

Analýza startu ve skikrosu

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

PhDr. Petra Matošková, Ph.D.

Vypracoval:

Vít Starý

Praha, srpen 2016

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

V Praze, dne

.....

podpis diplomanta

Evidenční list

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

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Děkuji PhDr. Petře Matoškové, Ph.D. za vedení této diplomové práce. Dále děkuji Mgr. Radce Bačákové, Ph.D. za asistenci při sběru dat.

Abstrakt

Název: Analýza startu ve skikrosu

Cíle: Hlavním cílem této práce je pomocí povrchové elektromyografie popsat a vyhodnotit aktivitu svalů horní poloviny těla během startu ve skikrosu a porovnat jeho symetričnost.

Metody: Práce je empiricko-teoretického charakteru, jedná se o případovou studii. Pro měření činnosti svalů jsme použili metodu povrchové elektromyografie. Dále jsme použili metodu analýzy a metodu komparace. Metodu analýzy jsme aplikovali v rozboru jednotlivých elektromyogramů a metodu komparace v části porovnávání práce aktivity pravé a levé strany těla.

Výsledky: Na základě analýzy výsledků můžeme říci, že pohyb při startu ve skikrosu je symetrický.

Klíčová slova: skikros start analýza elektromyografie

Abstract

Title: Skicross start analysis

Objectives: The aim of this diploma thesis is to describe and evaluate the activity of muscles of upper body during skicross start and afterwards compare sides to find out, how is that movement symmetric or asymmetric.

Methods: The diploma thesis is empiric-theoretic about case study. We used method of analysis and a method of comparison. For analysing the muscles activity, we used method of electromyography. We used comparison when comparing the activity of muscles on right and left sides.

Results: After analysis of result we can declare the skicross start analysis is symmetrical movement.

Keywords: skicross start analysis electromyography

Seznam použitých zkratk a symbolů

FIS – Mezinárodní lyžařská federace

LT – Levý (z anglického „left“)

MJ – Motorická jednotka

RT – Pravý (z anglického „right“)

s - sekunda

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	7
Obsah	8
1. Úvod.....	10
2. Teoretická východiska práce.....	12
2.1. Charakteristika skikrosového startu z hlediska biomechaniky	12
2.1.1. Fáze předstartovní svalové aktivace	14
2.1.2. Fáze přitahování.....	16
2.1.3. Fáze odtlačování	16
2.2. Charakteristika skikrosového startu z hlediska pravidel.....	17
2.3. Zapojované svaly při skikrosovém startu.....	18
2.3.1. Fáze přitahování.....	18
2.3.2. Fáze odtlačování	19
2.3.3. Vybrané svaly.....	19
2.3.3.1. M. biceps brachii	20
2.3.3.2. M. erector spinae	21
2.3.3.3. M. latissimus dorsi	22
2.3.3.4. M. pectoralis major	22
2.3.3.5. M. trapezius.....	23
2.3.3.6. M. triceps brachii	24
2.4. Svalová souhra	24
2.5. Povrchová elektromyografie	26
3. Cíle, úkoly, hypotézy a určení výzkumné otázky	28
3.1. Cíle	28
3.2. Úkoly.....	28
3.3. Hypotéza	28
3.4. Výzkumná otázka.....	28
4. Metodika práce	29
4.1. Charakteristika výzkumu	29
4.2. Design výzkumu.....	29
4.3. Charakteristika sledovaného souboru	29
4.4. Použité metody.....	30
4.4.1. Charakteristika přístrojového vybavení	30
4.5. Výběr svalů	30
4.6. Lokalizace elektrod	31
4.7. Zpracování dat.....	33

5.	Výsledky	37
5.1.	Průběh elektromyogramů	38
5.1.1.	Vyhodnocení činnosti m. pectoralis major	39
5.1.2.	Vyhodnocení činnosti m. trapezius	39
5.1.3.	Vyhodnocení činnosti m. biceps brachii	40
5.1.4.	Vyhodnocení činnosti m. triceps brachii	41
5.1.5.	Vyhodnocení činnosti m. latissimus dorsi	41
5.1.6.	Vyhodnocení činnosti m. erector spinae	42
5.2.	Pořadí zapojení jednotlivých svalů	44
5.3.	Doba zapojení jednotlivých svalů	45
5.3.1.	Během fáze přitahování a fáze odtlačování	46
5.3.2.	Během fáze přitahování	48
5.3.3.	Během fáze odtlačování	50
5.4.	Symetrie skikrosového startu	52
5.4.1.	Symetrie skikrosového startu z hlediska pořadí zapojení svalů	53
5.4.2.	Symetrie skikrosového startu z hlediska doby zapojení svalů	54
6.	Diskuze	56
7.	Závěry	58
	Seznam literatury	59
	Seznam obrázků	61
	Seznam grafů	61
	Seznam tabulek	61
	Přílohy	62

1. Úvod

Skikros je lyžařskou disciplínou, která v Mezinárodní lyžařské federaci (dále jen FIS) spadá pod úsek akrobatického lyžování. První závod světového poháru se uskutečnil roku 2004 a již roku 2010 se skikros dostal do programu Olympijských her ve Vancouveru.

Pro závod ve skikrosu je potřeba uměle vytvořená trať tvořená z různých variant skoků, klopených zatáček a jiných terénních překážek. Délka tratě pro světový pohár, mistrovství světa a olympijské hry by měla být v rozmezí od 800m do 1300m s převýšením od 140m do 270m. Sklon svahu by měl být minimálně 5° a neměl by přesahovat 12°. Trať klade vysoké nároky na fyzickou, technickou a psychickou připravenost jedince a elitní jezdci jsou většinou rekrutováni z vrcholových závodníků v alpském lyžování.

Závod se skládá ze dvou částí. Tou první je individuální měřená kvalifikace, z které postupuje nejlepších 32 závodníků, a tou druhou jsou tzv. rozjížděky. Z pořadí závodníků v kvalifikaci se sestaví tzv. osmifinálové rozjížděky, ve kterých se závodníci utkávají v jeden čas v jedné dráze. Rozjížděky začínají ze speciálního startovacího zařízení, které se manuálně nebo automaticky otevře po signálu startéra. Po otevření startovacího zařízení se jezdci snaží v co nejkratším čase získat co největší rychlost a tím pádem nejlepší možné postavení před první zatáčkou závodu. Ten závodník, který odstartuje nejrychleji, se ujímá vedení, což zásadně zvyšuje jeho šance na postup do dalšího kola závodu.

O umístění závodníků v jednotlivých rozjížděkách rozhoduje pořadí závodníků v cíli. Dva závodníci z každé rozjížděky, kteří protnou cílovou čáru na prvních místech, postupují do rozjížděky další. Pořadí ve finálové rozjížděce je také konečným pořadím závodu na prvních čtyřech místech.

Argüelles a kol. (2011) analyzoval 56 skikrosových rozjížděk během Olympijských her ve Vancouveru a Světového poháru v roce 2010. Jeho analýza přinesla přesvědčivé výsledky: 84,8% závodníků mužského pohlaví a 87,5% závodníků ženského pohlaví, kteří byli na vedoucí pozici v první zatáčce závodu, se úspěšně kvalifikovali do dalšího kola. Z výše zmíněného vyplývá velká důležitost startu, jehož úspěch či neúspěch ovlivní průběh celého závodu.

Schopnost co nejrychleji odstartovat ze startovacího zařízení a dosáhnout maximální možné rychlosti je klíčovým aspektem úspěchu ve skikrosu. Ve světle těchto informací se specifický trénink startu jeví jako nezbytnost úspěchu každého elitního závodníka.

Tato práce si klade za cíl pomocí povrchové elektromyografie a synchronního videozáznamu analyzovat souhru svalů horních končetin během skikrosového startu.

2. Teoretická východiska práce

2.1. Charakteristika skikrosového startu z hlediska biomechaniky

Skikrosový závod začíná startem ze speciálního startovního zařízení, které je otevřeno manuálně či automaticky (International Ski Federation, 2015). Po otevření brány se závodníci snaží co nejrychleji dosáhnout největší možné rychlosti. Start je z hlediska výkonu v závodě zcela zásadním atributem, jelikož ten, kdo odstartuje nejrychleji, se ujímá vedení. Dobře provedený a rychlý start (po kterém se závodník ujímá vedení) zvyšuje šance závodníka na postup do dalšího kola závodu (Argüelles a kol., 2011).

Skikrosovým startem se zabývalo několik výhradně zahraničních prací, které byly prezentovány formou článků v odborných periodikách. Veskrze se jednalo o detailní analytické studie, avšak žádný z níže vyjmenovaných autorů nevyužíval k výzkumu povrchovou elektromyografii.

Jako nejobsáhlejší, nejaktuálnější a momentálně nejpřínosnější studii z hlediska biomechaniky bychom rádi zmínili článek Nedergaarda a kol. (2015) Biomechanika skikrosového startu v interiéru na speciálním trenažéru a v exteriéru na sněhu. Hlavním cílem této studie bylo zaznamenat a analyzovat pohybové vzorce sedmi elitních závodníků švédského a finského národního týmu pomocí 3D kinematické analýzy a posoudit, zda změna prostředí (exteriér/interiér) má vliv na celkové provedení startu. Došli k závěru, že nemá.

Výsledná data z měření v exteriéru a interiéru jsou shrnuta v níže umístěné tabulce (Tabulka 1).

Tabulka 1 Asymetrie pravé a levé strany během startu ve skikrosu. Tabulka znázorňuje maximální sílu během předstartovní fáze (Pre-Force_{res}), maximální vertikální sílu (PForce_{ver}), maximální horizontální sílu (PForce_{hor}) a výslednici sil (PForce_{res}) během startovního pohybu a rychlost startu (RTime) (Nedergaard a kol., 2015)

	Pravá	Levá	Asymetrie (%)
Pre-Force _{res} (N/kg)	0,184	0,165	56,9
PForce _{ver} (N/kg)	0,540	0,518	2,8
PForce _{hor} (N/kg)	0,284	0,245	8,5
PForce _{res} (N/kg)	0,590	0,176	3,9
RTime (ms)	639	633	3,9

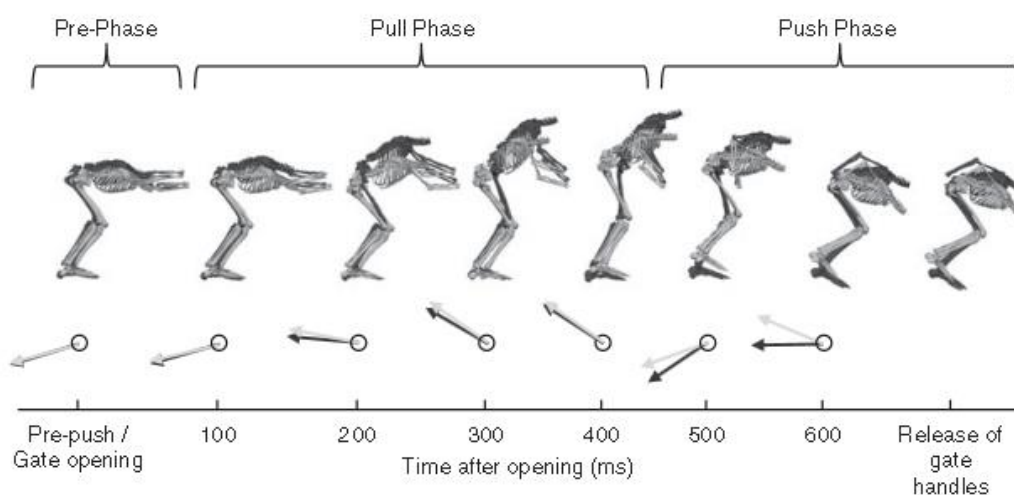
Ve studii Nedergaarda a kol. (2015) jsou dostupné informace o průměrných časech jednotlivých fází skikrosového startu, velikost a směr síly projektované na madlech startovního zařízení, proměna velikostí úhlů v čase v kolenním, kyčelním, ramenním a loketním kloubu. Z dat získaných v práci Nedergaarda a kol. (2015) vycházíme taktéž v následujících kapitolách.

Skikrosový start dělí Raschner a kol. (2009) a Nedergaard a kol. (2015) do tří fází (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, Obrázek 1).

Tabulka 2 Fáze skikrosového startu.

Fáze	V této práci užívaný překlad	Anglický originál
1.	Fáze předstartovní	Pre-Phase
2.	Fáze přitahování	Pull Phase
3.	Fáze odtlačování	Push Phase

Celkovou dobu fáze přitahování a fáze odtlačování Raschner a kol. (2009) uvádí okolo 670 milisekund. Nedergaard a kol. (2015) uvádí časový údaj v rozmezí 550 až 750 milisekund, přičemž na fázi přitahování připadá 400 až 450 ms a na fázi odtlačování 150 až 300 ms.

