukončení, přenos (nápřah), úchop a shyb (přítah). Tyto fáze probíhají v cyklu podobně jako je tomu u cyklu krokového a je důležité udržet pravidelný rytmus pohybu.



Obr. 7 Fáze přenosu (nápřahu) LHK v rámci jednoho sáhu (zdroj: archiv autorky)



Obr. 8 Fáze úchopu LHK v rámci jednoho sáhu (zdroj: archiv autorky)

K fázi ukončení (Obr. 6) dochází ve chvíli, kdy ruka, která je níže, opustí lano. Na Obr. 6 je zachycena fáze ukončení LHK (levá horní končetina). Následně tato horní končetina přechází do fáze přenosu neboli nápřahu (Obr. 7). Poté nastává fáze úchopu (Obr. 8), kdy dochází k sevření lana touto HK (horní končetina), aby mohla následovat další fáze pohybu - přítah neboli shyb (Obr. 9). Přítah by měl být veden co nejbližše ose

těla a v co největším rozsahu, minimálně však na úroveň obličeje. Při přenosové fázi by nemělo dojít k úplné extenzi v loketním kloubu, je to pro pohyb nevýhodné a dochází k tomu převážně při únavě sportovce (Bačáková, 2013).



Obr. 9 Fáze shybu (přítahu) LHK v rámci jednoho sáhu (zdroj: archiv autorky)

Dle rozboru sportovních výkonů ze záznamu z MČR ve šplhu na laně 2019 (Czech gymnastics federation, 2019) lze z pohledu fyzioterapeuta charakterizovat pohybové komponenty pomocí diagonál metody PNF (Proprioceptivní neuromuskulární facilitace), tak jak je popisují Holubářová a Pavlů (2011). Pohyb HKK obsahuje komponenty první diagonály na HK dle PNF. Tedy pro fázi nápřahu a úchopu se jedná po vzoru I. diagonály flekčního vzorce HK (Obr. 10) o následující pohyby v těchto segmentech:

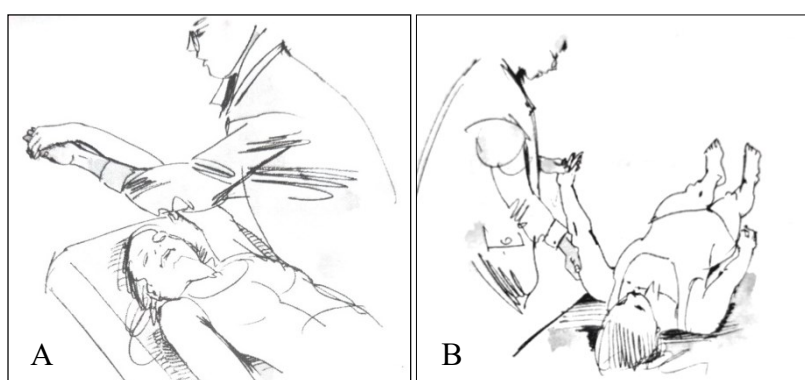
- prsty: flexe, addukce směrem radiálním;
- palec: flexe, addukce;
- zápěstí: flexe směrem radiálním;
- předloktí: supinace;
- loket: extenze;
- rameno: flexe, addukce a zevní rotace;
- lopatka: abdukce a zevní rotace dolního úhlu;
- akromion: anteriorní elevace;
- klíček: rotace, anteriorní elevace.

Fázi přítahu a ukončení charakterizuje I. diagonála extenčního vzorce HK (Obr. 10) varianty s flexí lokte následovně:

- prsty: extenze, abdukce směrem ulnárním;
- palec: extenze abdukce (kolmo do dlaně);

zápěstí: extenze směrem ulnárním;  
předloktí: pronace;  
loket: flexe;  
rameno: extenze, abdukce, vnitřní rotace;  
lopatka: addukce, vnitřní rotace dolního úhlu;  
akromion: posteriorní deprese;  
klíček: rotace, anteriorní deprese.

Vzhledem k nutnosti úchopu lana je nezbytná izometrická aktivita flexorů prstů a zápěstí v průběhu celé fáze přitahu až po fázi ukončení, kdy dochází k uvolnění úchopu.



*Obr. 10 Pohybové komponenty šplhačského sáhu (zdroj: Holubářová a Pavlů, 2011; upraveno)*

Legenda k Obr. 10: A - fáze náprahu a fáze úchopu = I. diagonála flekční vzorec HK (zobrazena konečná poloha). B - fáze přitahu a fáze ukončení = I. diagonála extenční vzorec HK (zobrazena konečná poloha).

Na dolních končetinách lze pozorovat pohybové komponenty odpovídající I. diagonále pro DKK. Jedná se konkrétně o flekční vzor s flexí kolene a extenční vzor pro DK s extenzí kolene. Pohyby dolních končetin jsou ale velmi individuální a nelze proto obecně přiřadit fázi pohybu dolních končetin ke konkrétní fázi pohybu horní končetiny.

Tak jako chůze každého člověka je specifická, tak i z hlediska šplhu má každý lezec svůj specifický projev, který odpovídá trénovanosti, silovému potenciálu, anatomickým proporcím i somatotypu a tělesnému složení. Nejjednodušeji lze lezce rozdělit dle délky sáhů a jejich frekvence. Jedním typem je šplh pomocí dlouhých a pomalejších sáhů, druhým typem je šplh vykonávaný krátkými sáhy ale o to rychlejší frekvencí. Většina lezců leze přechodným typem (Bačáková, 2013).



Obecně se ukazuje, že nejnvýhodnější strategií pro zdolání 8m délky lana je volba co nejdelších sáhů a tomu odpovídající co nejrychlejší frekvence. Světový rekordman Aleš Novák (Obr. 11), který pokořil osmimetrové lano za neuvěřitelných 4,87s k vytvoření tohoto rekordu potřeboval pouze 11 sáhů (Novák, 2009; Výkonný výbor šplhu na laně, 2019). Z rozboru videí nejlepších lezců ČR je patrná přímá úměra mezi délkou sáhů, lepší koordinací, větší plynulostí pohybu a rychlejším výsledným časem (Czech gymnastics federation, 2019).



*Obr. 11 Aleš Novák při stanovení světového rekordu (zdroj: Fuksa, 2009)*

#### **2.2.4 Kvadrupedální lokomoční vzor ve šplhu na laně**

Dle Vystrčilové et al. lze u sportovních aktivit realizovaných přes pletence ramenní, mezi které řadí mimo jiné i šplh, pozorovat tvarové ekvivalenty pohybu při reflexním plazení Vojtova principu (Vystrčilová et al., 2006). Podobnost reflexního plazení a sportovních aktivit, u nichž horní končetiny přebírají lokomoční funkci, zmiňuje i Škopek, et al. (2012).

Přítomnost kvadrupedálního diagonálního lokomočního vzoru při šplhu na laně bez dopomoci dolních končetin potvrdila Bačáková (2013). Ve své disertační práci zkoumala přítomnost kvadrupedálního vzoru lokomoce u vrcholových závodníků ve šplhu na laně. Při střídavém zapojení horních končetin do lokomoce byl nalezen i kvadrupedální lokomoční diagonální vzor u dolních končetin při jejich doprovodném pohybu v otevřeném kinematickém řetězci (podobně jako je tomu při chůzi u horních končetin). Přičemž vzor pro lokomoci pomocí pletence ramenního je fylogeneticky kódovaný a nachází se na úrovni primitivního pohybu prvních suchozemských tetrapodů. Spontánní doprovodný pohyb dolních končetin vykazuje podobné atributy

jako při lidské chůzi s rozdílným výsledkem ve smyslu antigravitačního působení, které při šplhu má úplně jiné parametry (Bačáková, 2013).

## **2.3 Specifické tréninkové prostředky v tréninku šplhu na laně**

Tréninkové prostředky pro rozvoj silových schopností dělí VVŠ (2019) na izolované a speciální. Trénink izolovanými prostředky je zaměřen na posílení jednotlivých svalů či svalových skupin a měl by být vždy základem pro speciální trénink a tvořit součást dlouhodobého tréninkového cyklu. Pomocí speciálních tréninkových prostředků je procvičováno více svalových skupin najednou. Jejich charakter je bližší samotnému šplhu, svaly zabírají společně v podobném pohybu a okamžiku jako při šplhu a tím je lépe rozvíjena nervosvalová a mezisvalová koordinace. Mezi specifické tréninkové prostředky jsou řazeny: přitahové cviky na laně, kruzích nebo hrazdě, dále speciální cviky s využitím kladek a různá podoba šplhu (Výkonný výbor šplhu na laně, 2019). V této kapitole jsou uvedeny a charakterizovány speciální tréninkové prostředky, které jsou předmětem tohoto výzkumu.

### **2.3.1 Shyb**

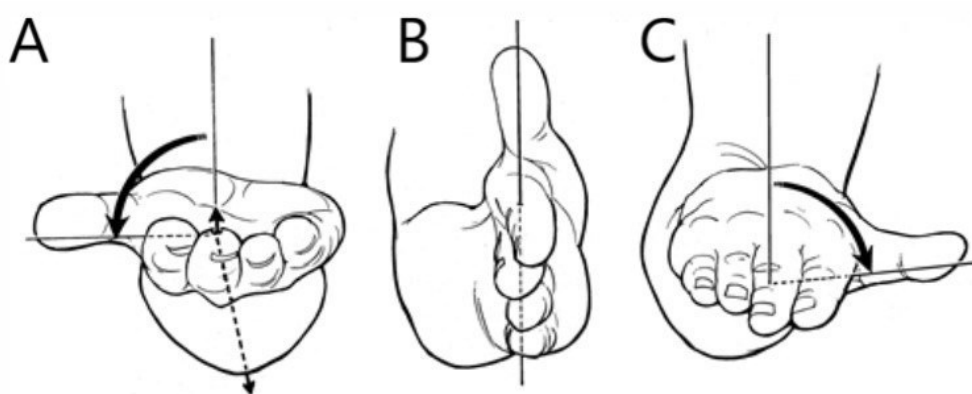
Přitahy k hrazdě, neboli shyby, mohou mít mnoho forem. Ty se mohou lišit způsobem i šířkou úchopu a dráhou vedení přitahů k hrazdě. Mezi nejběžnější typy úchopů patří úchop nadhmatem, podhmatem, paralelní (neutrální) úchop, případně držení za lano (Petr a Šťastný, 2012). Nadhmat odpovídá pronačnímu postavení předloktí, podhmat odpovídá supinačnímu postavení a paralelní (neutrální) úchop odpovídá střednímu postavení (Obr. 12).

U základních variant pohyb vychází z visu na hrazdě ve zvoleném úchopu při extendovaných pažích. Přítah začíná při nádechu depresí lopatek a teprve poté následuje přítah k hrazdě vykonávaný za aktivní spolupráce paží (Delavier, 2010; Tlapák, 2014).

Shyby jsou často doporučovaným cvikem pro rozvoj m. latissimus dorsi (Delavier, 2010; Petr a Šťastný, 2012; Tlapák, 2014). Efektivita spočívá v jedinečném pohybovém vzorci tohoto cviku, kde výchozí poloha (vyvěšení na extendovaných pažích) je silným stimulem nejen pro zádové svalstvo, ale i pro úchopovou funkci rukou. Oproti přitahům horní kladky, kde je pohybový vzor značně podobný pohybovému vzoru shybu, neplní zapojené svaly při přitahu horní kladky takovou stabilizační funkci jako je tomu u shybu a dochází také k odlišnému rekrutačnímu

vzorci. V pokročilejších fázích tréninku jsou shyby z hlediska své komplexnosti a potenciálu vyšší rekrutace motorických jednotek cvikem číslo jedna (Petr et Šťastný, 2012).

Dle Petra a Šťastného je základním provedením shybu varianta podhmatu na šíři ramen. Tuto variantu označují za šetrnou k zápěstí a výhodou je možnost dosažení plného rozsahu pohybu jak v dolní, tak i horní poloze. Kromě m. latissimus dorsi a m. teres major, dochází k mohutné rekrutaci vláken m. biceps brachii a m. brachialis (Petr a Šťastný, 2012). Dále se na pohybu podílí střední a dolní vlákna m. trapezius, mm. rhomboidei a mm. pectorales (Delavier, 2010).



Obr. 12 Varianty postavení předloktí při shybu (zdroj: Raul, 2015; upraveno)

Legenda k Obr. 12: A - supinace = pozice předloktí při úchopu podhmatem. B - střední postavení = pozice předloktí při paralelním neboli neutrálním úchopu. C - pronace = pozice předloktí při úchopu nadhmatem.




Shyb v nadhmatu na šíři ramen oproti variantě v podhmatu více stimuluje m. brachialis a m. latissimus dorsi (Petr et Šťastný, 2012). Ten v tomto provedení pracuje ve velkém rozsahu, přičemž zapojení m. latissimus dorsi a m. teres major je výraznější ve variantě shybu nadhmatem s širokým úchopem, která je cílená především na vnější část m. latissimus dorsi (Petr a Šťastný, 2012; Tlapák, 2014). Tlapák dále uvádí, že v počáteční fázi pohybu reaguje z důvodu protažení v horní části a při dokončování pohybu v pásu kolem dolní části lopatek. Důležitou úlohu v tomto cviku hrají dolní fixátory lopatek včetně mezilopatkových svalů. Shyb je třeba začít stažením lopatek dolů a rozložením ramen do šířky (bez aktivní spolupráce paží), teprve poté následuje spolu s přitahováním loktů k tělu pocit přibližování dolních úhlů lopatek k sobě. Mezi nejčastější chyby řadí právě nedodržení této posloupnosti nebo absence deprese



lopatky, hyperextenzi krční páteře nebo předsun hlavy, hyperextenzi bederní páteře a hyperflexi hrudní páteře (Tlapák, 2014).

Shyby s neutrálním úchopem působí velmi efektivně na paralelní vlákna širokého svalu zádového a na mezilopatkové svaly. Ve srovnání se shyby v nadhmatu je jejich provedení považováno za jednodušší (Petr a Šťastný, 2012).

Přehledně rozdělují varianty postavení rukou, šířky úchopu, vedení pohybu a možnosti změn zátěže při shybu Petr a Šťastný (2012) v tabulce na Obr. 13.

postavení rukou	šířka úchopu	vedení pohybu	možnosti změn zátěže
<p>podhmat</p> 	<p>úzký na šíří ramen naširoko</p>	<p>hrudníkem k hrazdě hrudníkem šikmo k hrazdě</p>	<p>odlehčení za nohy - dopomoc</p>
<p>neutrální úchop</p> 	<p>úzký úzký zavěšený na šíří ramen naširoko</p>	<p>hrudníkem šikmo k hrazdě hrudníkem k hrazdě hlavou mezi úchopy</p>	<p>odlehčovací konstrukce (gravitron machine)</p>
<p>nadhmat</p> 	<p>úzký na šíří ramen naširoko na široko zkosená hrazda na šíří ramen zkosená hrazda</p>	<p>hlavou před hrazdu hlavou mezi úchopy hrudníkem k hrazdě se záklonem trupu (horní část břicha míří k hrazdě) s odsunem těla od hrazdy na začátku excentrické fáze</p>	<p>činka mezi kotníky činka nebo kotouč na bederním páse zátěž zavěšená na horolezeckém sedáku</p>

Obr. 13 Varianty provedení shybu a možnosti změn zátěže (zdroj: Petr a Šťastný, 2012)

### 2.3.2 Šplhačský přítah

Šplhačský přítah je cvik využívaný téměř výhradně ve specifickém tréninku šplhu na laně. Oproti klasickým shybům, které jsou prováděné symetricky, při šplhačském přitahu každá z paží koná odlišný druh pohybu, čehož je dosaženo nestejnou výškou úchopu (Obr. 14, Obr. 15) nebo konáním přitahu výhradně jednou paží. Dle VVŠ (2018) tyto přitahy lépe simulují pohyb při šplhu ve srovnání s klasickými shyby. Je to z důvodu možnosti izolovaného procvičování každé paže zvláště a také celkové pozice trupu při provádění cviku, kdy je při správném provedení cvik velmi blízký přitahu při šplhu.

K technice se VVŠ vyjadřuje následovně: „V případě přitahů s nestejnou výškou se jednou rukou držíme hrazdy (nadhmatem nebo podhmatem) a druhou rukou se držíme kusu lana, které máme uchycené na hrazdě. Přítah zahajujeme z plně

natažené horní ruky a pokračujeme co nejvýše. Pozice trupu by měla být co nejbližší pozici trupu při samotném šplhu. Intenzitu a zaměření cviku ovlivňujeme přidáním zátěže nebo délkou úchopu. „Přítahy můžeme provádět v délce úchopu podobné jako při šplhu (úchop odpovídá zhruba délce sáhu) a postupně přidávat zátěž – takto posilujeme současně horní i spodní ruku (simulujeme tak pohyb obou paží při šplhu). Při úchopu výrazně delším než je délka sáhu při šplhu, je cvik zaměřen spíše na izolované posilování horní ruky (spodní ruka pak slouží spíše jen jako dopomoc).“



Obr. 14 Varianta šplhačského přitahu k PHK s kratším úchopem (zdroj: VVŠ, 2019; upraveno)

Legenda k Obr. 14 a Obr. 15: A – výchozí pozice, B – provedení.



Obr. 15 Varianta šplhačského přitahu k PHK s delším úchopem (zdroj: VVŠ, 2019; upraveno)

V dostupné literatuře nebyla nalezena kineziologická analýza ani podrobnější popis šplhačských přátahů.

## **2.4 Komparace pohybových vzorů šplhu na laně a shybu**

Jak u shybu tak šplhu se jedná o pohyb vykonávaný pomocí pletence ramenního z hlediska vytváření propulzní síly. Pletenec ramenní je v obou případech zapojený v uzavřeném kinematickém řetězci a v propulzní fázi se jamka kloubu pohybuje po hlavici humeru. U obou pohybových vzorů tělo musí překonat odpor gravitace, proto je zde kladen velký nárok na funkční zdatnost pletence ramenního a paží. Hlavní rozdíl mezi shybem a šplhem tkví v lokomočním režimu, kdy šplh probíhá v režimu kvadrupedálního zkříženého lokomočního vzoru, kdy každému sáhu horní končetiny odpovídá kontralaterální odpověď dolní končetiny pracující v otevřeném kinematickém řetězci, jak ověřila ve své disertační práci Bačáková (2013). U shybu je tento režim narušen, jelikož se jedná o stranově symetrický pohybový vzor, tudíž ke generaci pohybů dolních končetin v režimu kvadrupedálního zkříženého lokomoce nedochází a dolní končetiny plní především stabilizační funkci. Bačáková se ve své disertační práci zabývala variantou shybu nadhmatem, jelikož se ale výše zmíněné pohybové charakteristiky týkají i shybu podhmatem, lze usuzovat na absenci vzoru kvadrupedálního zkříženého lokomoce dolních končetin i u shybu podhmatem.

Komparace šplhu a šplhačského přítahu nebyla dle prozkoumané literatury provedena.

## **2.5 Pohybový systém člověka**

### **2.5.1 Elektrofyziologická podstata svalové aktivity**

Motorická jednotka je považována za základní funkční i strukturální jednotku motorického systému. Je tvořena motorickými neurony ( $\alpha$ -motoneurony), jejich axony a svalovými vlákny, tímto konkrétním motoneuronem inervovanými. Svalová vlákna a motoneuron jsou spojeny pomocí motorických plotének. Svalová vlákna kosterního svalu jsou tvořena vzrušivou a stažlivou tkání reagující na elektrickou stimulaci, která ke svalu přichází eferentní částí somatického nervového systému -  $\alpha$ -motoneuronem (Langmeier, 2009; Krobot a Kolářová, 2011).

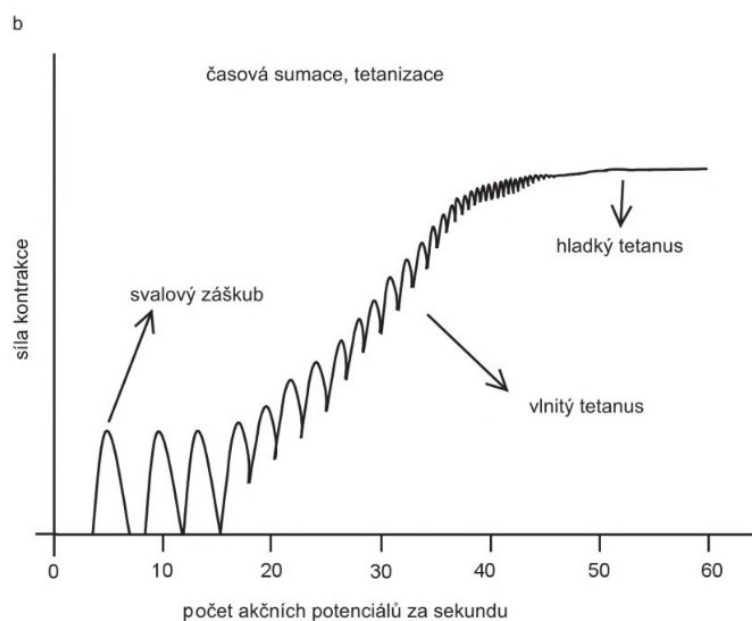
Jednou generovaný akční potenciál se šíří po axonu periferního nervu směrem k periférii (centrifugálně) a aktivuje všechna svalová vlákna v jedné motorické jednotce.

Motorická ploténka funguje podobně jako každá chemická synapse. Jejím neuromediátorem je acetylcholin, který se uvolní z presynaptické části synapse poté, co na ní dorazí akční potenciál (Langmeier, 2009; Krobot a Kolářová, 2011). Je-li v motorické ploténce uvolněn acetylcholin, vzniká zde ploténkový proud, jehož elektronické šíření v sarkolemě aktivuje napěťově řízené kanály pro  $\text{Na}^+$ . Svalový akční potenciál (muscle action potential, MAP) se velmi rychle rozšíří na celou buněčnou membránu, včetně jejích vychlípenin (T-systém), a vyvolá masivní uvolnění iontů vápníku z T-tubulů a cisteren endoplazmatického retikula. Ionty vápníku následně umožní kontrakci svalu vazbou na troponin. Převedení akčního potenciálu na kontrakci se označuje jako elektromechanické spřažení (excitation-contraction coupling) (Krobot a Kolářová, 2011; Silbernagl a Despopoulos, 2016).

Sval dosahuje žádané síly a dynamiky kontrakce jednotlivých svalů časoprostorovou aktivací jednotlivých záškubů. Síla kontrakce kosterního svalu závisí na počtu aktivovaných motorických jednotek a jejich typu (rychlá a pomalá svalová vlákna) a na frekvenci akčních potenciálů motoneuronů (Kittnar, 2011). Svalová síla, která odpovídá jednomu akčnímu potenciálu, má vždy stejnou hodnotu, protože množství iontů  $\text{Ca}^{2+}$ , které se uvolní ze sarkoplazmatického retikula při jednom akčním potenciálu, je vždy stejné. Další parametr ovlivňující výslednou sílu svalové kontrakce je frekvence akčních potenciálů přicházejících po  $\alpha$ -motoneuronu. Pro zkrácení myofibril je zapotřebí celá série akčních potenciálů. Jednotlivý svalový záškub totiž nevyvíjí žádnou velkou sílu a jeho trvání je příliš krátké, takže posun myofibril se zastaví mnohem dříve, než dosáhnou krajní polohy zkrácení (Langmeier, 2009).

Jeden akční potenciál, probíhající po neuritu motoneuronu, vyvolává svalový záškub neboli svalové trnutí (*muscle twitch*) jedné motorické jednotky. Záškub je vlastně mechanickou odpovědí skupiny svalových vláken ovládaných jedním motorickým neuronem – čili jedné motorické jednotky. Je patrný i makroskopicky a jeho síla koreluje s velikostí motorické jednotky. Normální svalový stah vzniká opakovaným podrážděním mnoha motorických jednotek téhož svalu. Sval odpovídá na sérii akčních potenciálů vyvolaných na příslušném motoneuronu sumačním záznamem svalových trnutí tzv. tetanickým stahem. Fyziologicky pracuje sval ve formě hladkého tetanu, kdy dochází k sumaci svalových trnutí ve vzestupné části myografické křivky, což je způsobeno rychlou frekvencí akčních potenciálů. Při

pomalejší frekvenci dochází k sumaci stahu v sestupné části myografické křivky (Obr. 16), mluvíme pak o vlnitém tetanu (Trojan, 2005; Kittnar, 2011; Mourek, 2012).



Obr. 16 Odpověď svalu na vzrůstající frekvenci stimulace (zdroj: Kittnar, 2011)

### 2.5.2 Horní končetina

Horní končetina je uchopovací, manipulační a komunikační orgán, který slouží k sebeobsluze, práci a komunikaci ve smyslu zprostředkování spojení s okolím i s vlastním tělem. V porovnání s dolní končetinou se vyznačuje vysokou mobilitou. S trupem je horní končetina spojena pletencem ramenním prostřednictvím ramenního kloubu. Ramenní kloub, kořenový kloub horní končetiny, je nejpohyblivějším kloubem těla umožňující pohyb kolem 3 os, čímž zprostředkovává rozsáhlý pohyb celé horní končetiny v prostoru. Pomocí loketního kloubu mění končetina svoji délku. Hlavní funkcí ruky je funkce úchopová a manipulační. S výjimkou útlého dětství ztratila horní končetina většinu lokomočních funkcí (Kapandji, 1987; Drake, 2005; Véle 2006; Dylevský, 2009).

### 2.5.3 Kineziologie pletence ramenního a ramenního kloubu

*„Proximální oblast horní končetiny (rameno) tvoří spojku mezi osovým orgánem a horní končetinou. Zahrnuje oblast ramenního pletence kolem ramenního kloubu s příslušnými svaly a patří do sféry podpůrné a zabezpečovací hybnosti hrubé motoriky.“ (Véle, 2006, s. 265)*

Pasivní komponentou pletence horní končetiny je klíční kost, lopatka, hrudní kost a jejich spoje. Spojení pletence horní končetiny zajišťují dva klouby – art. acromioclavicularis a art. sternoclavicularis a tzv. funkční spojení torakoskopulární a subakromiální. Sternoklavikulární kloub plní funkci stabilizátoru v řetězci kostěných segmentů pažního pletence, pohyby v něm jsou možné všemi směry ale pouze v malém rozsahu. Nestejný tvar tohoto kloubu vyrovnává intraartikulární disk, který dále plní funkci tlumiče pohlcujícího drobné nárazy přenášené z klíční kosti na hrudní koš. Podobně pohyby v akromioklavikulárním kloubu nejsou velkého rozsahu, jedná se o minimální posuny a klíční kost se s lopatkou pohybuje jako funkční celek. Lopatka vykonává pohyby posuvné – elevace ( $55^\circ$ ), deprese ( $5^\circ$ ), abdukce / protrakce ( $10^\circ$ ), addukce / retrakce ( $10^\circ$ ) a pohyby rotační, při kterých se mění poloha dolního úhlu lopatky a sklon kloubní jamky – anteverze ( $30^\circ$ ) a retroverze ( $50^\circ$ ) (Dylevský, 2009). Aktivní komponentu pletence tvoří svaly: m. trapezius, m. rhomboideus major, m. rhomboideus minor, m. levator scapulae, m. serratus anterior, m. pectoralis minor a m. subclavius (Véle, 2006).

Ramenní kloub je kulovitý volný kloub spojující pažní kost (respektive volnou horní končetinu) s pletencem horní končetiny (lopatkou). Hlavice pažní kosti se opírá o jamku jen třetinou až čtvrtinou své plochy, proto je stabilita ramenního kloubu zajištěna především svaly (Dylevský, 2009). Těmi jsou dle Véleho: m. deltoideus, m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. teres minor, m. teres major, m. latissimus dorsi, m. pectoralis major, m. subsacapularis a m. coracobrachialis (Véle, 2006).

Fyziologický rozsah pohybů v ramenním kloubu se liší dle jednotlivých autorů. Uvádím proto variační šíři rozsahu pohybu dle Jandy a Pavlů (1993) z nulového postavení v ramenním kloubu. Pohyby v ramenním kloubu jsou možné ve smyslu flexe, extenze, abdukce, addukce, vnitřní a vnější rotace. Flexe v ramenním kloubu je možná v rozsahu  $160 - 180^\circ$ , přičemž tohoto rozsahu pohybu lze dosáhnout pouze v kombinaci s pohybem v pletenci pažním ve smyslu abdukce a laterální rotace lopatky. Rozsah extenze je  $30 - 60^\circ$ . Abdukci lze vykonat v rozsahu  $90 - 180^\circ$  a jedná se jako u flexe o kombinaci pohybu v kloubu glenohumerálním a v celém pletenci pažním, kde prvních  $30^\circ$  probíhá v ramenním kloubu, a dále pohyb do  $180^\circ$  pokračuje v torakoskopulárním rytmu, kdy na každých  $15^\circ$  v ramenním kloubu připadá  $5^\circ$  v torakoskopulárním spojení a posledních  $10^\circ$  je provázáno zevní rotací humeru. Dylevský (2009) popisuje addukci v rozsahu  $90^\circ$ , přičemž se jedná o připažení z upažení, tedy z abdukce  $90^\circ$ . Horizontální

addukce je dle Jandy a Pavlů (1993) možná ve variační šíři rozsahu pohybu 120 – 130°, horizontální abdukce o velikosti 120°. Zevní rotace v ramenním kloubu je 55 – 95° a rozmezí pro vnitřní rotaci je 45 – 90°.

Anatomii, kineziologii a biomechaniku ramenního pletence dále podrobně rozebírají ve svých publikacích např. Čihák (2001), Janda (1996), Dylevský (2008), Kendall (2005), Drake (2015) a Kapandji (1987).

#### **2.5.4 Svalové smyčky a svalové řetězce**

Véle (2006) uvádí, že většina běžných pohybů probíhá nejčastěji diagonálně a ve více segmentech, protože při pohybu pracuje vždy několik svalů současně a tvoří tím svalové skupiny se společnou funkcí. Jednotlivé svaly jsou vazivovými nebo kostěnými strukturami propojeny do širších funkčních celků. Svalová smyčka je tvořena dvěma svaly upínajícími se na dvě vzdálená puncta fixa, mezi které je včleněno punctum mobile – pohyblivý kostní segment, jehož poloha je vyvažována tahem obou svalů. Svaly smyčky mohou tímto segmentem jak cíleně pohybovat ve směru puncta fixa, tak ho vůči opěrným bodům fixovat a vytvořit tak oporu pro jiný pohybující se segment.

Véle problematiku dále rozvádí: „*Svalový řetězec vzniká vzájemnou fyzikální i funkční vazbou několika svalů nebo smyček propojených mezi sebou fasciálními, šlachovými i kostními strukturami do řetězce tvořícího samostatný složitý útvar, jehož funkce je programově řízena CNS.*“ (Véle, 2006, s. 314) Spojení svalů do jednoduchých smyček nebo složitějších řetězců integruje jejich funkci. Nedoporučuje proto zaměřit se v tréninku nebo terapii pouze na posilování jednotlivých svalů, ale doporučuje posilovat pohyby, na kterých se účastní vždy několik svalů a do jisté míry i celý posturální systém zajišťující nutnou stabilizaci těla pro pohyb. Funkci svalových řetězců lze analyzovat klinicky i elektromyograficky.

Véle (2006) popisuje mimo jiné smyčky a řetězce, ve kterých participují svaly ramenního kloubu a pletence. Uvádí smyčku pro abdukci a addukci lopatky, smyčku pro depresi a elevaci lopatky, smyčku pro depresi a elevaci ramene a smyčku fixující lopatku. Řetězce mezi ramenním pletencem a trupem existují tyto: řetězec zpevňující pletenec ramenní, „řetězec paže – hrudník“, zkřížený dlouhý řetězec na přední straně trupu a zkřížený dlouhý řetězec na zadní straně trupu, otevřený řetězec, uzavřený řetězec a řetězec pronačně supinační.

## 2.6 Povrchová elektromyografie - sEMG

EMG (elektromyografie) je elektrofyziologická technika, která umožňuje záznam a analýzu elektrických potenciálů, které reflektují kontrakční aktivitu kosterních svalů během konkrétního pohybu. Povrchová elektromyografie snímá akční potenciály pomocí elektrod umístěných na kůži nad měřeným svalem a informuje nás o průběhu rozdílu napětí na elektrodách. Grafickým záznamem akčních potenciálů je elektromyografická křivka, která se označuje jako elektromyogram (Dufek, 1995; Keller, 1998; Kittnar et al., 2011; Krobot a Kolářová, 2011).

*„Povrchová elektromyografie je specifickou formou elektromyografie. Oproti jiným elektrofyziologickým disciplínám je její prioritou funkční (kineziologická) analýza. Hlavní klinická užitečnost SEMG je daná možností objektivizace pohybu jako funkce. Přesněji, možnost objektivně a reprodukovatelně analyzovat pohyb a funkční pohybové poruchy.“* (Krobot a Kolářová, 2011, s. 5)

Akční potenciály jsou nejčastěji snímány pomocí 2 povrchových elektrod umístěných paralelně s průběhem svalových vláken (Enoka, 2002). Používají se obvykle menší kovové disky z vodivého materiálu, které se fixují přímo na odmaštěnou kůži. Jejich lokalizace je dána anatomickým uložením svalu, v místě jeho největšího bříška, kde je EMG signál snímán s největší amplitudou, ve střední linii svalu a s detekčním povrchem orientovaným kolmo na průběh svalových vláken (De Luca, 1993).

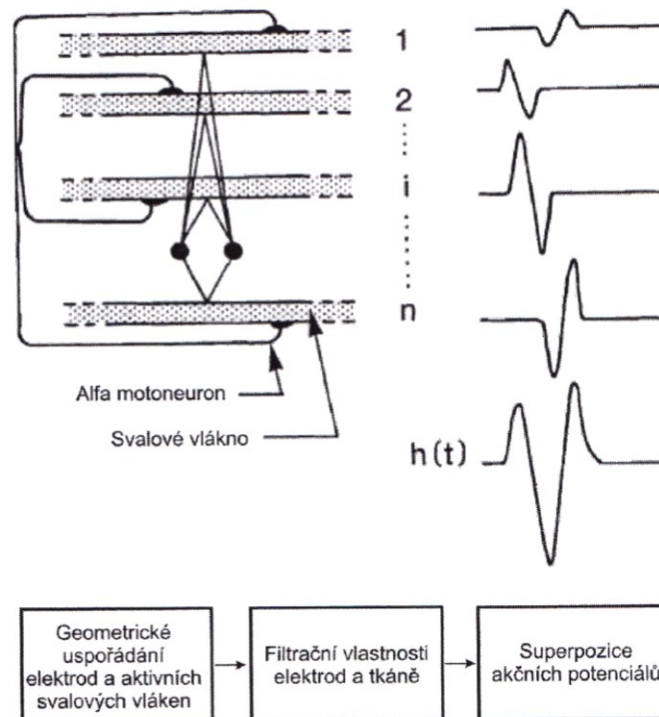
### 2.6.1 Faktory ovlivňující EMG signál

Na hodnotu jednotlivých parametrů elektromyografického signálu mají vliv faktory vnitřní i vnější. Faktory vnitřní jsou dané anatomickými, fyziologickými a biochemickými vlastnostmi svalu v průběhu kontrakce. Řadí se mezi ně: svalová aktivita měřeného svalu (typ, průměr, počet, umístění aktivních svalových vláken a jejich vzdáleností od elektrody), dále aktivita okolních svalů - tzv. cross talk (např. kontinuální aktivita respiračních svalů) a elektrická aktivita jiných tkání a orgánů (srdeční potenciály). Vnější faktory se týkají detekce a dají se lépe ovlivnit v porovnání s faktory vnitřními. Jedná se o elektrodovou konfiguraci danou velikostí, tvarem, lokalizací a vzdáleností elektrod, dále o kontakt mezi elektrodami a kůží a externí šum (Krobot a Kolářová, 2011; Basmajian a De Luca, 1985, De Luca, 1997).