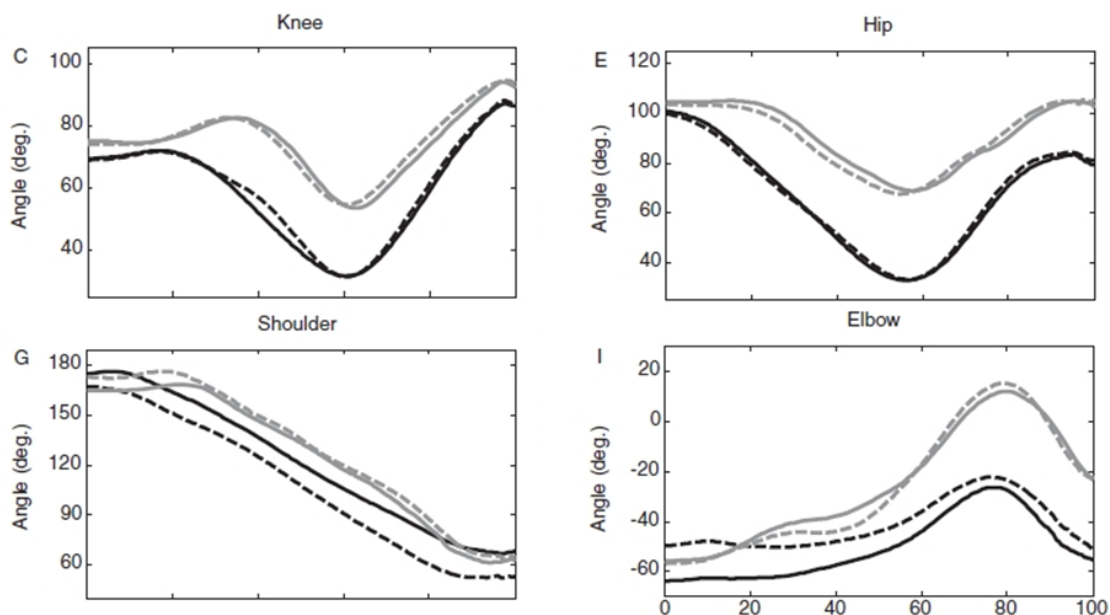


Obrázek 1 Schéma fází skikrosového startu (Raschner a kol., 2009)

2.1.1. Fáze předstartovní svalové aktivace

Závodník se na povel připraví do startovní brány a uchopí startovací madla nadhmatem. Následně zaujme polohu pro fázi předstartovní svalové aktivace (viz **Chyba! Nenašel jsem zdroj odkazů.**). Těžiště těla je sníženo, špičky lyží tlačí proti bráně a paty lyží se zvedají. Trup je v rovném předklonu, loketní klouby v mírné flexi, ruce ve vzpažení. Kyčelní a kolenní kloub jsou ve flexi. V této pozici závodník setrvává až do otevření startovní brány (Raschner, 2009).

Dle Nedergaarda a kol. (2015) jsou úhly v kloubech ve fázi předstartovní svalové aktivace následující (Obrázek 2 a Tabulka 3).



Obrázek 2 Proměna úhlů v kloubech. Osa x znázorňuje normalizovaný čas v %, osa y zobrazuje hodnoty ve stupních od otevření brány k opuštění startovacího zařízení dvou závodníků (černá křivka, šedivá křivka) pro levou (nepřerušovaná křivka) a pravou (přerušovaná křivka) stranu (převzato z Nedergaard a kol., 2015)

Úhel v kolenním kloubu	70° až 75°
Úhel v kyčelním kloubu	100°
Úhel v ramenním kloubu	170° až 180°
Úhel v loketním kloubu	30° až 40°

Tabulka 3 Úhly v kloubech během předstartovní svalové aktivace

Důkladně se fázi předstartovní aktivace zabýval Ebenbichler a Raschner (2012), kteří porovnávali rychlost provedení startu s předstartovní svalovou aktivací a bez ní. Došli k přesvědčivým výsledkům ve prospěch startu s předstartovní aktivací. Průměrná doba k dosažení největší síly během startu s předstartovní aktivací byla 0,024s, zatímco u startů bez předstartovní aktivace činila 0,084s. Celková rychlost provedení startu se tak také lišila.

Ze studie Ebenbichlera a Raschnera (2012) je jasně patrné, že předstartovní svalová aktivace je zásadní pro co nejrychlejší dosažení maximální akcelerace během skikrosového startu. Autoři také doporučují všem závodníkům specifická cvičení pro rozvoj síly a rychlosti. Konkrétní cvičení, vyjma cvičení prováděném na speciálním tréninkovém startovním zařízení, však nezmiňují.

2.1.2. Fáze přitahování

Po otevření startovací brány se lyžař dostává do fáze přitahování a explozivně a co nejrychleji se snaží dosáhnout nejvyšší možné rychlosti. K tomu používá především pohybu paže v ramenním kloubu ze vzpažení do zapažení, současné flexe v loketním kloubu a extenze trupu (Raschner a kol., 2012).¹

Dolní končetiny jsou tlačeny vpřed. V prvních okamžicích této fáze dochází ke značné extenzi v kyčlích, které jsou následně opět flektovány (Nedergaard a kol., 2015).

Úhel v kolenou se po otevření startovní brány taktéž zvětšuje z téměř pravého úhlu až na 140 stupňů, aby se ke konci fáze přitahování opět zmenšoval. Úhel v ramenním kloubu se zmenšuje z výchozího vzpažení (téměř 180 stupňů) až do úplného zapažení a v této poloze je fixován i během fáze odtlačování až do konce provedení startu. Úhel v loketním kloubu se zmenšuje z počáteční flexe 30 až 40 stupňů až do flexe činící 100 i více stupňů.

V rámci horní poloviny těla dochází ke koncentrické práci adduktorů humeru, extensorů ramenního kloubu a flexorů lokte za současného vzpřimování trupu (Nedergaard a kol., 2015).

2.1.3. Fáze odtlačování

Po fázi přitahování následuje fáze odtlačování, při které je paže fixována v zapažení, zatímco v loketním kloubu dochází k extenzi. Fáze odtlačování končí opuštěním startovní brány, tzn. posledním dotekem rukou startovního zařízení (Nedergaard a kol., 2015).²

Fáze odtlačování bezprostředně navazuje na fázi přitahování a začíná extenzí lokte, která je také charakteristická pro celou tuto fázi. Úhel v loktu na konci fáze přitahování činí zhruba 100 stupňů, ovšem na konci fáze odtlačování se dostává na výchozí hodnotu cca 40 stupňů. Ramena a humerus jsou udržovány v poloze, ve které se nacházeli na konci předešlé fáze. V této poloze jsou ramena v retrakci a humerus v zapažení (Heinen a kol., 2012).

¹ Ve výsledkové části této práce je začátek fáze přitahování definován jako vzestup EMG křivky m. pectoralis major RT nad 10% příslušného maxima.

² Ve výsledkové části této práce pracujeme s koncem fáze odtlačování definované jako pokles práce m. triceps brachii LT pod hranici 10% maxima daného průběhu EMG křivky.

2.2. Charakteristika skikrosového startu z hlediska pravidel

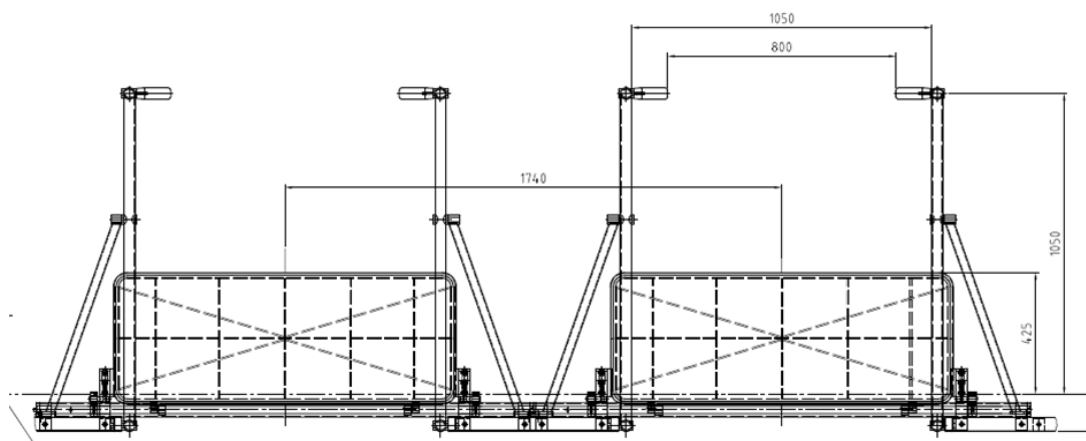
Startovací plocha by měla být vybudována vodorovně tak, aby lyže závodníků neměly tendenci k samovolnému rozjíždění. První část startu by měla být vybudována dostatečně strmá, aby závodníci dosáhli dostatečné rychlosti bez potřeby bruslení či odpichování holemi (International Ski Federation, 2015).

Minimální šířka startovního prostoru by měla být dle pravidel FIS 30 metrů. Před první zatáčkou závodu minimálně 60 metrů. Orientace startovní brány musí být kolmá k trase závodu a k linii první překážky. Jinými slovy vzdálenost ze startovní brány umístěné zcela vpravo musí být stejná jako vzdálenost brány umístěné zcela vlevo (International Ski Federation, 2015).

První změna směru v závodu (první zatáčka) musí být v minimálním úhlu 100° a měla by následovat poté, co jsou závodníci v adekvátních rozestupech. K tomuto účelu je vhodné ihned po startu zařadit do trasy závodu různé varianty překážek (International Ski Federation, 2015).

Při projektování a přípravě startovní brány pro závod je z hlediska pravidel FIS nutné dodržovat několik zásadních rozměrů. Nás zajímají především ty rozměry, které mají přímou souvislost se základní polohou těla před startem a které více či méně určují způsob provedení samotného startu.

Těmito rozměry (International Ski Federation, 2015) máme na mysli především výšku úchopu startovních madel nad sněhem, která by měla činit 95 cm. Dalšími základními rozměry homologované startovní brány je prostor mezi konci startovních madel (v rozmezí 80 cm až 90 cm), délka startovních madel (10 cm) a jejich průměr (v rozmezí 3 cm až 4 cm). Tyto a další rozměry jsou znázorněny na Obrázek 3.



Obrázek 3 Rozměry startovní brány (International Ski Federation, 2015)

Závodníci se řídí následujícími povely startéra, které jsou na mezinárodních a nezřídka i na národních závodech hlášeny anglickém jazyce. Prvním povel startéra je "We are ready for the next Heat, proceed to the Start Gate", neboli "Jsme připraveni k další rozjížděce, připravte se ke startovní bráně". Následuje povel "Enter the Start Gate", neboli "Připravte se do startovní brány" a posléze "Skiers ready!" ("Připravte se"), "Attention!" ("Pozor"), který je následován otevřením startovní brány v rozmezí 1 až 5 vteřin.

2.3. Zapojované svaly při skikrosovém startu

Během skikrosového startu se nejvíce zapojují svaly horní poloviny těla a proto se v této kapitole nachází jejich detailnější přehled. V souladu s cíli této práce se zabýváme aktivitou svalů měřitelných pomocí povrchové elektromyografie, tzn., že se můžeme zabývat pouze svaly, nad které lze aplikovat elektrody EMG snímače.

První dvě podkapitoly se zabývají určením měřených svalů v části přitahování a části odtlačování. Fáze předstartovní svalové aktivace nebyla brána při výběru svalů v potaz.

2.3.1. Fáze přitahování

Z popsaného průběhu pohybu v kapitole 2.1.2. lze určit hlavní zapojované povrchové svaly horní poloviny těla během fáze přitahování, které připadají v úvahu k měření pomocí SEMG. Hlavními adduktory humeru ze vzpažení je abdominální a sternokostální část m. pectoralis major spolu s m. latissimus dorsi, který se, spolu se zadní

částí m. deltoideus, účastní také extenze v rameni - táhne humerus do zapažení. Hlavním flexorem loketního kloubu je m. biceps brachii. Vzhledem k širokému úchopu držadel v pronaci ruky (Heinen, 2012) lze předpokládat významné zapojení dlouhé hlavy m. biceps brachii a m. brachialis a m. brachioradialis (Dylevský, 2000).

Břišní svalstvo fixuje pánev (Ebenbichler, Raschner 2012).

Vzpřimovačem páteře je m. erector spinae. Tento sval sice tvoří svalový komplex uložený značně hluboko, nicméně v bederní oblasti je část jeho svalové hmoty znatelná jako dva oblé protáhlé valy (Velé, 1995).

2.3.2. Fáze odtlačování

Značně zatěžovanými svaly této fáze zůstávají ty, které udržují ramena v retrakci, což je m. trapezius - především jeho střední část (horní a dolní část se zapojují jako svaly pomocné) a paži v zapažení (m. latissimus dorsi, m. deltoideus) (Velé, 2006). Hlavní sílu vpřed však v této fázi vytváří extensor loketního kloubu m. triceps brachii (Raschner a kol., 2009).