## 2.6.2 Vznik EMG záznamu

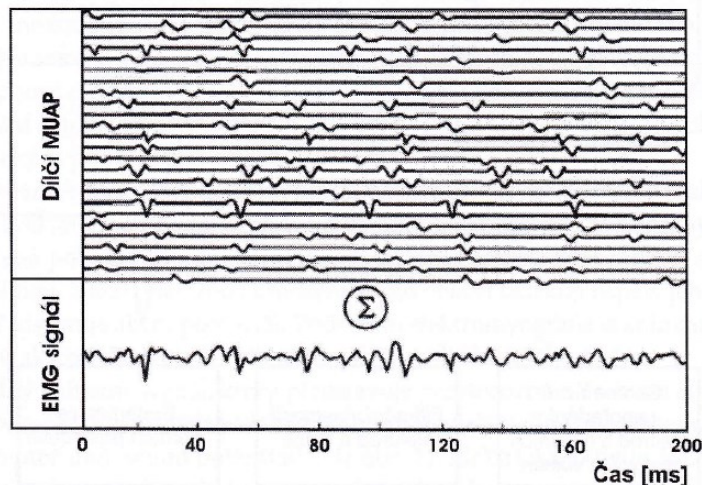
Podstatou elektromyografie je snímání akčních potenciálů aktivních motorických jednotek v okolí elektrody. Elektrody detekují napětí z elektromagnetického pole, které vzniká pohybem iontů doprovázející depolarizaci postsynaptické membrány svalu. Časový průběh napětí představuje akční potenciál (Winter, 2005; Krobot a Kolářová, 2011).



*Obr. 17 Schématická reprezentace průběhu MUAP (motor unit action potential)  
(zdroj: Krobot a Kolářová, 2011)*

Jednotlivé akční potenciály všech aktivních motorických jednotek snímané elektrodami jsou elektricky superponované (Obr. 17), nejedná se o prostou sumaci elektrického napětí v daném okamžiku, ale o výsledek jejich interferencí (tzv. interferenční vzorec) v prostorovém vodiči - sval, kůže, elektrody (Obr. 18) (Rodová et al., 2001; Krobot a Kolářová, 2011).

Grafický záznam se označuje jako elektromyogram (Rodová et al., 2001).



Obr. 18 Model interference akčních potenciálů (zdroj: Krobot a Kolářová, 2011; upraveno dle Basmajian a De Luca, 1985)

### 2.6.3 Pozitiva a možnosti využití sEMG

Mezi hlavní přednosti sEMG jsou řazeny neinvazivnost a jednoduchý postup provedení detekce (Rodová et al., 2001), čímž je umožněn relativně snadný přístup k fyziologickým procesům, které přímo souvisí se vznikem pohybu a produkováním síly (De Luca, 1993). Jelikož je sEMG schopná snímat aktivitu více svalů v průběhu pohybu, zprostředkovává nám informace nejen o velikosti svalové aktivity, ale můžeme díky ní zkoumat a hodnotit svalové synergie, sekvenci zapojování jednotlivých svalů, případně svalovou únavu (Krobot a Kolářová, 2011).

Čestné místo proto zaujímá mezi metodami vyšetřující svalové funkce jak selektovaného tak komplexního pohybu a koordinaci svalové činnosti. Proto lze kineziologické EMG využít pro hodnocení efektu tréninkových metod a terapeutických postupů (Rodová et al., 2001).

Spektrum využití sEMG je dle Krobot a Kolářové (2011) široké, v rehabilitaci se jedná se především o hodnocení okamžitého i dlouhodobého účinku rehabilitace a terapeutické intervence na svalovou aktivitu. Pomocí sEMG lze:

- hodnotit kontrolu pohybu vyšetřením „timingů“ zapojování jednotlivých svalů;
- popsat svalové synergie a agonisticko- antagonistické koaktivace;
- vyšetřit strategie posturální stabilizace, funkčních pohybů nebo krokového cyklu;

- zhodnotit míru aktivace v závislosti na typu pohybu a poloze (na základě amplitudy svalu je možné určit jejich facilitační nebo inhibiční efekt);
- určit míru unavitelnosti povrchových svalů;
- trénovat aktivaci svalů formou vizuální zpětné vazby.

Využití nachází sEMG i v dalších oborech:

- klinická medicína - objektivní zhodnocení funkčního stavu vybraných svalových skupin (pacienti s traumatologickými, ortopedickými nebo neurologickými diagnózami);
- sportovní trénink - hodnocení trénovanosti a zručnosti;
- aplikovaný výzkum v oblasti kineziologie a biomechaniky - sledování hodnocení mechanismů strategie kontroly pohybu za fyziologických i patologických podmínek;
- ergonomické studie - hodnocení podmínek pracovního prostředí (Krobot a Kolářová, 2011).

#### **2.6.4 Limitace sEMG**

Použití sEMG není vhodné pro vyšetření aktivity jednotlivých motorických jednotek, jelikož povrchovými elektrodami jsou zachycovány akční potenciály z větší plochy, to znamená, že je snímána aktivita několika motorických jednotek. Další nevýhodou použití povrchové EMG jsou nepřesně definovatelné polohy povrchových elektrod vůči aktivním MJ jednotlivých svalů (De Luca, 1993).

Dále je upozorňováno na problematiku inter a intra-individuální variability lidského pohybu, tkvící nejen v odlišnosti strategie pohybu různých jedinců, ale také ve variabilitě náboru motorických jednotek a aktivace příslušných svalů v rámci opakování totožného pohybu jednoho jedince. Absolutní standardizace není možná a ani žádoucí. Variabilitu lze minimalizovat dopředným standardizováním podmínek pro testovanou činnost (Krobot a Kolářová, 2011).

K limitacím se dále vyjadřuje Kračmar (2007) přičemž upozorňuje na tyto skutečnosti:

- kvantitativně lze srovnávat pouze výsledky měření na jedné osobě bez přelepování elektrod a bez velké časové pauzy mezi měřeními;
- pomocí sEMG je popisována aktivace pouze místa svalu, kde jsou lokalizovány elektrody;

- nelze objektivně posoudit poměrnou svalovou práci mezi dvěma různými svaly (odlišná vodivost kůže na různých místech těla, rozložení podkožního tuku, různá velikost motorických jednotek);
- při zapojení více než padesáti procent motorických jednotek dochází k deformaci křivky, která dále již nestoupá lineárně, proto nelze poměrně posoudit svalovou práci;
- pro kineziologickou analýzu je doporučeno provádět měření na probandovi s pevně fixovaným hybným stereotypem (předpoklad vysoké hodnoty autokorelace EMG křivky při opakování činnosti).

## 2.7 Přehled výzkumných prací v řešené problematice

Tato kapitola je zaměřena na přehled výzkumných prací zabývajících se problematikou šplhu na laně a jeho tréninkovými prostředky, kineziologickou analýzou sportovních činností realizovaných převážně pletencem ramenním s využitím povrchové elektromyografie a studii porovnávající efekt tréninkových prostředků případně imitačních pohybů v tréninku některé z pohybových činností realizovaných převážně pomocí pletence ramenního. Odborné články byly vyhledávány pomocí elektronických databází PubMed, Web of Science, EBSCO, UKAŽ (Discovery služba Univerzity Karlovy). Zvolenými jazyky pro vyhledávání byla angličtina a čeština. Hesla pro vyhledávání byla použita tato: šplh, shyb, šplhačský přitah, elektromyografie, EMG, kinesiologická analýza (respektive v anglickém jazyce: ropeclimbing, pull up, chin up, electromyography, kinesiological analysis). Vyhledávání proběhlo v říjnu až prosinci 2019. Cílem níže uvedeného systematického přehledu je zjištění současného stavu poznání o svalové aktivitě při šplhu na laně a jeho tréninkových prostředcích pomocí EMG.

Výzkumem rešeršního charakteru týkajícího se šplhu na laně se zabývali následující autoři. Novák (2008) pojednává o problematice nácviku a využití dovednosti šplhu na laně. Kubánek (2012), který se věnoval charakteristice šplhu jako závodní disciplíně, poskytuje ucelený přehled o šplhu na laně v České republice, jeho historii, obnovení i praktickém uplatnění. Šustáčková (2012) se zabývala problematikou šplhu děvčat ve školní tělesné výchově.

Návrhem a efektem tréninkových prostředků a plánů se ve svých pracích zabývali autoři jmenovaní v tomto odstavci. Jedná se především o případové studie. Novák

(2011) zkoumal efekt kondičního programu na zlepšení pohybové dovednosti šplhu na laně v rámci školní tělesné výchovy. Markvartová (2011) se zabývala navržením a praktickým ověřením tréninkové jednotky základní a specializované části tréninku sportovních oddílů šplhu. Kubánek (2014) se věnoval vytvoření a ověření vlivu komplexního dlouhodobého tréninkového programu pro začínajícího závodníka na jeho výkonnost.

Problematikou svalové aktivity při různých sportovních činnostech vykonávaných převážně pomocí pletence ramenního včetně šplhu na laně a shybu, kde jako rozhodující výzkumná metoda byla využita povrchová elektromyografie, se zabývala především Bačáková (2013) ve své disertační práci. Dále tuto problematiku rozebírají Kračmar et al. (2007) a Kračmar et al. (2016).

Dále existují publikace věnující se analýze svalové aktivity při dalších sportovních činnostech, kde práce pletence ramenního hraje zásadní roli. Pišvejc (2006) se zabýval kineziologickou analýzou jízdy na slalomovém kajaku, Chrástková (2015) analýzou běhu na lyžích, Kračmar et al. (2007) a Škopek (2016) nordic walkingu.

Komparativní analýzu aktivity svalů pletence ramenního při sportovní činnosti ve srovnání s jejími tréninkovými metodami provedl Brtník (2009), který porovnával plavecký cyklus a vybraná posilovací cvičení, dále Böswart (2015), který srovnával timing vybraných svalů pletence ramenního při plaveckém způsobu prsa ve vodě a na suchu, Zbořilová (2017) porovnává záběr při veslování na skifu a při jízdě na trenažéru Concept 2, Vaněčková (2018) hodnotí koordinační shodu plaveckého způsobu kraul ve vodním prostředí s imitačním posilovacím cvičením s expandérem a při imitačním pohybu na plaveckém trenažéru Biokinetic.

Z výše uvedeného vyplývá, že v současnosti existuje velké množství studií zabývajících se kineziologickou analýzou sportovních aktivit realizovaných převážně pletence ramenním. Kineziologickou analýzou šplhu využívající objektivní metodu ke zhodnocení svalové aktivity a ne pouze popisu pohybu vyplývajícího z aspekce se doposud zabývala pouze Bačáková ve své disertační práci, přičemž cílem práce bylo prokázání kvadrupedálního lokomočního vzoru při lokomci výhradně pomocí pletence ramenního. Dále na tyto poznatky navazují Kračmar, Chrástková a Bačáková (2016) ve své publikaci. V dostupné literatuře v současnosti není k dispozici výzkumná práce,

která objektivně posuzuje efektivitu shybu a jeho modifikací pro trénink šplhu na laně bez dopomoci dolních končetin.

## **3 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY**

### **3.1 Cíle práce**

Cílem teoretické části práce je shromáždit a analyzovat dostupné informace týkající se pohybového projevu při šplhu na laně bez dopomoci dolních končetin. Získat informace o tréninkových prostředcích využívaných v závodní přípravě lezců s důrazem na využití shybu a jeho modifikací v tréninku.

Cílem praktické části práce je posouzení míry koordinační shody pohybového vzoru šplhu na laně v porovnání s klasickým shybem podhmatem, šplhačským přitahem nízkým a šplhačským přitahem vysokým. Na základě výsledků posoudit efektivitu jednotlivých variant shybu v tréninku šplhu a navrhnout praktické doporučení do tréninkového procesu šplhu na laně.

### **3.2 Úkoly práce**

Na základě cílů práce byly stanoveny následující úkoly práce:

1. Provést literární rešerši odborné literatury věnující se problematice řešené v této práci a formulovat teoretická východiska.
2. Na základě zjištěných skutečností formulovat výzkumné otázky a hypotézy a stanovit metodický postup práce včetně výběru vhodné metody statistického zpracování dat.
3. Stanovit kritéria pro výběr vhodných probandů a vybrat vhodné probandy.
4. Instruovat probandy ohledně průběhu měření.
5. Sběr dat.
5. Analyzovat, interpretovat a statisticky zpracovat získaná data.
6. Vyhodnotit výsledky práce, formulovat závěry pro teorii i praxi, provést diskusi.

### **3.3 Výzkumné otázky**

Výzkumné otázky byly stanoveny vzhledem k vytyčeným cílům diplomové práce, na podkladě literární rešerše zpracované v teoretické části práce a na základě praktických zkušeností s tréninkem šplhu na laně.

Výzkumná otázka č. 1: „*Existuje pro trénink šplhu tréninkový prostředek, který vykazuje vyšší míru koordinační shody z hlediska timingu se šplhem na laně bez dopomoci dolních končetin než klasický shyb podhmatem?*“

Výzkumná otázka č. 2: „*Ovlivňuje výška úchopu lana při šplhačském přitahu timing svalové aktivity?*“

### 3.4 Hypotézy práce

Na základě výzkumných otázek byly formulovány tyto nulové a alternativní hypotézy. K jejich testování byla využita pořadová korelace a statistické testování bylo provedeno na hladině významnosti  $\alpha = 5 \%$ :

- a) *Vzájemný vztah proměnných timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně a timing průměrného pohybového cyklu shybu téhož probanda.*

H<sub>01</sub>: Hodnota korelačního koeficientu mezi proměnnou *timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně* a proměnnou *timing průměrného pohybového cyklu shybu* téhož probanda není statisticky významně odlišná od nuly. (Testována je nezávislost těchto dvou proměnných, korelační koeficient  $r_s = 0$ .)

H<sub>1</sub>: Pozitivní hodnota korelačního koeficientu mezi proměnnou *timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně* a proměnnou *timing průměrného pohybového cyklu shybu* téhož probanda je statisticky významně odlišná od nuly. (Jednostranná alternativní hypotéza, korelační koeficient  $r_s > 0$ .)

- b) *Vzájemný vztah proměnných timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně a timing průměrného pohybového cyklu šplhačského přitahu nízkého téhož probanda.*

H<sub>02</sub>: Hodnota korelačního koeficientu mezi proměnnou *timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně* a proměnnou *timing průměrného pohybového cyklu šplhačského přitahu nízkého* téhož probanda není statisticky významně odlišná od nuly. (Testována je nezávislost těchto dvou proměnných, korelační koeficient  $r_s = 0$ .)

H<sub>2</sub>: Pozitivní hodnota korelačního koeficientu mezi proměnnou *timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně* a proměnnou *timing průměrného pohybového cyklu šplhačského přitahu nízkého* téhož probanda je statisticky významně odlišná od nuly. (Jednostranná alternativní hypotéza, korelační koeficient  $r_s > 0$ .)



c) Vzájemný vztah proměnných *timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně* a *timing průměrného pohybového cyklu šplhačského přitahu vysokého téhož probanda*.

H<sub>03</sub>: Hodnota korelačního koeficientu mezi proměnnou *timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně* a proměnnou *timing průměrného pohybového cyklu šplhačského přitahu vysokého téhož probanda* není statisticky významně odlišná od nuly. (Testována je nezávislost těchto dvou proměnných, korelační koeficient  $r_s = 0$ .)

H<sub>3</sub>: Pozitivní hodnota korelačního koeficientu mezi proměnnou *timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně* a proměnnou *timing průměrného pohybového cyklu šplhačského přitahu vysokého téhož probanda* je statisticky významně odlišná od nuly. (Jednostranná alternativní hypotéza, korelační koeficient  $r_s > 0$ .)

## **4 METODIKA PRÁCE**

Teoretická část práce je zpracována formou literární rešerše. Praktická část práce byla koncipována jako výzkum s charakteristikou deskriptivní komparativně analytické studie.

Projekt byl schválený Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem 272/2019. Originály Žádosti o vyjádření Etické komise UK FTVS a Vyjádření Etické komise UK FTVS jsou Přílohou 1 této diplomové práce. Účast v projektu byla dobrovolná. Před zahájením měření byl každý účastník seznámen s průběhem i formou měření a svůj souhlas se zpracováním získaných dat stvrdil podepsáním Informovaného souhlasu, jehož vzor tvoří Přílohu 2 této diplomové práce. Osobní data získaná pro potřeby výzkumu byla anonymizována a po anonymizaci smazána.

### **4.1 Vymezení a omezení práce**

Vyhledávání informačních zdrojů bylo vymezeno českým a anglickým jazykem. Byly použity tištěné i elektronické zdroje – monografie, učebnice, disertační práce, odborné články a studie z vědeckých časopisů. Zahraniční elektronické zdroje byly vyhledávány na portálech PubMed, Web of Science, EBSCO a UKAŽ. Vyhledávání probíhalo v období říjen - prosinec 2019.

Sběr dat pro praktickou část práce se uskutečnil v Loděnici UK FTVS v Praze v Troji v období 5. – 8. března 2020. Probandi zařazení do výzkumu v praktické části práce byli muži ve věku 18 - 35 let. Jedná se o vrcholové sportovce provozující velmi specifický sport, proto nelze provedený výzkum vztáhnout na celou populaci.

### **4.2 Charakteristika sledovaného souboru**

Jelikož ve výzkumu sledujeme velmi specifické pohybové projevy - šplh na laně bez dopomoci dolních končetin, klasické shyby podhmatem a šplhačské přitahy, do výzkumu byli zahrnuti probandi s vysoce fixovaným pohybovým stereotypem. Sledovanou skupinu tvořilo 12 aktivních vrcholových závodníků ve šplhu na laně. Probandi byli muži bez zdravotních omezení ve věku 18 - 35 let s dominantní pravou horní končetinou. Jednalo se o muže nominované na MČR ve šplhu na laně 2019 Výkonným výborem šplhu na laně v listopadu 2019. Tzn. aktivní závodníci, kteří se museli v sezóně 2019 zúčastnit minimálně dvou velkých cen ve šplhu na laně

a minimálně na jedné z nich splnit časový limit 11,30 s nebo nižší na laně délky 8m. V Příloze 0 jsou v tabulce uvedeny charakteristiky jednotlivých probandů.

Kontraindikací pro účast na projektu byl nesplněný časový limit pro možnost startu na MČR v roce 2019 a úraz v posledních 12 měsících ovlivňující pohybový projev při šplhu na laně, akutní onemocnění v období čtrnácti dnů před a včetně období měření a rekonvalescence po onemocnění či úrazu.

### **4.3 Použité metody**

Diplomová práce má charakter deskriptivní komparativně analytické studie s cílem posouzení míry koordinační shody pohybového vzoru šplhu na laně a specifických tréninkových prostředků. Sledovanou proměnnou byl timing, tedy pořadí aktivace zvolených svalů u sledovaného probanda, při pohybech vykonávaných primárně aktivitou pletence ramenního, a kde dolní končetiny pracují v otevřeném kinematickém řetězci - šplh na laně, shyb podhmatem, šplhačský přitah nízký, šplhačský přitah vysoký.

Rozhodující metodou výzkumu je povrchová elektromyografie.

Studie vychází z kvantitativního popisu elektromyografických záznamů sledovaných pohybových aktů. Stažení dat do počítače, prvotní vyhodnocení dat a jejich převedení do formátu vhodného k dalšímu zpracování bylo provedeno v softwaru MegaWin (Mega Electronics, Ltd., Finland). Svalová aktivita byla detekována pomocí metody prahování, jejímuž podrobnému popisu je věnována kapitola 4.5.1. Detekce svalové aktivity byla uskutečněna v programovacím prostředí Matlab (The MathWorks, Inc, USA). Komparativní analýze byl podroben timing nástupu aktivity vybraných svalů probanda při sledovaných činnostech.

Měření se uskutečnilo v terénu.

#### **4.3.1 Specifikace technického vybavení využitého ve výzkumu**

Data byla získána pomocí přenosného přístroje ME 6000 Biomonitor pro terénní snímání povrchového EMG, které je napájeno vlastními zdroji o napětí 9V bez výkonných kondenzátorů. Nehrozilo tedy žádné nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Přístroj umožňuje až šestnácti kanálové měření. Záznam byl ukládán do interní paměti přístroje.

Technická specifikace přístroje ME6000 Biomonitor:

- výrobce: MEGA Electronics, Ltd., Finsko;
- rozlišení: 14 bit;
- rozměry 181 × 85 × 35 mm;
- váha: 344 g;
- počet měřících kanálů: 16;
- vzorkovací frekvence: až 10000 Hz/kanál s měřícím rozpětím 8192  $\mu$ V pro EMG;
- citlivost přístroje: 1  $\mu$ V na dílek;
- pásmová propust: 8–500 Hz;
- interní paměť: 256 MB – 2 GB;
- software: MegaWin PC Software.

Technická specifikace použitých elektrod:

- povrchové diskové elektrody Kendall H92SG;
- materiál: Ag / AgCl;
- průměr elektrody: 5 mm.

#### 4.4 Sběr dat

Měření proběhlo v březnu 2020, jednalo se o začátek závodní sezóny. Doba měření jednoho probanda byla 1 hodina. Celková doba zahrnující rozevření, aplikaci elektrod a samotné měření byla 2 hodiny. Výzkum trval celkem 4 dny. Měření se neopakovalo.

Před rozevřením byl každý proband obeznámen s průběhem měření a podepsal Informovaný souhlas. Vzor Informovaného souhlasu je Přílohou 2 této diplomové práce. Originály podepsaných Informovaných souhlasů všech probandů byly odevzdány Etické komisi UK FTVS. Dále byly změřeny antropometrické vzdálenosti na PHK potřebné pro měření: vzdálenost olecranon – processus styloideus ulnae a vzdálenost acromion – spojnice processus styloideus radii a processus styloideus ulnae.

Všem účastníkům bylo poskytnuto 30 min na individuální rozevření.

EMG elektrody byly nalepeny na kůži v místě předpokládaných motorických bodů měřených svalů paralelně se svalovými vlákny a s detekčním povrchem orientovaným kolmo k průběhu svalových vláken (specifikováno v kapitole 4.4.1).

Přístroj EMG ME 6000 Biomonitor byl upevněn k tělu probanda v úrovni pasu v ochranném pouzdře, tak aby nedocházelo k omezení pohybu.

Samotné měření zahrnovalo 4 sledované pohyby a 5 motorických úkonů. Mezi jednotlivými úkony byla 10 minut pauza pro regeneraci. Tento časový úsek byl zvolen v návaznosti na závodní pravidla, kde mezi jednotlivými závodními pokusy musí být pauza minimálně 10 minut. Probandi nebyli obeznámeni s konkrétními cíli, hypotézami ani sledovanými proměnnými výzkumu.

Sledované pohyby:

- 1) šplh na laně;
- 2) šplhačský přítah nízký;
- 3) šplhačský přítah vysoký;
- 4) shyby podhmatem.

ad 1) **Šplh na laně** (Obr. 19)

Zkoumanou pohybovou činností byl šplh na laně do výše 4,5 m bez opory dolních končetin o lano. Motorický úkon začínal z pozice sedu s jednou horní končetinou uchopující lano a s druhou rukou dotýkající se země, tak jak je běžné startovat na závodech (viz. kapitola 2.2.2). Nebylo stanoveno, která HK měla uchopovat lano a nebyla stanovena přesná technika, cílem bylo zdolání 4,5 m délky lana co nejrychlejším způsobem pouze pomocí horních končetin bez dopomoci dolních končetin ve smyslu opory o lano. Jedná se o diferencovaný kontralaterální lokomoční pohybový vzor.



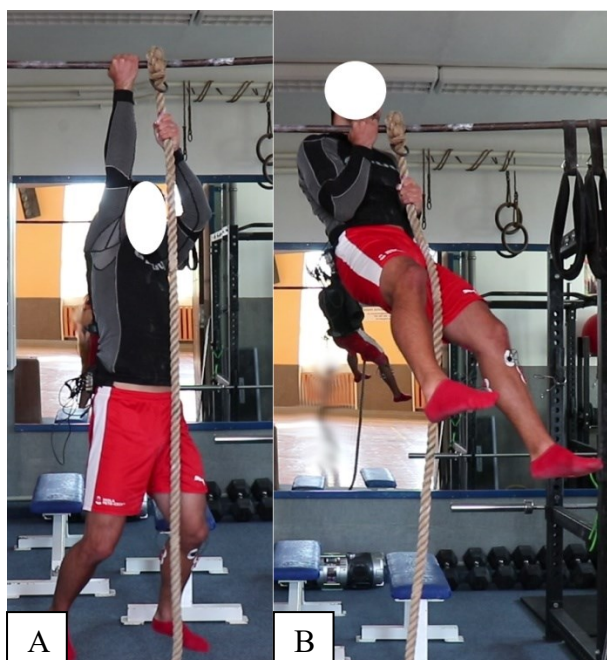
Obr. 19 Kinogram jednoho pohybového cyklu šplhu na laně (zdroj: archiv autora)

Šplh na laně byl měřen dvakrát z důvodu eliminace chybného pokusu (např. prohmátnutí, apod.). Mezi oběma pokusy byla 10 minut pauza pro dostatečnou regeneraci.

#### ad 2) Šplhačský přítah nízký (Obr. 20)

Sledovaným pohybem byl šplhačský přítah s kratším úchopem (viz. kapitola 2.3.2) se specifikovanou vzdáleností úchopu vzhledem k tělesným proporcím probanda. Výchozí pozice byla specifikována následovně: pasivní vis na PHK, lano je zavěšené na hrazdě vlevo od pravého zápěstí. LHK uchopuje lano v takové vzdálenosti od hrazdy, která se rovná antropometrické vzdálenosti olecranon – processus styloideus ulnae PHK probanda. Následoval aktivní vis a přítah k pravé ruce, tak aby se brada probanda dostala nad úroveň hrazdy. Tento pohyb byl předmětem zkoumání výzkumu. Pozice trupu a dolních končetin nebyla specifikována. Poté se proband vrátil do výchozí pozice. Návrat probanda do výchozí pozice nebyl předmětem zkoumání.

Bylo měřeno 5 opakování šplhačských přítahů nízkých k pravé ruce.



Obr. 20 Šplhačský přítah nízký (zdroj: archiv autora)

Legenda k Obr. 20: A - výchozí pozice, B – provedení

#### ad 3) Šplhačský přítah vysoký (Obr. 21)

Sledovaným pohybem byl šplhačský přítah s kratším úchopem (viz. kapitola 2.3.2). Výchozí pozicí byl pasivní vis na PHK, lano bylo zavěšené na hrazdě vlevo

od pravého zápěstí. LHK uchopovala lano v takové vzdálenosti od hrazdy, která se rovnala antropometrické vzdálenosti acromion – spojnice processus styloideus radii a processus styloideus ulnae PHK probanda. Následoval aktivní vis a přítah k pravé ruce, tak aby se brada probanda dostala nad úroveň hrazdy. Tento pohyb byl předmětem zkoumání výzkumu. Pozice trupu a dolních končetin nebyla specifikována. Poté se proband vrátil do výchozí pozice. Návrat probanda do výchozí pozice nebyl předmětem zkoumání.

Bylo měřeno 5 opakování šplhačských přitahů vysokých k pravé ruce.



Obr. 21 Šplhačský přítah vysoký (zdroj: archiv autora)

Legenda k Obr. 21: A - výchozí pozice, B – provedení

#### ad 4) Shyb podhmatem

Provedení shybu podhmatem se nelišilo od běžného provedení (viz. kapitola 2.3.1). Tedy výchozí pozicí byl pasivní vis podhmatem obouřč (předloktí v supinačním postavení). Následoval aktivní vis a přítah k hrazdě, tak aby se brada probanda dostala nad úroveň hrazdy. Tento pohyb byl předmětem zkoumání výzkumu. Poté se proband vrátil do výchozí pozice. Návrat probanda do výchozí pozice nebyl předmětem zkoumání. Tento cvik byl běžně zařazovaným tréninkovým prvkem, proto nebylo provedení více specifikováno, aby nedošlo k narušení pohybového stereotypu. Jednalo se o symetrickou, nediferencovanou práci horních končetin a pletence ramenního.

Bylo měřeno 5 opakování shybů podhmatem.



*Obr. 22 Shyb podhmatem (zdroj: archiv autora)*

Legenda k Obr. 21: A - výchozí pozice, B – provedení.

#### **4.4.1 Sledované svaly a lokalizace elektrod**

Na základě analýzy svalových řetězců uváděných Vélem (2006) a jejich bazální funkce, jak uvádějí Čihák (2001) a Travell a Simons (1999), informací z dostupné literatury, především pak disertační práce Bačákové (2013), a dále na základě porovnání pohybových charakteristik pohybového vzoru šplhu na laně a diagonál popsanych v PNF (Holubářová a Pavlů, 2014) byly vybrány svaly sledované v pilotním měření. Pro měření byly zvoleny svaly pravé horní končetiny a trupu z důvodu eliminace potenciálně rušivé elektrické aktivity srdce a dále pak svaly na kontralaterální končetině, jelikož se jedná o kontralaterální zkřížený pohybový vzor.

Na základě výše uvedených skutečností a pilotního měření byly pro výzkum vybrány tyto svaly:

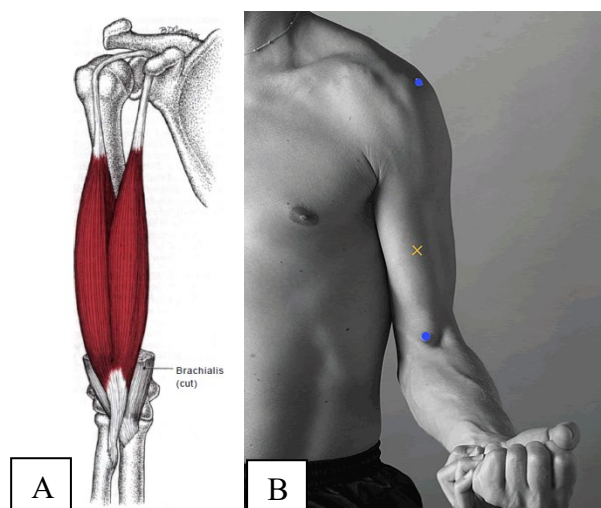
- 1) m. biceps brachii c. longum dx.;
- 2) m. deltoideus pars anterior dx.;
- 3) m. triceps brachii c. longum dx.;
- 4) m. trapezius pars transversa dx.;
- 5) m. infraspinatus dx.;
- 6) m. latissimus dorsi dx.;
- 7) m. pectoralis major dx.;



- 8) m. gluteus medius sin.;
- 9) m. rectus femoris sin.;
- 10) m. tibialis anterior sin.

Před aplikací elektrod byla pokožka očištěna a odmaštěna dezinfekcí na bázi alkoholu, případně zbavena potenciálního ochlupení. Výběr a lokalizace elektrod byly uskutečněny v souladu s doporučeními dle projektu SENIAM (Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles, 1999) a softwaru Mega Win. Proband byl nejprve uveden do výchozí polohy doporučené pro palpaci, dále byly lokalizovány anatomické struktury, potřebné k přesné lokalizaci elektrod a následně při provedení testovacího pohybu pro konkrétní měřený sval bylo vypalováno místo pro nalepení elektrod v průběhu svalových vláken. Detekční povrch plošných elektrod byl orientovaný kolmo k průběhu svalových vláken. Podrobnějšímu popisu umístění elektrod ve vztahu k antropometrickým bodům je věnována další část této kapitoly. Zesilovače a volné dráty byly upevněny tak, aby nedocházelo k jejich pohybu a vytváření artefaktů na záznamu. Aplikaci všech elektrod prováděl jeden výzkumník (řešitel práce, fyzioterapeut).

#### M. biceps brachii – caput longum (Obr. 23)



Obr. 23 *Musculus biceps brachii* (zdroj: Travell a Simons, 1999; SENIAM, 1999; upraveno)

Legenda k Obr. 23, Obr. 24, Obr. 25, Obr. 27, Obr. 30, Obr. 31, Obr. 32: A – anatomie. B - lokalizace elektrod, křížek značí lokaci pro umístění elektrod, tečky značí antropometrické body.

*Začátek svalu:* caput longum - proximálně od tuberculum supraglenoidale a horního okraje glenoidálního labra;

*úpon svalů:* tuberositas radii;

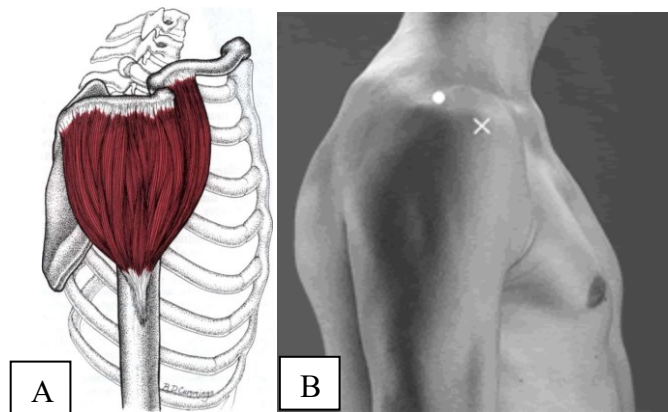
*inervace:* n. musculocutaneus;

*funkce:* flexe loketního kloubu, pomocný sval při flexi v ramenním kloubu, supinace v loketním kloubu. Při zevní rotaci dopomáhá abdukci v ramenním kloubu a spolu s rotátorovou manžetou fixuje hlavici humeru v jamce při addukci a brání luxaci ramenního kloubu (Travell a Simons, 1999; Čihák, 2011).

*Umístění elektrod:*

- lokalizace elektrod: v linii acromion - fossa cubitalis, v 1/3 na fossa cubitalis;
- orientace elektrod: ve směru linie acromion - fossa cubitalis.

### **M. deltoideus pars clavicularis (Obr. 24)**



Obr. 24 *Musculus deltoideus* (zdroj: Travell a Simons, 1999; SENIAM, 1999; upraveno)

*Začátek svalů:* pars clavicularis – přední okraj extremitas acromiale claviculae;

*úpon svalů:* tuberositas deltoidea humeri;

*inervace:* n. axillaris;

*funkce:* abdukce, flexe, horizontální addukce a vnitřní rotace v ramenním kloubu (Travell a Simons, 1999; Čihák, 2011).

*Umístění elektrod:*

- lokalizace elektrod: distálně a anteriorně na acromionu na šíři jednoho prstu;
- orientace elektrod: ve směru linie acromion – palec.

### **M. triceps brachii – caput longum (Obr. 25)**

*Začátek svalů:* caput longum - tuberculum infraglenoidale scapulae;

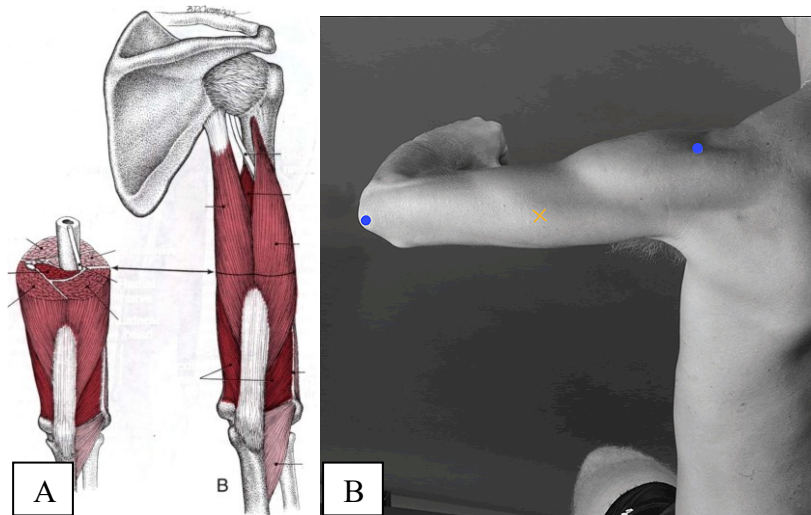
*úpon svalů:* olecranon ulnae;

*inervace:* n. radialis;

*funkce:* flexe loketního kloubu (Travell a Simons, 1999; Čihák, 2011).

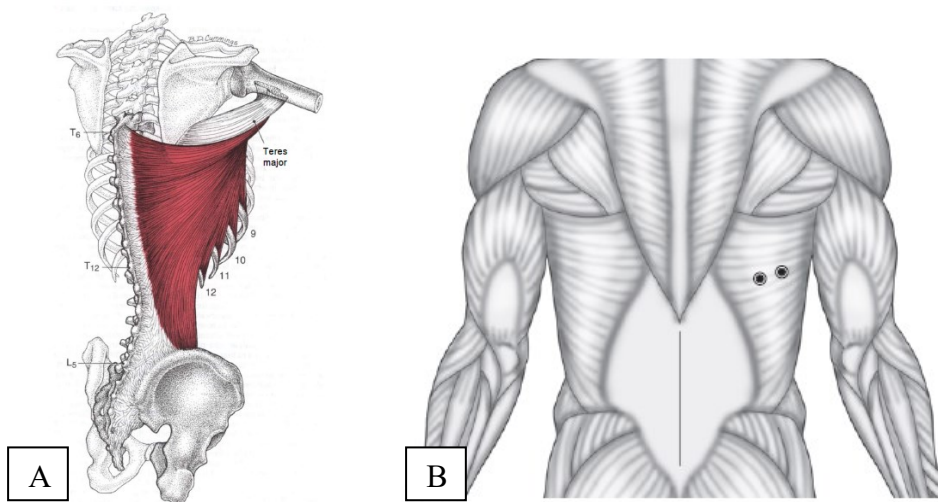
*Umístění elektrod:*

- *lokalizace elektrod:* v polovině linie acromion - olecranon, mediálně od této linie na šířku dvou prstů;
- *orientace elektrod:* ve směru linie acromion – olecranon.



Obr. 25 *Musculus triceps brachii* (zdroj: Travell a Simons, 1999; SENIAM, 1999; upraveno)

### **M. latissimus dorsi** (Obr. 26)



Obr. 26 *Musculus latissimus dorsi* (zdroj: Travell a Simons, 1999; Criswell, 2011; upraveno)

Legenda k Obr. 26, Obr. 28, Obr. 29: A – anatomie. B - lokalizace elektrod, tečky značí lokaci pro umístění elektrod.

*Začátek svalu:* prostřednictvím aponeurosy (fascia thoracolumbalis) od dorsální části labium externum cristae iliaceae, dorsální plochy kosti křížové a od trnů bederních obratlů. Dále od tří kaudálních žeber, spinálních výběžků pěti až šesti kaudálních hrudních obratlů (Th12 až Th7-8) a zpravidla několika snopci od povrchové fascie m. teres major.

*Úpon svalu:* na cristu tuberculi minoris na humeru, proximálně a ventrálně od šlachy m. teres major;

*inervace:* n. thoracodorsalis.

*Funkce:* addukce a vnitřní rotace humeru; dorsální flexe humeru v kloubu ramenním (ve spolupráci s m. teres major a se spinální částí m. deltoideus), při fixované paži zdvihá žebra a při usilovném nádechu plní funkci pomocného nádechového svalu, zatímco vnější okraj svalu pomáhá více zakřivit hrudní páteř a tím zmenšit hrudník při prudkém výdechu, např. při kašli. Při jednostranné kontrakci elevuje pánev (Travell a Simons, 1999; Čihák, 2011). Čihák (2011) dále uvádí: „Účinek svalu je největší, působí-li ze vzpažení nebo z upažení (např. při rozporu na kruzích nebo při visu na hrazdě, kdy m. latissimus táhne od humeru za trup).“

*Umístění elektrod:* vzhledem k absenci popisu lokalizace elektrod pro m. latissimus dorsi v doporučení dle SENIAM (1999), byla v tomto výzkumu použita lokalizace, tak jak ji popisuje Criswell (2011):

- *lokalizace elektrod:* svalové břicho v úrovni processus spinosus dvanáctého hrudního obratle;
- *orientace elektrod:* ve směru linie processus spinosus S2 – nejvyšší bod zadní axilární řasy.

### **M. trapezius pars transversa (Obr. 27)**

*Začátek svalu:* pars transversa - proc. spinosi a lig. interspinalia šestého krčního až třetího hrudního obratle;

*úpon svalu:* horní okraj spiny scapulae a acromion;

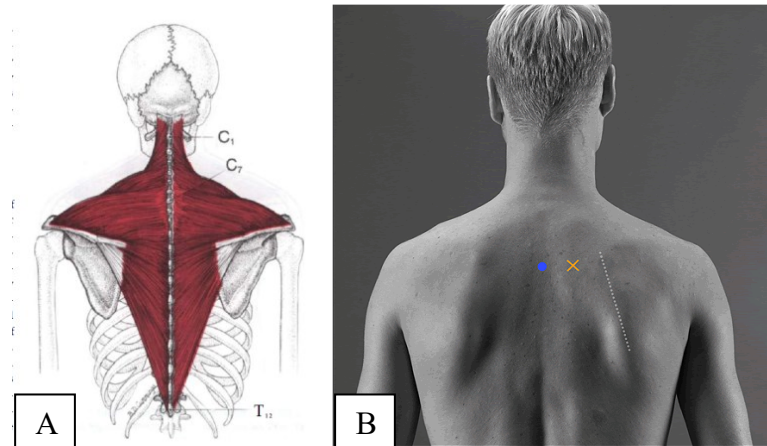
*inervace:* n. accessorius;

*funkce:* elevace a addukce lopatky (Travell a Simons, 1999; Čihák, 2011).

*Umístění elektrod:*

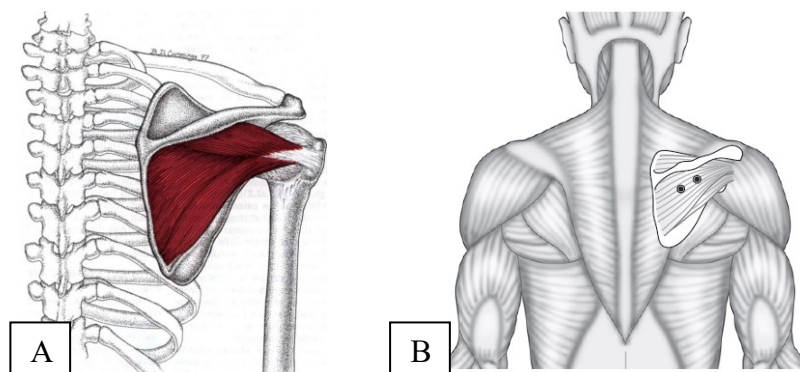
- *lokalizace elektrod:* v polovině vzdálenosti mezi mediální hranou lopatky a spinálním výběžkem 3. hrudního obratle;

- orientace elektrod: ve směru linie spinální výběžek 5. hrudního obratle -
- acromion.



Obr. 27 *Musculus trapezius* (zdroj: Travell a Simons, 1999; SENIAM, 1999; upraveno)

#### **M. infraspinatus** (Obr. 28)



Obr. 28 *Musculus infraspinatus* (zdroj: Travell a Simons, 1999; Criswell, 2011; upraveno)

*Začátek svalu:* fossa infraspinata scapulae;

*úpon svalu:* tuberculum majus humeri;

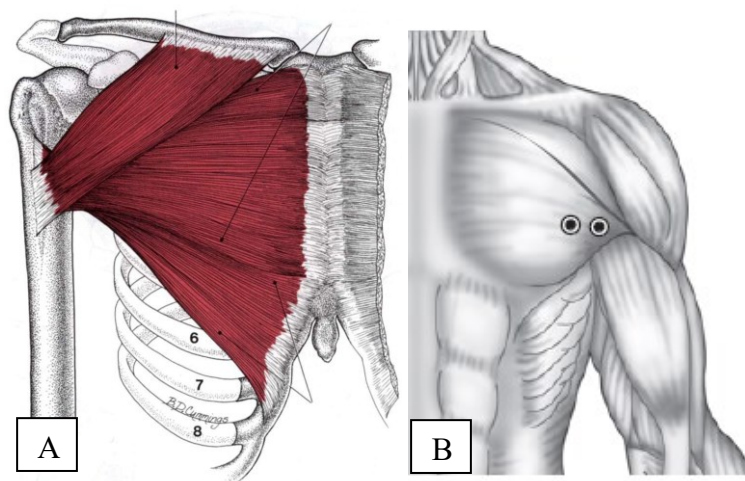
*inervace:* n. suprascapularis;

*funkce:* zevní rotace humeru (při flexi nad 90° a horizontální addukci v ramenním kloubu se funkce změní a kraniální vlákna se stanou vnitřními rotátory), abdukce (kraniální vlákna), addukce (kaudální vlákna) (Travell a Simons, 1999; Čihák, 2011).

*Umístění elektrod:* vzhledem k absenci popisu lokalizace elektrod pro m. latissimus dorsi v doporučení dle SENIAM (1999), byla v tomto výzkumu použita lokalizace, tak jak ji popisuje Criswell (2011):

- *lokalizace elektrod:* 4 cm pod spinou scapulae v oblasti fossa infraspinata, tak aby nebyly umístěny přes m. deltoideus;
- *orientace:* paralelně k spině scapulae.

### **M. pectoralis major pars sternocostalis (Obr. 29)**



*Obr. 29 Musculus pectoralis major (zdroj: Travell a Simons, 1999; Criswell, 2011; upraveno)*

*Začátek svalu:* pars sternocostalis - sternum a přilehlé části prvních šesti žeber;

*úpon svalu:* crista tuberculi majoris humeri;

*inervace:* nn. pectorales lateralis et medialis, z pars supraclavicularis plexus brachialis;

*funkce:* addukce paže, vnitřní rotace paže (Čihák, 2011).

*Umístění elektrod:* vzhledem k absenci popisu lokalizace elektrod pro m. latissimus dorsi v doporučení dle SENIAM (1999), byla v našem výzkumu použita lokalizace, tak jak ji popisuje Criswell (2011):

- *lokalizace elektrod:* hrudní stěna, 2 cm na axilární řasy;
- *orientace elektrod:* horizontální.

### **M. gluteus medius (Obr. 30)**

*Začátek svalu:* zevní plocha lopaty kyčelní kosti mezi linea glutea posterior a linea glutea anterior, kraniálně až ke crista iliaca;

*úpon svalu:* trochanter major femoris;

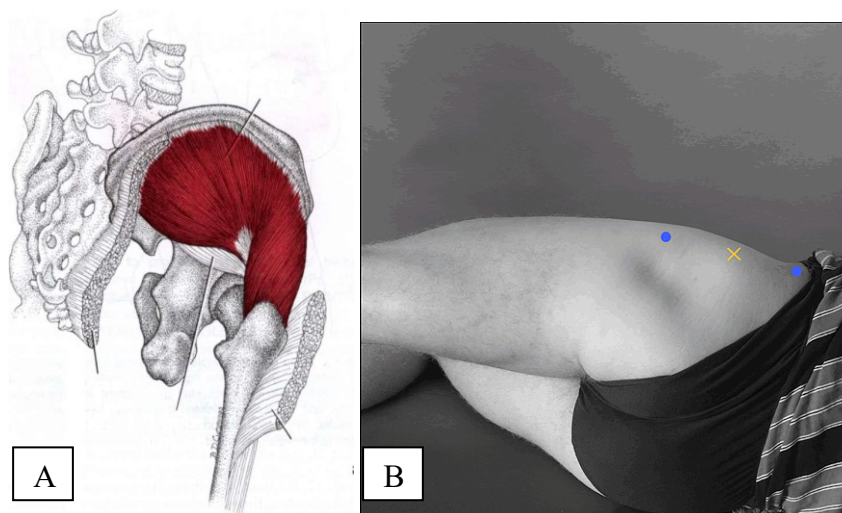
*inervace:* n. gluteus superior;



*funkce:* přední snopce – vnitřní rotace kyčelního kloubu (anteriorní vlákna), abdukce kyčelního kloubu (mediální vlákna), zevní rotace v kyčelním kloubu (zadní vlákna) (Travell a Simons, 1999; Čihák, 2011).

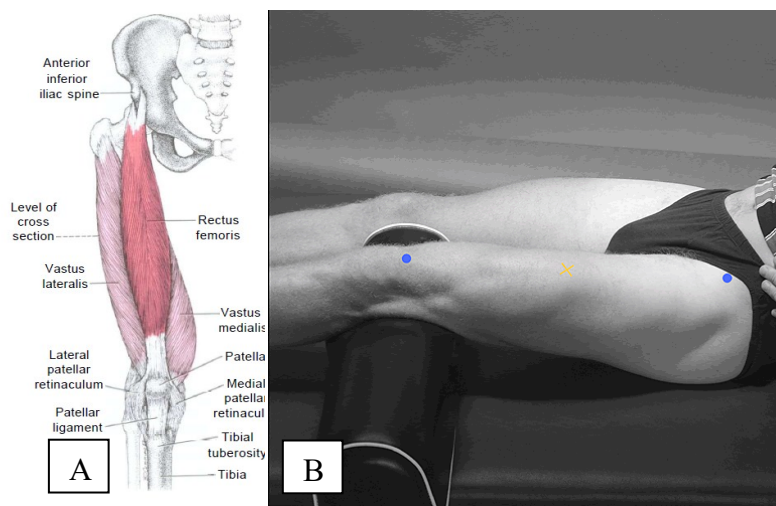
*Umístění elektrod:*

- *lokalisace elektrod:* v polovině linie crista iliaca – trochanter major;
- *orientace elektrod:* ve směru linie crista iliaca – trochanter major.



Obr. 30 *Musculus gluteus medius* (zdroj: Travell a Simons, 1999; SENIAM, 1999; upraveno)

### **M. quadriceps femoris – m. rectus femoris (Obr. 31)**



Obr. 31 *M. rectus femoris* (zdroj: Travell a Simons, 1999; SENIAM, 1999; upraveno)

*Začátek svalu:* spina iliaca anterior inferior;

*úpon svalu:* prostřednictvím lig. patellae na tuberositas tibiae;

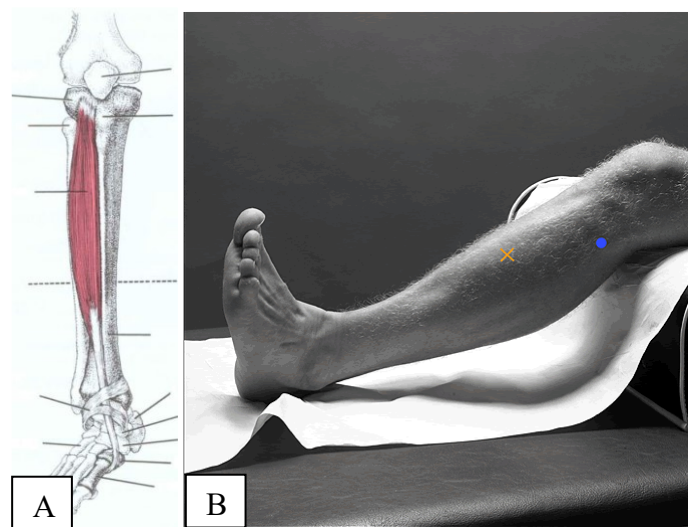
*inervace:* n. femoralis;

*funkce:* extenze kolenního kloubu, flexe v kyčelním kloubu (Travell a Simons, 1999; Čihák, 2011).

*Umístění elektrod:*

- *lokalizace elektrod:* v polovině linie spina iliaca anterior superior – basis patellae,
- *orientace elektrod:* ve směru linie spina iliaca anterior superior – basis patellae.

### **M. tibialis anterior (Obr. 32)**



Obr. 32 M. tibialis anterior (zdroj: Travell a Simons, 1999; SENIAM, 1999; upraveno)

*Začátek svalu:* proximální dvě třetiny laterální plochy tibie a přilehlá část membrana interossea;

*úpon svalu:* plantární strana os cuneiforme mediale a baze 1. metatarsu;

*inervace:* n. peroneus profundus;

*funkce:* dorsální flexe v hlezenním kloubu a supinace (Travell a Simons, 1999; Čihák, 2011).

*Umístění elektrod:*

- *lokalizace elektrod:* v 1/3 linie caput fibulae – malleolus medialis;
- *orientace elektrod:* ve směru linie caput fibulae – malleolus medialis.



#### 4.4.2 Charakteristika místa provedení výzkumu

Výzkum probíhal v Praze na Loděnici UK FTVS Troja v tělocvičně a posilovně. Tělocvična byla rozměru 370 m<sup>2</sup>. Lano pro šplh mělo délku 4,5 m a průměr 32 mm, který splňuje závodní parametry. Pod lanem byla umístěna vhodná dopadová plocha – gymnastické žíněnky. Pro kineziologickou analýzu shybu byla využita horizontální hrazda. Pro analýzu obou variant šplhačského přitahu byla využita stejná hrazda jako pro shyby a lano o shodném průměru a ze stejného materiálu jako bylo lano využité pro analýzu šplhu. Pro všechny motorické úkoly bylo k dispozici magnézium, pro kvalitnější úchop a eliminaci rizika pádu. Teplota vzduchu v tělocvičně i posilovně byla: 19 - 20°C.

Pro minimalizaci rizika zranění byly zajištěny vhodné podmínky pro warm up. K dispozici byly tréninkové pomůcky běžně využívané pro rozcvičení před tréninkem šplhu (foam roller, švihadlo, therabandy a odporové gummy, žíněnka, tělocvična rozměru 370 m<sup>2</sup>, lano, hrazda).

Všichni probandi byli měřeni za shodných podmínek.

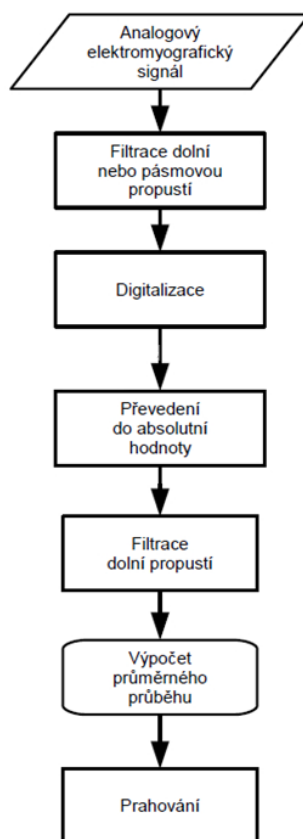
#### 4.5 Zpracování a analýza dat

Data naměřená zařízením Biomonitor ME 6000 byla uložena na paměťovou kartu, ze které byla následně stažena do počítače ve formátu „.tff“, vyhodnocena pomocí softwaru MegaWin (Mega Electronics, Ltd., Finland) a následně převedena do formátu „.mat“ (MAT File format) pro možnost analýzy v programovacím prostředí Matlab (The MathWorks, Inc, USA). Matlab (z anglického MATrix LABoratory) je interaktivní programovací prostředí a skriptovací programovací jazyk. Jedná se o systém vhodný mimo jiné pro analýzu a vizualizaci dat a zpracování signálů. Klíčovou datovou strukturou při výpočtech v Matlabu jsou matice (Cooper, 1998; Zaplatílek et Doňar, 2005).

Ve spolupráci s Fakultou elektrotechnickou Českého vysokého učení technického v Praze s oddělením fyziologických signálů katedry teorie obvodů byl pro hodnocení získaných dat v minulosti sestaven originální algoritmus, jenž využívá segmentaci signálu na jednotlivé periody pohybu (kapitola 4.5.1).

#### 4.5.1 Metoda detekce svalové aktivity

Pro detekci počátků a konců svalové aktivity bylo využito metody prahování. Tato metoda detekce využívá namísto surového elektromyografického signálu jeho obálku. Obálka je získána filtrací absolutní hodnoty elektromyografického signálu dolní propustí (Špulák, 2015). Vývojový diagram zachycující operace předcházející prahování je zobrazen na Obr. 33.

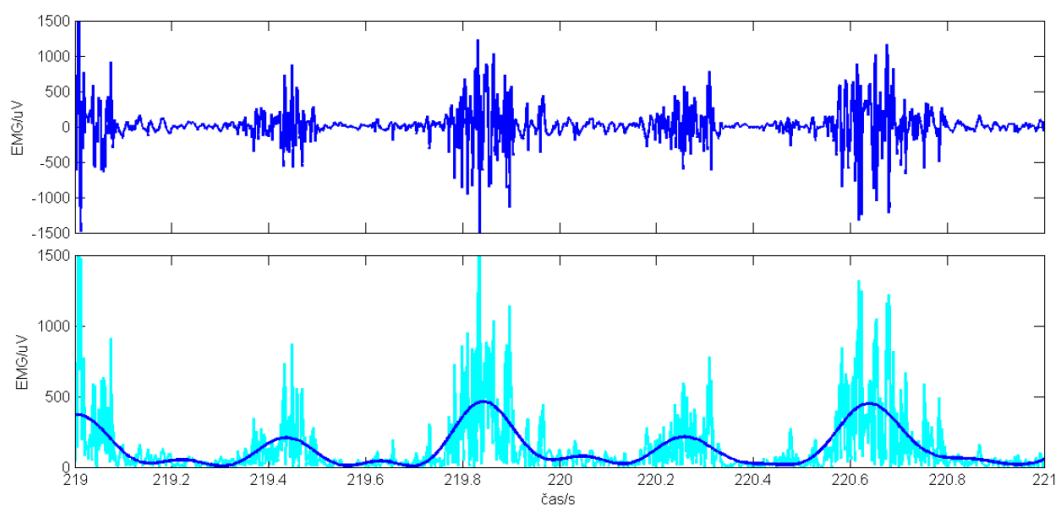


Obr. 33 Diagram zachycující operace předcházející prahování (zdroj: Špulák, 2015; upraveno)

Na Obr. 34 je zobrazeno porovnání surového elektromyografického signálu a jeho obálky. Graf v horní části zachycuje původní surový elektromyografický signál, graf ve spodní části pak absolutní hodnotu elektromyografického signálu a výslednou obálku.

Pásmová propust přístroje Biomonitor 6000 je 8-500 Hz a jak uvádí Pánek, Pavlů a Čemusová (2009), vzorkovací frekvence musí být minimálně dvojnásobná, proto byl v tomto výzkumu záznam EMG pořízen o vzorkovací frekvenci 1000Hz. Nezpracované digitální EMG signály byly v každém kanálu nejprve usměrněny

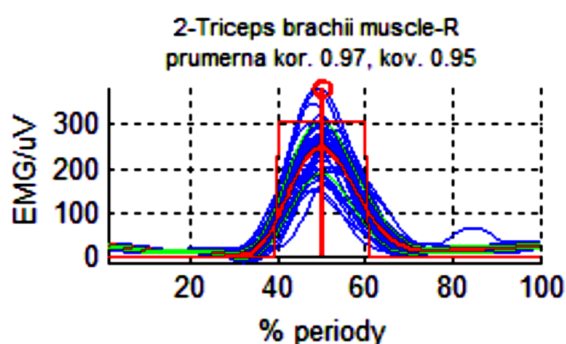
převedením do absolutních hodnot (rektifikovány), které byly filtrovány dolní propustí s mezní frekvencí 20 Hz (aproximace Butterworth, 6. řád).



Obr. 34 Surový elektromyografický signál a jeho obálka (zdroj: Špulák, 2015)

Legenda k Obr. 34: horní graf - tmavě modrá křivka značí surový elektromyografický signál. Dolní graf – azurová křivka představuje absolutní hodnotu elektromyografického signálu, tmavě modrá křivka je obálka elektromyografického signálu.

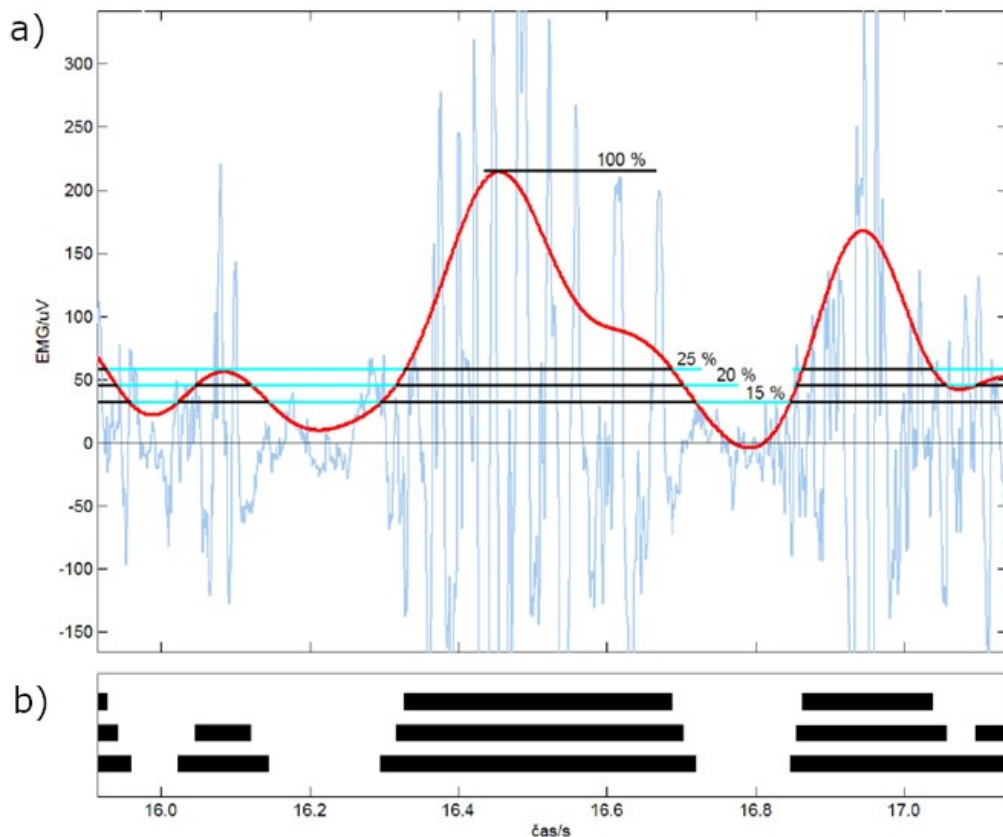
Tímto způsobem byla získána obálka signálu, kde byly následně vyznačeny jednotlivé cykly pohybu. Jak je možné sledovat na Obr. 35 obálky těchto cyklů byly následně interpolovány na jednotnou délku (0 - 100 % cyklu) a pro každý sval byl vytvořen jejich průměr v podobě tzv. průměrné obálky.



Obr. 35 Obálky EMG interpolované na jednotnou délku (zdroj: Špulák, 2015)

Legenda k Obr. 35: modré křivky – obálky EMG signálu z jednotlivých pohybových cyklů interpolované na jednotnou délku 0 až 100 % cyklu. Červená křivka - průměrná obálka. Vertikální červená úsečka označuje maximum průměrné obálky.

Pro detekci počátků a konců svalové aktivity bylo využito metody prahování obálky elektromyografického signálu, které spočívá ve stanovení určitého prahu, přičemž intervaly, v nichž obálka přesahuje tento práh, se označí jako svalová aktivita. Na Obr. 36 (a) je znázorněno prahování úrovněmi 15 %, 20 % a 25 % maxima obálky v daném pohybovém cyklu. Obr. 36 (b) zachycuje intervaly svalové aktivity detekované při použití těchto tří různých úrovní.

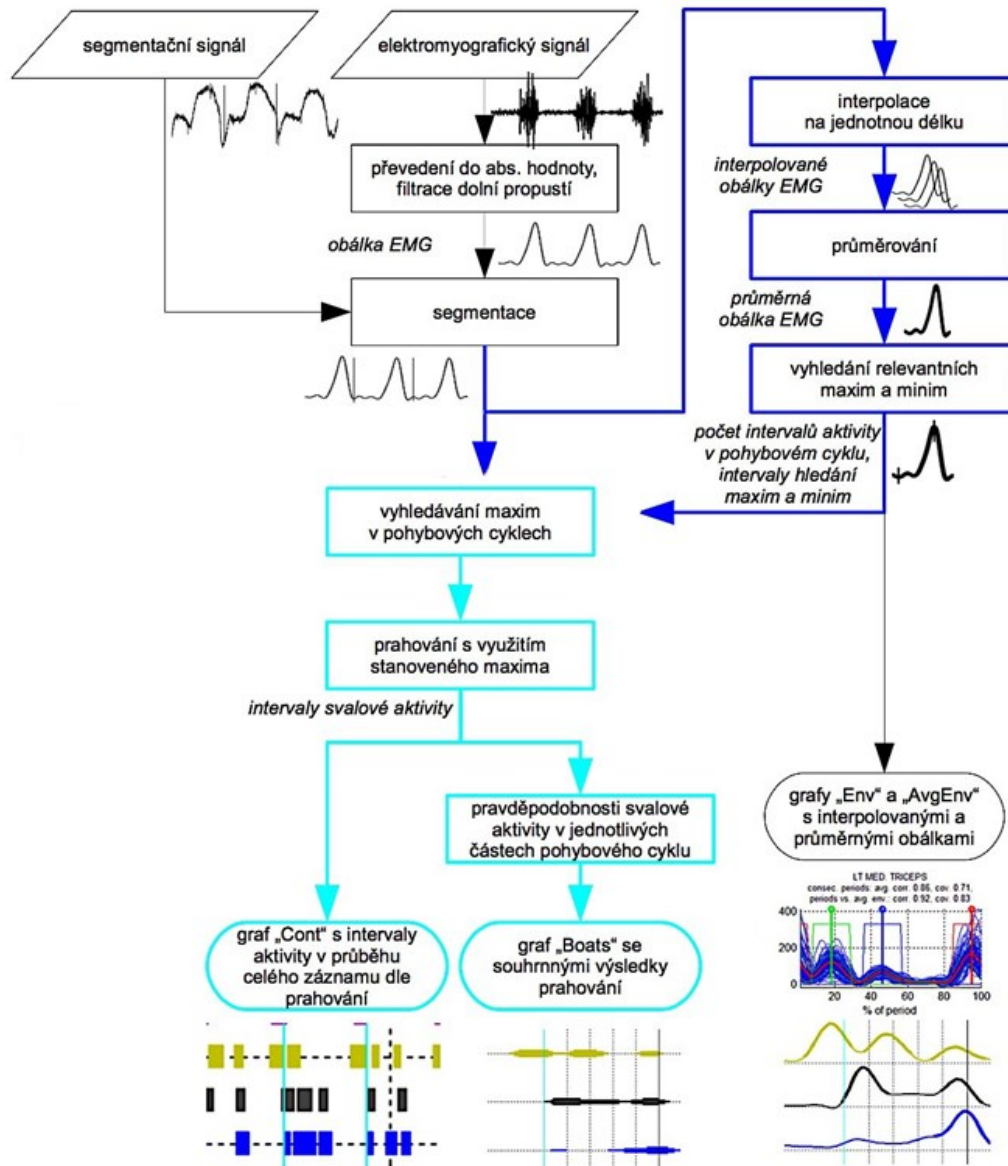


Obr. 36 Prahování obálky elektromyografického signálu (zdroj: Špulák, 2015; upraveno)

Legenda k Obr. 36: a) červená křivka – obálka EMG signálu. Vodorovné úsečky představují úrovně prahování (15%, 20% a 25% maxima v periodě): modrá křivka na pozadí - raw EMG signál; b) úsečky reprezentují intervaly svalové aktivity detekované s využitím tří různých úrovní.

V tomto výzkumu bylo využito prahování signálu úrovní 25% maxima obálky v dané periodě. Práh detekce se stanovuje na základě přesných pozic lokálních extrémů pomocí analýzy průměrné obálky. Při detekci počátku aktivity se vychází z minimální hodnoty obálky předcházející EMG aktivaci. Při detekci konce se vychází z minimální hodnoty obálky, která následuje po EMG aktivaci. Za svalovou aktivitu byly označeny

úseky obálky elektromyografického signálu, přesahující 25 % lokálního maxima. Obr. 37 představuje vývojový diagram prahování.



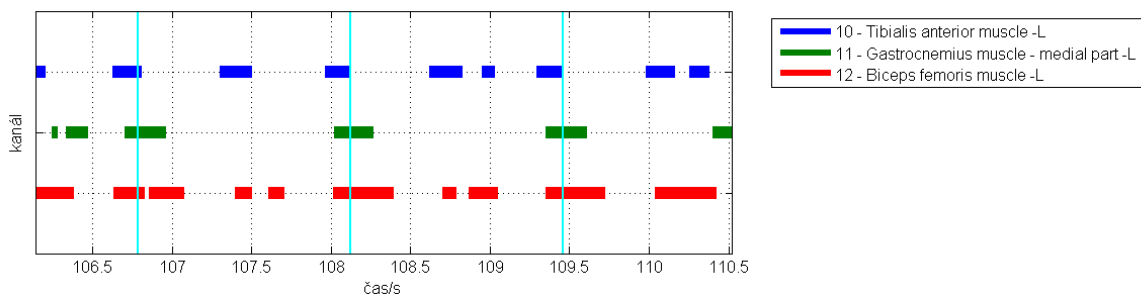
Obr. 37 Vývojový diagram prahování (zdroj: Špulák, 2015; upraveno)

#### 4.5.2 Analýza a interpretace dat

Při vyhodnocování a interpretaci dat jsme vycházeli z číselných a grafických výstupů algoritmu vytvořeného ve spolupráci s FEL ČVUT. Pro posouzení svalové koordinace byly vyhodnoceny polohy nástupu a poklesu svalové aktivity vztažené k referenčnímu svalu. Algoritmus vytvářející číselné a grafické výstupy umožňuje zadat referenční sval, ke kterému jsou následně vztaženy průměrné polohy počátků a konců svalové aktivity. V tomto výzkumu byl jako referenční sval zvolen m. latissimus dorsi, který je považován za hlavní propulzní sval pro lokomoci pomocí pletence ramenního.