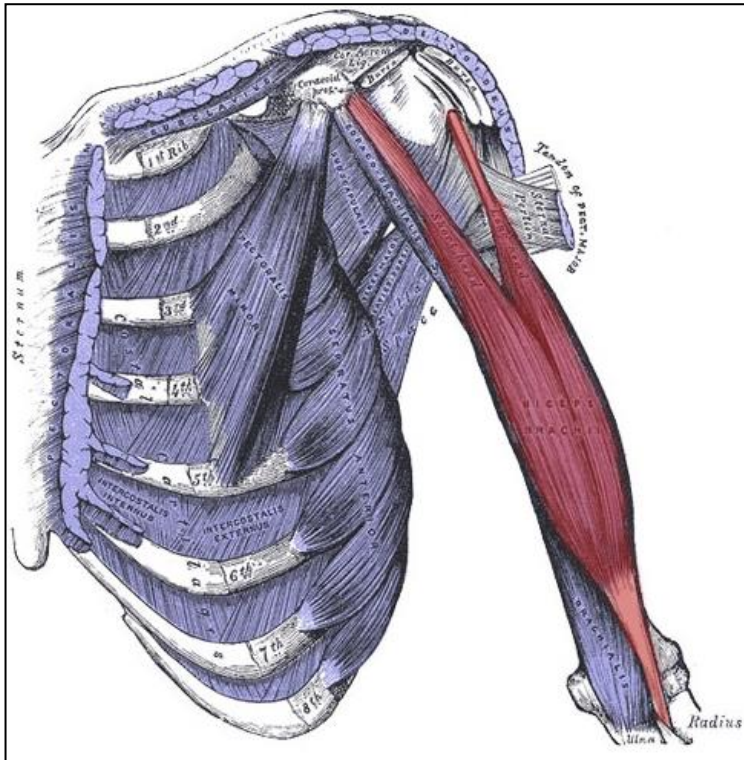
2.3.3. Vybrané svaly

Následující abecedně seřazené svaly byli vybráni na základě charakteristiky skikrosového startu z hlediska biomechaniky v kapitole 2.1., která čerpá především z Nergaarda a kol. (2015) a Raschnera a kol. (2009). Jimi zmiňované pohyby v kloubech byly konfrontovány s popisem funkce svalů v knihách Čiháka (2008), Velého (1995, 2006) a Hamilla a Knutzeho (2009). Vybrané svaly jsou tyto:

- m. biceps brachii RT, LT
- m. erector spinae RT, LT
- m. latissimus dorsi RT, LT
- m. pectoralis major RT, LT
- m. trapezius RT, LT
- m. triceps brachii RT, LT

2.3.3.1. M. biceps brachii

Obrázek 4 M. biceps brachii (Travell, Simons, 1999)

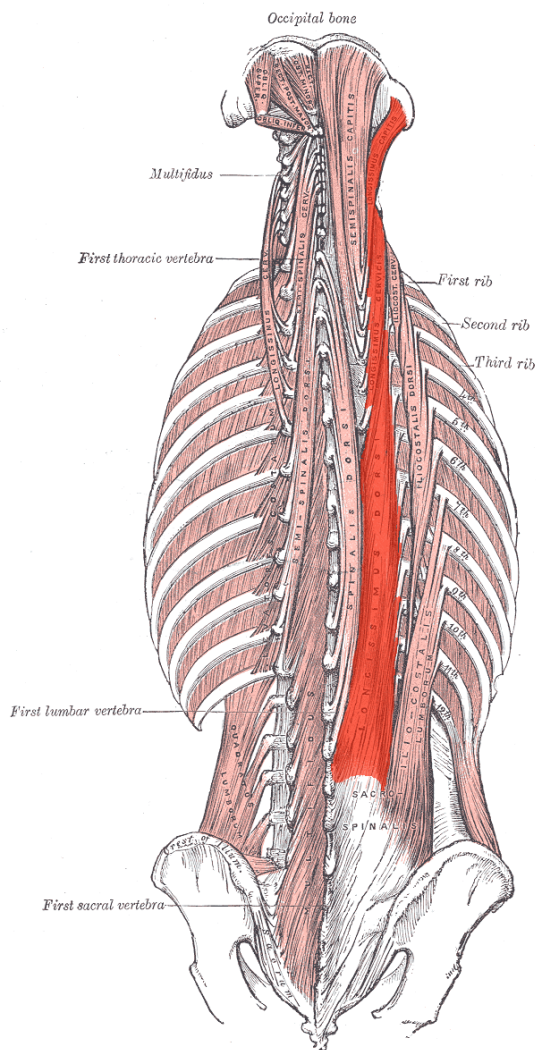


M. biceps brachii je dvoukloubový sval. Caput longum i caput breve spojuje lopatku s radiem. Sval působí jednak na ramenní kloub, kde caput longum provádí abdukci a caput breve addukci paže, jednak na loketní kloub, kde provádí flexi se značným supinačním účinkem. Při flexi v loketním kloubu závisí účinnost svalů na výchozí poloze. Při maximální ex-

tenzi je účinnost flexorů loketního kloubu malá. Při semiflexi se výrazně zvyšuje a nejvyšší je při flexi 90°. Flexe se účastní ještě další svaly. Při pomalém flexním pohybu se zátěží nebo i bez ní jsou aktivní m. biceps brachii a m. brachialis, zatímco při rychlém pohybu se aktivuje více m. brachioradialis. Protože za supinace se na flexi loketního kloubu plně uplatňuje taktéž m. biceps brachii, je při zdvihání břemene větší síla v podhmatu (Velé, 2006).

2.3.3.2. M. erector spinae

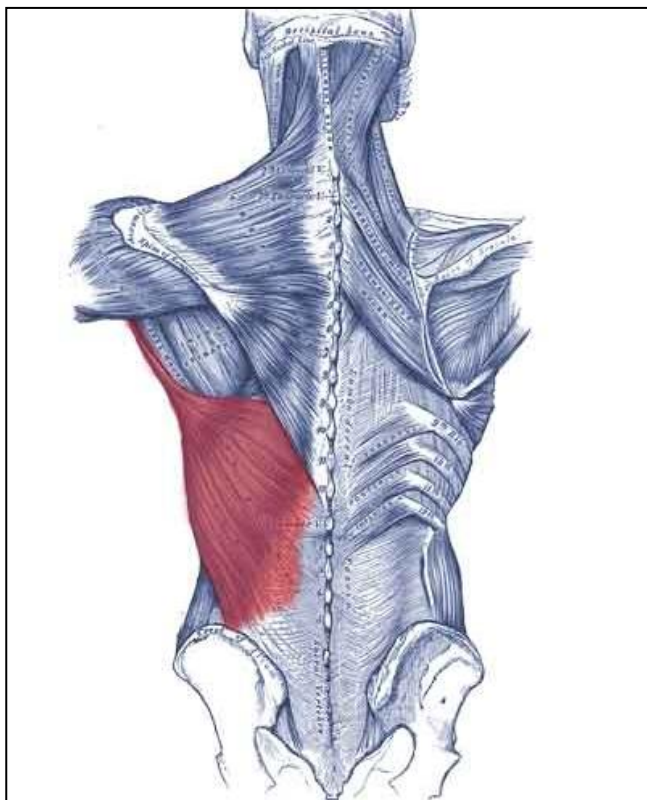
M. erector spinae je označení pro skupinu svalů v blízkosti páteře, jejichž funkcí je extenze páteře. Napřimují páteř a při jednostranné kontrakci ji uklánějí na příslušnou stranu. Dělí se na tři skupiny svalů. M. spinalis, m. iliocostalis a na m. longissimus. Jedná se o nepovrchové svaly, nicméně část m. longissimus je viditelná na povrchu jako dva oblé valy (Velé, 2006). A proto je vhodný pro snímání pomocí SEMG.



Obrázek 5 M. erector spinae s pojmenovanými částmi včetně m. longissimus (Travell, Simon, 1999)

2.3.3.3. M. latissimus dorsi

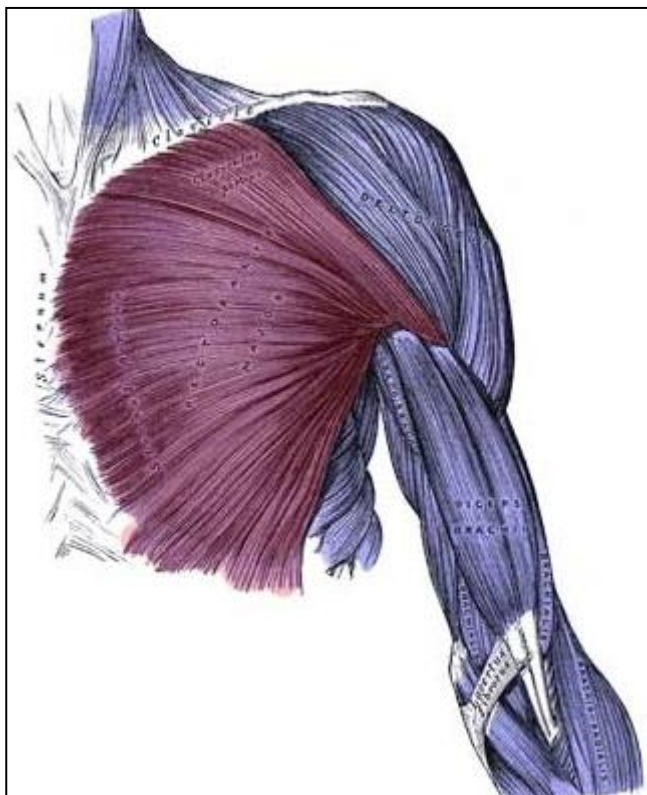
Obrázek 6 M. latissimus dorsi (Travell, Simons, 1999)



M. latissimus dorsi je široký trojúhelníkový sval, který spojuje hrudní páteř s lopatkou a humerem. V ramenním kloubu působí extenzi, addukci a podporuje vnější rotaci a horizontální extenzi paže (Čihák, 2008).

2.3.3.4. M. pectoralis major

Obrázek 7 M. pectoralis major (Travell, Simons, 1999)



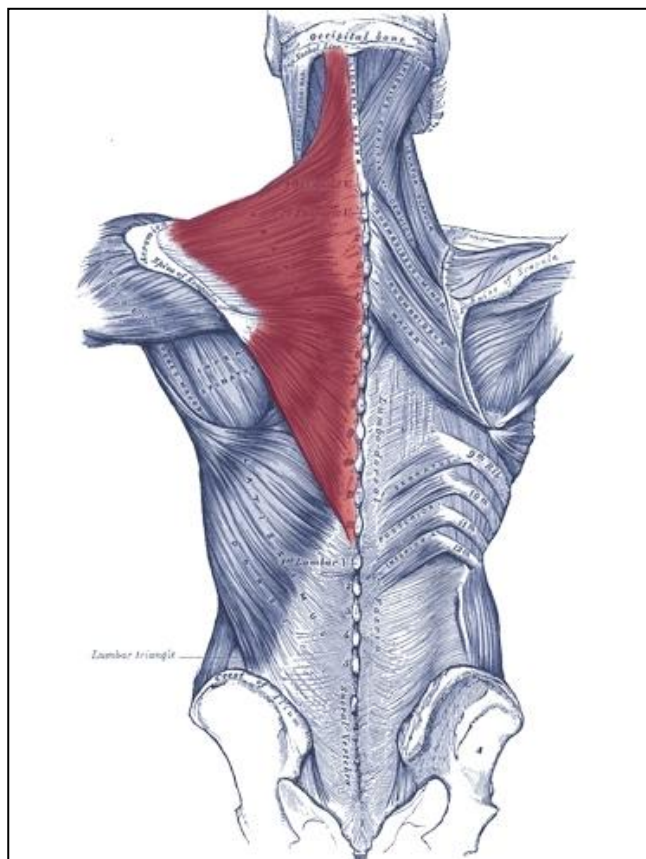
Způsobuje addukci, flexi v ramenním kloubu a pronaci paže, pokud se končetina pohybuje. Pokud je končetina fixována, zdvíhá žebra a stává se tak pomocným svalem dýchacím (Velé, 2006).

M. pectoralis major má tři části: pars clavicularis, pars sternocostalis a pars abdominalis. Pars clavicularis působí ventrální a horizontální flexi a účastní se na addukci a vnitřní rotaci paže. Pars sternalis et abdominalis provádějí extenzi, addukci, horizontální flexi a spolu-

působí při vnitřní rotaci paže (Véle, 2006).

2.3.3.5. M. trapezius

Obrázek 8 M. trapezius (Travell, Simons, 1999)

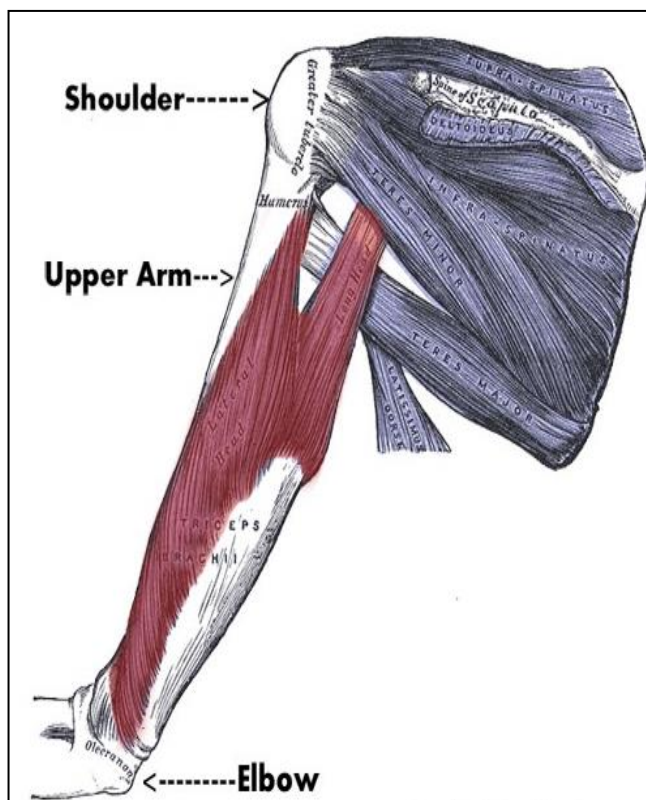


M. trapezius je široký plochý sval, který spojuje hlavu s krční páteří, lopatkou a hrudní páteří. Je to skupina několika samostatných funkčních celků integrovaných do společného plošného útvaru. Jeho střední a dolní partie mají vliv na postavení lopatky a ramenního pletence. Střední část addukuje lopatku a posouvá rameno dozadu (retrakce). Dolní část provádí depresi lopatky a ramene. Jako celek přitlačuje obě lopatky ke hrudníku pro zpevnění ramenního pletence (Čihák, 2008). Je to široký, relativně plochý sval. Především stabilizuje

lopatku a fixuje ji na svém místě. Tento sval je spíše morfologickou než funkční jednotkou a obsahuje v sobě několik funkčních celků, jejichž funkce je dána úpony na příslušných částech skeletu (Véle, 1997). U rozsáhlého plochého svalu lze každý jednotlivý úsek svalu pracovat, jako kdyby šlo o samostatnou hlavu svalu, a proto někteří rozdělují sval na více částí (Véle, 2006).

2.3.3.6. M. triceps brachii

Obrázek 9 M. triceps brachii (Travell, Simons, 1999)



Všechny tři hlavy m. triceps brachii končí na ulně a spojují s ní přes caput longum lopatku, přes caput mediale humerus a přes caput laterale rovněž humerus. Je to extenzor loketního kloubu a caput longum se podílí i na abdukci a extenzi v ramenním kloubu (Čihák, 2008).

Účinnost loketního extenzoru je závislá na postavení v loketním kloubu. Při plné extenzi v lokti je účinnost malá. Zvětšuje se s přibývajícím flexí v lokti. Maxima dosahuje asi kolem 20-30° se-

miflexe a potom opět klesá až do maximální flexe, kde je účinnost opět menší. (Velé, 2006)

2.4. Svalová souhra

Velé (1995) tvrdí, že za normálních okolností se každého pohybu účastní skupina svalů složená z vedoucího svalu udávajícího směr pohybu – agonisty a z pomocných svalů – synergistů a z antagonisty v opačném směru pohybu.

Při vyšším úsilí se vedle agonisty aktivuje i antagonist a synergisté a začíná se uplatňovat koaktivace. Při rychlém pohybu sice antagonist na začátku relaxuje, ale musí ke konci rozsahu pohybu vyvinout značnou brzdící aktivitu, aby nedošlo k poškození kostní struktury. Souběžně s aktivitou antagonisty vzrůstá i aktivita ostatních synergistů. Význam tohoto faktoru je důležitý pro posouzení pohybové koordinace uvnitř funkční svalové skupiny nebo svalového řetězce (Hamill, Knutzen, 2002).

Dylevský (2000) a Velé (2006) upozorňují, že většina pohybů neprobíhá v základních rovinách, nýbrž diagonálně a ve více segmentech současně, protože při

pohybu působí vždy několik svalů současně a tvoří tím svalové skupiny se společnou funkcí. Svaly propojující pohyblivý kostní segment se dvěma pevnými strukturami tvoří svalovou smyčku, která přitahuje pohyblivý segment k jednomu či druhému opěrnému bodu nebo fixuje pevně jeho pozici vůči opěrným bodům. Takto fixovaný kostní segment se stává oporou pro jiný pohybující se segment. Spojení svalů do jednoduchých smyček či svalových řetězců integruje jejich funkci a proto je dle Velého (2006) nutné při analýze pohybu vycházet nejen z jednotlivých svalů, ale i ze svalových řetězců působících zároveň na více segmentů určujících konečný průběh pohybu.

Velé (2006) dále dodává, že v tréninku se nelze zaměřovat pouze na posilování jednotlivých svalů, ale je třeba přihlížet i k funkci svalových řetězců, které dávají pohybu jeho konečný účelový průběh. Nelze posilovat pouze jednotlivé svaly, ale je lépe posilovat pohyby, na kterých se účastní vždy několik svalů a do jisté míry i celý posturální systém, zajišťující nutnou stabilizaci těla pro pohyb. Posilování v jedné rovině není tak účinné jako střídavé posilování ve více rovinách, které zvyšuje všestrannost použití svalů a tím i obratnost.

Svalová smyčka je podle Véleho (2006) a Hamilla a Knutzeho (2002) tvořena skupinou dvou svalů, které se upínají na dvě vzdálená pevná místa. Mezi tyto dva svaly je včleněn pohyblivý kostní segment. Jeho poloha je dána tahem obou svalů. Jedná se tedy o volnější druh spojení kostních segmentů, než představuje kloub. Pohyblivý segment je ve smyčce zavěšen tak, aby se jím dalo cíleně pohybovat ve směru tahu svalů.

Pokud je při testování pomocí SEMG (kapitola 2.5) či při posilování pozornost soustředěna pouze na jeden sval v řetězci, bude pohyb odvozený z jeho úponů zkreslený, neboť není zohledněn vliv okolních svalů na jeho funkci (Velé, 2006).

2.5. *Povrchová elektromyografie*

Povrchová elektromyografie (dále jen SEMG) spočívá v připevnění elektrod na kůži pokrývající zapojené svaly, v záznamu elektrické aktivity svalů a v následné analýze (Rodová, Mayer, Janura, 2001). V tom jsou za jedno s Delucou (1997), který ještě dodává, že povrchová elektromyografie je experimentální technikou zaměřenou na záznam a analýzu elektrických potenciálů svalové aktivity a že zdrojem těchto elektrických projevů je transmembránový proud na úrovni sarkolemy.

Krobot (2011) doplňuje, že EMG signál je tak výsledkem akčních potenciálů zúčastněných motorických jednotek (dále jen MJ), které je schopna zaznamenat příslušná elektroda, která je umístěná na kůži nad pracujícími svaly. Akční potenciál prochází při měření SEMG přes přilehlé svalové tkáně, tuk a kůži, na jejímž povrchu je detekován (Krobot, 2011).

Prvotním zdrojem změny elektrického potenciálu povrchové membrány je depolarizace a repolarizace. Depolarizace membrány doprovází pohyb iontů, generující elektrické pole v blízkosti svalového vlákna (Krobot, 2011).

Nejedná se však o prostou sumaci elektrického napětí v daném okamžiku, ale získaný záznam je výsledkem interferencí v prostorovém vodiči – sval, kůže a elektrody (Rodová, Mayer a Janura, 2001).

Výsledný EMG signál je rozdílem napětí mezi aktivní a referenční elektrodou.

EMG signál získaný pomocí povrchových elektrod (pomocí povrchové elektromyografie) ve srovnání s jehlovými elektrodami (které mohou měřit i menší svaly v hlubších vrstvách) umožňuje povrchová elektromyografie globálnější posouzení elektrické aktivity svalu díky větší ploše, ze které je záznam získáván (Deluca, 2003).

EMG záznam, získaný pomocí povrchových elektrod obsahuje výsledný zápis interferenční činnosti mnoha MJ. Je snadněji použitelný při různých pohybových aktivitách. Povrchové EMG je neinvazivní, jednoduše proveditelné vyšetření (Rodová, Mayer a Janura, 2001). Takové vyšetření se velice dobře hodí pro terénní měření skikrosového startu.

Při měření a zpracování dat z SEMG je potřeba mít na vědomí několik důležitých faktů, které do jisté míry limitují její užití. Jedním z hlavních limitujících faktorů je

ten, že neměříme svalovou sílu, ale pouze elektrický potenciál příslušných zaznamenaných MJ. Z příslušného elektrického potenciálu odvozujeme na aktivitu svalu a při normalizaci dat jsme sto usuzovat na práci svalu (Kračmar, 2002).

Kračmar (2002) podotýká, že je nutné si uvědomit zejména níže vypsána fakta:

1. Kvantitativně můžeme srovnávat pouze výsledky měření na jedné osobě bez přelepování elektrod a bez velké časové pauzy mezi měřením (pocení, odlepení elektrody). Nevýhodou je minimální možnost zobecnění výsledků.

2. Při analýze pohybové aktivity je vhodné vybrat probanda s vysokou mírou koordinace pohybu a s pevně fixovaným hybným stereotypem.

3. Zapojení velkého počtu motorických jednotek vyplývající ze vzájemné interference způsobuje deformaci křivky, přibližně od zapojení padesáti procent motorických jednotek nestoupá křivka dále lineárně, není možné poměrné posouzení svalové práce. Můžeme však konstatovat, jestli se svalová práce u jednoho svalu zvětšila nebo zmenšila mezi 2 různými činnostmi.

4. Bezvýznamná je snaha o poměrné posouzení svalové práce mezi 2 různými svaly. Do hry vstupuje různá vodivost kůže na různých místech těla, odlišná síla podkožního tuku, různá velikost motorických jednotek (např. okohybné svaly vs. m. gluteus maximus).

5. Lokalizace elektrod je možná pouze do jednoho určitého místa svalu. Popisujeme-li aktivaci svalu, popisujeme vlastně aktivaci pouze místa svalu, kde jsou lokalizovány elektrody. Předpokládáme-li zřetězení svalových funkcí, pak při změně úhlu v kloubu se může posunout řetězec největšího zatížení v samotném svalu a znehodnotit tak výsledky měření. Východiskem je expertní vyhledání místa největší svalové kontrakce pro lokalizaci elektrod. Je samozřejmě nutné simulovat pohyb co nejvěrněji – tvar pohybu i charakteristika práce svalů ve smyslu kontrakce koncentrická versus excentrická (Kračmar, 2002).

3. Cíle, úkoly, hypotézy a určení výzkumné otázky

3.1. Cíle

Cílem této práce je pomocí povrchové elektromyografie analyzovat práci svalů horní poloviny těla během skikrosového startu.

3.2. Úkoly

- Analyzovat literaturu zabývající se zvolenou tématikou
- Vybrat svaly, které se na pohybu výrazně podílejí a zároveň jsou spolehlivě měřitelné povrchovou elektromyografií
- Získat souhlas etické komise
- Zrealizovat měření
- Získaná měření vyhodnotit

3.3. Hypotéza

- Skikrosový start je symetrickou činností

3.4. Výzkumná otázka

- Jaké je pořadí zapojení jednotlivých svalů?
- Jak dlouho jednotlivé svaly pracují?

4. Metodika práce

4.1. Charakteristika výzkumu

Jedná se o osobní případovou studii popisného charakteru.

Případová studie slouží k detailnímu studiu jednoho nebo několika málo případů. Cílem je zachycení složitosti konkrétního případu a jeho vztahů v jejich celistvosti. Na konci studie se případ dává do širších souvislostí a může být použit pro srovnání s jinými případy (Hendl, 2005).

Případová studie patří do metod kvalitativního výzkumu. Na rozdíl od kvantitativního výzkumu, kde zkoumáme více jedinců s omezeným rozsahem informací, v kvalitativním výzkumu máme mnoho informací o malém počtu osob (Kračmar, 2002).

4.2. Design výzkumu

Měření předcházelo individuální rozcvičení a 3 testovací pokusy. Elektrody byly aplikovány při simulaci pohybu při skikrosovém startu. Po aplikaci elektrod následoval test maximální volní kontrakce a po něm se přešlo k samotnému měření, kdy bylo provedeno 5 skikrosových startů. Jednotlivé starty probíhaly v intervalech 2 až 4 minuty.

4.3. Charakteristika sledovaného souboru

Měření prošel 75 kilogramů vážící, 184 cm vysoký proband ve věku 29 let, který se skikrosu na národní a mezinárodní úrovni věnuje již 5. rokem.

Proband obdržel veškeré nezbytné informace, adekvátně je pochopil a po vlastním zvážení dospěl k rozhodnutí o své dobrovolné účasti, což stvrdil podpisem informovaného souhlasu. Znění informovaného souhlasu spolu se schváleným projektem práce etickou komisí naleznete v přílohách této práce (Příloha 1).

4.4. Použité metody

Pro měření činnosti svalů jsme použili povrchovou elektromyografii. K tomuto účelu jsme použili mobilní přístroj MT - M6T16 a příslušné bipolární elektrody, které byly umístěny na očištěnou a odmaštěnou probandovu kůži nad měřené svaly paralelně se směrem svalového vlákna. Jedna elektroda je nad aktivní částí svalu a druhá slouží jako elektroda referenční nad elektricky málo aktivní oblastí.

Získaná data byla přehrána do osobního počítače, kde byla následně zpracována pomocí programů Megawin, MR3 a Excel.