V programu Matlab byla tedy vypočtena průměrná poloha počátků aktivit jednotlivých svalů, v závislosti na aktivaci svalu m. latissimus dorsi. Následnou detekcí pomocí metody prahování, která byla prováděna v jednotlivých pohybových cyklech, bylo možné zobrazit průběh svalové aktivity v celém zpracovávaném úseku a zároveň posoudit opakovatelnost činnosti jednotlivých svalů a případné rozdíly v pořadí svalových aktivací ve sledovaných pohybových cyklech. Časová osa byla normalizována na procenta z důvodu nestejných délek trvání pohybových fází.

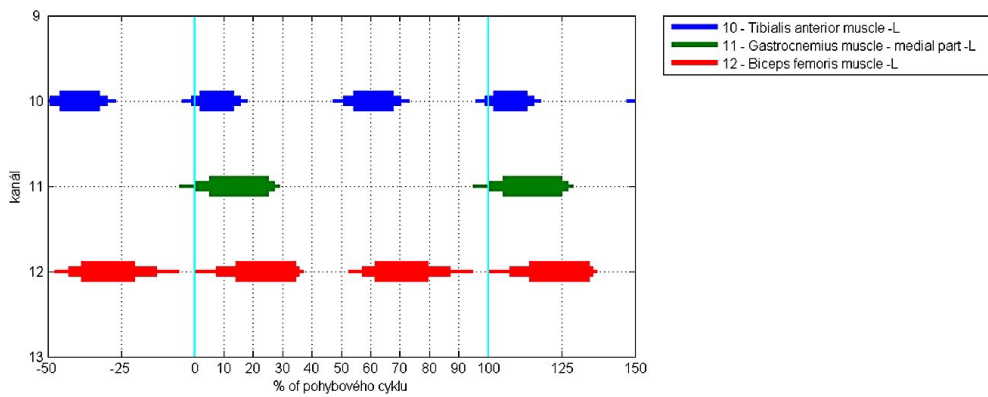
K názornému sledování intervalů svalové aktivity v průběhu celého záznamu slouží grafické výstupy, jejichž příklady jsou na Obr. 38 a Obr. 39. Na Obr. 38 je zobrazen graf CONT. Vodorovné úsečky v tomto typu garfu reprezentují intervaly svalové aktivity detekované prahováním – jedná se o spojení nalezeného okamžiku počátku náběhu svalové aktivity s detekovaným okamžikem konce svalové aktivity. Intervaly tedy leží v místech, kde obálka překročila práh stanovený jako 25% maxima obálky v daném pohybovém cyklu.



Obr. 38 Graf CONT (zdroj: Špulák, 2015)

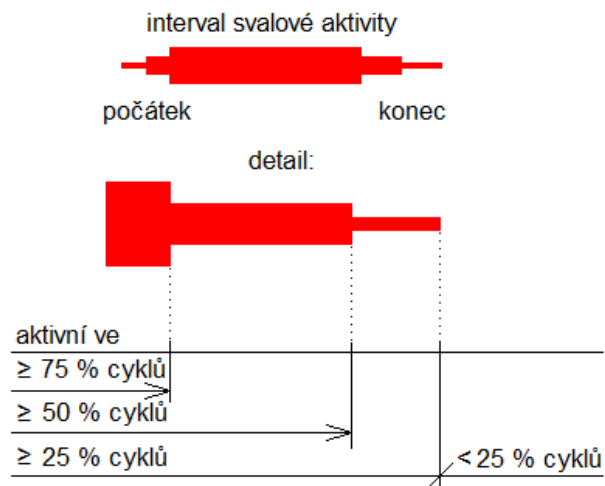
Legenda k Obr. 36: úsečky představují interval svalové aktivity. Detail dvou celých pohybových cyklů s přesahem. Osa x – čas [s]; osa y – kanál.

Na Obr. 39 je zobrazen graf BOATS, který představuje grafické vyjádření průměrné polohy počátků a konců svalové aktivity. Levý okraj barevné vodorovné úsečky vždy označuje začátek svalové aktivity a pravý okraj značí její konec.



Obr. 39 Graf BOATS (zdroj: Špulák, 2015)

Pro každý okamžik pohybového cyklu (0 – 100 %), byla spočítána pravděpodobnost, s jakou byl sval v daném okamžiku (procentu) pohybového cyklu aktivní. Tato pravděpodobnost je graficky znázorněna právě na Obr. 39. Na Obr. 40 je na detailu jednoho intervalu svalové aktivity znázorněno, jak tento typ grafického zobrazení interpretovat. Různé tloušťky úsečky odpovídá různá pravděpodobnost svalové aktivity. Celkem jsou použity tři různé tloušťky pro znázornění intervalů s pravděpodobnostmi aktivity: 25 %, 50 %, 75 % a více. Není-li v daném místě grafu vyznačena úsečka, byla zde svalová aktivita detekována méně než ve čtvrtině pohybových cyklů.



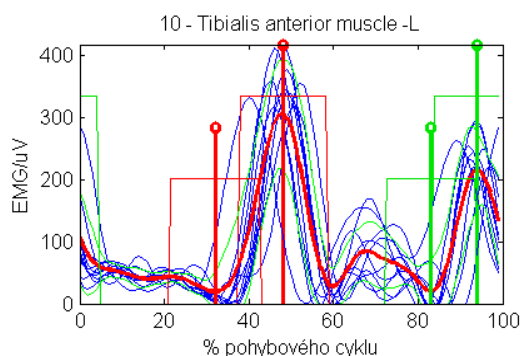
Obr. 40 Interpretace významu různé tloušťky úsečky v grafech BOATS (zdroj: Špulák, 2015)

Detekce svalové aktivity prahováním poskytuje u každého měřeného svalu množství výstupů, které lze rozdělit do dvou skupin. Jednu skupinu představují výstupy popisující průběh každého pohybového cyklu zvlášť, tedy každému pohybovému cyklu odpovídá jeden výstupní údaj. Jedná se konkrétně o tyto výstupy:

- poloha relevantních lokálních extrémů obálky elektromyografického signálu;
- poloha detekovaných počátků a konců svalové aktivity.

Druhá skupina zahrnuje výstupy představující souhrnné informace o činnosti svalu během celého zpracovávaného úseku, tedy výsledkem je jeden údaj společný pro všechny zpracované pohybové cykly. Konkrétně jsou poskytovány následující výstupy:

- průměrná obálka elektromyografického signálu znázorněná pomocí grafů ENV (Evelopes) na Obr. 41 a AVG ENV (Average Envelopes) na Obr. 42;
- počet intervalů svalové aktivity během pohybového cyklu;
- relativní poloha intervalů pro hledání lokálních extrémů v jednotlivých pohybových cyklech vyznačená na grafech ENV (Obr. 41);
- polohy relevantních lokálních extrémů průměrné obálky elektromyografického signálu zobrazené na grafech ENV Obr. 41;
- průměrná relativní poloha počátků a konců svalové aktivity;
- směrodatná odchylka polohy počátků a konců svalové aktivity.



Obr. 41 Graf ENV (zdroj: Špulák, 2015; upraveno)

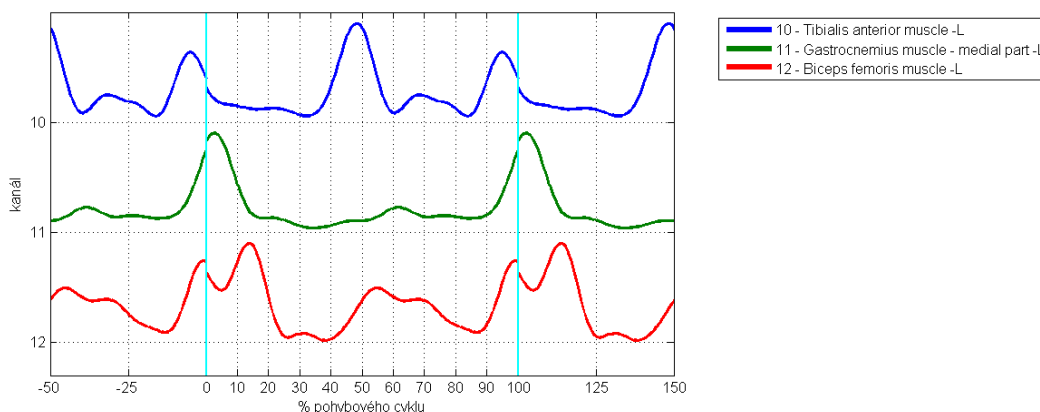
Legenda k Obr. 41: modré křivky - interpolované obálky z jednotlivých pohybových cyklů, červená křivka - průměrná obálka. Silné vertikální úsečky označují polohu relevantních lokálních maxim a minim, tenké vertikální úsečky ohraničují intervaly, v nichž se budou hledat lokální extrémy v jednotlivých pohybových cyklech. Dle velikosti lokálního maxima je použita červená (větší lokální maximum) nebo zelená barva (menší lokální maximum).



Číselné výstupy jsou poskytovány následující:

- průměrná korelace po sobě jdoucích interpolovaných obálek (na Obr. 43);
- průměrná korelace interpolovaných obálek z jednotlivých cyklů a průměrné obálky (na Obr. 43).

K výpočtu korelací jsou využívány interpolované obálky elektromyografického signálu z každého pohybového cyklu. Nejprve je spočítána korelace interpolovaných obálek z každých dvou po sobě jdoucích cyklů. Z těchto hodnot je následně vypočtena průměrná korelace po sobě jdoucích obálek. Zároveň je každá interpolovaná obálka porovnána také s průměrnou obálkou. Vypočtené hodnoty jsou rovněž zprůměrované a prezentované jako průměrná korelace s průměrnou obálkou elektromyografického signálu.



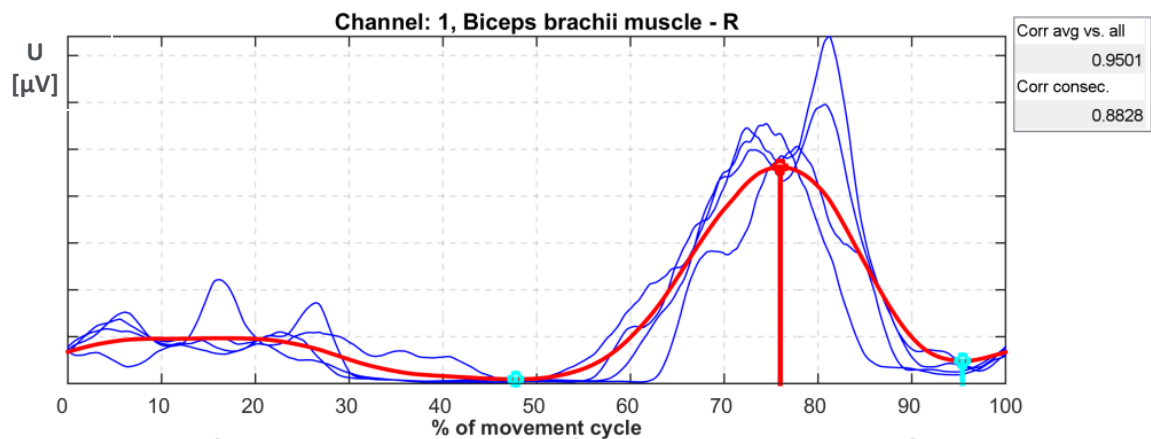
Obr. 42 Graf AVG ENV (zdroj: Špulák, 2015)

Legenda k Obr. 42: modrá, zelená a červená křivka zachycují nad sebou vykreslené normované průměrné obálky elektromyografického signálu. Zobrazeny jsou dva průměrné pohybové cykly. Rozsah 0 – 100 % = 1 perioda pohybu. Rozsah 50 – 0 % = polovina předchozí periody a rozsah 100 – 150 % = polovina následující periody. Křivky jsou až na měřítko shodné s křivkami na Obr. 41.

Korelace popisuje jak fázickou svalovou aktivitu (odpovídající proměnlivé složce průběhu), tak tonickou svalovou aktivitu na pozadí (odpovídající stejnosměrné složce). Je třeba ale respektovat skutečnost, že u průběhu s vysokou stejnosměrnou složkou (respektive s vysokou úrovní statické aktivity a nízkou úrovní fázické aktivity) vychází velmi vysoká i při nízké opakovatelnosti proměnlivé složky.

Výsledky detekce svalové aktivity prováděné prahováním umožňují hodnotit opakovatelnost pohybu a zapojení jednotlivých svalů. Grafické a číselné výstupy poskytují informaci o proměnlivosti poloh detekovaných okamžiků svalové aktivity

a deaktivace, dále umožňují porovnávat tvary obálek elektromyografického signálu coby aktivačního profilu svalu v jednotlivých pohybových cyklech. K objektivnímu porovnání slouží číselné výstupy (korelace) doplněné o grafické zobrazení interpolovaných obálek jednotlivých pohybových cyklů vykreslených přes sebe, jak je lze sledovat na Obr. 43.



Obr. 43 Průměrné hodnoty korelací, interpolované obálky a průměrná obálka (zdroj: archiv autora)

Legenda k Obr. 43: modré křivky – interpolované obálky z jednotlivých pohybových cyklů, červená křivka - průměrná obálka; Corr. avg. vs. all = průměrná korelace interpolovaných obálek z jednotlivých cyklů a průměrné obálky; Corr. consec. = průměrná korelace po sobě jdoucích interpolovaných obálek.

Výstupy automatické segmentace pohybových cyklů a detekce svalové aktivity prahováním byly podrobeny komparativní analýze posuzující timing, tedy pořadí aktivace všech sledovaných svalů v průměrném pohybovém cyklu při šplhu na laně a při třech sledovaných tréninkových prostředcích využívaných v tréninku šplhu.

#### 4.5.3 Statistické zpracování dat

Primární exploratorní analýza byla provedena v programu Microsoft Excel. K následné hlubší statistické analýze byl dále použit software IBM SPSS. Statistické zpracování dat proběhlo na základě konzultací a ve spolupráci s Ing. Tomášem Karlem, Ph.D. z Katedry statistiky a pravděpodobnosti Fakulty informatiky a statistiky Vysoké školy ekonomické v Praze.

Pro vyhodnocení vzájemného vztahu mezi proměnnými a ke statistickému testování stanovených hypotéz byl zvolen Spearmanův korelační koeficient. Spearmanův koeficient pořadové korelace nevyžaduje splněný předpoklad normálního

rozdělení jednotlivých proměnných, jelikož jde o neparametrický robustní statistický test.

### **Spearmanův korelační koeficient pořadí**

Korelační analýza zkoumá vzájemné vztahy kvantitativních proměnných pomocí různých měr síly závislosti, které se nazývají korelační koeficienty. Cílem korelační analýzy je popis statistických vlastností vztahu dvou nebo více proměnných. „Korelace“ označuje míru stupně asociace dvou proměnných. Dvě proměnné jsou korelované, pakliže určité hodnoty jedné proměnné mají tendenci se objevovat společně s určitými hodnotami druhé proměnné. Pro měření korelace byla navržena řada koeficientů. Jedním z nich je Spearmanův korelační koeficient pořadí ( $r_s$ ) (Hendl, 2006). Jedná se o neparametrickou metodu využívající při výpočtu pořadí hodnot sledovaných veličin. Spearmanův korelační koeficient pořadí lze použít pro popis jakékoliv funkční závislosti (lineární i nelineární) a je rezistentní vůči odlehlým hodnotám. Umožňuje měřit sílu vzájemného vztahu kvantitativních proměnných  $X$  a  $Y$ , pokud nelze předpokládat linearitu očekávaného vztahu nebo normální rozdělení proměnných  $X$  a  $Y$ . Závislost proměnných může mít obecně vzestupný nebo sestupný charakter. Jestliže  $r_s = 1$ , resp.  $r_s = -1$ , párové hodnoty  $(x_i, y_i)$  leží na nějaké vzestupné, resp. klesající funkci (Hendl, 2006; Mrkvička a Petrášková, 2006).

Výpočet Spearmanova korelačního koeficientu ( $r_s$ ) vychází z pořadových čísel proměnných  $x_i$  a  $y_i$ , tzv. korelačních dvojic, naměřených u  $n$  jedinců výběrového souboru. Jsou-li hodnoty proměnných  $x_i$  a  $y_i$  seřazeny vzestupně do dvou řad a každé hodnotě je přiděleno pořadí, pak koeficient pořadové korelace je dán vztahem:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum D_i^2}{n(n^2 - 1)},$$

kde

$D_i$  = rozdíl mezi pořadím hodnot  $x_i$  a  $y_i$  příslušných korelačních dvojic,

$n$  = počet korelačních dvojic.

Pro  $n \leq 30$  jsou kritické hodnoty pro  $r_s$  tabelovány. Tabulka s kritickými hodnotami pro posouzení statistické významnosti koeficientu  $r_s$  vzhledem ke zvolené hladině významnosti  $\alpha$  a dané  $n$  je uvedena v Příloze 0.

Je-li  $|r_s| > r_s(\alpha, n) \Rightarrow$  koeficient pořadové korelace je významný na hladině  $\alpha$  (korelace sledovaných veličin v populaci existuje).

Je-li  $|r_s| < r_s(\alpha, n) \Rightarrow$  koeficient pořadové korelace je nevýznamný na hladině  $\alpha$  (korelace sledovaných veličin v populaci neexistuje) (Bedáňová a Večerek, 2019; Hendl, 2006).

Pomocí Spearmanova korelačního koeficientu bylo tedy intraindividuálně porovnáno pořadí aktivace sledovaných svalů u všech variant průpravných cviků vzhledem k pořadí aktivace sledovaných svalů při šplhu na laně.

Dle mediánů aktivace svalu v průběhu průměrného pohybového cyklu vyjádřeného v procentech bylo určeno pořadí aktivací sledovaných svalů při šplhu na laně a následně při třech sledovaných tréninkových prostředcích. Mediány aktivací svalů byly vzestupně seřazeny do 4 variačních řad – variační řada šplhu na laně, variační řada šplhačského přítahu vysokého, variační řada šplhačského přítahu nízkého a variační řada shybu podhmatem. Tím bylo zjištěno pořadí jednotlivých hodnot, tedy v jakém pořadí sledované svaly na konkrétním sledovaném pohybu participovaly.

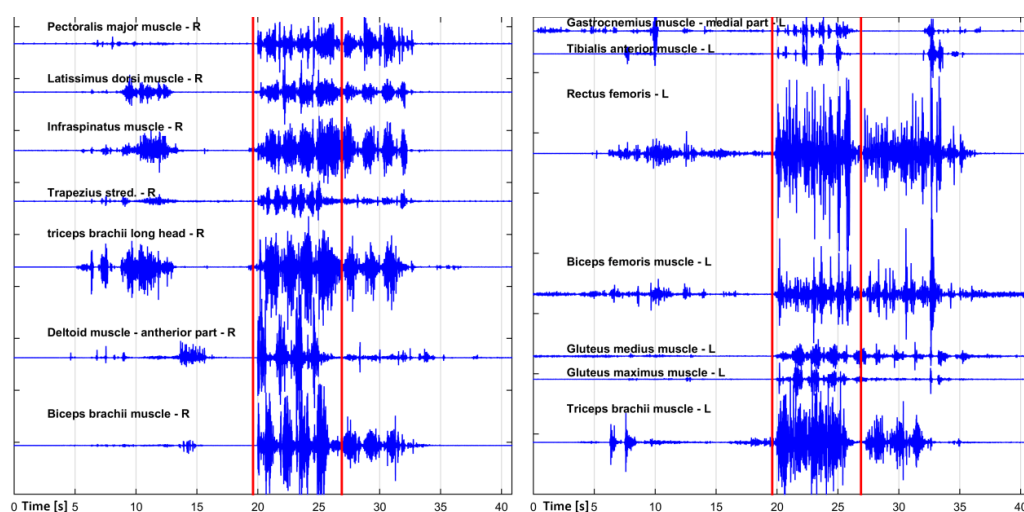
Následně byly vytvořeny 3 korelační dvojice, ve kterých se vždy posuzoval vztah mezi pořadovými hodnotami při šplhu na laně a jedním z tréninkových prostředků. Tedy:

- 1) korelační dvojice šplh na laně x shyb;
- 2) korelační dvojice šplh na laně x šplhačský přítah vysoký;
- 3) korelační dvojice šplh na laně x šplhačský přítah nízký.

Pro každou korelační dvojici byla vytvořena tabulka podle pořadí hodnot  $x_i$  a  $y_i$ . Následně byla vypočtena hodnota Spearmanova korelačního koeficientu pořadí pro každou korelační dvojici a byla posouzena statistická významnost vypočtených hodnot koeficientů na předem zvolené hladině významnosti  $\alpha = 5 \%$  pro dané  $n$ , v našem případě pro  $n = 10$ .

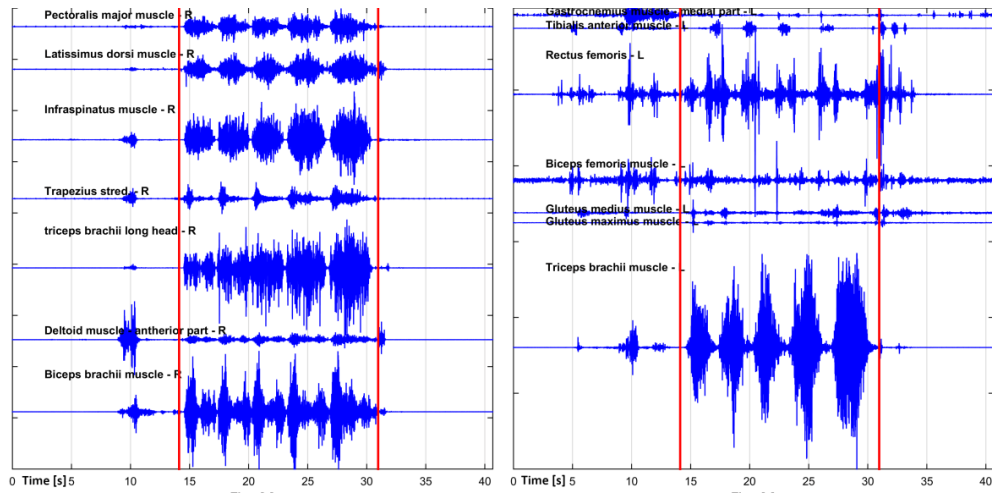
## 5 VÝSLEDKY

V této kapitole jsou nejprve uvedena získaná a analyzovaná data jednoho probanda (probanda 3) a dále pak souhrnná data všech probandů. Ostatní výsledná data jsou umístěna v přílohách této práce (Příloha 5 a Příloha 6). Z důvodu chyby měření, konkrétně odlepení elektrody pro m. infraspinatus u jednoho z probandů, nebyla tato data podrobena analýze a zahrnuta do výzkumu. Analyzována byla tedy data získaná od 11 probandů. Celkem bylo tedy vyhodnoceno 215 pohybových cyklů, tj. v průměru 4,89 pohybových cyklů na jednoho probanda a jednu výzkumnou situaci. Před samotnou detekcí pohybových cyklů byl posouzením pohybových projevů probandů při každé ze 4 měřených situací (šplh, šplhačský přitah vysoký, šplhačský přitah nízký, shyb) vybrán pro všechny sledované svaly relevantní úsek elektromyografického záznamu. Vyhodnocení aktivace svalu probíhalo se současným hodnocením videozáznamu, čímž bylo umožněno určit jednotlivé fáze pohybu v EMG signálu. Byly tedy odstraněny úseky signálu naměřené před započítáním a po skončení sledované pohybové aktivity. K dalšímu zpracování byly ponechány úseky pohybového cyklu se stabilním vzorem svalové koordinace bez artefaktů. U záznamů šplhu byly navíc odstraněny úseky odpovídající prvnímu sáhu u probandů, kteří startují s pravou horní končetinou uchopující lano. Vybrané úseky EMG signálu ze všech 14 kanálů u probanda 3 pro všechny měřené situace jsou vyznačeny červenými vertikálními úsečkami na Obr. 44, Obr. 45, Obr. 46, Obr. 47. Všechny níže uvedené obrázky jsou původním dílem řešitele diplomové práce.

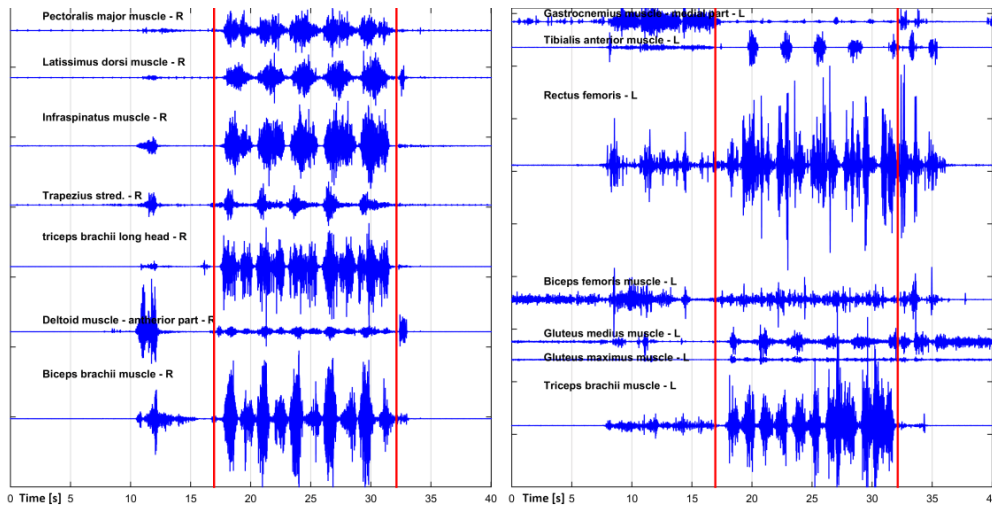


Obr. 44 Záznam raw EMG signálu probanda 3 - šplh na laně (zdroj: autor)

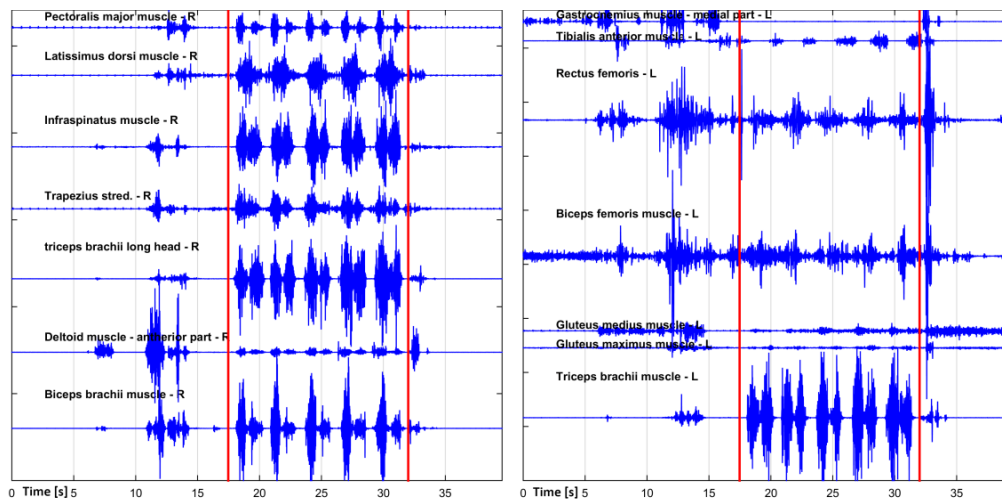
Legenda k Obr. 44, Obr. 45, Obr. 46 a Obr. 47: modrá křivka – raw EMG signál; červené vertikální úsečky – označují úseky EMG signálu vybrané k další analýze.



Obr. 45 Záznam raw EMG signálu probanda 3 – šplhačský přítah vysoký (zdroj: autor)

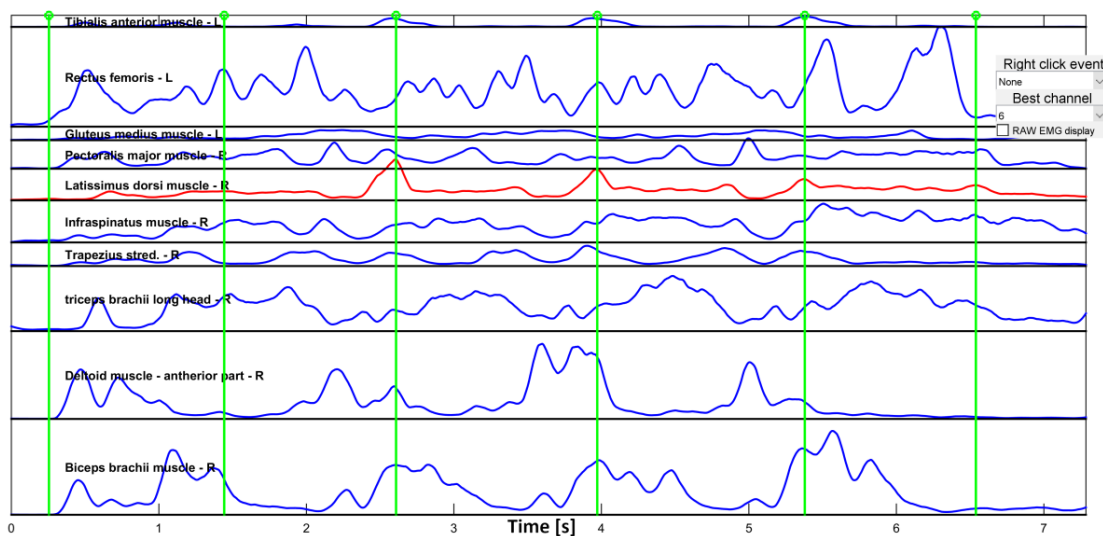


Obr. 46 Záznam raw EMG signálu probanda 3 – šplhačský přítah nízký (zdroj: autor)



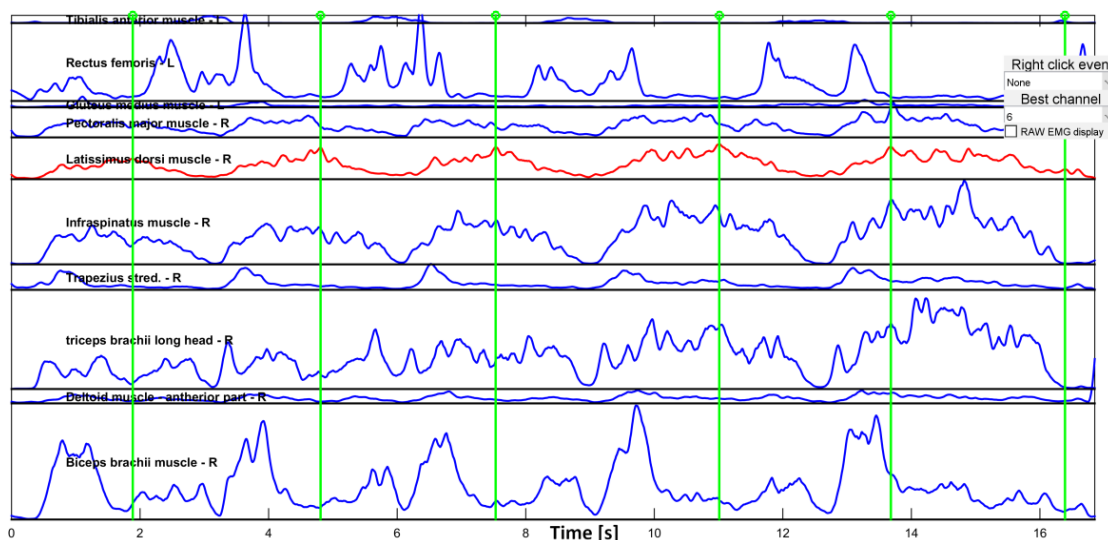
Obr. 47 Záznam raw EMG signálu probanda 3 - shyb (zdroj: autor)

Obálky analyzovaných úseků elektromyografického signálu a jejich výsledné segmentace jsou zobrazeny na Obr. 48, Obr. 49, Obr. 50, Obr. 51. Detekované pohybové cykly jsou ohraničeny zelenými vertikálními úsečkami.

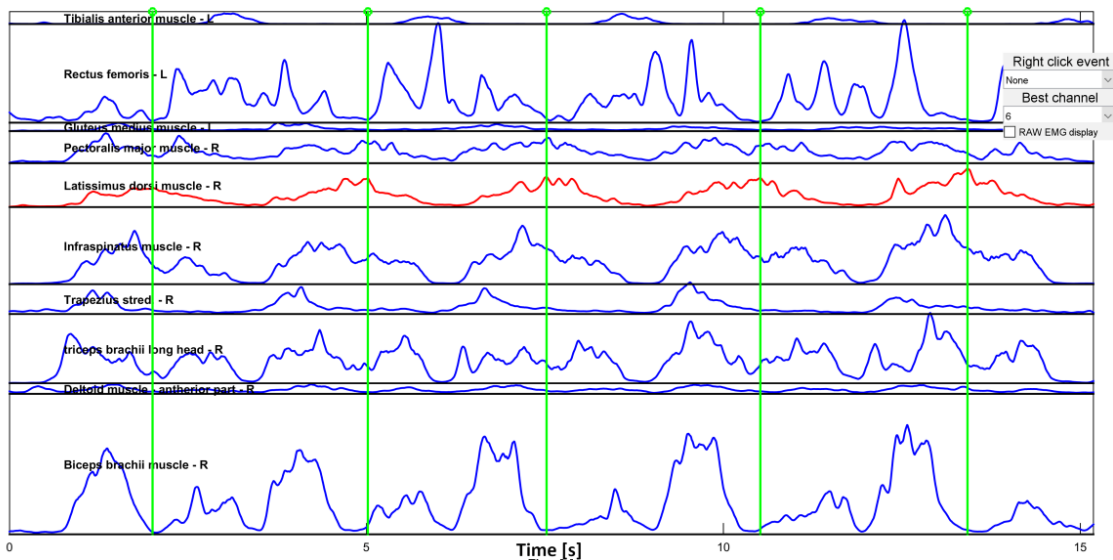


*Obr. 48 Segmentace obálek EMG signálu probanda 3 - šplh na laně (zdroj: autor)*

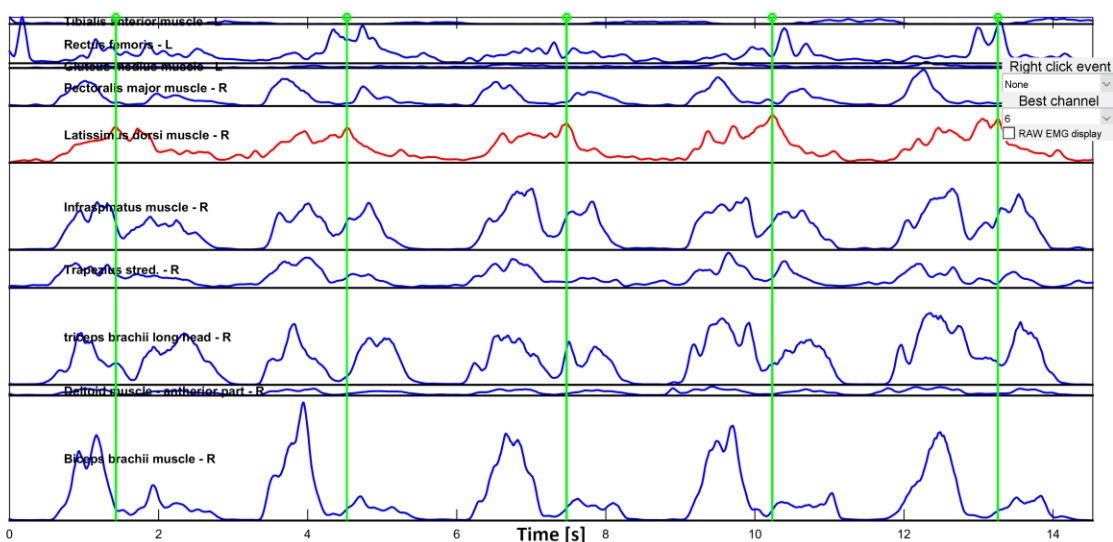
Legenda k Obr. 48, Obr. 49, Obr. 50 a Obr. 51: modré křivky – obálky vybraných úseků EMG signálu; červená křivka – obálka vybraného úseku EMG signálu referenčního svalu (m. latissimus dorsi); zelené úsečky – segmentace obálek.