4.4.1. Charakteristika přístrojového vybavení

Měření SEMG proběhlo pomocí mobilního přístroje MT - M6T16. Tento přístroj je určen pro terénní použití a je připraven pro připevnění na tělo probanda. Naměřené hodnoty ukládá na SD kartu, z které se hodnoty následně přehrávají do počítače.

- Název: MT - M6T16
- Výrobce: Mega Electronics
- Počet kanálů: 16
- Vzorkovací frekvence: 100 / 250 / 1000 / 2000 / 5000 / 10000 Hz
- Paměť: 256 MB - 2 GB
- Rozměry: 181 x 85 x 35 mm
- Hmotnost: 344 g

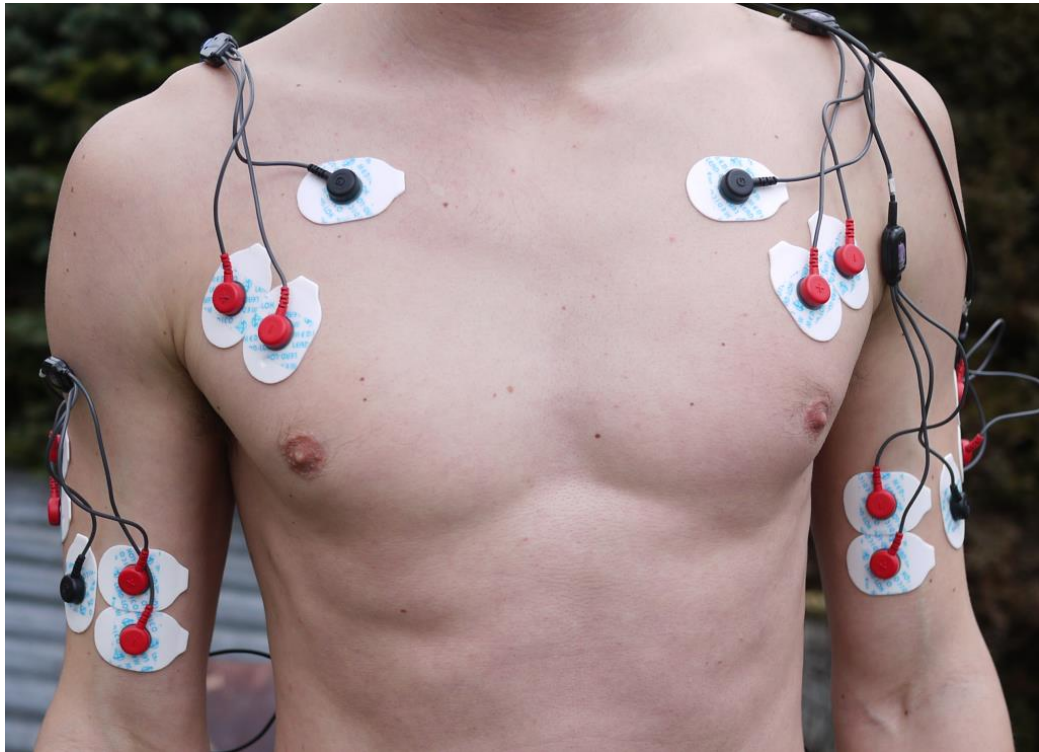
4.5. Výběr svalů

Pro tuto práci bylo vybráno šest svalů vždy na pravé i levé straně těla. Jsou jimi:

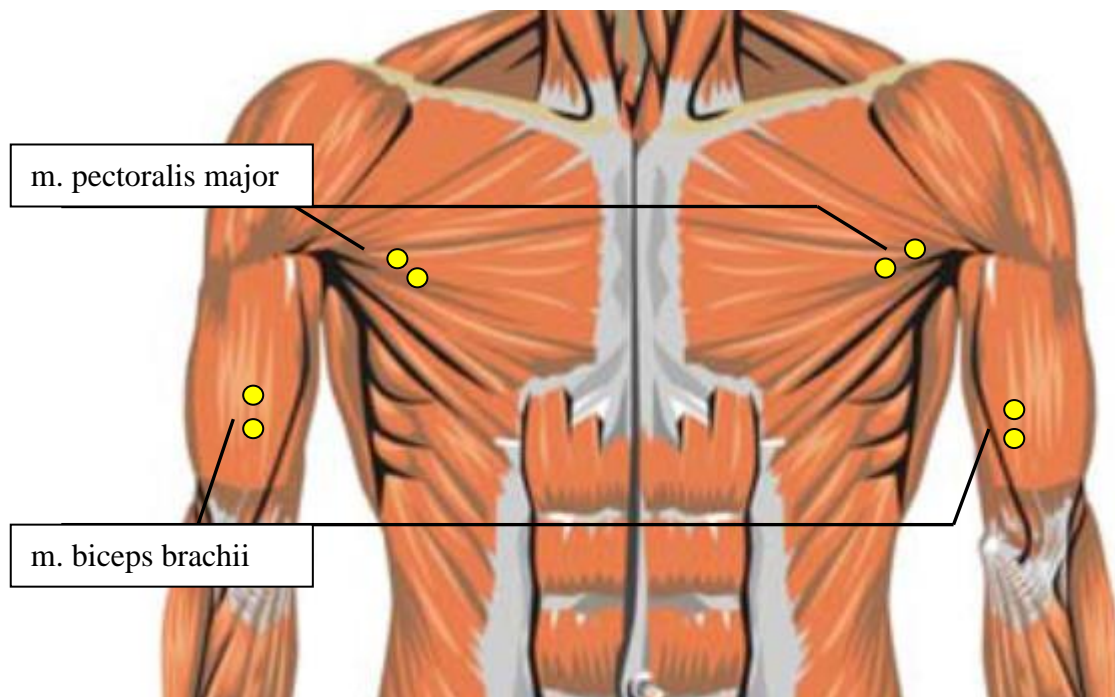
- m. biceps brachii
- m. erector spinae
- m. latissimus dorsi
- m. pectoralis major
- m. trapezius
- m. triceps brachii

4.6. Lokalizace elektrod

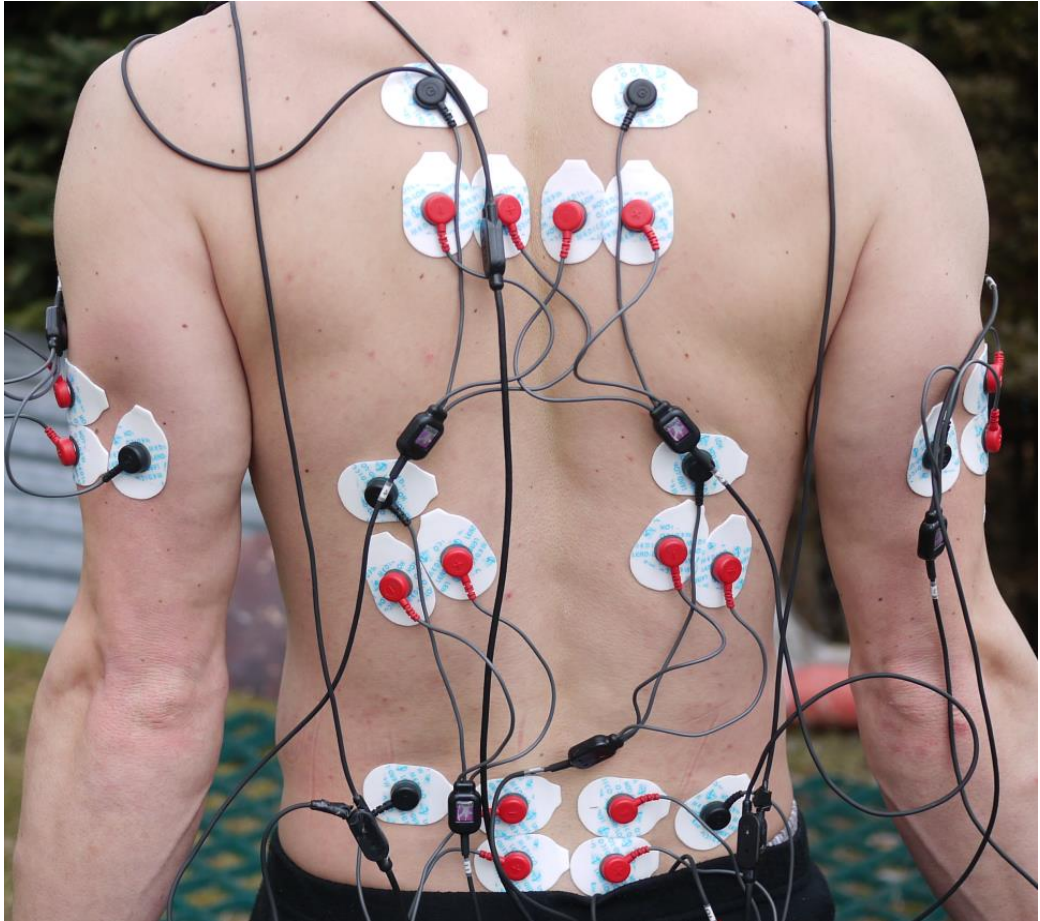
Níže je znázorněna a zdokumentována lokalizace elektrod zvolených svalů (Obrázek 10, Obrázek 11, Obrázek 12, Obrázek 13).



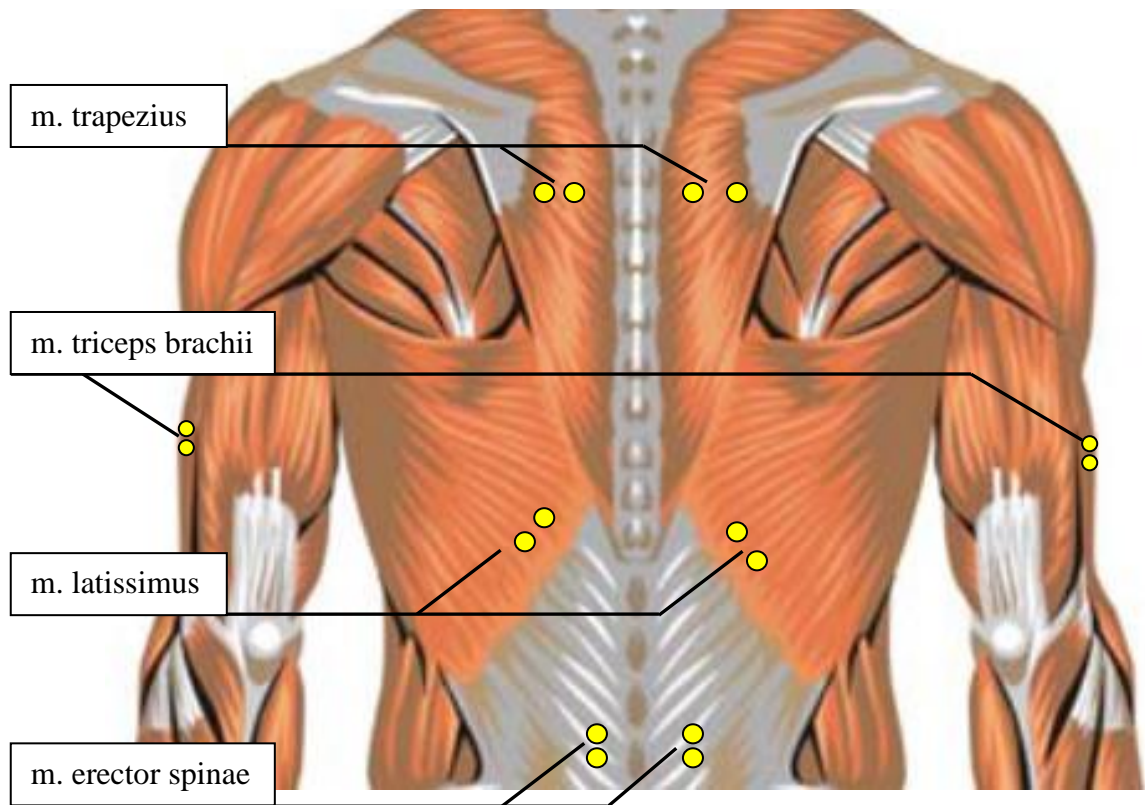
Obrázek 10 Lokalizace elektrod m. biceps brachii a m. pectoralis major



Obrázek 11 Schéma lokalizace elektrod m. biceps brachii a m. pectoralis major



Obrázek 12 Lokalizace elektrod m. trapezius, m. latissimus dorsi, m. erector spinae a m. triceps brachii



Obrázek 13 Schéma lokalizace elektrod m. trapezius, m. latissimus dorsi, m. erector spinae, m. triceps brachii

4.7. Zpracování dat

Vyšetření SEMG má vždy dva kroky. Prvním z nich je získávání dat, resp. samotný záznam elektrické aktivity svalů, a druhým krokem je získaná data analyzovat a vyhodnocovat (Krobot, Kolářová, 2011).

K prvotnímu vyhodnocení elektromyogramu typu RAW ve vzorkovací frekvenci 10000 Hz byl použit software Megawin, který je dodáván s přístrojem M6-T16 a software MR3 od firmy Noraxon. Získané signály jsme z programu Megawin exportovali ve formátu *.c3d a následně použili ve druhém zmiňovaném programu. Program MR3 disponuje širokou nabídkou vyhodnocení i exportem dat do souboru *.slk, který je čitelný v programu Microsoft Excel, pomocí kterého jsme tvořili převážně tabulky a grafy.