*Obr. 49 Segmentace obálek EMG signálu probanda 3 - šplhačský přitah vysoký (zdroj: autor)*



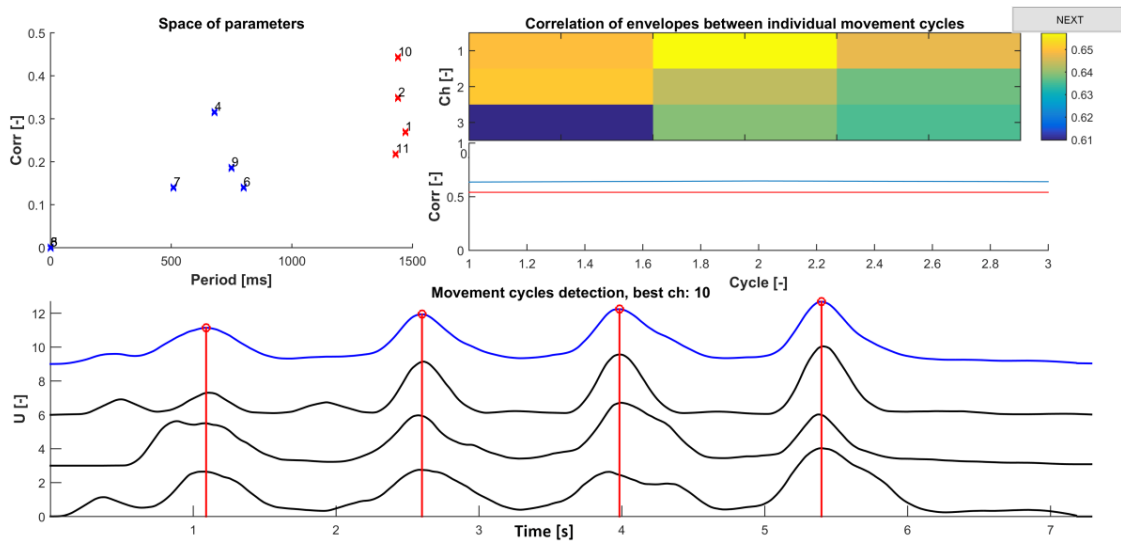
Obr. 50 Segmentace obálek EMG signálu probanda 3 - šplhačský přitah nízký  
(zdroj: autor)



Obr. 51 Segmentace obálek EMG signálu probanda 3 - shyb (zdroj: autor)

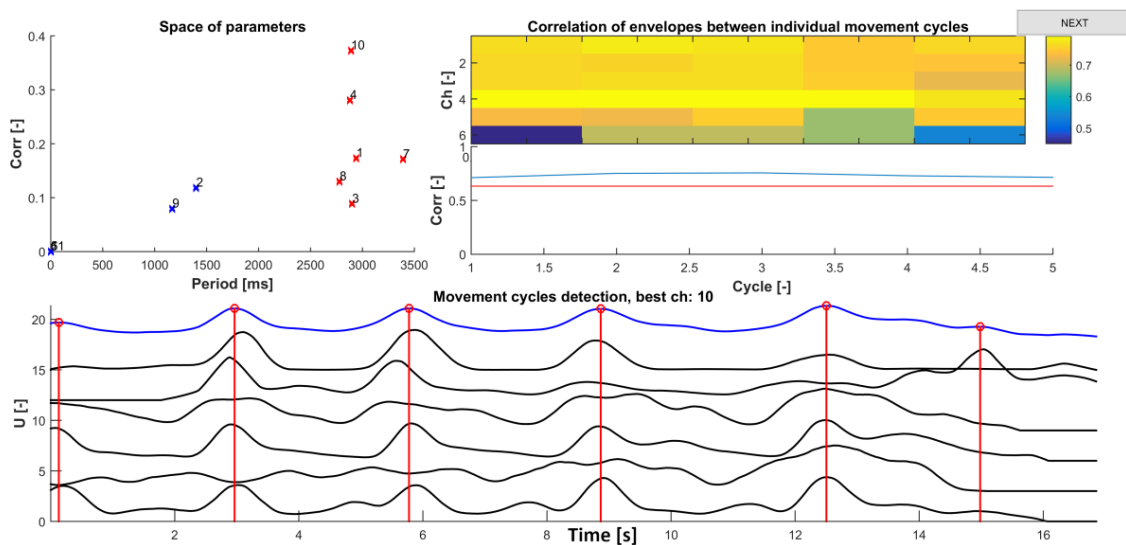
Na Obr. 52, Obr. 53, Obr. 54 a Obr. 55 je kromě výsledné segmentace vybraného signálu (spodní grafy - jednotlivé pohybové cykly jsou vyhrazeny červenými vertikálními úsečkami) vždy zachyceno „clusterování“ kanálů, které jsou vhodné k detekci pohybových cyklů (levé horní grafy, červené křížky). Dále je pomocí spektrogramu vyjádřena křížová korelace mezi průměrnou obálkou s obálkou v jednotlivých cyklech, vyjadřuje tedy, jak moc se konkrétní daný cyklus podobá průměrnému pohybovému cyklu (modrá barva značí nízkou autokorelaci pohybových cyklů, červená barva odpovídá vysoké autokorelaci).



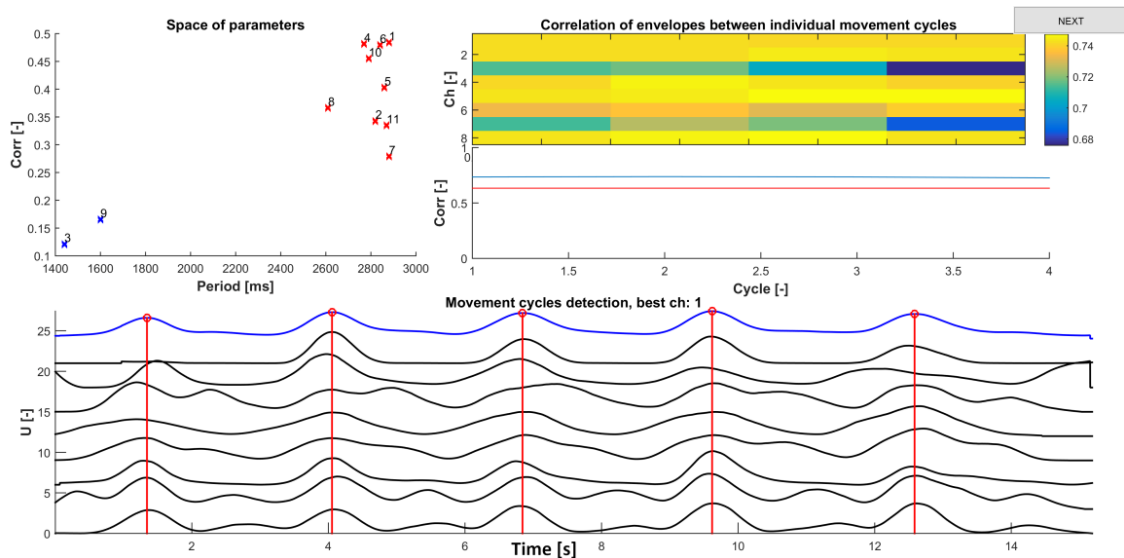


Obr. 52 Segmentace, clusterování a korelace u probanda 3 - šplh (zdroj: autor)

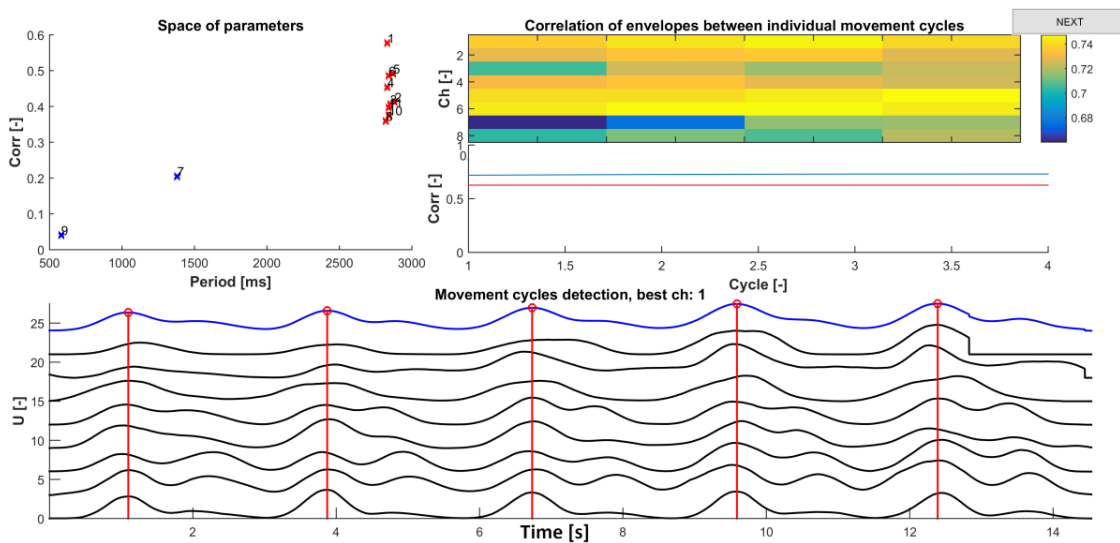
Legenda k Obr. 52, Obr. 53, Obr. 54 a Obr. 55: Záznam segmentace z vybraného signálu sledovaných svalů (spodní graf), clusterování kanálů (levý horní graf), křížová korelace vyjádřená spektrogramem.



Obr. 53 Segmentace, clusterování a korelace u probanda 3 - šplhačský přítah vysoký (zdroj: autor)



Obr. 54 Segmentace, clusterování a korelace u probanda 3 - šplhačský přítah nízký (zdroj: autor)

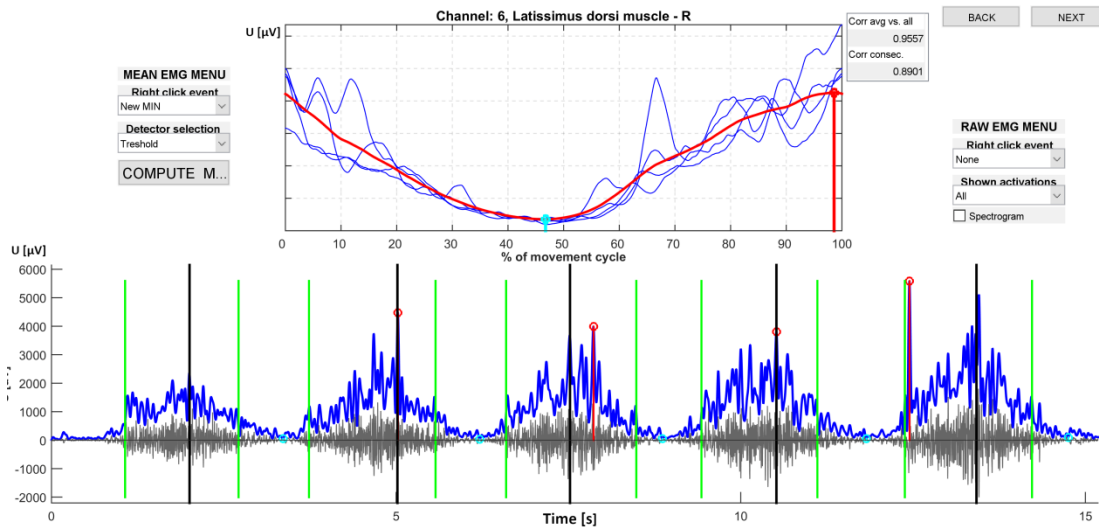


Obr. 55 Segmentace, clusterování a korelace u probanda 3 – shyb (zdroj: autor)

Detekce svalové aktivity byla provedena metodou prahování obálek elektromyografického signálu, která byla blíže vysvětlena v kapitole 4.5.1. Výsledky automatického prahování byly následně vizuálně zkontrolovány a případně korigovány. Příklad výsledků prahování obálky elektromyografického signálu reprezentuje Graf 1, záznam aktivity m. latissimus dorsi při šplhačském přitahu nízkém. Červená křivka na horním grafu značí průměrnou obálku elektromyografického signálu. Tenké modré křivky na horním grafu představují interpolované obálky elektromyografického signálu.

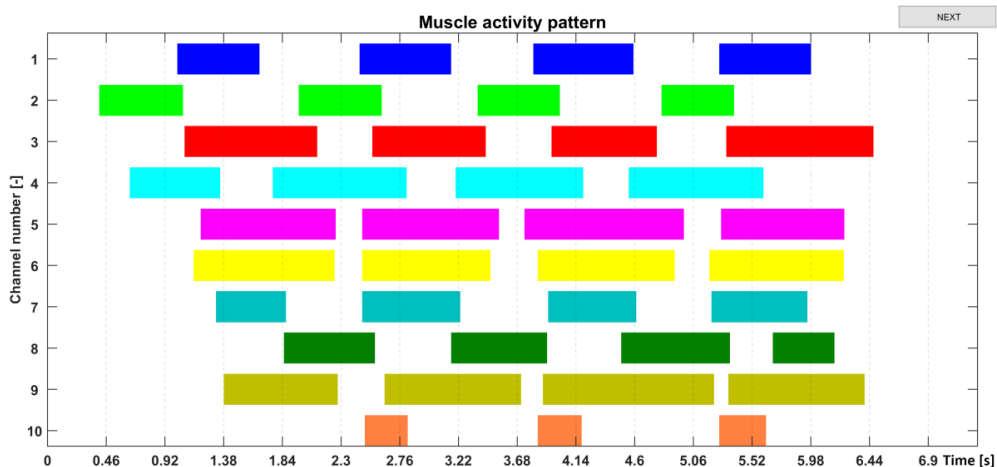
Vertikální červené úsečky značí maximum aktivace, vertikální azurové úsečky pak minimum.

Na dolním grafu zelené vertikální úsečky vymezují aktivace měřeného svalu v pohybovém cyklu. Shodný postup byl aplikován na všechny zkoumané svaly při každé sledované činnosti.

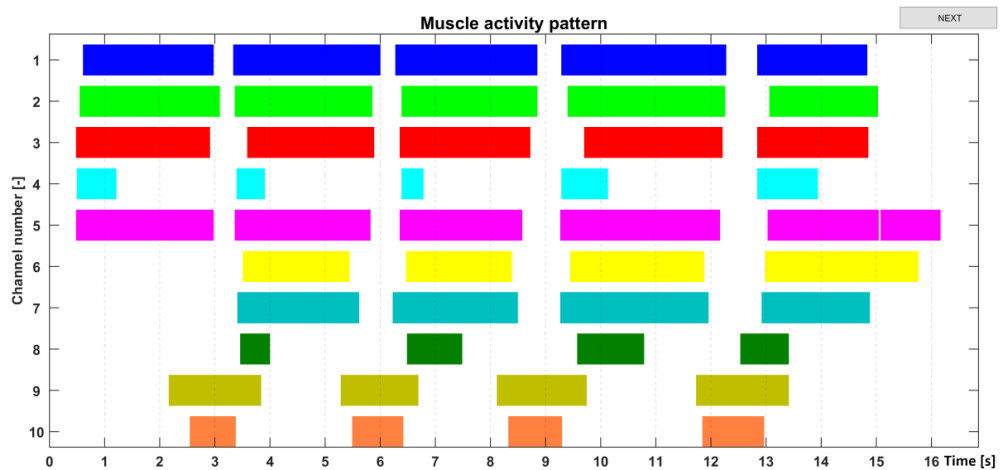


Graf 1 Výsledky prahování kanálu č. 6 probanda 3, šplhačský přítah nízký (zdroj: archiv autora)

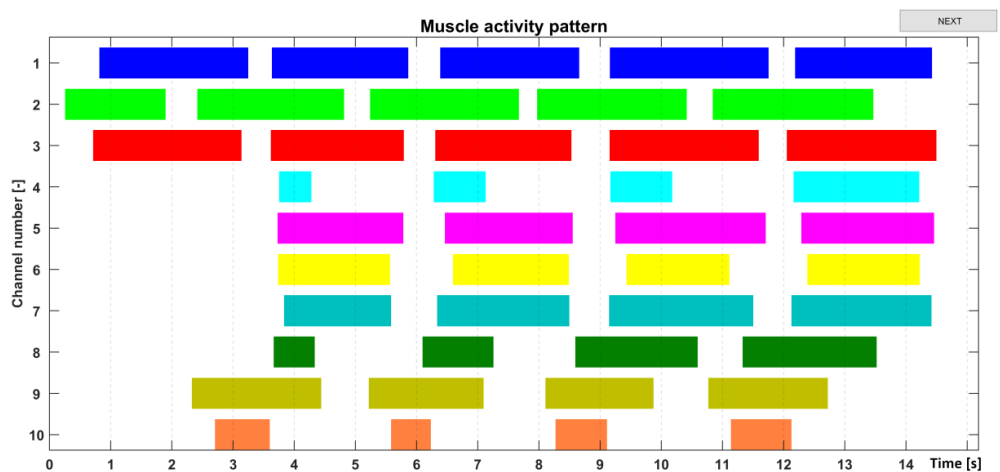
Intervaly svalové aktivity při všech zkoumaných situacích u probanda 3 jsou zobrazeny na grafech Graf 2, Graf 3, Graf 4, Graf 5. Každý řádek reprezentuje jeden kanál a tedy jeden měřený sval, barevné úsečky reprezentují časový úsek svalové aktivity. Tento graf umožňuje pozorovat rozdíly a shody v synchronizaci pohybu a posoudit periodicitu pohybu.



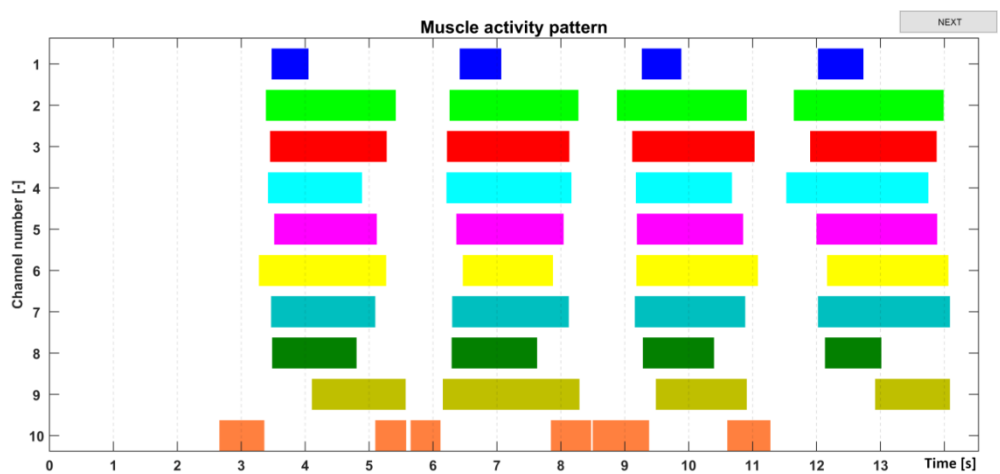
Graf 2 Záznam intervalů svalové aktivity probanda 3 – šplh (zdroj: archiv autora)



Graf 3 Záznam intervalů svalové aktivity probanda 3 - šplhačský přítah vysoký  
(zdroj: archiv autora)

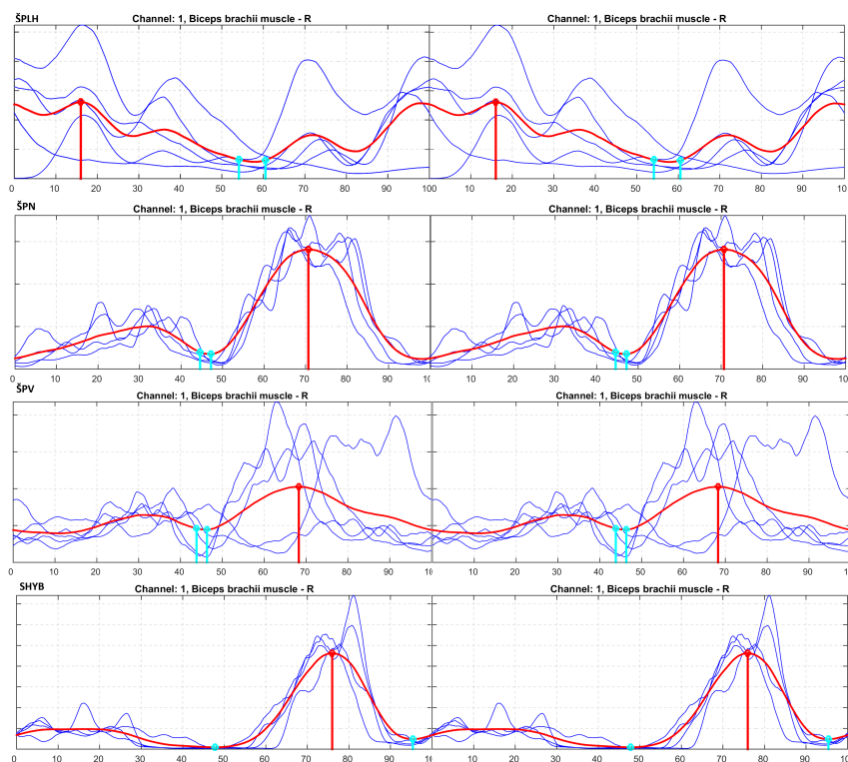


Graf 4 Záznam intervalů svalové aktivity probanda 3 - šplhačský přítah nízký  
(zdroj: archiv autora)



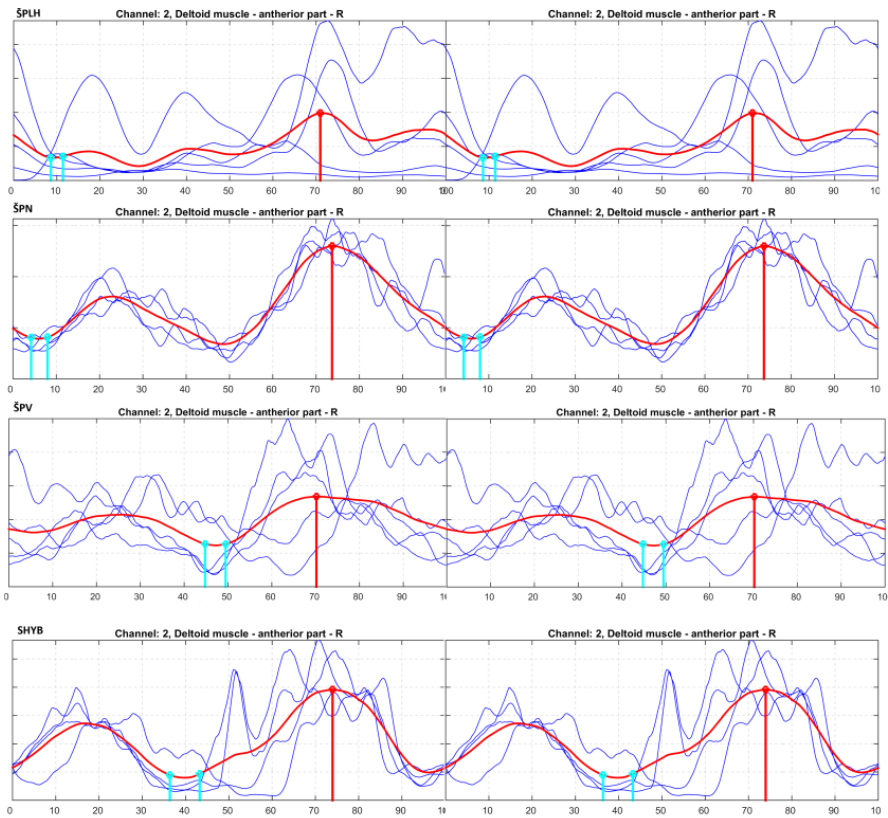
Graf 5 Záznam intervalů svalové aktivity probanda 3 - shyb (zdroj: archiv autora)

Výsledky detekce svalové aktivity všech sledovaných svalů probanda č. 3 ve všech čtyřech měřených situacích (v pořadí: šplh, šplhačský přítah vysoký, šplhačský přítah nízký, shyb podhmatem) jsou zobrazeny na Obr. 56, Obr. 57, Obr. 58, Obr. 59, Obr. 60, Obr. 61, Obr. 62, Obr. 63, Obr. 64. Znázorněny jsou vždy dva pohybové cykly z důvodu přehlednějšího zobrazení periodicity. Časový údaj byl normalizován na procenta pro názornější interpretaci. Pohybový cyklus tedy začíná v 0% a končí ve 100%, signálové obálky byly interpolovány na jednotnou délku 0 – 100%. Průměrná obálka elektromyografického signálu je reprezentována červenou křivkou. Obálky elektromyografického signálu z jednotlivých pohybových cyklů představují modré křivky. Červená vertikální úsečka značí maxima aktivace a azurová úsečka její minima.

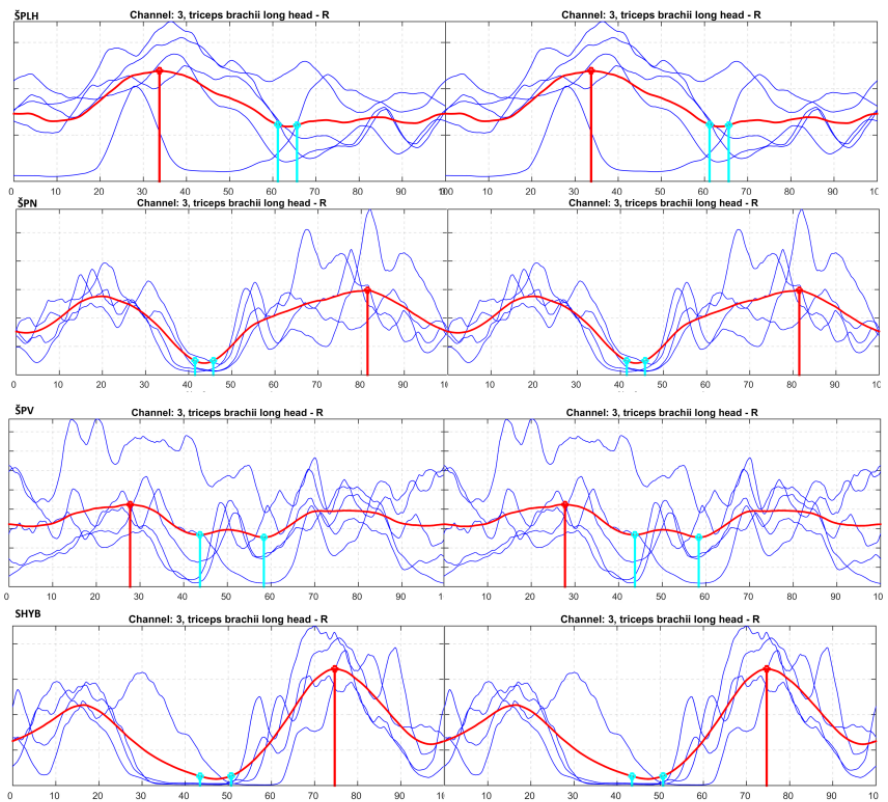


Obr. 56 *M. biceps brachii* - proband 3

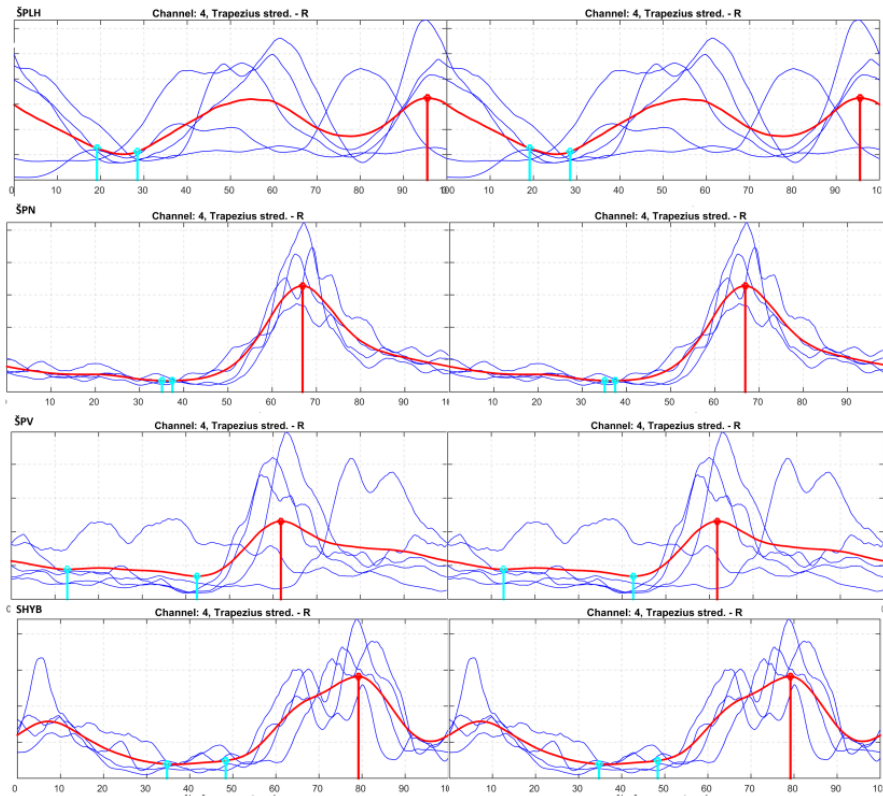
Legenda k Obr. 56, Obr. 57, Obr. 58, Obr. 59, Obr. 60, Obr. 61, Obr. 62, Obr. 63, Obr. 64 a Obr. 65: červená křivka – průměrná obálka EMG signálu; tenké modré křivky - interpolované obálky EMG signálu; vertikální červené úsečky - maximum aktivace; vertikální azurové úsečky minimum aktivace. Znázorněny dva pohybové cykly. Zobrazeny jsou výsledky detekce svalové aktivity pro všechny čtyři sledované situace v pořadí odshora: šplh, špn – šplhačský přítah nízký, špv – šplhačský přítah vysoký, shyb.



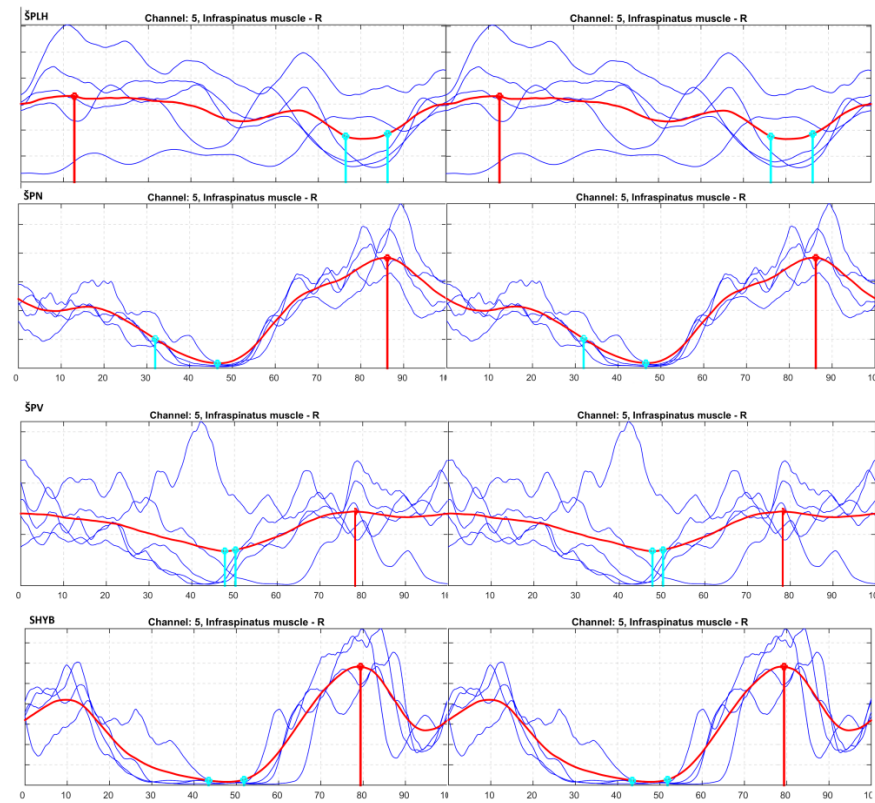
*Obr. 57 M. deltoideus - proband 3*



*Obr. 58 M. triceps brachii - proband 3*

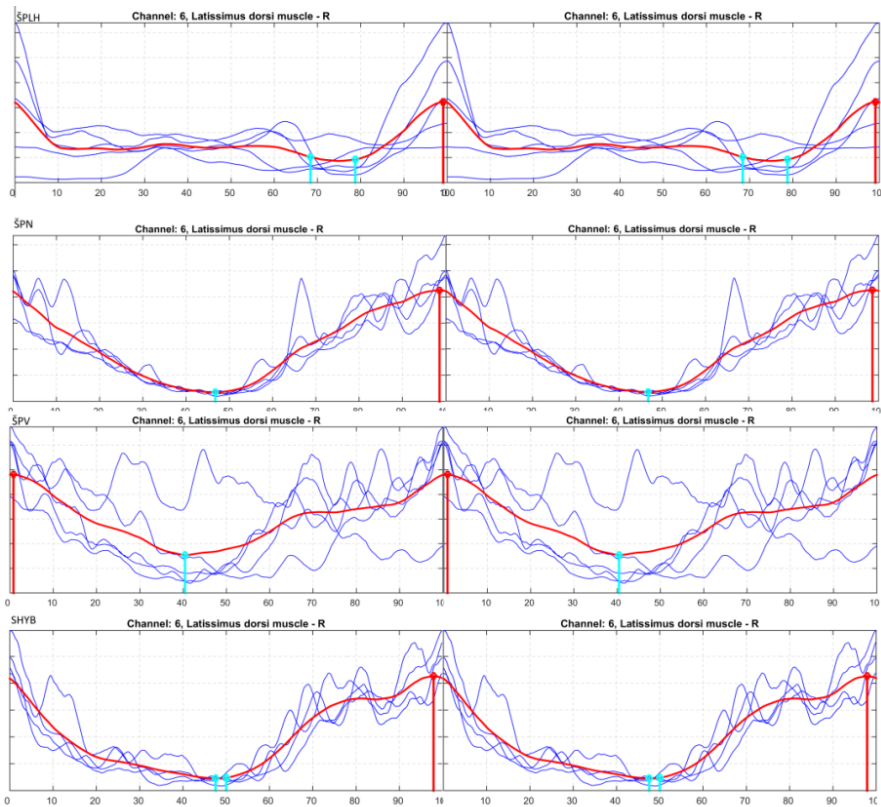


*Obr. 59 M. trapezius - proband 3*

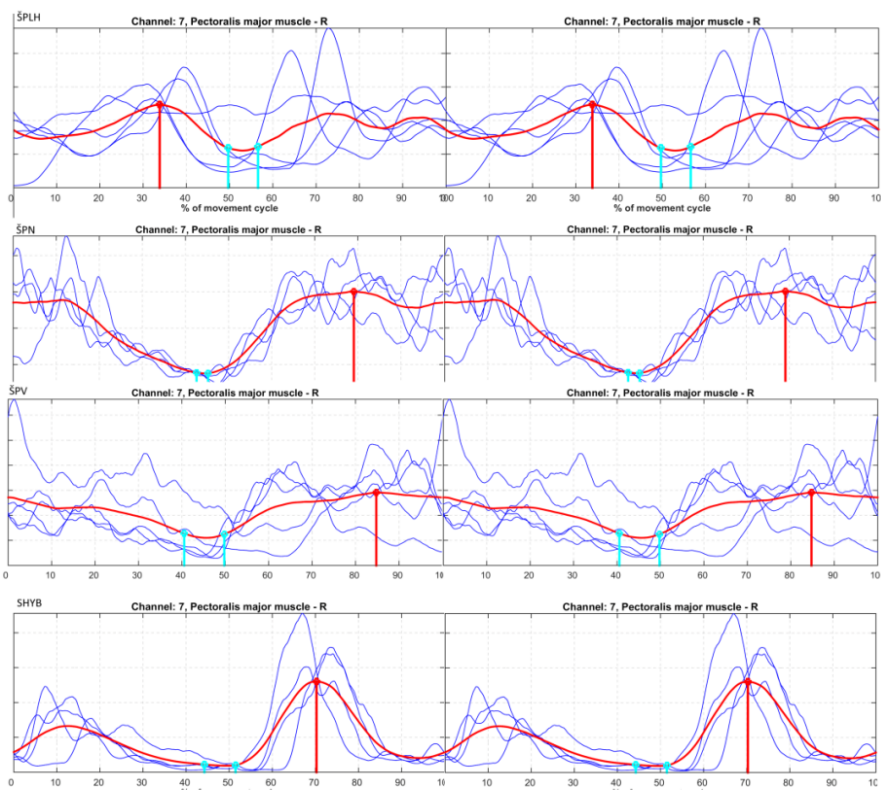


*Obr. 60 M. infraspinatus - proband 3*



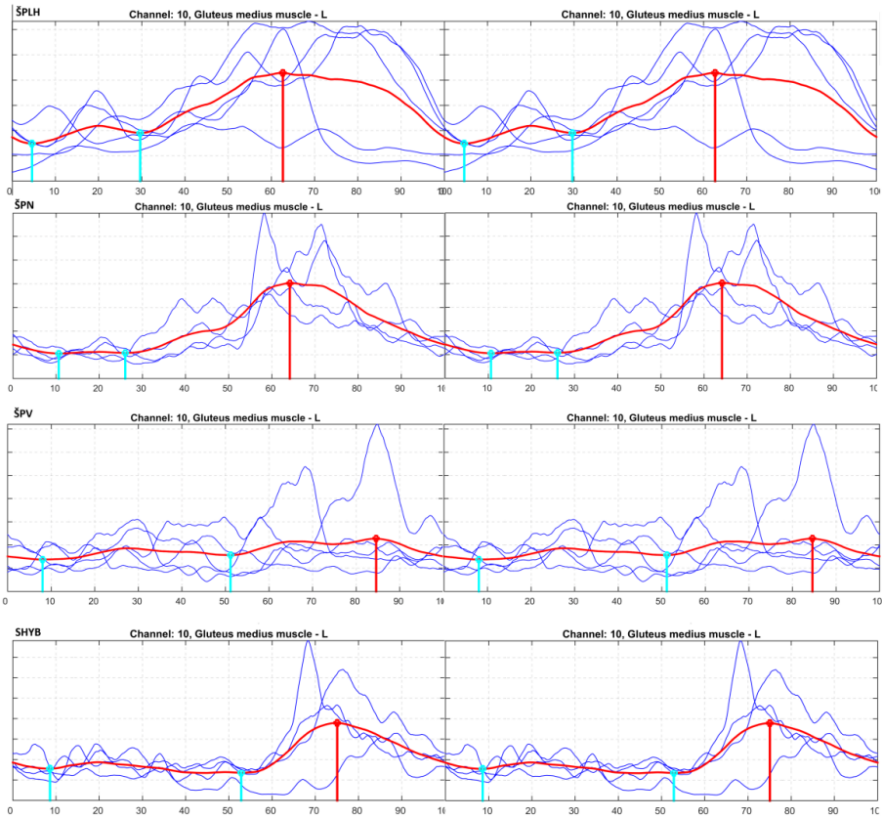


Obr. 61 *M. latissimus dorsi* (referenční sval výzkumu) - proband 3

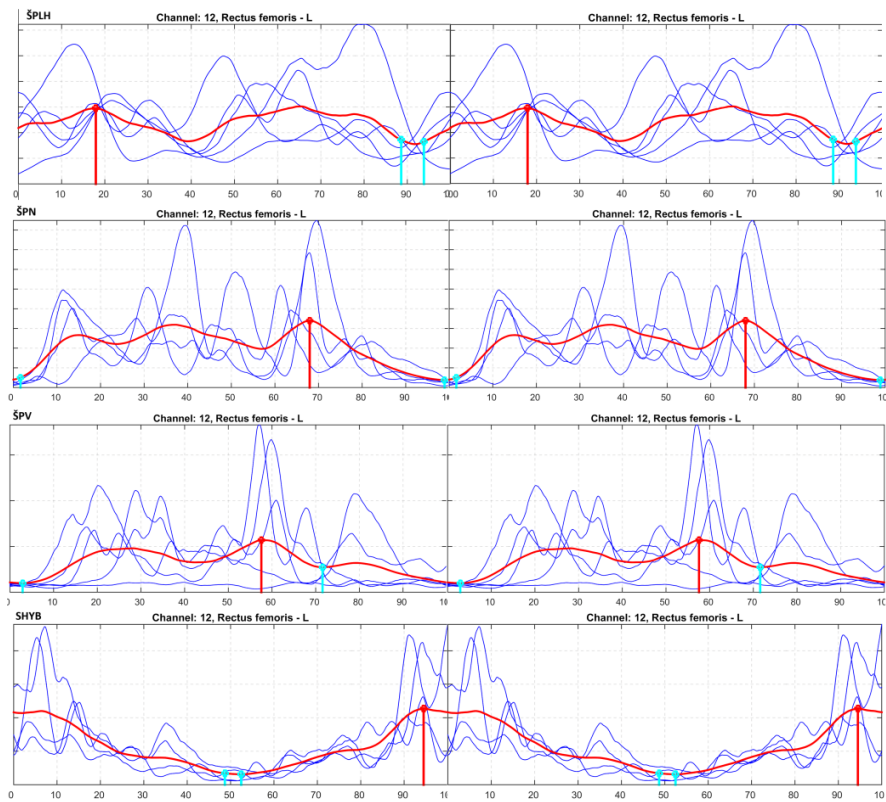


Obr. 62 *M. pectoralis major* - proband 3

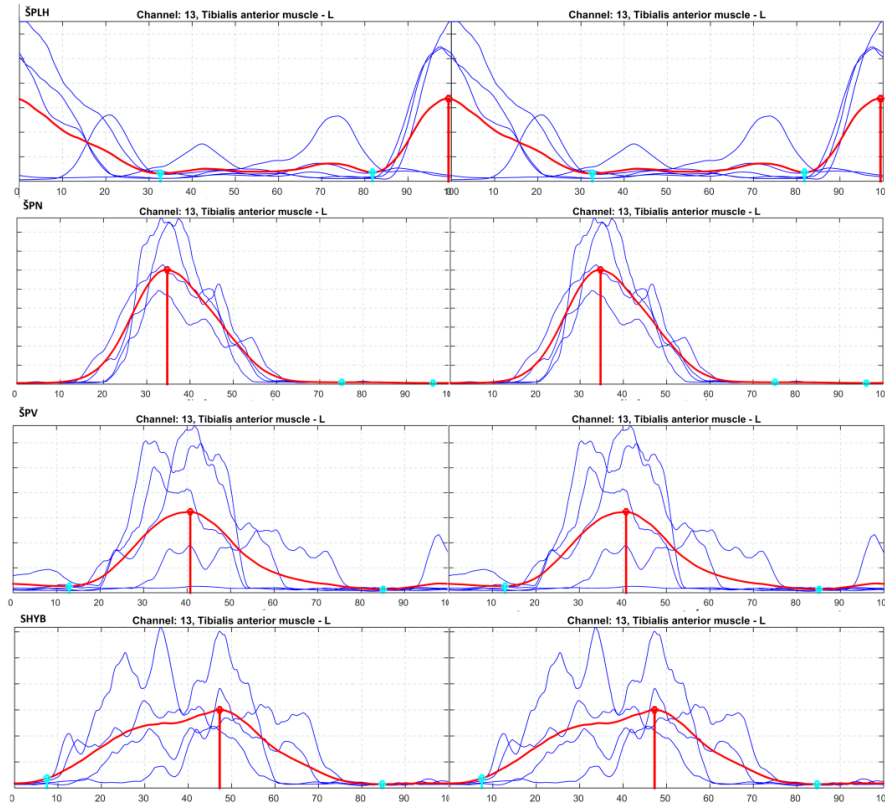




Obr. 63 *M. gluteus medius* - proband 3

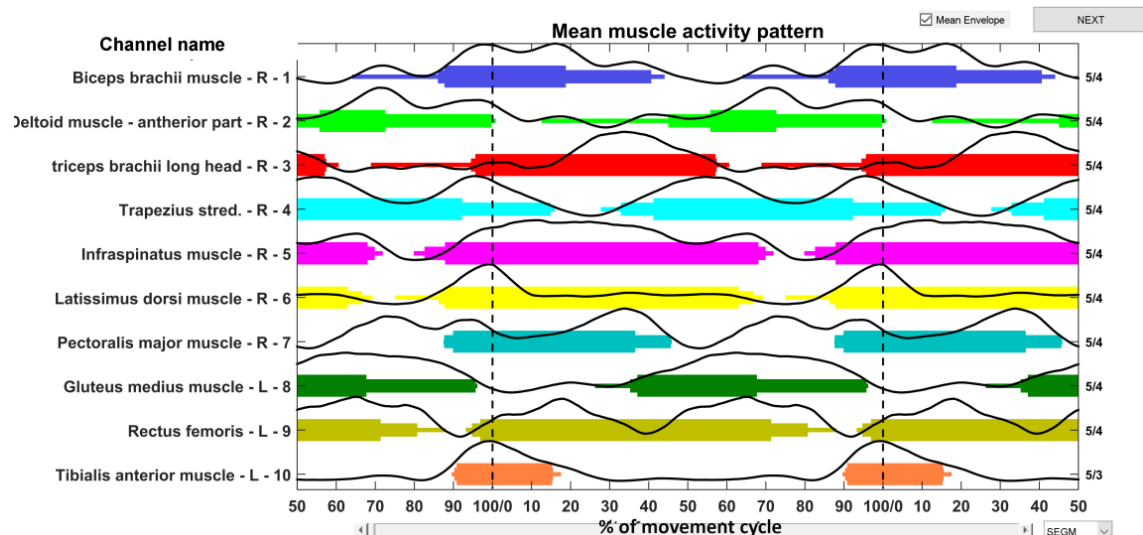


Obr. 64 *M. quadriceps femoris* - *rectus femoris* - proband 3



Obr. 65 *M. tibialis anterior* - proband 3

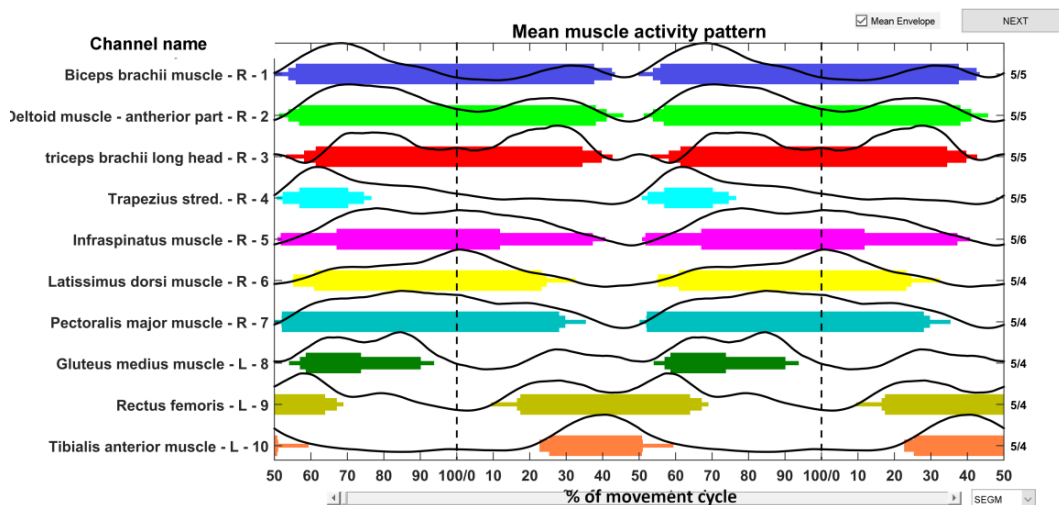
S jakou pravděpodobností byl sval aktivní v průběhu pohybového cyklu, graficky znázorňují grafy BOATS - Graf 6, Graf 7, Graf 8 a Graf 9. Význam různé tloušťky úsečky je vysvětlen na obrázku Obr. 40 v kapitole 4.5.2.



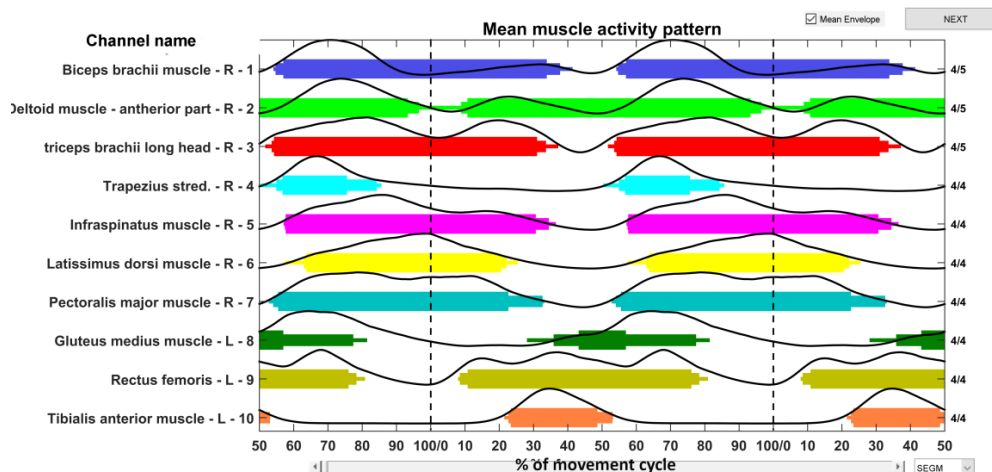
Graf 6 Graf BOATS, proband 3 - šplh (zdroj: archiv autora)

Rozsah 0 – 100% odpovídá jednomu pohybovému cyklu. Vzhledem k cyklické podstatě zkoumaných pohybů je pro názornost do grafu vynesena i druhá polovina

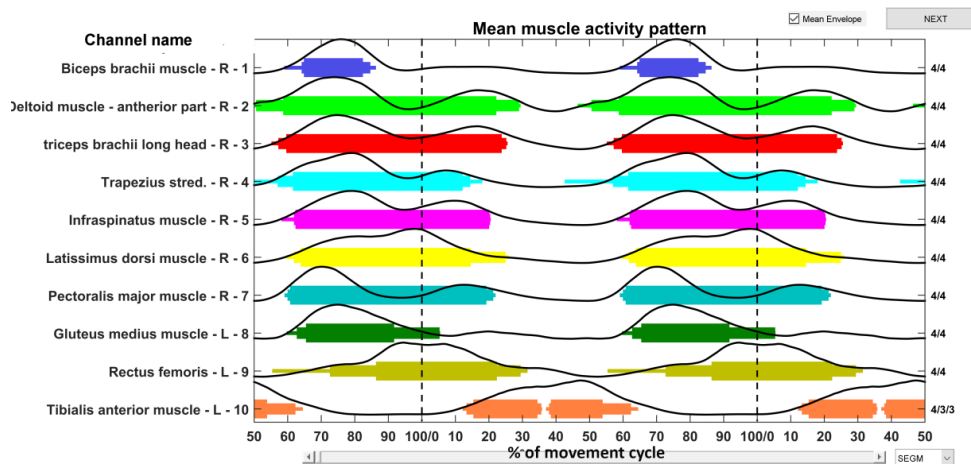
předchozího cyklu, která na grafu odpovídá 50 – 0% na časové ose normalizované na procenta a první polovina následujícího cyklu odpovídající 100 – 150% časové osy. Hranice mezi cykly je vyznačena svislými přerušovanými čarami.



Graf 7 Graf BOATS, proband 3 - šplhačský přitah vysoký (zdroj: archiv autora)



Graf 8 Graf BOATS, proband 3 - šplhačský přitah nízký (zdroj: archiv autora)



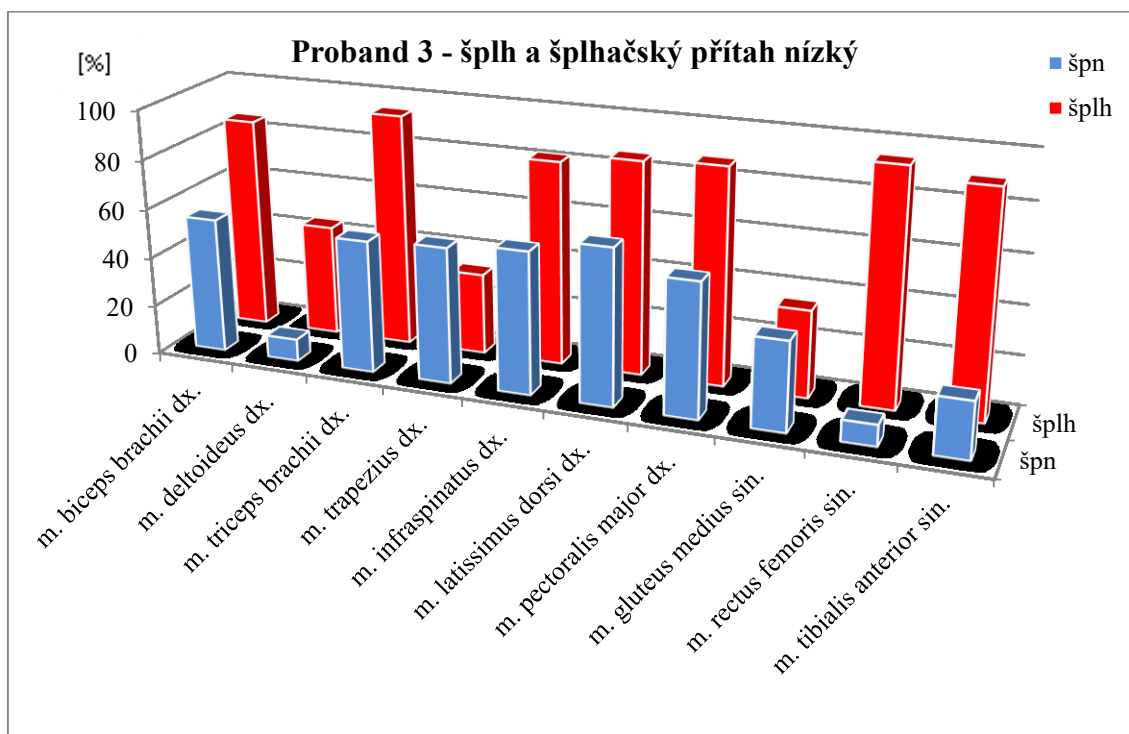
Graf 9 Graf BOATS, proband 3 - shyb (zdroj: archiv autora)

Tab. 1 Mediány počátků a konců svalové aktivity probanda 3

Sval	Sledovaná činnost	Start		End	
		Mdn [ %]	SD [ %]	Mdn [ %]	SD [ %]
BBdx	Šplh	86,09	13,78	40,62	16,51
	ŠPN	54,72	3,23	37,73	4,44
	ŠPV	53,85	9,44	42,60	4,94
	Shyb	64,22	3,46	84,65	2,37
DAdx	Šplh	44,98	23,52	99,72	17,51
	ŠPN	8,91	50,62	96,58	5,90
	ŠPV	53,83	13,21	41,07	5,82
	Shyb	50,67	8,35	28,96	4,00
TBdx	Šplh	94,51	14,81	57,42	18,40
	ŠPN	53,61	2,88	33,66	3,30
	ŠPV	58,15	8,14	39,76	5,38
	Shyb	57,26	5,02	25,22	1,15
TTdx	Šplh	32,91	7,73	14,96	13,83
	ŠPN	54,92	3,87	84,27	6,46
	ŠPV	52,33	8,99	74,62	19,91
	Shyb	56,99	10,78	14,50	6,43
Idx	Šplh	82,62	6,45	69,87	3,09
	ŠPN	57,50	1,97	34,42	5,05
	ŠPV	51,81	49,74	37,33	29,24
	Shyb	61,91	4,56	20,45	0,24
LDdx	Šplh	86,28	7,67	66,74	5,41
	ŠPN	62,98	3,37	22,08	5,83
	ŠPV	55,24	9,41	24,69	26,68
	Shyb	61,83	3,08	24,98	6,66
PMdx	Šplh	87,64	4,42	45,63	6,54
	ŠPN	54,09	3,95	32,59	5,68
	ŠPV	51,95	10,7	29,74	8,29
	Shyb	59,98	3,41	21,34	2,05
GMEsin	Šplh	35,28	7,25	95,75	14,99
	ŠPN	35,83	13,5	77,45	43,36
	ŠPV	56,97	3,78	90,07	13,08
	Shyb	62,74	3,31	5,33	8,85
RFsin	Šplh	94,70	4,55	80,72	8,76
	ŠPN	8,51	5,75	78,33	3,44
	ŠPV	16,61	8,59	67,15	13,08
	Shyb	72,71	16,67	29,47	6,57
TAsin	Šplh	90,32	1,08	15,54	3,21
	ŠPN	22,72	1,91	53,06	3,43
	ŠPV	22,72	4,17	51,06	11,24
	Shyb	13,41	3,63	62,30	7,51

Legenda k Tab. 1: Mdn – medián; SD – směrodatná odchylka; ŠPN – šplhačský přitah nízký; ŠPV – šplhačský přitah vysoký; BBdx – m. biceps brachii dexter; DAdx – m. deltoideus anterior sinister; TBdx – m. triceps brachii dexter; TTdx – m. trapezius par transversa dexter; Idx – m. infraspinatus dexter; LDdx – m. latissimus dorsi dexter; PMdx – m. pectoralis major dexter; GMEsin – m. gluteus medius sinister; RFsin – m. rectus femoris sinister; TAsin – m. tibialis anterior sinister (zdroj: vlastní výpočty autora).

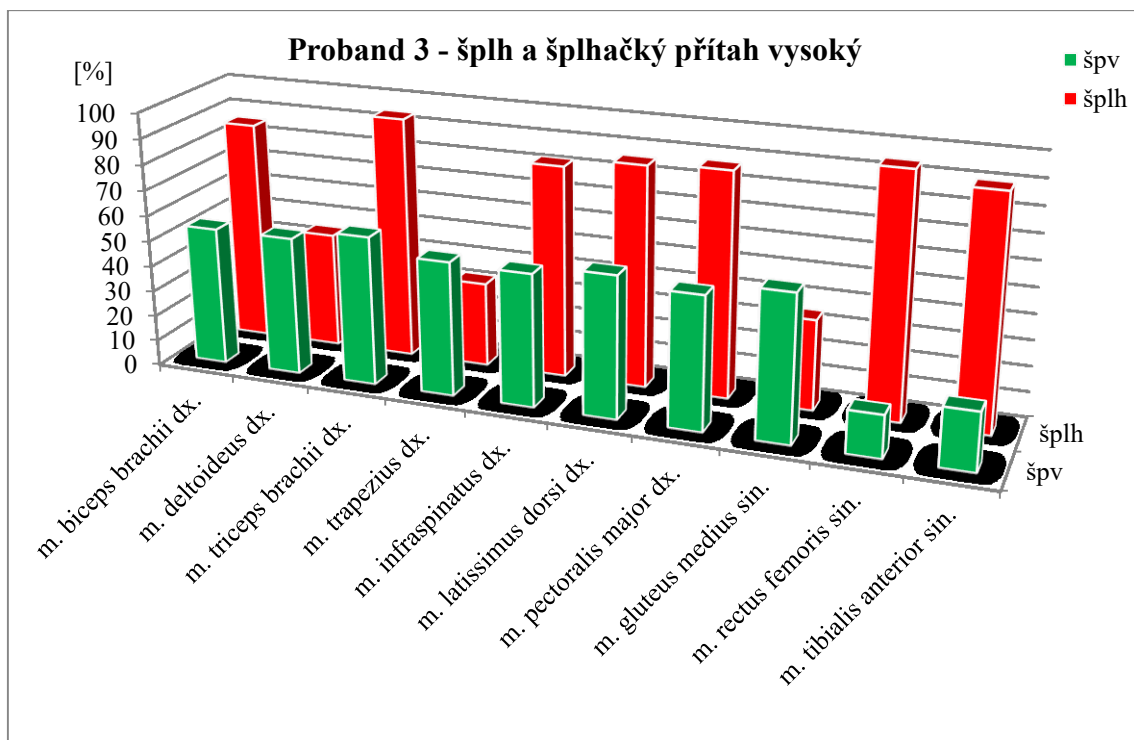
V Tab. 1 jsou uvedeny mediány a směrodatné odchylky poloh začátků a konců svalové aktivity v procentech pro každý sval probanda 3 při všech sledovaných činnostech. Byla posuzována vždy hodnota prvního nástupu aktivity konkrétního svalu. Graficky tyto hodnoty znázorňuje Graf 10, Graf 11 a Graf 12. Každý z grafů zobrazuje mediány aktivací vyjádřené v procentech pohybového cyklu vždy pro šplh na laně, jakožto referenční pohyb, a pro každou ze sledovaných činností.



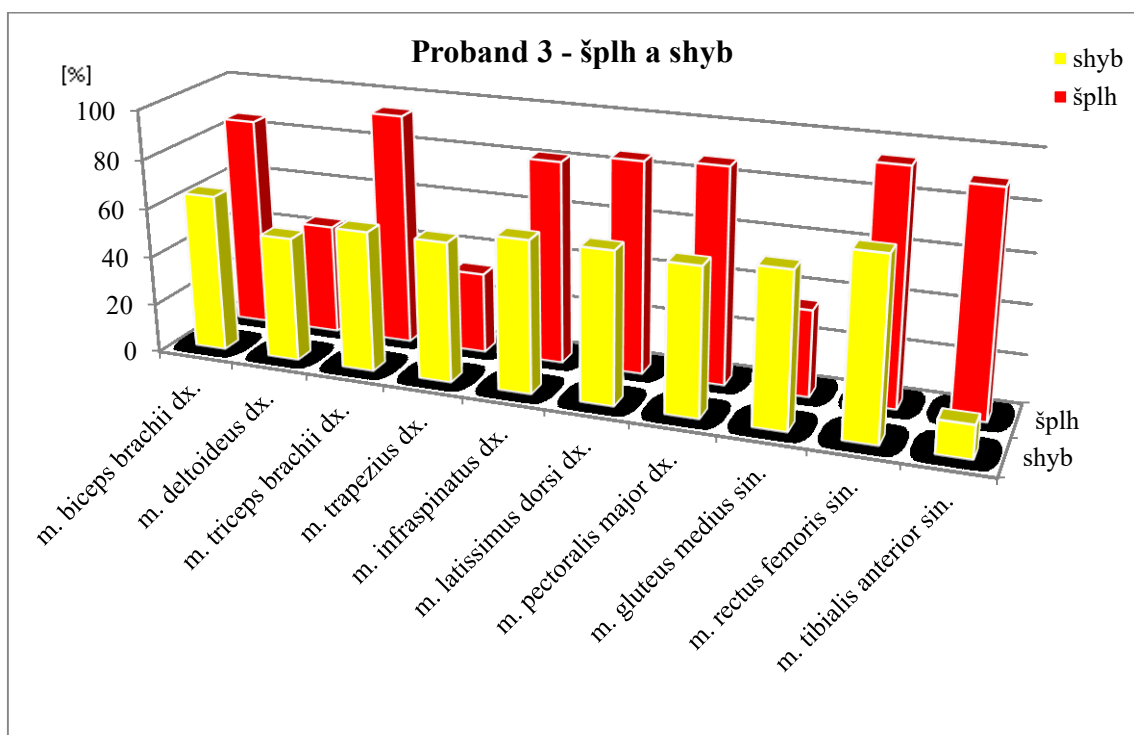
Graf 10: Mediány počátků svalové aktivity probanda 3 - šplh a šplhačský přítah nízký (zdroj: autor)

Legenda ke Grafu Graf 10, Graf 11: špn – šplhačský přítah nízký, špv – šplhačský přítah vysoký

Dle mediánů aktivace svalu v průběhu průměrného pohybového cyklu vyjádřeného v procentech bylo určeno pořadí aktivací sledovaných svalů při šplhu na laně a následně při třech sledovaných tréninkových prostředcích. Mediány aktivací svalů byly vzestupně seřazeny do 4 variačních řad (Tab. 2) – variační řada šplhu na laně, variační řada šplhačského přítahu nízkého, variační řada šplhačského přítahu vysokého a variační řada shybu podhmatem. Tyto hodnoty představují tedy pořadí, v jakém svaly na konkrétním sledovaném pohybu participovaly. Tabulky s variačními řadami všech probandů tvoří Přílohu 5.



Graf 11 Mediány počátků svalové aktivity probanda 3 - šplh a šplhačský přítah vysoký (zdroj: autor)



Graf 12 Mediány počátků svalové aktivity probanda 3 - šplh a shyb (zdroj: autor)

Tab. 2 Pořadí nástupu svalové aktivity probanda 3

Sval	Pořadí			
	Šplh	Špn	Špv	Shyb
M. biceps brachii caput longum dx.	5	7	7	9
M. deltoideus pars anterior dx.	3	2	6	2
M. triceps brachii caput longum dx.	9	5	10	4
M. trapezius pars transversa dx.	1	8	5	3
M. infraspinatus dx.	4	9	3	7
M. latissimus dorsi dx.	6	10	8	6
M. pectoralis major dx.	7	6	4	5
M. gluteus medius sin.	2	4	9	8
M. rectus femoris sin.	10	1	1	10
M. tibialis anterior sin.	8	3	2	1

Legenda k Tab. 2: špn – šplhačský přitah nízký; špv – šplhačský přitah vysoký (zdroj: autor).

Tab. 3 Výstup statistického zpracování dat probanda 3

		prob3_splh	prob3_spn	prob3_spv	prob3_shyb
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	-0,345	-0,273	0,127
	prob3_splh Sig. (1-tailed)	-	0,164	0,223	0,363
	N	10,000	10,000	10,000	10,000
	Correlation Coefficient	-0,345	1,000	0,273	0,079
	prob3_spn Sig. (1-tailed)	0,164	-	0,223	0,414
	N	10,000	10,000	10,000	10,000
	Correlation Coefficient	-0,273	0,273	1,000	0,006
	prob3_spv Sig. (1-tailed)	0,223	0,223	-	0,493
	N	10,000	10,000	10,000	10,000
	Correlation Coefficient	0,127	0,079	0,006	1,000
	prob3_shyb Sig. (1-tailed)	0,363	0,414	0,493	-
	N	10,000	10,000	10,000	10,000

Legenda k Tab. 3: N – počet korelačních dvojic; Sig. (1-tailed) – p-hodnota (zdroj: autor).

Pro intraindividuální porovnání sledovaných tréninkových prostředků z hlediska timingu byl využit Spearmanův korelační koeficient pořadové korelace, který byl vypočten pro každou korelační dvojici. Podrobněji je postup pro vypočtení Spearmanova korelačního koeficientu popsán v kapitole 4.5.3 Statistické zpracování dat. Výstupy ze statistické analýzy probanda 3 prezentuje Tab. 3, která zobrazuje nejen hodnoty korelačních koeficientů vypočtené pro šplh a každý z tréninkových prostředků ale i korelační koeficienty porovnávající tréninkové prostředky mezi sebou. Výstupy

statistické analýzy ostatních probandů jsou uvedeny v tabulkách v Příloze 6. Statisticky významné pozitivní hodnoty korelačních koeficientů byly softwarem označeny hvězdičkou, pokud byla zamítnuta nulová hypotéza o nezávislosti proměnných ve prospěch jednostranné alternativní hypotézy na hladině statistické významnosti  $\alpha = 5$  %). Z Tab. 3 tedy vyplývá, že u probanda 3 nebyla zamítnuta na patřičné hladině statistické významnosti hypotéza o nezávislosti, tudíž sílu této závislosti nemůžeme považovat za statisticky významnou.

Pro lepší přehlednost byly hodnoty Spearmanových korelačních koeficientů všech probandů zaneseny souhrnně do následující tabulky Tab. 4. Statisticky významné pozitivní hodnoty korelačních koeficientů (pro  $\alpha = 5$  %) jsou v tabulce vyznačeny hvězdičkou a zvýrazněny šedou barvou.