Pro vyhodnocení byly použity 4 skikrosové starty. Původně bylo zaznamenáno 5 startů, ale jeden z provedených startů měl po zhlédnutí křivek zcela nerelevantní data.

Signály jednotlivých startů byly normalizovány na základě příslušného svalového testu, čímž jsme dostali tzv. MVC - Normalization (Maximum Voluntary Contraction), neboli normalizaci na základě maximální volní kontrakce. Hlavní výhodou tohoto postupu je možnost vzájemně porovnávat aktivitu svalů v procentuálním měřítku, kde 100% představuje maximum dosažené ve svalovém testu.

Jednotlivé signály z provedených startů byli v programu MR3 následně rektifikovány (rectification) a vyhlazeny (smoothing) čímž jsme dostali tzv. průměrnou rektifikovanou hodnotu (Average Rectified Value - "ARV") (Kondrad, 2005).

Dalším procesem, kterým prošli veškeré získané signály, bylo vymezení zkoumaného úseku neboli určení několika kritických bodů (markerů), které by nám pomohly jednotně stanovit měřený úsek v různých startech. Prvním určovaným markerem byl začátek fáze přitahování (tzv. "Pull-Phase"). Pro jeho určení bylo zapotřebí zvolit referenční sval, který bude sloužit jako spolehlivý indikátor spuštění svalového řetězce pro fázi přitahování.

Tento referenční sval byl stanoven pomocí analýzy pořadí zapojovaných svalů. K této analýze byla použita část křivky začínající před započítáním práce svalů a končící za posledním z vrcholů všech měřených jednotlivých svalů.

Analýza pořadí zapojovaných svalů byla koncipována tak, aby byl nástup svalu zaznamenán v ten moment, kdy překročí specifikovaný práh. Tento práh byl nastaven na 50% maxima křivky, přičemž veškerá data pod prahem 50% byla eliminována. Ukázka analýzy pořadí zapojovaných svalů je k vidění níže (Obrázek 14).

Z této analýzy byly vyřazeny signály z m. triceps brachii RT, LT, jejichž vrcholy se nachází až ve fázi odtlačování.



Obrázek 14 Ukázka analýzy pořadí zapojovaných svalů

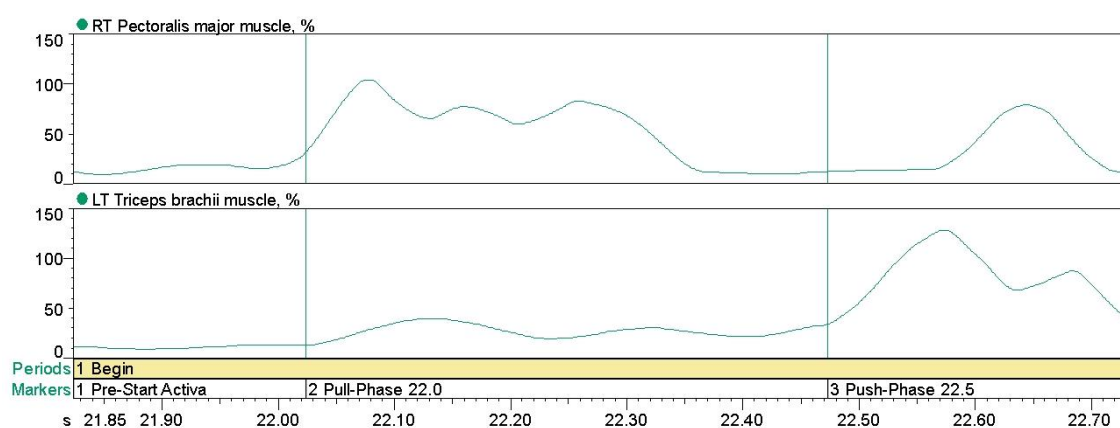
Z analýzy pořadí zapojovaných svalů z celkem 4 startů byl jako první zapojující se sval stanoven "RT pectoralis major", na jehož křivce byl poté určován marker pro začátek fáze přitahování ("Pull-Phase"). K tomu došlo následujícím způsobem: marker byl umístěn na 10% hodnotu maxima dané vzestupné křivky (Obrázek 15).



Obrázek 15. Ukázka stanovení začátku "Pull-Phase"

Marker "Pre-Activation" neboli bod začátku předstartovní svalové aktivace byl určen odečtením 0,2 s na časové ose od markeru "Pull-Phase".

Poslední dva markery ("Push-Phase" a "End of Push-Phase") byli stanoveny pomocí křivky m. triceps brachii LT a to pomocí podobného způsobu jako u markeru "Push-Phase". Prahy byly stanoveny taktéž na procentuální hodnotu 10% mezi minimem a maximem dané amplitudy. Na vzestupné části křivky tak byl určen počátek "Push-Phase" neboli začátek fáze odtlačování a na sestupné části křivky konec fáze odtlačování a tím i konec celého měřeného úseku. Ukázka měřeného úseku a obou dvou výše zmíněných křivek spolu s ukázkou dosazení markerů je k zhlédnutí na Obrázek 16.



Obrázek 16 Ukázka měřeného úseku s dosazenými "markery"

Po přesném vymezení začátků a konců měřeného úseku a jednotlivých fází u každého provedeného startu bylo teprve možno průměrovat získaná data. Veškerá data ve výsledkové části této práce tak zobrazují průměrnou velikost elektrických potenciálů ve svalu získanou ze všech měřených skikrosových startů.

U grafů na ose x je udáván normovaný čas v procentech z celkové doby trvání startu a na ose y výše elektrického potenciálu svalu v procentech.

5. Výsledky

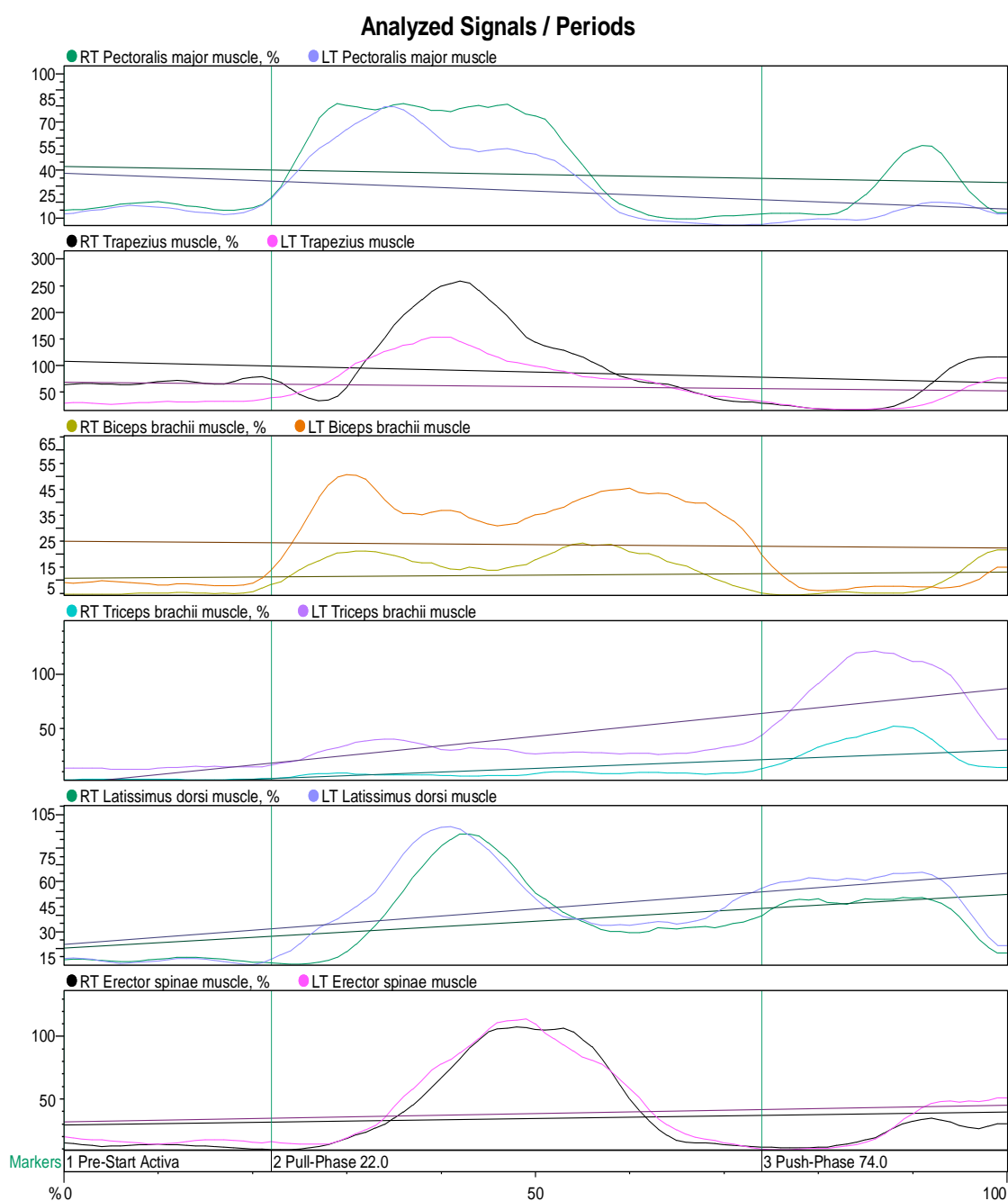
Veškerá data ve výsledkové části této práce zobrazují průměrnou velikost elektrických potenciálů ve svalu získanou ze všech měřených skikrosových startů.

U grafů na ose x je udáván normovaný čas v procentech z celkové doby trvání startu a na ose y výše elektrického potenciálu pod příslušnou elektrodou v procentech. Svislé čáry označují "markery": fázi předstartovní svalové aktivace, fázi přitahování a fázi odtlačování. U grafů v kapitole 5.1 prokládáme také regresní přímku.

V této kapitole využíváme taktéž data z příloh.

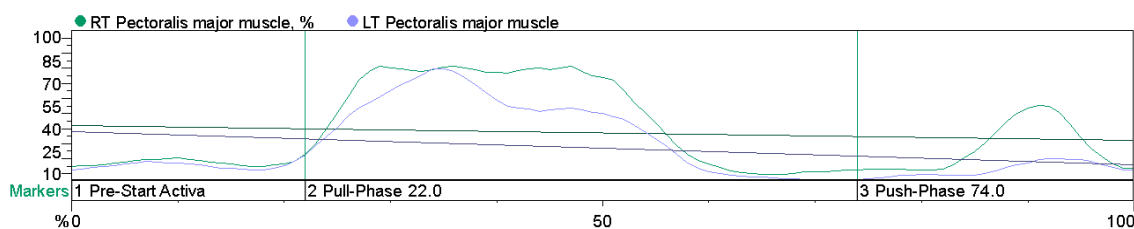
5.1. Průběh elektromyogramů

Níže se nachází graf se záznamem elektrických potenciálů svalů (Graf 1), které budou jednotlivě vyhodnoceny v následujících kapitolách. Součástí kapitoly je i srovnání symetričnosti.



Graf 1 Elektromyogramy celého startu s proloženými regresními přímkami

5.1.1. Vyhodnocení činnosti m. pectoralis major



Graf 2 Elektromyogram m. pectoralis major RT a LT

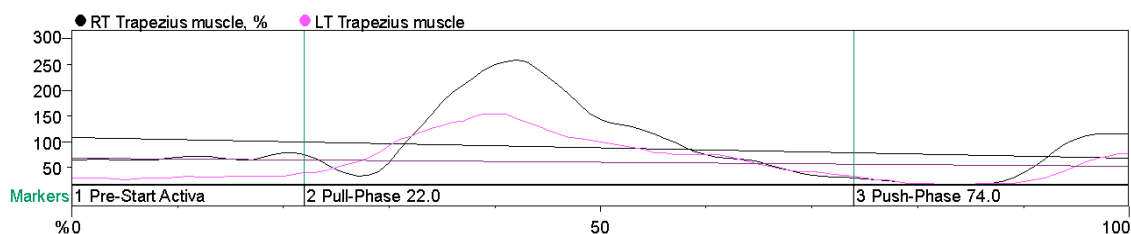
V tomto grafu (Graf 2) vidíme činnost m. pectoralis major RT a LT. Aktivita svalu ve fázi předstartovní svalové aktivace je poměrně nízká. Se začátkem fáze přitahování křivka rapidně stoupá a dosahuje velice rychle svého vrcholu (na kterém se převážnou část fáze přitahování drží), aby k jejímu konci klesla až pod výchozí úroveň na své minimum. Ve fázi odtlačování pak elektromyogram příslušných svalů opět stoupá k svému druhému vrcholu, který však již nedosahuje takového maxima, jako ve fázi přitahování.

Nárůst svalové aktivity ve druhé fázi pohybu je způsoben tím, že humerus příslušných stran začíná být ihned po otevření startovní brány addukován a závodník se snaží vyvinout v krátký čas co největší rychlost.

Proložená regresní přímka vypovídá o tom, že celková aktivita svalu v průběhu startu mírně klesá.

M. pectoralis major RT na první pohled dosahuje mírně větších průměrných hodnot než m. pectoralis major LT. Ve fázi přitahování sice dosahují stejného vrcholu, nicméně m. pectoralis major RT se v hodnotách blízcích vrcholu drží delší časový úsek. Ve fázi odtlačování m. pectoralis major RT opět zřetelně převyšuje m. pectoralis major LT v maximálních i průměrných hodnotách.

5.1.2. Vyhodnocení činnosti m. trapezius



Graf 3 Elektromyogram m. trapezius RT a LT

Aktivita svalu m. trapezius na Graf 3 pouze s několika rozdíly kopíruje elektromyogram svalu m. pectoralis major. Taktéž má jeho křivka dva vrcholy, přičemž první

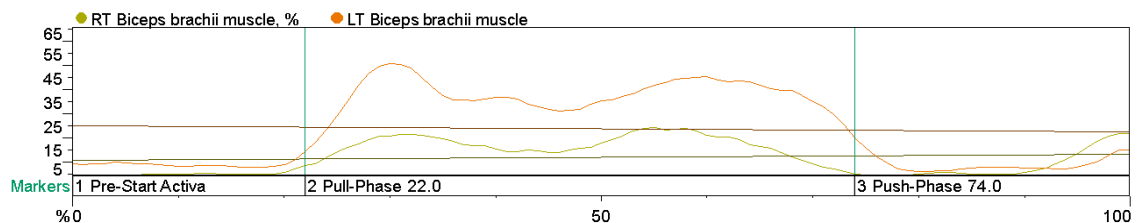
(větší) se nachází ve fázi přitahování a druhý ve fázi odtlačování. Rozdílný (vzhledem k m. pectoralis major) je na první pohled čas začátku vzestupu křivky a to jak ve fázi přitahování, tak i ve fázi odtlačování. Minima jeho elektromyogramu sice taktéž dosahuje po prvním vrcholu - ovšem taktéž opožděně a tudíž až ve fázi odtlačování.

Jeho maxima dosahují až 259% v případě m. trapezius RT a 154% v případě m. trapezius LT. To jsou vysoká čísla, ovšem je potřeba podotknout, že tento sval je spíše morfologickou než funkční jednotkou (Velé, 2006). Proto je nutné mít se na pozoru při hodnocení jeho aktivity při skikrosovém startu jako abnormálně významné.

Co se symetričnosti týče, tak jako aktivnější se jeví m. trapezius RT a to ve všech fázích o poměrně velké hodnoty. Je na zvážení, zda při jeho měření nedocházelo k silným interferencím nebo k jinému problému, který výsledky mohl devalvovat.

Regresní přímka proložená elektromyogramem má mírně sestupnou tendenci.

5.1.3. Vyhodnocení činnosti m. biceps brachii



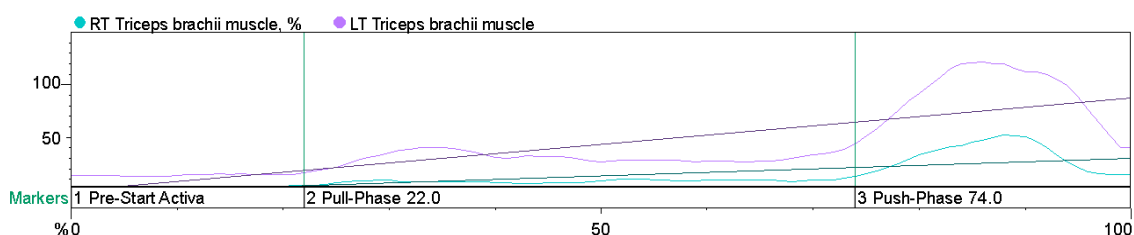
Graf 4 Elektromyogram m. biceps brachii RT a LT

Elektromyogram m. biceps brachii (graf 4) má vrcholy 3. První dva s podobnými maximy se vyskytují ve fázi přitahování (kdy flektuje loketní kloub) a třetí na úplném konci fáze odtlačování, kdy brzdí rychlý pohyb předloktí a následně nejspíše flektuje loketní kloub (což již není obsahem této práce). Minima nalezneme ve fázi předstartovní svalové aktivace a ve fázi odtlačování.

Regresní přímka proložená elektromyografem je pro m. biceps brachii RT mírně sestupná, zatímco u m. biceps brachii LT mírně vzestupná. Nicméně přímka prvního zmiňovaného svalu (RT) je proložena podstatně výše než u svalu na druhé straně těla, tudíž lze usoudit, že jeho míra aktivity bude o něco vyšší.

Co se symetričnosti týče, tak oba svaly mají velice podobný průběh. V tomto případě je však znatelně aktivnější sval na levé straně těla.

5.1.4. Vyhodnocení činnosti m. triceps brachii



Graf 5 Elektromyogram m. triceps brachii RT a LT

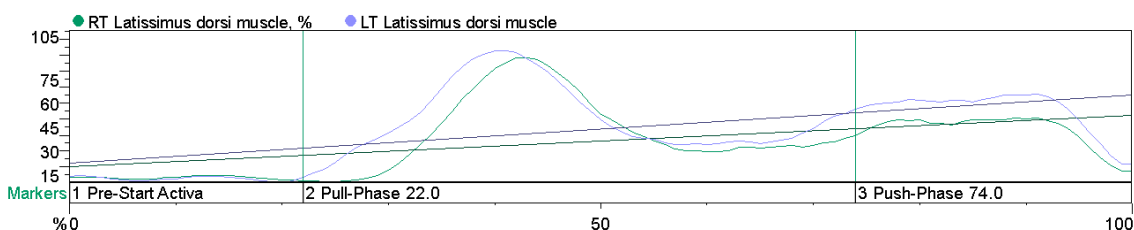
U grafu 5, který znázorňuje elektromyogram m. triceps brachii RT a LT nás na první pohled zaujme značný rozdíl mezi umístěním regresních přímk. U svalu na levé straně přímka začíná ještě ve fázi předstartovní svalové aktivace a je strmá, zatímco přímka svalu na straně pravé začíná až ve fázi přitahování a je strmá méně. Hodnota maxima m. triceps brachii LT ve fázi odtlačování dosahuje 122%, zatímco maximum m. triceps brachii RT dosahuje pouze 52,5% maxima. To by mohlo znamenat, že míra zapojení svalů se značně liší, nicméně je potřeba brát také v potaz, že došlo k chybě při snímání, jichž může být celá řada – například změna vodivosti kůže.

Pokračujme ale v popisu přímky. Oba svaly mají svůj vrchol ve fázi odtlačování, po jehož maximu následuje (ještě před koncem fáze) pokles. Fáze odtlačování je ukončena poklesem aktivity svalu pod hodnotu 10% maxima.

Z dostupného grafu je zřejmé, že sval je neaktivnější ve fázi odtlačování, kdy svou kontrakcí tvoří extenzi v loketním kloubu. Extenze v loketním kloubu je také charakteristickým znakem pro tuto fázi (Nedergaard a kol., 2015).

Sval s krásně symetrickým průběhem, ovšem s velice rozdílnými hodnotami mluvicí při větší aktivitě svalu na levé straně těla.

5.1.5. Vyhodnocení činnosti m. latissimus dorsi



Graf 6 Elektromyogram m. latissimus dorsi RT a LT

M. latissimus dorsi je dalším svalem jehož regresní křivka, proložená elektromyografem, během startu stoupá. Poměrově ke svým průměrným hodnotám je velice málo aktivní během předstartovní fáze – ostatně jako jiné svaly. Prvního vrcholu dosa-

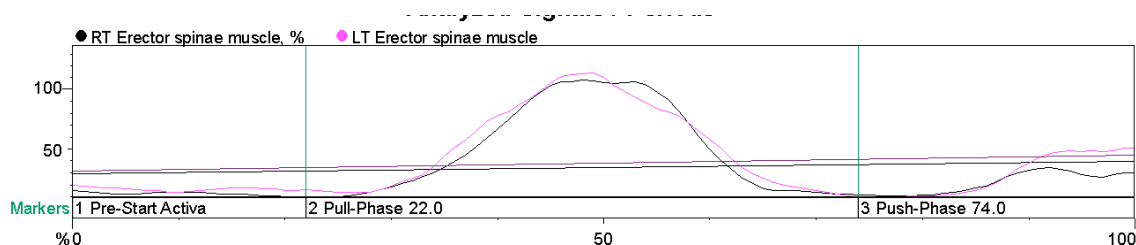
huje ve fázi přitahování. Po dosažení vrcholu křivka rapidně klesá, nicméně ne na hodnoty předstartovní fáze. Jeho minima mezi vrcholy dosahují okolo 30% až 40%. Před koncem fáze přitahování jeho aktivita opět stoupá a během většiny času fáze odtlačování dosahuje 50% až 60%. Ke konci poslední fáze jeho aktivita klesá, čímž časově kopíruje sestupnou aktivitu svalů m. triceps brachii.

Jednou z funkcí m. latissimus dorsi je extenze v ramenním kloubu a horizontální extenze paže (Čihák, 2008). Obě dvě výše zmíněné funkce mají velkou úlohu při akceleraci ve fázi přitahování. Maximum v této fázi činí 114% pro m. latissimus dorsi LT a 108% pro m. latissimus dorsi RT. Vzhledem k velkému rozsahu pohybu, kterému m. latissimus dorsi napomáhá, se jedná o velice důležitý sval.

Ve fázi odtlačování je sval zatěžován převážně izometricky (udržuje paže v zapažení) a tudíž již nevykonává aktivní pohyb.

Co se symetričnosti týče, tak oba svaly vykazují velice podobný průběh, ale sval na pravé straně se začíná zapojovat s malinkým zpožděním a jeho maximální i průměrné hodnoty jsou o něco nižší v porovnání se svalem na straně levé.

5.1.6. Vyhodnocení činnosti m. erector spinae



Graf 7 Elektromyogram m. erector spinae RT a LT

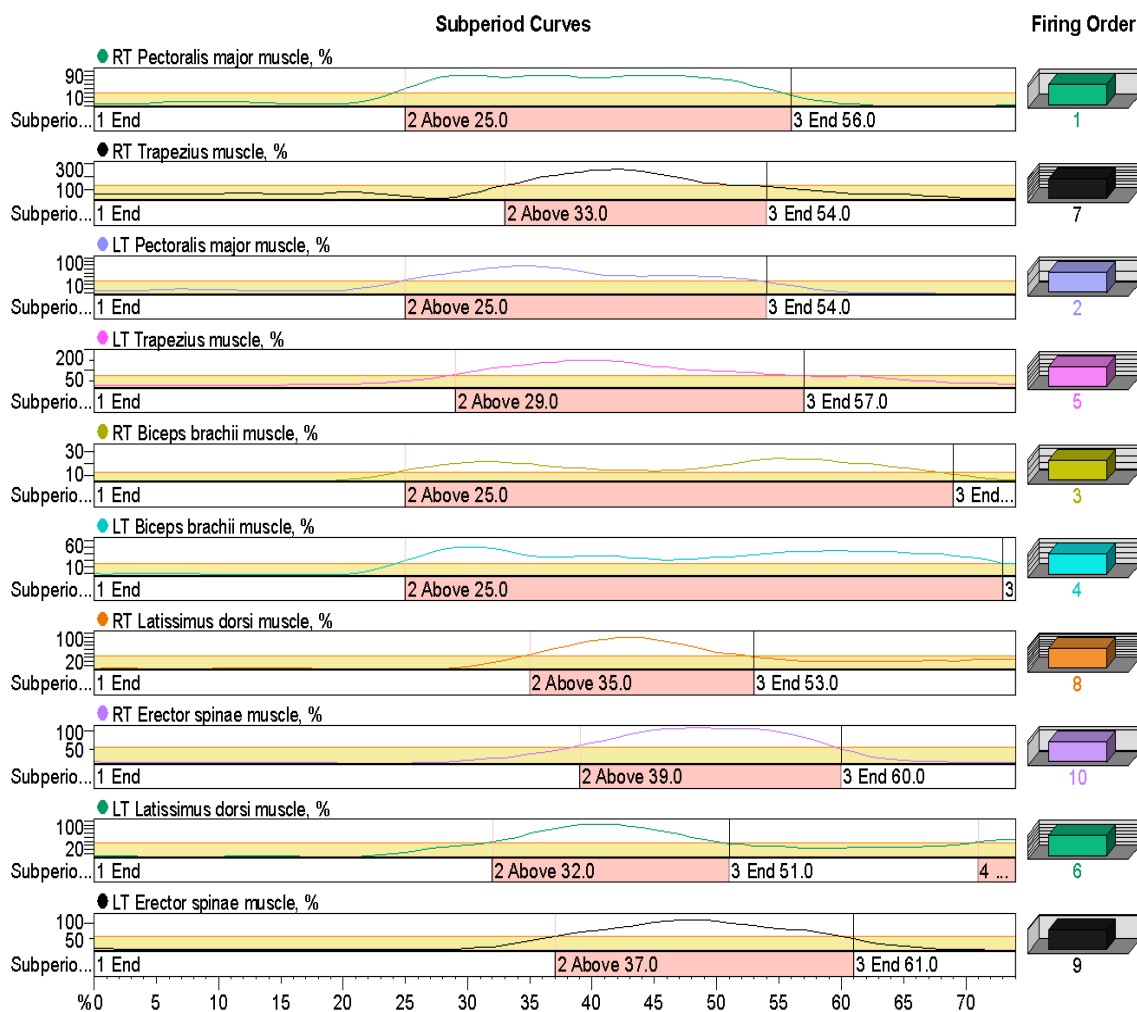
Výše vyobrazený elektromyogram m. erector spinae (Graf 7) ukazuje zapojení svalů především ve fázi přitahování (se značným zpožděním za prvním zapojovaným m. pectoralis major) s maximem 114% pro m. erector spinae LT a 108% pro m. erector spinae RT. Druhého vrcholu (ovšem patřičně nižším než je ten první – 50%) dosahuje ke konci fáze odtlačování. Ke konci fáze přitlačování a ze začátku fáze odtlačování se zdá jako zcela neaktivní. Bez zajímavosti není průměrná hodnota ve fázi přitahování, která činí 53,4% pro m. erector spinae LT a 50% pro m. erector spinae RT. Takové hodnoty ho řadí na druhé místo za m. trapezius, který ovšem je spíše morfologickou, než funkční jednotkou (Velé, 2006). M. erector spinae navíc tvoří, na rozdíl od m. trapezius, pohyb velkého rozsahu (extenze páteře z předklonu). S takovými zjištěními aspiruje m.

erector spinae na sval nejvyšší důležitosti. Pro takové tvrzení je však potřeba další bádání.