Tab. 4 Hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu pro všechny sledované situace

Proband	Koeficient / p-value	Sledovaná činnost			
		Šplh	Špn	Špv	Shyb
Proband 1	koeficient	1	0,564*	0,37	-0,07
	p-value	-	0,045	0,147	0,427
Proband 2	koeficient	1	0,042	0,103	-0,073
	p-value	-	0,454	0,388	0,421
Proband 3	koeficient	1	-0,345	-0,273	0,127
	p-value	-	0,164	0,223	0,363
Proband 4	koeficient	1	-0,115	0,418	-0,055
	p-value	-	0,376	0,115	0,441
Proband 5	koeficient	1	-0,115	0,418	-0,055
	p-value	-	0,376	0,115	0,441
Proband 6	koeficient	1	0,152	0,309	0,018
	p-value	-	0,338	0,192	0,48
Proband 7	koeficient	1	0,406	0,127	0,673*
	p-value	-	0,122	0,363	0,017
Proband 8	koeficient	1	-0,358	0,103	-0,042
	p-value	-	0,155	0,388	0,454
Proband 9	koeficient	1	-0,115	-0,224	0,042
	p-value	-	0,376	0,267	0,454
Proband 10	koeficient	1	0,345	0,709*	0,539
	p-value	-	0,164	0,011	0,054
Proband 11	koeficient	1	-0,382	-0,515	0,37
	p-value	-	0,138	0,064	0,147
Průměr koeficientů		1	0,01	0,14	0,13

Legenda k Tab. 4 špn – šplhačský přitah nízký; špv – šplhačský přitah vysoký (zdroj: autor).



Jak je z tabulky patrné, statisticky významná pozitivní hodnota Spearmanova korelačního koeficientu vyšla ve třech situacích. U probanda 1 vyšla statisticky významná pozitivní hodnota Spearmanova koeficientu s hodnotou 0,564 pro šplhačský přitah nízký (p-hodnota = 0,045). U probanda 7 vyšla statisticky významná pozitivní hodnota Spearmanova koeficientu s hodnotou 0,673 pro shyb (p-hodnota = 0,017). U probanda 10 vyšla statisticky významná pozitivní hodnota Spearmanova korelačního koeficientu 0,709 pro šplhačský přitah vysoký (p-hodnota = 0,011). V ostatních situacích byly hodnoty Spearmanových korelačních koeficientů statisticky nevýznamně odlišné od nuly. Z této skutečnosti vyplývá následující:

a) *Vzájemný vztah proměnných timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně a timing průměrného pohybového cyklu shybu téhož probanda.*

Nulovou hypotézu  $H_{01}$  nelze na zvolené hladině významnosti ( $\alpha = 5 \%$ ) zamítnout u testovaných 10 probandů, jelikož hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu nenabýly statistické významnosti. Testovaná hypotéza byla ve prospěch jednostranné alternativní hypotézy zamítnuta pouze v jednom případě u probanda 7 (p-hodnota = 0,017).

b) *Vzájemný vztah proměnných timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně a timing průměrného pohybového cyklu šplhačského přitahu nízkého téhož probanda.*

Testovanou hypotézu  $H_{02}$  není možné na zvolené hladině významnosti ( $\alpha = 5 \%$ ) zamítnout u testovaných 10 probandů, jelikož hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu nebyly statisticky významně odlišné od nuly. Není proto možné zamítnout hypotézu o vzájemné nezávislosti zkoumaných proměnných. Testovaná hypotéza byla ve prospěch jednostranné alternativní hypotézy zamítnuta v jednom případě u probanda 1 (p-hodnota = 0,045).

c) *Vzájemný vztah proměnných timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně a timing průměrného pohybového cyklu šplhačského přitahu vysokého téhož probanda.*

Nulovou hypotézu  $H_{03}$  o vzájemné nezávislosti zkoumaných proměnných nelze vyvrátit u celkem 10 probandů, jelikož výsledná hodnota Spearmanova korelačního koeficientu nebyla statisticky významně odlišná od nuly. U probanda 10 byla testovaná

hypotéza o nezávislosti proměnných zamítnuta ve prospěch jednostranné alternativní hypotézy (p-hodnota = 0,011).

## 6 DISKUSE

V předložené práci byla posuzována míra koordinační shody zapojení vybraných svalů z hlediska timingu během šplhu na laně bez dopomoci dolních končetin jakožto cílového pohybu s imitačními pohybovými akty. Byla zjišťována vhodnost využití různých variant shybu a to konkrétně shybu podhmatem, šplhačského přitahu nízkého a šplhačského přitahu vysokého jako specifických tréninkových prostředků.

V tomto výzkumu bylo posuzováno pořadí nástupu aktivity svalů vzhledem k m. latissimus dorsi, jež byl zvolen jako referenční sval. Pořadí svalů bylo stanoveno dle procentuální hodnoty mediánu nástupu aktivity v pohybovém cyklu. Na základě výzkumných otázek byly stanoveny tři nulové a alternativní hypotézy. Pro vyhodnocení vzájemného vztahu mezi proměnnými a pro statistické testování stanovených hypotéz byl zvolen Spearmanův korelační koeficient.

Testovaná hypotéza  $H_{01}$  byla ve prospěch jednostranné alternativní hypotézy  $H_1$  zamítnuta pouze v jednom případě u probanda 7.

Testovaná hypotéza  $H_{02}$  byla ve prospěch jednostranné alternativní hypotézy také zamítnuta pouze v jednom případě u probanda 1.

Taktéž třetí testovaná hypotéza  $H_{03}$  byla ve prospěch jednostranné alternativní hypotézy zamítnuta v jednom případě a to u probanda 10.

Na základě uvedených výsledků lze tedy konstatovat, že pořadí nástupu svalové aktivity sledovaných svalů u průměrného pracovního cyklu při šplhu na laně vykazovalo statisticky významný rozdíl v porovnání se všemi třemi sledovanými tréninkovými prostředky ve 30 situacích z celkem 33. Statisticky významná pozitivní hodnota Spearmanova korelačního koeficientu vyšla pro 3 sledované situace, přičemž pokaždé se jednalo o jiného probanda a jiný tréninkový prostředek.

Dle námi naměřených výsledků, nelze vypořádat obecné interindividuální jevy mezi probandy z hlediska timingu zapojení pozorovaných svalů v průběhu pohybu.

Co se týče vhodnosti zařazení námi sledovaných tréninkových prostředků do tréninku posuzované mírou koordinační shody z hlediska timingu, můžeme vyvozovat pouze závěry pro konkrétní probandy na základě intraindividuálního porovnání těchto tréninkových prostředků vzhledem ke šplhu na laně. Následující část diskuse je věnována těmto doporučením.

Na základě uvedených výsledků se pro probanda 1 jeví jako nejvhodnější z alternativ šplhu na laně šplhačský přitah nízký se statisticky významnou mírou korelace a dále pak šplhačský přitah vysoký. Vzhledem k záporné hodnotě Spearmanova korelačního koeficientu pro shyb ho probandovi 1 jako alternativu šplhu nedoporučujeme.

Pro probanda 2 jsou i přes nízkou korelaci vhodnějším tréninkovým prostředkem varianty šplhačských přitahů oproti shybu, pro nějž vyšla hodnota koeficientu záporná, a to v pořadí šplhačský přitah vysoký a šplhačský přitah nízký.

Probandovi 3 lze ze sledovaných tréninkových prostředků jako alternativu doporučit pouze shyb, přičemž i pro něj se z hlediska timingu jedná o nízkou míru korelace.

Pro probanda 4 je jedinou vhodnou variantou šplhačský přitah vysoký vzhledem k záporným hodnotám koeficientů u shybu i šplhačského přitahu nízkého.

Pro probanda 5 není ani jeden ze sledovaných tréninkových prostředků vhodnou alternativou šplhu, přičemž nejméně vhodnou variantou s výraznou zápornou korelací se jeví šplhačský přitah nízký.

Nejvhodnějším tréninkovým prostředkem pro probanda 6 by měl dle výše uvedených výsledků být šplhačský přitah vysoký, méně vhodným pak šplhačský přitah nízký a nejméně vhodným shyb s velmi nízkou korelací.

Probandovi 7 lze doporučit shyb jakožto alternativu se statisticky významným pozitivním korelačním koeficientem a dále šplhačský přitah nízký. Šplhačský přitah vysoký se z důvodu výrazněji nižší korelace v porovnání se zbylými dvěma tréninkovými prostředky jeví pro probanda 7 jako nejméně vhodná varianta.

Pro probanda 8 je nejvhodnějším tréninkovým prostředkem šplhačský přitah vysoký i přes nízkou hodnotu Spearmanova korelačního koeficientu, jelikož zbylé 2 alternativy vykazovaly záporný korelační koeficient.

Probandovi 9 nelze na základě našich výsledků doporučit ani jeden ze specifických tréninkových prostředků, jelikož korelace pro shyb byla velmi nízká a pro obě varianty šplhačských přitahů dokonce záporná.

Pro probanda 10 je velmi vhodným tréninkovým prostředkem šplhačský přitah vysoký, který vykazuje statisticky významnou pozitivní korelaci, následovaný shybem a dále šplhačským přitahem nízkým.

Probandovi 11 doporučujeme jako alternativu využívat pouze shyb, který u něj jako jediný ze sledovaných tréninkových prostředků měl pozitivní korelaci.

Výsledky tohoto výzkumu tedy naznačují, že na základě timingu sledovaných svalů nelze generalizovat vhodnost tréninkových prostředků zahrnutých do výzkumu pro celou populaci závodníků a že pro každého závodníka může být výhodnější zařazení jiného ze sledovaných tréninkových prostředků. Domníváme se, že toto je dáno výraznou specifičností pohybového projevu každého lezce při šplhu na laně, tak jak je tato specifičnost patrná z videozáznamů (Czech gymnastics federation, 2019) a zmiňuje ji ve své publikaci i Bačáková (2013).

Na základě výsledků, můžeme sice konstatovat, že všechny námi pozorované modifikace shybu lze využít jako vhodný tréninkový prostředek pro trénink šplhu na laně, ale pouze v přípravném a předsoutěžním období, nikoliv však ve fázi soutěžní a přechodné. Tyto tréninkové metody sice vhodně stimulují aktivaci stejných fázických svalů ramenního kloubu v podobných koordinačních souvislostech, ale s rozdílným posturálním zajištěním a rozdílnou prací svalů dolních končetin, nenahradí tedy trénink specifického pohybu.

Tyto tréninkové prostředky ale můžeme doporučit do tréninkového plánu pro budování základních silových a koordinačních schopností u začátečníků, kteří nemají dostatek silových schopností pro vyšplhání lana bez dopomoci dolních končetin. A to s očekáváním většího efektu v porovnání s izolovaným analytickým posilováním jednotlivých svalů i komplexního posilování, jehož součástí není vis na náradí. Kromě toho, že jsou shyby velmi často doporučovaným cvikem pro rozvoj m. latissimus dorsi (Delavier, 2010; Petr a Šťastný, 2012; Tlapák, 2014), jejich efektivita spočívá v jedinečném pohybovém vzorci těchto cviků, kde výchozí poloha (vyvěšení na extendovaných pažích) je silným stimulem nejen pro zádové svalstvo, které musí plnit významnou stabilizační funkci, ale i pro úchopovou funkci rukou (Petr a Šťastný, 2012).

Nezanedbatelnou výhodou shybu a jeho modifikací je možnost využití dopomoci (např. v podobě expanderu nebo druhé osoby) či naopak přidané zátěže. Proto je lze

velmi vhodně v těchto variantách zakomponovat do tréninků v přípravném i předsoutěžním období lezců všech výkonnostních úrovní a to především z důvodu větší bezpečnosti při zvyšování výkonnosti v porovnání se šplhem na laně.

Na počátku výzkumu byly formulovány dvě výzkumné otázky. Následující část je věnována diskusi k těmto výzkumným otázkám.

První výzkumná otázka: „*Existuje pro trénink šplhu tréninkový prostředek, který vykazuje vyšší míru koordinační shody z hlediska timingu se šplhem na laně bez dopomoci dolních končetin než klasický shyb podhmatem?*“

Z našeho výzkumu nevyplývá, že by byly varianty šplhačských přitahů z hlediska timingu participujících svalů statisticky signifikantně efektivnější v tréninku šplhu na laně než běžněji využívaný shyb podhmatem. Jak již bylo zmíněno výše, bylo ukázáno, že pro každého závodníka může být z tohoto pohledu efektivnější jiný cvik. Průměrná hodnota korelačního koeficientu shybu a průměrná hodnota korelačního koeficientu šplhačského přitahu vysokého se liší pouze o 0,01 ve prospěch šplhačského přitahu nízkého, což vzhledem k počtu probandů a celkově nízké hodnotě koeficientu není možné považovat za signifikantní rozdíl. Hodnota průměrného korelačního koeficientu pro šplhačský přitah nízký vyšla o 12 setin nižší a téměř rovna nule, což může naznačovat neexistenci nebo nevýznamnou sílu závislosti mezi zkoumanými proměnnými. Vypovídací schopnost průměrné hodnoty korelačního koeficientu jako agregátního ukazatele pro všechny probandy dohromady může být znehodnocena variabilitou individualizovaných hodnot jednotlivých probandů.

Druhá výzkumná otázka: „*Ovlivňuje výška úchopu lana při šplhačském přitahu timing svalové aktivity?*“.

Zde lze na základě našich výsledků odpovědět zcela jednoznačně pozitivně. Ovlivňuje, jelikož pro šplhačský přitah nízký a pro šplhačský přitah vysoký, byly vypočteny odlišné hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu. Přičemž míra koordinační shody se šplhem je dle průměrných korelačních koeficientů vyšší pro šplhačský přitah vysoký než pro šplhačský přitah nízký.

I přes samozřejmou snahu o eliminaci nežádoucích faktorů, které by případně mohly ovlivnit výsledky, a úsilí o co nejvěrnější imitaci tréninkového a závodního prostředí při realizaci výzkumu, jsme si vědomi následujících limitů této práce. Limitace výzkumu jsou dány limity samotné povrchové elektromyografie, kdy se jedná

především o limit ve schopnosti měřit pouze povrchové svaly a zároveň možnost posoudit jen aktivitu svalu v místě, kde jsou lokalizovány elektrody. Dalším faktorem, který mohl negativně působit na testované osoby, byla přítomnost kabelového systému na měřicím přístroji. Nabízí se tedy možnost v dalším výzkumu využít bezdrátového přenosu.

Dalším omezením je nízký počet potenciálních probandů splňujících podmínky pro zařazení do výzkumného souboru. To je dáno vysokou náročností motorických úkonů, které byly předmětem zkoumání tohoto výzkumu, a dále nutností pevně fixovaného hybného stereotypu. Celkový počet potenciálních probandů je 54 v celé ČR, z nichž se 12 zúčastnilo výzkumu, což je nízký počet pro vyvozování obecných závěrů. Z tohoto faktu plyne další limitace výzkumu, a to nemožnost aplikovat výsledky výzkumu plošně na celou populaci.

Další limitací spojenou s náročností motorických úkonů je nízký počet sledovaných cyklů zkoumaných pohybových činností. Pro sledování cyklických pohybů je autory doporučován počet cyklů v rozmezí 8 – 25 (Bates et al., 1983; DeVita a Bates, 1988; Preatoni et al. 2010 in Kračmar 2016), přičemž se ale jedná o doporučení pro chůzi a běh, pro které je toto rozmezí bez rizika nástupu únavy. Pro shyby, jejich varianty a šplh je to ale počet, u kterého nástup únavy nelze vyloučit, naopak je velice pravděpodobný, a proto nelze vyloučit ani riziko ve smyslu změny koordinace včetně pořadí nástupu aktivity jednotlivých svalů. Co se týče konkrétně šplhu na laně, v dalších výzkumech by bylo vhodné měřit aktivitu svalů na delším laně, ideálně závodní délky 8 m, kde u elitních lezců k nástupu únavy nedochází.

Jisté omezení také plyne z využití Spearmanova korelačního koeficientu, který pracuje pouze s pořadím jednotlivých hodnot a nebere v potaz, jak vzdálené od sebe tyto hodnoty jsou.

Srovnání naší studie s dosud provedenými studiemi se jeví poněkud problematické. Podle nám dostupné literatury hodnocení svalové aktivity při šplhu na laně pomocí elektromyografie nebylo prozatím předmětem mnoha zkoumání. Většina výzkumných prací ohledně šplhu na laně byla doposud zaměřena teoreticky - Novák (2008), Kubánek (2012), Šustáčková (2012), případně se věnovala návrhu a ověření tréninkového plánu - Novák (2011), Markvartová (2011), Kubánek (2014). Posuzováním timingu svalů při šplhu na laně a shybu nadhmatem, kde zároveň

byla rozhodující metodou výzkumu povrchová elektromyografie, se zabývala Bačáková (2013) při dokazování kvadrupedálního lokomočního vzoru při lokomoci pomocí pletence ramenního. V této studii byly ovšem sledovány pouze dva svaly pletence ramenního a jednalo se o shyb nadhmatem, tedy jinou variantu shybu s rozdílnými nároky na participující svaly, než jsou varianty zkoumané v této práci. Nenalezneme tedy studii, která by průkazně ozřejmovala kineziologické rozdíly zapojení svalů pletence ramenního při šplhu na laně a u námi sledovaných tréninkových prostředků. Z našich výsledků je ale patrná provázanost funkce horních a dolních končetin při lokomoci výhradně pomocí pletence ramenního, tak jak prokázala právě Bačáková (2013). Výsledky této práce z tohoto hlediska podporují výsledky Bačákové a poukazují na přítomnost kvadrupedálního lokomočního vzoru při šplhu na laně, zatímco u shybu podhmatem dolní končetiny plní převážně stabilizační funkci.



## 7 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala posouzením efektivitu shybu, šplhačského přitahu nízkého a šplhačského přitahu vysokého jakožto specifických tréninkových prostředků pro trénink šplhu na laně. Jedná se o výzkum charakteru deskriptivní komparativně analytické studie, kterého se zúčastnilo 12 probandů, přičemž byly vyhodnoceny výsledky 11 probandů.

Mezi úkoly práce patřilo: provést literární rešerši v oblasti problematiky řešené v této práci. Na základě těchto informací formulovat vědecké otázky a hypotézy a stanovit metodický postup práce včetně výběru vhodné metody statistického zpracování dat. Stanovit kritéria pro výběr vhodných probandů, vybrat vhodné probandy a instruovat je ohledně průběhu měření. Provést výzkum a získaná data analyzovat, vyhodnotit, statisticky zpracovat a na základě nich formulovat závěry pro teorii i praxi a provést diskusi. Všechny tyto úkoly byly splněny.

V teoretické části práce byla provedena rešerše dostupné literatury zaměřující se na problematiku šplhu na laně a jeho tréninkové prostředky.

V praktické části práce byla posuzována míra koordinační shody zapojení vybraných svalů z hlediska timingu při šplhu na laně bez dopomoci dolních končetin jakožto referenčního pohybu se specifickými tréninkovými prostředky využívanými v jeho tréninku. Pomocí povrchové elektromyografie byla sledována aktivita 10 svalů: m. biceps brachii, m. deltoideus, m. triceps brachii, m. trapezius, m. infraspinatus, m. latissimus dorsi, m. pectoralis major, m. gluteus medius, m. rectus femoris, m. tibialis anterior. Porovnáním pořadí aktivace svalů při šplhu na laně s pořadím aktivace svalů při shybu a jeho modifikacích jsme posuzovali efektivitu těchto tréninkových prostředků v tréninku šplhu na laně. Vyhodnocena byla data od 11 probandů.

První testovaná hypotéza o nezávislosti proměnných *timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně* a *timing průměrného pohybového cyklu shybu* nebyla na zvolené hladině významnosti ( $\alpha = 5\%$ ) zamítnuta v případě deseti z jedenácti probandů. Vztah mezi timingem průměrného pohybového cyklu šplhu na laně a timingem průměrného pohybového cyklu shybu téhož probanda nevykazuje statisticky signifikantní závislost u deseti z jedenácti testovaných probandů.

Druhou testovanou hypotézu zkoumající sílu vzájemné závislosti (resp. testující nezávislost) mezi proměnnými *timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně*

a *timing průměrného pohybového cyklu šplhačského přitahu nízkého* opět nebylo možné na zvolené hladině významnosti ( $\alpha = 5 \%$ ) zamítnout v případě deseti z jedenácti probandů. Jinými slovy sílu vztahu mezi *timingem průměrného pohybového cyklu šplhu na laně* a *timingem průměrného pohybového cyklu šplhačského přitahu nízkého* téhož probanda není možné označit za statisticky signifikantní u deseti z jedenácti testovaných probandů.

Třetí testovanou hypotézu zkoumající sílu vzájemné závislosti (resp. testující nezávislost) proměnných *timing průměrného pohybového cyklu šplhu na laně* a *timing průměrného pohybového cyklu šplhačského přitahu vysokého* nebylo možné na zvolené hladině významnosti ( $\alpha = 5 \%$ ) zamítnout v případě deseti z jedenácti probandů. Je možné tedy říci, že pouze v jednom případě byla prokázána statisticky signifikantní pozitivní síla závislosti mezi *timingem průměrného pohybového cyklu šplhu na laně* a *timingem průměrného pohybového cyklu šplhačského přitahu vysokého*.

Z našeho výzkumu obecně nevyplývá, že by varianty šplhačských přitahů byly vhodnějším tréninkovým prostředkem s vyšší mírou koordinační shody z hlediska *timingu se šplhem na laně* než klasický shyb podhmatem. Šplhačský přitah vysoký a shyb lze všeobecně dle našich výsledků považovat za stejně vhodné, šplhačský přitah nízký jako méně vhodný z tohoto pohledu. Výsledky jsou zároveň interindividuálně velmi variabilní. Jednoznačně ale můžeme na základě výsledků konstatovat, že výška úchopu lana při šplhačském přitahu ovlivňuje *timing svalové aktivity* a tím i míru koordinační shody se šplhem.

Za přínos této práce považuji především fakt, že se dle dostupných informací z rešerše odborné literatury jedná o vůbec první výzkum, který si kladl za cíl objektivně posoudit efektivitu některých z tréninkových prostředků pro šplh na laně. Z našich výsledků nelze vzhledem k velikosti výzkumného vzorku vyvozovat jednoznačné obecné závěry a bude zapotřebí dalšího výzkumu v této oblasti. Co se týče doporučení do budoucna, bylo by vhodné zpracovat komplexní kineziologickou a biomechanickou analýzu šplhu na laně bez dopomoci dolních končetin a dále se pokusit na základě této analýzy stanovit nejefektivnější pohybový projev. V návaznosti na tuto analýzu pak posoudit efektivitu dalších tréninkových prostředků využívaných v tréninku nejen z hlediska *timingu zapojení svalů v průběhu pohybu*.

## 8 Seznam použité literatury

- (1) APPELT, K., LIBRA, M. *Gymnastické názvosloví II. Názvosloví cvičení akrobatických a cvičení na nářadí*. Praha: SPN, 1987.
- (2) BAČÁKOVÁ, R. *Deskripce kvadripedálního lokomočního diagonálního vzoru při specifické sportovní lokomoci (šplh, chůze, shyb)*. (Disertační práce). Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2013.
- (3) BALÁŠ, J., STREJCOVÁ, B., VOMÁČKO, L. *Lezeme a šplháme: 68 her a cvičení na stěně a na nářadí*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2272-6.
- (4) BARTHELEMY, D., NIELSEN, J. B. Corticospinal contribution to arm muscle activity during human walking. *The Journal of Physiology*, 2010, 588(6), p. 967-979.
- (5) BASMAJIAN, J. V., De Luca, C. J. *Muscles Alive: Their Functions Revealed by Electromyography* (5th ed.). Baltimore: Williams and Wilkins, 1985. ISBN 0-6830-0433-6.
- (6) BATES, B. T. et al. (1983). An assessment of subject variability, subject-shoe interaction, and the evaluation of running shoes using grand reaction force data-*Journal of Biomechanics*, 16(3), p. 181-191. cit. In: KRAČMAR, B., CHRÁSTKOVÁ, M., BAČÁKOVÁ, R. *Fylogeneze lidské lokomoce*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-3379-4.
- (7) BEDÁŇOVÁ, I., VEČEREK, V. *Základy statistiky pro studující veterinární medicíny a farmacie*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2007. ISBN 978-80-7305-026-9.
- (8) BLOUIN, J. -S., FITZPATRICK, R. C. Swing those arms: automatic movement controlled by the cerebral cortex. *The Journal of Physiology*, 2010, 588(7), p. 1029-1030.
- (9) BRTNÍK, T. *Srovnávací kineziologická analýza plaveckého kroku a vybraných posilovacích cvičení* (Diplomová práce). Univerzita Karlova, Praha, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2009.
- (10) BÖSWART, J. *Porovnání timingu vybraných svalů pletence ramenního při plaveckém způsobu prsa ve vodě a na suchu* (Diplomová práce). Univerzita Karlova, Praha, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2015.

- (11) COLLINS, S. H., ADAMCZYK, P. G., KUO, A. D. Dynamic arm swinging in human walking. *Proceeding of the royal society B*, 2009, 276, p. 3679-3688.
- (12) COOPER, J. M. *Introduction to Partial Differential Equations with MATLAB*. New York: Springer Science & Business Media. 1998. ISBN 0-8176-3967-5.
- (13) ČIHÁK, R. *Anatomie. 2., upr. a dopl. vyd.* Praha: Grada, 2001. ISBN 80-7169-970-5.
- (14) CRISWELL, E. *Cram's introduction to surface electromyography*. 2nd edition. Sudbury: Jones and Bartlett Publishers. 2011. ISBN 978-0-7637-3274-5.
- (15) CZECH GYMNASTICS FEDERATION. *Česká pojišťovna Mistrovství České republiky ve šplhu na laně* [online]. 2019. [cit. 2019-12-16]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=E38pIYLyjkY&t=2560s>.
- (16) DELAVIER, F. *Strength Training Anatomy*. 3rd edition. Human Kinetics, 2010. ISBN 978-0736092265.
- (17) DE LUCA, C. J. The use of Surface Electromyography in Biomechanics. *The international Society for Biomechanics* [on-line]. 1993 [cit. 2019-10-26]. Dostupné z: <http://www.delsys.com/>.
- (18) DEVITA, P., BATES, B. T. (1988) Intraday reliability of grand reaction force data- *Human Movement Science*, 7(1), p. 73-85. cit. In: KRAČMAR, B., CHRÁSTKOVÁ, M., BAČÁKOVÁ, R. *Fylogeneze lidské lokomoce*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-3379-4.
- (19) DIETZ, V. Spinal cord pattern generators for locomotion. *Clinical Neurophysiology*, 2003, 114, p. 1379-1389.
- (20) DRAKE, R. L., VOGL W., MITCHELL, A. W. M. *Gray's anatomy for students*. 3rd ed. Philadelphia, Pa.: Churchill Livingstone, 2015. ISBN 978-0-7020-5131-9.
- (21) DUFEK, J. *Elektromyografie*. Učební text. Brno: IDVPZ, 1995. ISBN 80-7013-208-6.
- (22) DYLEVSKÝ, I. *Funkční anatomie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
- (23) FERRIS, D. P., HUANG, H. J., KAO, P. Moving the arms to activate the legs. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 2006, 34(3), p. 113-120.
- (24) FUKSA, M. Aleš Novák na českém šampionátu v OC Olomouc City [barevná fotografie]. 2009. In: *Olomoucký deník.cz*. [online]. [cit. 18. 11. 2019.]. Dostupné z: [https://olomoucky.denik.cz/galerie/splh\\_novak\\_1012g.html?photo=7](https://olomoucky.denik.cz/galerie/splh_novak_1012g.html?photo=7).

- (25) GUTS MUTHS, J. Ch. F. *Gymnastik für die Jugend enthaltend eine praktische Anweisung zu Leibesübungen*. 2. Ausg. Schnepsenthal: Buchhandlung der Erziehungsanstalt, 1804.
- (26) HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Vyd. 2., Praha: Portál, 2006. ISBN 80-7367-123-9.
- (27) HOLUBÁŘOVÁ, J., PAVLŮ, D. *Proprioceptivní neuromuskulární facilitace*. 2., upravené vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-1941-5.
- (28) HUANG, H. J., FERRIS, D. P. Upper and Lower Limb Muscle Activation Is Bidirectionally and Ipsilaterally Coupled. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2009, 41(9), p. 1778-1789.
- (29) CHRÁSTKOVÁ, M. *Kineziologická analýza odrazu při běhu na lyžích* (Disertační práce). Univerzita Karlova, Praha, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2015.
- (30) JANDA, V., VĚLE, F., POLÁKOVÁ, Z. *Funkce hybného systému: fyziologie a patofyziologie hybnosti a kinesiologie z hlediska rehabilitace*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1966.
- (31) JANDA, V., PAVLŮ, D. *Goniometrie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. ISBN 80-7013-160-8.
- (32) JANDA, V. *Funkční svalový test*. Vyd. 1. čes. Praha: Grada, 1996. ISBN 80-7169-208-5.
- (33) KAPANDJI, I. A. *The physiology of the joints: annotated diagrams of the mechanics of the human joints*. Eng. ed. of the 5th ed. New York: Churchill Livingstone, 1987. ISBN 0-443-03618-7.
- (34) KELLER, O. *Obecná elektromyografie*. Praha: Triton, 1999. ISBN 80-7254-047-5.
- (35) KENDALL, F. P. *Muscles: testing and function with posture and pain*. 5th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins, c2005. ISBN 0-7817-4780-5.
- (36) KITTNAR, O. *Lékařská fyziologie*. 2011. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.
- (37) KOŽÍŠEK, F. *Šplhání*. Praha: Matice Sokola pražského, 1921.
- (38) KOS, B. *Lezení – šplhání*. Praha: Sportovní a turistické nakladatelství, 1960.

- (39) KRAČMAR, B., NOVOTNÝ, P. O., MRŮZKOVÁ, M., DUFKOVÁ, A., SUCHÝ, J. Lidská lokomoce přes pletenec ramenní. *Rehabilitácia*, 2007, 44(1), s. 3-13.
- (40) KRAČMAR, B., VYSTRČILOVÁ, M., PSOTOVÁ, D. Sledování aktivity vybraných svalů u nordic walking a chůze pomocí povrchové EMG. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2007, 14(3), s. 101-106.
- (41) KRAČMAR, B., TLAŠKOVÁ, P., MRŮZKOVÁ, M. Geneticky determinovaný pohybový program při zapojení svalů v oblasti ramenního pletence při nordic walking. *Rehabilitácia*, 2008, 45(2), s. 67-73.
- (42) KRAČMAR, B., BAČÁKOVÁ, R., MIKULÍKOVÁ, P., HROUZOVÁ, L., HOJKA, V. Nordic walking, vliv na pohybovou soustavu člověka. *Česká kinantropologie*, 2011, 15(1), s. 101-110.
- (43) KROBOT, A., KOLÁŘOVÁ, B. *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2762-1.
- (44) KRAČMAR, B., CHRÁSTKOVÁ, M., BAČÁKOVÁ, R. *Fylogeneze lidské lokomoce*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-3379-4.
- (45) KUBÁNEK, M. *Šplh jako závodní disciplína*. (Bakalářská práce). Masarykova univerzita, Brno, Fakulta sportovních studií. 2012.
- (46) KUBÁNEK, M. *Specializovaný trénink závodníka ve šplhu*. (Diplomová práce). Masarykova univerzita, Brno, Fakulta sportovních studií. 2014.
- (47) LACQUANITI, F., IVANENKO, Y. P., ZAGO, M. *Current Opinion in Neurobiology* [online]. 2012, [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conb.2012.03.012>.
- (48) LANGMEIER, M. *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2526-0.
- (49) MARKVARTOVÁ, G., *Návrh struktury tréninkové jednotky Olympijského šplhu na laně bez přírazu pro mládež a ověření její funkčnosti v praxi*. (Bakalářská práce). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice. Pedagogická fakulta. 2011.

- (50) MACLELLAN, M. J., IVANENKO, Y. P., CAPPELLINI, G., SYLOS LABINI, F., LACQUANITI, F. Features of hand - foot crawling behavior in human adults. *Journal of neurophysiology*, 2012, 107, p. 114-125.
- (51) MOUREK, J. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů. 2., dopl. vyd.* Praha: Grada, 2012. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-3918-2.
- (52) MRKVIČKA, T., PETRÁŠKOVÁ, V. *Úvod do statistiky*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2006. ISBN 80-7040-894-4.
- (53) NEWMAN, T., CROY, T., HART, J., SALIBA, S. The Effects of Prophylactic Ankle Bracing on Dynamic Reach Distance and Obstacle Course Performance in Military Cadets. *Military Medicine*. 2012, 177(5), pp. 567-572(6).
- (54) NG, J. K. et al. Reliability of electromyographic and torque measures during isometric axial rotation exertion of the trunk. *Clin Neurophysiol*. 114(12):2355-6 [online]. 2003 [cit. 2020-02-20]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.is.cuni.cz/science/article/pii/S1388245703002499>.
- (55) NOVÁK, A. *Možnosti nácviku a využití dovednosti šplhu na laně*. (Bakalářská práce). Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, Fakulta tělesné kultury. 2008.
- (56) NOVÁK, A. *Světový rekord ve šplhu na laně* [online]. Filmové studio Milo, 2009. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=C4Sm5nSf\\_yc&t=189s](https://www.youtube.com/watch?v=C4Sm5nSf_yc&t=189s).
- (57) NOVÁK, A. *Efekt kondičního programu na zlepšení dovednosti šplhu na laně ve školní tělesné výchově*. (Diplomová práce). Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc. Fakulta tělesné kultury. 2011.
- (58) ORTEGA, J. D., FEHLMAN, L. A., FARLEY, C. T. Effects of aging and arm swing on the metabolic cost of stability in human walking. *Journal of Biomechanics*, 2008, 41(16), p. 3303-3308.
- (59) PÁNEK, D., PAVLŮ, D., ČEMUSOVÁ, J.: Počítačové zpracování dat získaných pomocí povrchového EMG. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2009, 16(4), s. 177-180. 2010.
- (60) PARK, J. Synthesis of natural arm swing motion in human bipedal walking. *Journal of Biomechanics*, 2008, 41, p. 1417-1426.
- (61) PATRICK, S. K., NOAH, J. A., YANG, J. F. Interlimb Coordination in Human

- Crawling Reveals Similarities in Development and Neural Control With Quadrupeds. *Journal of Neurophysiology*, 2009, 101, p. 603-613.
- (62) PETR, M., ŠŤASTNÝ, P. *Funkční silový trénink*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2012. ISBN 978-80-86317-93-9.
- (63) PIŠVEJC, I. *Princip kvadrupedální lokomoce při jízdě na kajaku* (Diplomová práce). Univerzita Karlova, Praha, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2006.
- (64) PREATONI, E. et al. (2010) Motor variability in sports: a non-linear analysis of race walking. *Journal of Sports Sciences*, 28 (12). 1327-1336. cit. In: KRAČMAR, B., CHRÁSTKOVÁ, M., BAČÁKOVÁ, R. *Fylogeneze lidské lokomoce*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-3379-4.
- (65) RAUL, S. J. Pronation and ISR Clarification. *Talk tennis* [on-line]. 2015 [cit. 2019-11-10] Dostupné z: [https://tt.tennis-warehouse.com/index.php?threads/pronation-and-isr-clarification-question-for-chas\\_tennis.546324/](https://tt.tennis-warehouse.com/index.php?threads/pronation-and-isr-clarification-question-for-chas_tennis.546324/).
- (66) RODOVÁ D., MAYER M., JANURA M. Současné možnosti využití povrchové elektromyografie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2001, 8(4), p. 173-177.
- (67) SCHMITT, D. Insights into the evolution of human bipedalism from experimental studies of humans and other primates. *The Journal of Experimental Biology*, 2003, 206, p. 1437-1448.
- (68) SENIAM. Recommendations for sensor locations on individual muscles. *SENIAM*. [on-line]. 1999. [cit. 2019-11-10] Dostupné z: <http://www.seniam.org/>
- (69) SILBERNAGL, S., DESPOPOULOS, A. *Atlas fyziologie člověka: překlad 8. německého vydání*. 4. české vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-4271-7.
- (70) SIMONS, D. G., TRAVELL, J. G., SIMONS, L. S. *Travell & Simons' myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual*. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1999. ISBN 0-683-08363-5.
- (71) SMOTLACHA, F. *Biologické základy záliby člověka ve šplhu a visu*. Praha:1930.
- (72) ŠKOPEK, M. *Svalová koordinace při chůzi a nordic walking*. Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem, 2016.



- (73) ŠKOPEK, M., ŠPULÁK, D., KRAČMAR, B. Monitoring of changes of their involvement by emg in the areas of pelvic girdle, shoulder girdle and back in the process of walking and nordic walking. *Journal of outdoor activities*, 2012, 6(1), p. 5-18.
- (74) ŠPULÁK, D. *Zpracování povrchových elektromyografických signálů* (Disertační práce). Praha: České vysoké učení technické, Fakulta elektrotechnická, 2015.
- (75) ŠUSTÁČKOVÁ, S., *Šplh děvčat ve školní tělesné výchově*. (Bakalářská práce). Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc. 2012.
- (76) Thorstensson, A., Roberthson, H. (1987). Adaptations to changing speed in human locomotion: speed of transition between walking and running. *Acta Physiologica Scandinavica*, 131(2), 211–214. Article first published online (2008) [online]. [cit. 2019-11-20]. Dostupné na <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1748-1716.1987.tb08228.x/abstract>.
- (77) TLAPÁK, P. *Tvarování těla pro muže a ženy*. 10. vydání. Praha: ARSCI, 2014. ISBN 978-80-7420-038-0.
- (78) TROJAN, S. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1296-2.
- (79) TYRŠ, M. *Základové tělocviku*. V Praze: I. L. Kober, 1873.
- (80) VANĚČKOVÁ, J. *Komparativní analýza pohybového vzoru plaveckého způsobu kraul a specifických posilovacích cvičení* (Disertační práce). Univerzita Karlova, Praha, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2018.
- (81) VÉLE, František. *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-256-5.
- (82) VÉLE, F. *Kineziologie*. Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy. Praha: Triton, 2006.
- (83) VOJTA, V., PETERS, A. *Vojtův princip: svalové souhry v reflexní lokomoci a motorická ontogeneze*. Vyd. 1. čes. Praha: Grada, 1995. ISBN 80-7169-004-X.
- (84) Výkonný výbor šplhu na laně. Pravidla disciplíny šplhu na laně. *SvětŠplhu.cz* [online]. 2017 [cit. 2019-11-3]. Dostupné z: <https://www.svetsplhu.cz/trenink/specifika-splhu-jako-sportu>.
- (85) Výkonný výbor šplhu na laně. Pravidla disciplíny šplhu na laně. *SvětŠplhu.cz* [online]. 2018 [cit. 2019-11-3]. Dostupné z: <https://www.svetsplhu.cz/pravidla>.

- (86) Výkonný výbor šplhu na laně. Trénink síly – tréninkové prostředky. *SvětŠplhu.cz* [on-line]. 2019 [cit. 2019-11-10]. Dostupné z: <https://www.svetsplhu.cz/trenink/trenink-sily-treninkove-prostredky>.
- (87) Výkonný výbor šplhu na laně. Historické osobní rekordy - MUŽI 8 m. *SvětŠplhu.cz* [on-line]. 2019 [cit. 2019-11-5]. Dostupné z: [https://www.svetsplhu.cz/wp-content/zebricky/historicke/8m\\_osobaky\\_muzi.pdf](https://www.svetsplhu.cz/wp-content/zebricky/historicke/8m_osobaky_muzi.pdf).
- (88) VYSTRČILOVÁ, M., KRAČMAR, B., NOVOTNÝ, P. O. Pletenec ramenní v režimu kvadrupedální lokomoce. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2006, 13(2), s. 92-98.
- (89) WEBB, D., SPARROW, W. A. Description of joint movements in human and nonhuman primate locomotion using Fourier analysis. *Primates*, 2007, 48, p. 277–292.
- (90) ZAPLATÍLEK, K., DOŇAR, B. *MATLAB pro začátečníky*. 2. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-175-6.
- (91) ZBOŘILOVÁ, M. *Komparativní kineziologická analýza záběru při veslování na skifu a při jízdě na trenažeru Concept2 D PM3* (Disertační práce). Univerzita Karlova, Praha, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2017.

Citační norma: **ČSN ISO 690 (01 0197)**.

## 9 Seznam obrázků, grafů a tabulek

### Seznam obrázků

Obr. 1 Šplh na tyči s přírazem vlevo .....	16
Obr. 2 Šplh na laně s kličkou.....	16
Obr. 3 Lezecká konstrukce podle Gutschmuthse z roku 1817 .....	17
Obr. 4 Požadované výkony ve šplhu a ve svisu pro muže na 18 let podle Héberta .....	18
Obr. 5 Současné logo šplhu na laně.....	20
Obr. 6 Fáze ukončení LHK (LHK opouští lano) v rámci jednoho sáhu.....	21
Obr. 7 Fáze přenosu (nápřahu) LHK v rámci jednoho sáhu.....	22
Obr. 8 Fáze úchopu LHK v rámci jednoho sáhu .....	22
Obr. 9 Fáze shybu (přítahu) LHK v rámci jednoho sáhu.....	23
Obr. 10 Pohybové komponenty šplhačského sáhu .....	24
Obr. 11 Aleš Novák při stanovení světového rekordu.....	25
Obr. 12 Varianty postavení předloktí při shybu .....	27
Obr. 13 Varianty provedení shybu a možnosti změn zátěže.....	28
Obr. 14 Varianta šplhačského přítahu k PHK s kratším úchopem .....	29
Obr. 15 Varianta šplhačského přítahu k PHK s delším úchopem.....	29
Obr. 16 Odpověď svalu na vzrůstající frekvenci stimulace.....	32
Obr. 17 Schématická reprezentace průběhu MUAP.....	36
Obr. 18 Model interference akčních potenciálů.....	37
Obr. 19 Kinogram jednoho pohybového cyklu šplhu na laně .....	48
Obr. 20 Šplhačský přítah nízký.....	49
Obr. 21 Šplhačský přítah vysoký .....	50
Obr. 22 Shyb podhmatem .....	51
Obr. 23 Musculus biceps brachii. ....	52
Obr. 24 Musculus deltoideus .....	53
Obr. 25 Musculus triceps brachii .....	54
Obr. 26 Musculus latissimus dorsi.....	54
Obr. 27 Musculus trapezius .....	56
Obr. 28 Musculus infraspinatus .....	56
Obr. 29 Musculus pectoralis major.....	57
Obr. 30 Musculus gluteus medius.....	58
Obr. 31 M. rectus femoris.....	58

Obr. 32 Diagram zachycující operace předcházející prahování .....	61
Obr. 33 Surový elektromyografický signál a jeho obálka .....	62
Obr. 34 Obálky EMG interpolované na jednotnou délku.....	62
Obr. 35 Prahování obálky elektromyografického signálu úrovněmi .....	63
Obr. 36 Vývojový diagram prahování .....	64
Obr. 37 Graf CONT .....	65
Obr. 38 Graf BOATS.....	66
Obr. 39 Interpretace významu různé tloušťky úsečky v grafech BOATS .....	66
Obr. 40 Grafy ENV.....	67
Obr. 41 Graf AVG ENV .....	68
Obr. 42 Průměrné hodnoty korelací, interpolované obálky a průměrná obálka. ....	69
Obr. 43 Záznam raw EMG signálu probanda 3 – šplh na laně.....	72
Obr. 44 Záznam raw EMG signálu probanda 3 – šplhačský přitah vysoký .....	73
Obr. 45 Záznam raw EMG signálu probanda 3 – šplhačský přitah nízký.....	73
Obr. 46 Záznam raw EMG signálu probanda 3 - shyb. ....	73
Obr. 47 Segmentace obálek EMG signálu probanda 3 - šplh na laně. ....	74
Obr. 48 Segmentace obálek EMG signálu probanda 3 - šplhačský přitah vysoký. ....	74
Obr. 49 Segmentace obálek EMG signálu probanda 3 - šplhačský přitah nízký.....	75
Obr. 50 Segmentace obálek EMG signálu probanda 3 - shyb. ....	75
Obr. 51 Segmentace, clusterování a korelace u probanda 3 - šplh. ....	76
Obr. 52 Segmentace, clusterování a korelace u probanda 3 - šplhačský přitah vysoký. 76	
Obr. 53 Segmentace, clusterování a korelace u probanda 3 - šplhačský přitah nízký....	77
Obr. 54 Segmentace, clusterování a korelace u probanda 3 - shyb .....	77
Obr. 55 M. biceps brachii - proband 3 .....	80
Obr. 56 M. deltoideus - proband 3.....	81
Obr. 57 M. triceps brachii - proband 3. ....	81
Obr. 58 M. trapezius - proband 3.....	82
Obr. 59 M. infraspinatus - proband 3.....	82
Obr. 60 M. latissimus dorsi (referenční sval výzkumu) - proband 3.....	83
Obr. 61 M. pectoralis major - proband 3 .....	83
Obr. 62 M. gluteus medius - proband 3. ....	84
Obr. 63 M. quadriceps femori (m. rectus femoris) - proband 3.....	84
Obr. 64 M. tibialis anterior - proband 3.....	85

## Seznam grafů

Graf 1 Výsledky prahování kanálu č. 6 probanda 3, šplhačský přítah nízký .....	78
Graf 2 Záznam intervalů svalové aktivity probanda 3 - šplh.....	78
Graf 3 Záznam intervalů svalové aktivity probanda 3 - šplhačský přítah vysoký.....	79
Graf 4 Záznam intervalů svalové aktivity probanda 3 - šplhačský přítah nízký. ....	79
Graf 5 Záznam intervalů svalové aktivity probanda 3 - shyb.....	79
Graf 6 Graf BOATS, proband 3 - šplh.....	85
Graf 7 Graf BOATS, proband 3 - šplhačský přítah vysoký.....	86
Graf 8 Graf BOATS, proband 3 - šplhačský přítah nízký .....	86
Graf 9 Graf BOATS, proband 3 - shyb.....	86
Graf 10 Mediány počátků svalové aktivity probanda 3 - šplh a špn.....	88
Graf 11 Mediány počátků svalové aktivity probanda 3 - šplh a špv.....	89
Graf 12 Mediány počátků svalové aktivity probanda 3 - šplh a shyb.....	89

## Seznam tabulek

Tab. 1 Mediány počátků a konců svalové aktivity probanda 3 .....	87
Tab. 2 Pořadí nástupu svalové aktivity probanda 3 .....	90
Tab. 3 Výstup statistického zpracování dat probanda 3 .....	90
Tab. 4 Hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu pro všechny sledované situace	91

## **10 Přílohy**

**Příloha č. 1:** Vyjádření Etické komise UK FTVS

**Příloha č. 2:** Vzor informovaného souhlasu

**Příloha č. 3:** Kritické hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu

**Příloha č. 4:** Charakteristika probandů

**Příloha č. 5:** Pořadí nástupu svalové aktivity všech probandů

**Příloha č. 6:** Výstupy statistického zpracování dat

# Příloha1: Vyjádření Etické komise UK FTVS

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:** Komparační analýza aktivity vybraných svalů při šplhu na laně, shybu a jeho modifikacích

**Forma projektu:** výzkumná práce - diplomová práce

**Období realizace:** leden 2020 – březen 2020

**Předkladatel:** Bc. Veronika Szabóová, UK FTVS + katedra fyzioterapie

**Hlavní řešitel:** Bc. Veronika Szabóová, UK FTVS + katedra fyzioterapie

**Místo výzkumu (pracoviště):** Loděnice UK FTVS Troja (tělocvična, posilovna)

**Vedoucí práce (v případě studentské práce):** doc. PaedDr. Bronislav Kračmar, CSc.

**Popis projektu:** Projekt se zabývá kineziologickým rozbohem fyzické hybnosti vybraných svalů při sportovní lokomoci (šplh na laně bez přirazu, shyb na hrazdě a šplhačský přitah na hrazdě). Získané výstupy mohou být přínosné pro zefektivnění sportovní přípravy, eliminace nevhodných pohybových stereotypů, svalových dysbalancí a zranění z přetížení. Jedná se o observační studii s prvky kvantitativní a kvalitativní analýzy. Data budou získána pomocí anonymizovaných dotazníků, EMG měření a 2D plošné videoanalýzy. Měření se uskuteční v terénu pomocí přenosného přístroje pro snímání povrchového EMG ME 6000. Použité měřicí zařízení je napájeno vlastními zdroji o napětí 9V bez výkonných kondenzátorů. Nehrozí zde žádné nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

**Charakteristika účastníků výzkumu:** Sledovanou skupinu bude tvořit 10-20 aktivních vrcholových závodníků ve šplhu na laně mužského pohlaví ve věku 18-40 let bez zdravotních omezení. Probandi mají platnou zdravotní prohlídku. Kontraindikací pro účast na projektu je nesplněný časový limit pro účast na MČR v roce 2019 a úraz v posledních 12 měsících ovlivňující pohybový projev při šplhu na laně, akutní onemocnění a rekonvalescence po onemocnění či úrazu. Probandi budou vybráni z nominálního žebříčku pro MČR 2019 stanoveného Výkonným výborem šplhu na laně. Předpokládaná doba měření je 3-5 dní. (Odhadovaná doba měření jednoho probanda je cca 1h.)

**Zajištění bezpečnosti:** Nebudou použity žádné invazivní metody. Pro minimalizaci rizika zranění budou zajištěny vhodné podmínky pro rozcvičení - k dispozici budou tréninkové pomůcky běžně využívané pro rozcvičení před tréninkem šplhu (foam roller, svihadlo, therabandy a odporové gumy, žíněnka, tělocvična rozměru minimálně 370 m<sup>2</sup>, hrazda a účastníkům bude poskytnut dostatečný čas na rozcvičení (min 30min, případně déle dle individuálních potřeb účastníka). Riziko pádu je eliminováno pečlivým výběrem probandů z řad aktivních závodníků ve šplhu na laně, kteří běžně trénují a závodí na laně délky 8m (měření bude probíhat na laně délky 5m), u kterých je riziko pádu velmi nízké. Dále bude toto riziko eliminováno použitím magnézia, lano bude průměru, který splňuje závodní parametry a pod lanem bude vhodná dopadová plocha. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

### Etické aspekty výzkumu:

**Střet zájmů:** Nejsem v pracovně právním (ani rodinném) vztahu k organizaci, kde je výzkum prováděn.

**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, příjmení, pohlaví a věk, které budou bezpečně uchovány na heslem zabezpečeném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít pouze hlavní řešitel. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou do 1 dne po testování anonymizována.

Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Osobní data budou anonymizována a po anonymizaci smazána.

**Požičování fotografií/videí/audio nahrávek účastníků:** Anonymizace osob na fotografiích a videích bude provedena začerněním/rozmazáním obličejů či částí těla, znaků, které by mohly vést k identifikaci jedince. Neanonymizované fotografie/videa budou bezpečně uchovány na heslem zabezpečeném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít pouze hlavní řešitel a budou do 1 dne od měření smazány.

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

**Text informovaného souhlasu (IS):** V příloze.

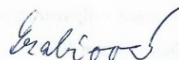
Povinností všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně 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.

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

Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 22.1.2020

Podpis předkladatele:



### Vyjádření Etické komise UK FTVS

**Složení komise:** Předsedkyně: doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.

**Členové:** prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová


Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 242/2019

dne: 24. 1. 2020

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

**Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise UK FTVS.**

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6  
Etická komise UK FTVS

  
podpis předsedkyně EK UK FTVS



## Příloha 2: Vzor Informovaného souhlasu

### 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 diplomové práce názvem Komparační analýza aktivity vybraných svalů při šplhu na laně, shybu a jeho modifikacích prováděné na Loděnici FTVS UK Troja.

Projekt bude probíhat v období na ledna 2020 do března 2020.

Cílem výzkumného projektu je kineziologická analýza a komparace aktivity vybraných svalů při sportovní lokomoci (šplh na laně bez přírazu, shyb na hrazdě a šplhačský přitah na hrazdě). Na základě posouzení, nakolik je podobná nebo se liší aktivita svalů v těchto variantách lokomoce, zhodnotíme vhodnost využití jednotlivých typů přitahů v tréninku a závodní přípravě.

Způsob zásahu je neinvazivní. Sběr dat bude proveden pomocí anonymizovaného dotazníku, videa a povrchové elektromyografie.

Odhadovaná doba měření je cca 1 hodina, celková doba zahrnující měření i rozcvičení je odhadována na 2 hodiny. Měření se nebude opakovat. Měření bude probíhat tak, že se nejprve stanoví nejvhodnější umístění povrchové elektrody pomocí fyzioterapeutických vyšetřovacích postupů (svalový test dle Jandy, simulace požadovaného pohybu a současná palpáce svalů. Následně budou na kůži nalepeny lékařské elektrody pro EMG, které snímají aktivitu svalů během pohybu. Přístroj EMG ME 6000 bude upevněn kolem pasu v ochranném pouzdře. Samotné měření bude zahrnovat 5 běžných motorických úkonů. Dvakrát šplh na laně do výše 5m, 5 opakování nízkých šplhačských přitahů k pravé ruce, 5 opakování vysokých šplhačských přitahů k pravé ruce, 5 opakování shybů nadhmatem. Mezi jednotlivými úkony bude minimálně 10 minut pauza pro regeneraci.

Všechny použité metody sběru dat jsou nebolestivé. Měření povrchového EMG může způsobit mírný diskomfort, vzhledem k připevnění přístroje k tělu pacienta (v úrovni pasu) a nutnosti přítomnosti kabelů, nedochází ale k omezení pohybu.

Pro minimalizaci rizika zranění budou zajištěny vhodné podmínky pro rozcvičení - k dispozici budou tréninkové pomůcky běžně využívané pro rozcvičení před tréninkem šplhu (foam roller, švihadlo, therabandy a odporové gumy, žíněnka, tělocvična rozměru 370 m2, hrazda a bude Vám poskytnut dostatečný čas na rozcvičení (min 30 minut, případně déle dle individuálních potřeb účastníka). Riziko pádu je minimalizováno pečlivým výběrem Vás probandů z řad aktivních vrcholových závodníků ve šplhu na laně. Dále bude toto riziko eliminováno použitím magnézia, lano bude průměru, který splňuje závodní parametry a na lanem bude vhodná dopadová plocha. Rizika prováděného výzkumu nejsou vyšší než při běžném tréninku šplhu na laně. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

Vaše účast v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocená.

Projekt se nemohou účastnit osoby, které v posledních 12 měsících utrpěly úraz nebo zranění, které by působilo omezení ve šplhu na laně, akutní onemocnění a rekonvalescence po onemocnění či úrazu.

Získané výstupy mohou být přínosné pro zefektivnění sportovní přípravy, eliminaci nevhodných pohybových stereotypů, svalových dysbalancí a zranění z přetížení.

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, příjmení, pohlaví a věk, které budou bezpečně uchovány na heslem zabezpečeném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít pouze hlavní řešitel. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou do 1 dne po testování anonymizována.

Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Osobní data budou anonymizována a po anonymizaci smazána.

Fotografie a videa pořízená v průběhu měření budou anonymizována začerněním/rozmazáním obličejů či částí těla, znaků, které by mohly vést k identifikaci jedince. Neanonymizované fotografie/video budou bezpečně uchovány na heslem zabezpečeném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít pouze hlavní řešitel a budou do 1 dne na měření smazány. Data získaná měřeními budou zpracována, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Osobní data budou anonymizována a po anonymizaci smazána.

S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit na emailu szaboo.v@gmail.com

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

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu: Veronika Szabóová

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Veronika Szabóová

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: .....

### Příloha 3: Kritické hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu

<i>n</i>	<i>α</i>			
	0,05	0,025	0,01	0,005
5	0,900			
6	0,829	0,886	0,943	
7	0,714	0,786	0,893	
8	0,643	0,738	0,833	0,881
9	0,600	0,683	0,783	0,833
10	0,564	0,648	0,745	0,794
11	0,523	0,623	0,736	0,818
12	0,497	0,591	0,703	0,780
13	0,475	0,566	0,673	0,745
14	0,457	0,545	0,646	0,716
15	0,441	0,525	0,623	0,689
16	0,425	0,507	0,601	0,666
17	0,412	0,490	0,582	0,645
18	0,399	0,476	0,564	0,625
19	0,388	0,462	0,549	0,608
20	0,377	0,450	0,534	0,591
21	0,368	0,438	0,521	0,576
22	0,359	0,428	0,508	0,562
23	0,351	0,418	0,496	0,549
24	0,343	0,409	0,485	0,537
25	0,336	0,400	0,475	0,526
26	0,329	0,392	0,465	0,515
27	0,323	0,385	0,456	0,505
28	0,317	0,377	0,448	0,496
29	0,311	0,370	0,440	0,487
30	0,305	0,364	0,432	0,478

#### Příloha 4: Charakteristika probandů

Proband	Věk	Dominantní HK	Výška [cm]	Váha [kg]	PR 8m [s]	Délka paže [cm]	Symetrické shyby v tréninku	Asymetrické shyby v tréninku
1	27	P	186	91	7,37	61	ano	ne
2	19	P	178	75	10,03	56	ano	ne
3	26	P	180	82	6,81	56	ano	ano
4	30	P	171	62,5	6,41	53	ano	ano
5	32	P	180	75	8,4	55	ano	ano
6	35	P	183	72	5,65	58	ano	ano
7	26	P	174	77,3	6,41	52	ano	ano
8	27	P	174	72	11,07	60	ano	ne
9	28	P	179	79	9,86	58	ano	ano
10	34	P	176	80	9,44	56,5	ano	ano
11	20	P	174	73	5,84	57	ano	ano
Průměr	27,6364	x	177,727	76,2545	7,93545	56,5909	x	x
Min	19	x	171	62,5	5,65	52	x	x
Max	35	x	186	91	11,07	61	x	x

## Příloha 5: Pořadí nástupu svalové aktivity všech probandů

SVAL č.	SVAL	POŘADÍ AKTIVACE SVALU				POŘADÍ AKTIVACE SVALU			
		Proband 1				Proband 2			
		Sledovaná činnost				Sledovaná činnost			
		šplh	špn	špv	shyb	šplh	špn	špv	shyb
1	m. biceps brachii dx.	7	6	3	7	6	6	4	6
2	m. deltoideus dx.	4	4	9	4	3	4	5	1
3	m. triceps brachii dx.	9	9	7	9	7	2	2	2
4	m. trapezius dx.	1	5	4	5	10	5	3	4
5	m. infraspinatus dx.	3	7	5	10	2	3	1	2
6	m. latissimus dorsi dx.	6	8	6	8	9	9	7	8
7	m. pectoralis major dx.	5	2	8	6	4	7	8	7
8	m. gluteus medius sin.	2	1	1	2	8	8	10	5
9	m. rectus femoris sin.	10	10	10	1	1	10	6	10
10	m. tibialis anterior sin.	8	3	2	3	5	1	9	9

SVAL č.	SVAL	POŘADÍ AKTIVACE SVALU				POŘADÍ AKTIVACE SVALU			
		Proband 3				Proband 4			
		Sledovaná činnost				Sledovaná činnost			
		šplh	špn	špv	shyb	šplh	špn	špv	shyb
1	m. biceps brachii dx.	5	7	7	9	5	8	9	9
2	m. deltoideus dx.	3	2	6	2	2	1	3	5
3	m. triceps brachii dx.	9	5	10	4	8	5	6	6
4	m. trapezius dx.	1	8	5	3	10	3	4	3
5	m. infraspinatus dx.	4	9	3	7	7	9	10	10
6	m. latissimus dorsi dx.	6	10	8	6	6	7	8	8
7	m. pectoralis major dx.	7	6	4	5	4	6	7	7
8	m. gluteus medius sin.	2	4	9	8	9	4	5	1
9	m. rectus femoris sin.	10	1	1	10	1	10	1	4
10	m. tibialis anterior sin.	8	3	2	1	3	2	2	2

SVAL č.	SVAL	POŘADÍ AKTIVACE SVALU				POŘADÍ AKTIVACE SVALU			
		Proband 5				Proband 6			
		Sledovaná činnost				Sledovaná činnost			
		šplh	špn	špv	shyb	šplh	špn	špv	shyb
1	m. biceps brachii dx.	2	7	8	7	7	5	7	6
2	m. deltoideus dx.	1	6	4	5	2	4	10	9
3	m. triceps brachii dx.	5	2	3	4	5	3	3	7
4	m. trapezius dx.	7	3	10	9	8	10	5	4
5	m. infraspinatus dx.	3	4	7	10	3	7	4	8
6	m. latissimus dorsi dx.	8	8	9	8	9	8	8	10
7	m. pectoralis major dx.	6	5	6	3	6	6	9	5
8	m. gluteus medius sin.	10	1	5	6	1	2	2	1
9	m. rectus femoris sin.	4	9	2	1	10	1	6	2
10	m. tibialis anterior sin.	9	N	1	2	4	9	1	3

SVAL č.	SVAL	POŘADÍ AKTIVACE SVALU				POŘADÍ AKTIVACE SVALU			
		Proband 7				Proband 8			
		Sledovaná činnost				Sledovaná činnost			
		šplh	špn	špv	shyb	šplh	špn	špv	shyb
1	m. biceps brachii dx.	2	3	4	2	5	9	9	9
2	m. deltoideus dx.	1	2	7	1	6	5	6	3
3	m. triceps brachii dx.	7	5	1	7	9	1	5	8
4	m. trapezius dx.	9	8	5	6	1	6	4	4
5	m. infraspinatus dx.	8	10	8	9	4	10	7	10
6	m. latissimus dorsi dx.	6	7	9	4	10	8	10	5
7	m. pectoralis major dx.	3	6	2	3	2	7	8	7
8	m. gluteus medius sin.	10	4	6	5	7	3	1	6
9	m. rectus femoris sin.	5	1	10	8	3	4	2	2
10	m. tibialis anterior sin.	4	9	3	N	8	2	3	1

SVAL č.	SVAL	POŘADÍ AKTIVACE SVALU				POŘADÍ AKTIVACE SVALU			
		Proband 9				Proband 10			
		Sledovaná činnost				Sledovaná činnost			
		šplh	špn	špv	shyb	šplh	špn	špv	shyb
1	m. biceps brachii dx.	3	4	9	4	8	5	5	3
2	m. deltoideus dx.	1	5	6	2	3	1	2	1
3	m. triceps brachii dx.	6	10	5	5	10	8	9	9
4	m. trapezius dx.	10	9	4	1	7	9	7	8
5	m. infraspinatus dx.	2	6	7	6	5	10	6	6
6	m. latissimus dorsi dx.	5	7	8	9	9	6	8	7
7	m. pectoralis major dx.	9	1	10	3	2	4	3	4
8	m. gluteus medius sin.	7	2	3	7	1	7	4	5
9	m. rectus femoris sin.	8	3	1	8	6	3	10	10
10	m. tibialis anterior sin.	4	8	2	N	4	2	1	2

SVAL č.	SVAL	POŘADÍ AKTIVACE SVALU			
		Proband 11			
		Sledovaná činnost			
		šplh	špn	špv	shyb
1	m. biceps brachii dx.	1	6	6	4
2	m. deltoideus dx.	2	7	10	5
3	m. triceps brachii dx.	6	5	4	2
4	m. trapezius dx.	9	4	5	6
5	m. infraspinatus dx.	8	10	8	1
6	m. latissimus dorsi dx.	5	9	7	7
7	m. pectoralis major dx.	3	8	9	3
8	m. gluteus medius sin.	7	2	3	8
9	m. rectus femoris sin.	10	1	1	9
10	m. tibialis anterior sin.	4	3	2	N

Legenda k Příloze 5: N – sval nevykazoval v průběhu pohybového cyklu aktivitu detekovatelnou prahováním o prahu 25%.

## Příloha 6: Výstupy statistického zpracování dat

		Correlations			
		prob1_splh	prob1_spn	prob1_spv	prob1_shyb
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	,564*	,370	-,067
	prob1_splh Sig. (1-tailed)	.	,045	,147	,427
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,564*	1,000	,491	,345
	prob1_spn Sig. (1-tailed)	,045	.	,075	,164
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,370	,491	1,000	,018
	prob1_spv Sig. (1-tailed)	,147	,075	.	,480
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	-,067	,345	,018	1,000
	prob1_shyb Sig. (1-tailed)	,427	,164	,480	.
	N	10	10	10	10

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).

		Correlations			
		prob2_splh	prob2_spn	prob2_spv	prob2_shyb
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	,042	,103	-,073
	prob2_splh Sig. (1-tailed)	.	,454	,388	,421
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,042	1,000	,382	,486
	prob2_spn Sig. (1-tailed)	,454	.	,138	,077
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,103	,382	1,000	,596*
	prob2_spv Sig. (1-tailed)	,388	,138	.	,035
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	-,073	,486	,596*	1,000
	prob2_shyb Sig. (1-tailed)	,421	,077	,035	.
	N	10	10	10	10

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).

**Correlations**

		prob3_splh	prob3_spn	prob3_spv	prob3_shyb
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	-,345	-,273	,127
	prob3_splh Sig. (1-tailed)	.	,164	,223	,363
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	-,345	1,000	,273	,079
	prob3_spn Sig. (1-tailed)	,164	.	,223	,414
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	-,273	,273	1,000	,006
	prob3_spv Sig. (1-tailed)	,223	,223	.	,493
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,127	,079	,006	1,000
	prob3_shyb Sig. (1-tailed)	,363	,414	,493	.
	N	10	10	10	10

**Correlations**

		prob4_splh	prob4_spn	prob4_spv	prob4_shyb
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	-,115	,418	-,055
	prob4_splh Sig. (1-tailed)	.	,376	,115	,441
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	-,115	1,000	,442	,600*
	prob4_spn Sig. (1-tailed)	,376	.	,100	,033
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,418	,442	1,000	,818**
	prob4_spv Sig. (1-tailed)	,115	,100	.	,002
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	-,055	,600*	,818**	1,000
	prob4_shyb Sig. (1-tailed)	,441	,033	,002	.
	N	10	10	10	10

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).



**Correlations**

		prob5_splh	prob5_spn	prob5_spv	prob5_shyb
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	-,539	-,018	-,079
	prob5_splh Sig. (1-tailed)	.	,054	,480	,414
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	-,539	1,000	,261	,006
	prob5_spn Sig. (1-tailed)	,054	.	,234	,493
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	-,018	,261	1,000	,842**
	prob5_spv Sig. (1-tailed)	,480	,234	.	,001
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	-,079	,006	,842**	1,000
	prob5_shyb Sig. (1-tailed)	,414	,493	,001	.
	N	10	10	10	10

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).

**Correlations**

		prob6_splh	prob6_spn	prob6_spv	prob6_shyb
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	,152	,309	,018
	prob6_splh Sig. (1-tailed)	.	,338	,192	,480
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,152	1,000	-,042	,261
	prob6_spn Sig. (1-tailed)	,338	.	,454	,234
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,309	-,042	1,000	,539
	prob6_spv Sig. (1-tailed)	,192	,454	.	,054
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,018	,261	,539	1,000
	prob6_shyb Sig. (1-tailed)	,480	,234	,054	.
	N	10	10	10	10

**Correlations**

		prob7_splh	prob7_spn	prob7_spv	prob7_shyb
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	,406	,127	,673*
	prob7_splh Sig. (1-tailed)	.	,122	,363	,017
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,406	1,000	-,188	,091
	prob7_spn Sig. (1-tailed)	,122	.	,302	,401
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,127	-,188	1,000	,345
	prob7_spv Sig. (1-tailed)	,363	,302	.	,164
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,673*	,091	,345	1,000
	prob7_shyb Sig. (1-tailed)	,017	,401	,164	.
	N	10	10	10	10

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).

**Correlations**

		prob8_splh	prob8_spn	prob8_spv	prob8_shyb
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	-,358	,103	-,042
	prob8_splh Sig. (1-tailed)	.	,155	,388	,454
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	-,358	1,000	,733**	,515
	prob8_spn Sig. (1-tailed)	,155	.	,008	,064
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,103	,733**	1,000	,503
	prob8_spv Sig. (1-tailed)	,388	,008	.	,069
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	-,042	,515	,503	1,000
	prob8_shyb Sig. (1-tailed)	,454	,064	,069	.
	N	10	10	10	10

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).

**Correlations**

		prob9_splh	prob9_spn	prob9_spv	prob9_shyb
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	-,115	-,224	,042
	prob9_splh Sig. (1-tailed)	.	,376	,267	,454
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	-,115	1,000	-,212	-,273
	prob9_spn Sig. (1-tailed)	,376	.	,278	,223
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	-,224	-,212	1,000	,030
	prob9_spv Sig. (1-tailed)	,267	,278	.	,467
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,042	-,273	,030	1,000
	prob9_shyb Sig. (1-tailed)	,454	,223	,467	.
	N	10	10	10	10

**Correlations**

		prob10_splh	prob10_spn	prob10_spv	prob10_shyb
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	,345	,709*	,539
	prob10_splh Sig. (1-tailed)	.	,164	,011	,054
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,345	1,000	,479	,539
	prob10_spn Sig. (1-tailed)	,164	.	,081	,054
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,709*	,479	1,000	,939**
	prob10_spv Sig. (1-tailed)	,011	,081	.	,000
	N	10	10	10	10
	Correlation Coefficient	,539	,539	,939**	1,000
	prob10_shyb Sig. (1-tailed)	,054	,054	,000	.
	N	10	10	10	10

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).

**Correlations**

		prob11_splh	prob11_spn	prob11_spv	prob11_shyb
Spearman's rho	Correlation				
	Coefficient	1,000	-,382	-,515	,370
	Sig. (1-tailed)	.	,138	,064	,147
	N	10	10	10	10
	Correlation	-,382	1,000	,867**	-,394
	Coefficient				
	Sig. (1-tailed)	,138	.	,001	,130
	N	10	10	10	10
	Correlation	-,515	,867**	1,000	-,224
	Coefficient				
	Sig. (1-tailed)	,064	,001	.	,267
	N	10	10	10	10
Correlation	,370	-,394	-,224	1,000	
Coefficient					
Sig. (1-tailed)	,147	,130	,267	.	
N	10	10	10	10	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).