U m. trapezius si můžeme povšimnout velice dobré symetrie jak v průběhu křivky, tak v jejích hodnotách maximálních, průměrných i minimálních.

5.2. Pořadí zapojení jednotlivých svalů

Pro určení pořadí zapojování svalů byly použity normované elektromyogramy z 5 provedených startů (Graf 8). Práh aktivity svalu byl stanoven na 50% maxima šetřeného úseku. Šetřeným úsekem byla celá fáze předstartovní aktivace a fáze přitahování. Z měření byl vyřazen m. triceps brachii RT, LT.



Graf 8 Pořadí zapojení jednotlivých svalů. První 4 svaly se zapojují současně!

V pravé části grafu je číselně vyjádřené pořadí zapojení, z kterého vyplývá, že prvním svaem v celé souhře je m. pectoralis major RT. Podíváme-li se podrobněji, zjistíme, že tomu tak opravdu je, nicméně časový údaj na normované ose x jasně vypovídá, že zapojení prvních 4 svalů je totožné, a sice na 25% na normalizované časové ose x. Jsou jimi již výše zmiňovaný m. pectoralis major RT, LT a m. biceps brachii RT, LT. Následují m. trapezius LT, m. latissimus dorsi LT, m. trapezius RT, m. latissimus dorsi RT a posledními dvěma jsou m. erector spinae LT a RT.

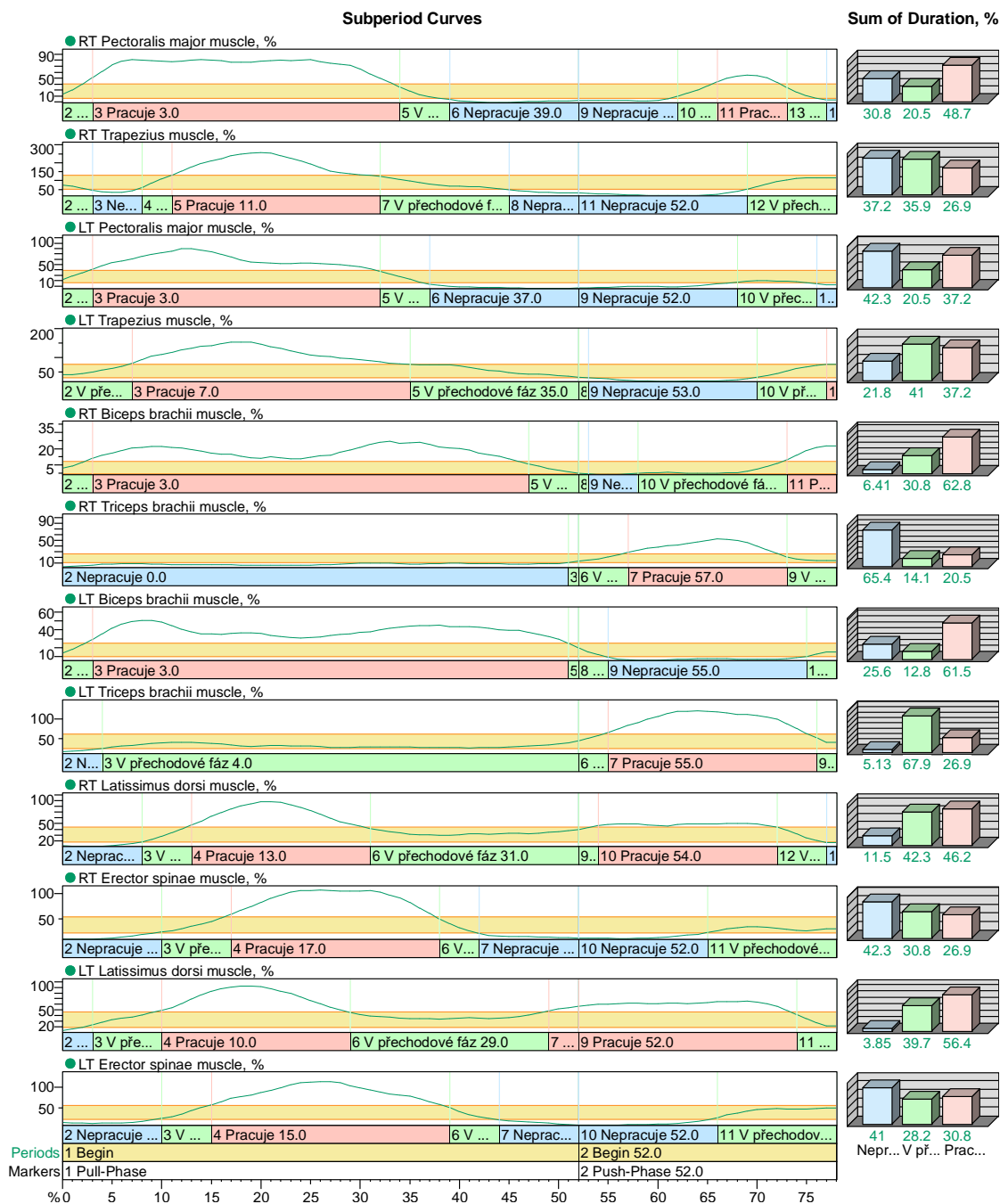
5.3. Doba zapojení jednotlivých svalů

Níže se vyskytují podkapitoly zabývající se hodnocením svalů při skikrosovém startu z hlediska doby jejich zapojení. Práh, při jehož překročení se sval ve výsledcích objevuje v červeném poli na ose x jako pracující byl stanoven manuálně na 50% jeho průměrné hodnoty šetřeného úseku. Když aktivita svalu klesla pod 20%, je značen modře jako nepracující. Pokud se elektromyogram pohybuje mezi těmito hodnotami, tak je zaznamenán jako ve fázi přechodové.

Z analýzy této kapitoly jsme vyřadili fázi předstartovní svalové aktivace, ve které nedochází k aktivnímu pohybu, ale svaly jsou kontrahovány pouze izometricky. Při zařazení předstartovní fáze byly velice silně a neadekvátně ovlivněny průměrné hodnoty daných úseků a celkové výsledky tak byly nerelevantní.

5.3.1. Během fáze přitahování a fáze odtlačování

Níže umístěný elektromyogram (Graf 9) nám graficky znázorňuje časy a celkovou dobu zapojení konkrétních svalů. Celkové hodnoty jsou shrnuty v histogramu v pravé části.



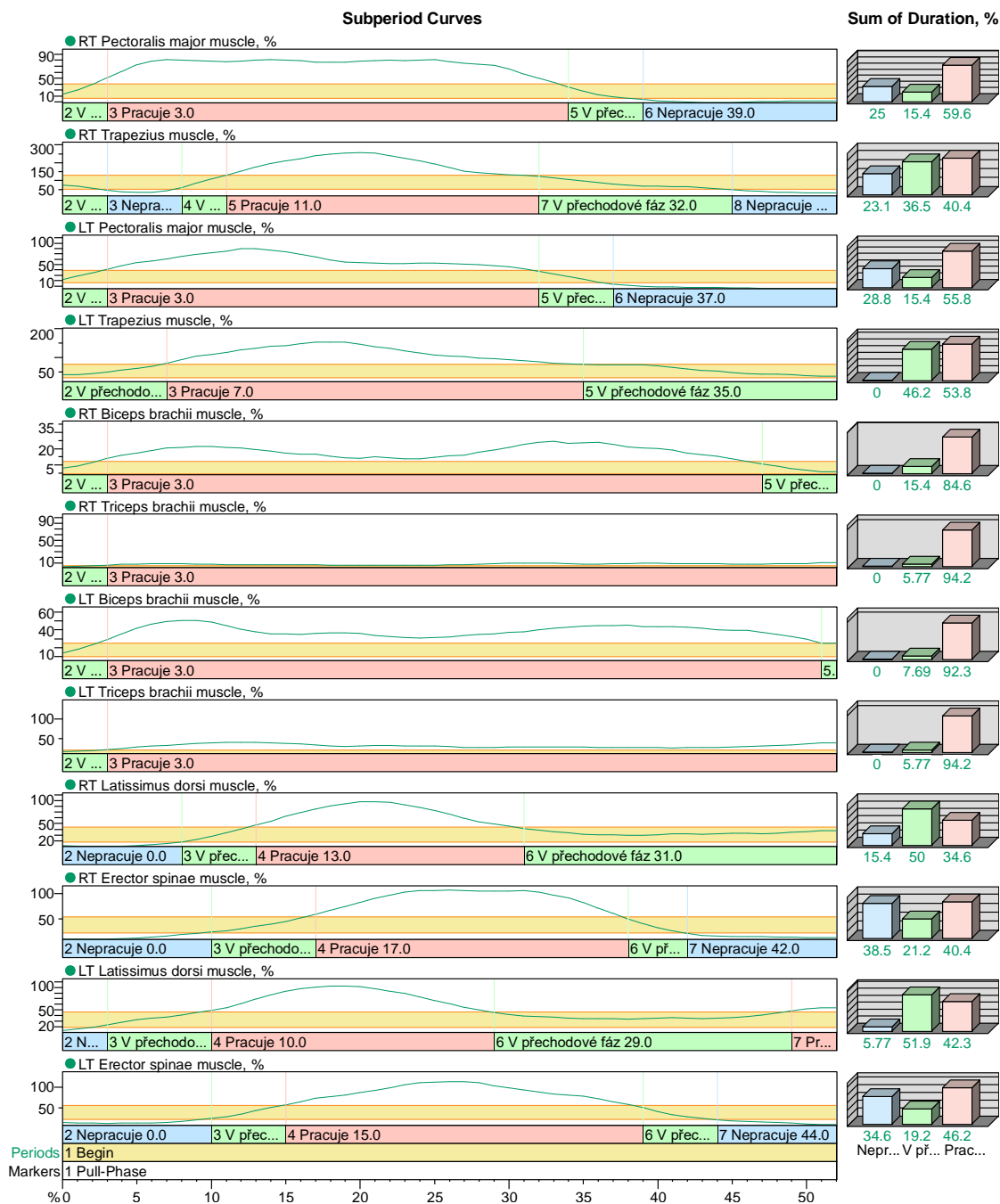
Graf 9 Doba zapojení jednotlivých svalů ve fázi přitahování a odtlačování

Z tohoto grafu jako nejdéle pracující svaly vychází m. biceps brachii RT (62,8%), LT (61,5%) následován m. latissimus dorsi LT (56,4%). M. latissimus dorsi RT má již poněkud nižší hodnotu (46,2%). Vyšší hodnotu (ačkoli s malým rozdílem) vykazuje i m. pectoralis major s 48,8%.

M. biceps brachii RT, LT pracuje především ve fázi přitahování, zatímco ve fázi odtlačování vůbec. M. latissimus dorsi RT, LT pracuje v součtu sice v kratší době než m. biceps brachii, nicméně v obou šetřených fázích má své vrcholy. M. triceps brachii RT, LT se pracuje až ve fázi odtlačování a to v průměru na velice krátkou dobu okolo 20%.

5.3.2. Během fáze přitahování

Níže umístěný elektromyogram (Graf 10) nám graficky znázorňuje časy a celkovou dobu zapojení konkrétních svalů. Celkové hodnoty jsou shrnuty v histogramu v pravé části.



Graf 10 Doba zapojení jednotlivých svalů ve fázi přitahování

Zprůměrujeme-li data pouze na fázi přitahování, tak se bezkonkurenčně nejděle zapojovaným svalem stává m. triceps brachii RT, LT. Tyto výsledky považují však za nerelevantní, a sice vzhledem k velice nízkým průměrným hodnotám získaných tímto svalem v této fázi. Jeho analýzu tudíž z dalšího textu vyřazují.

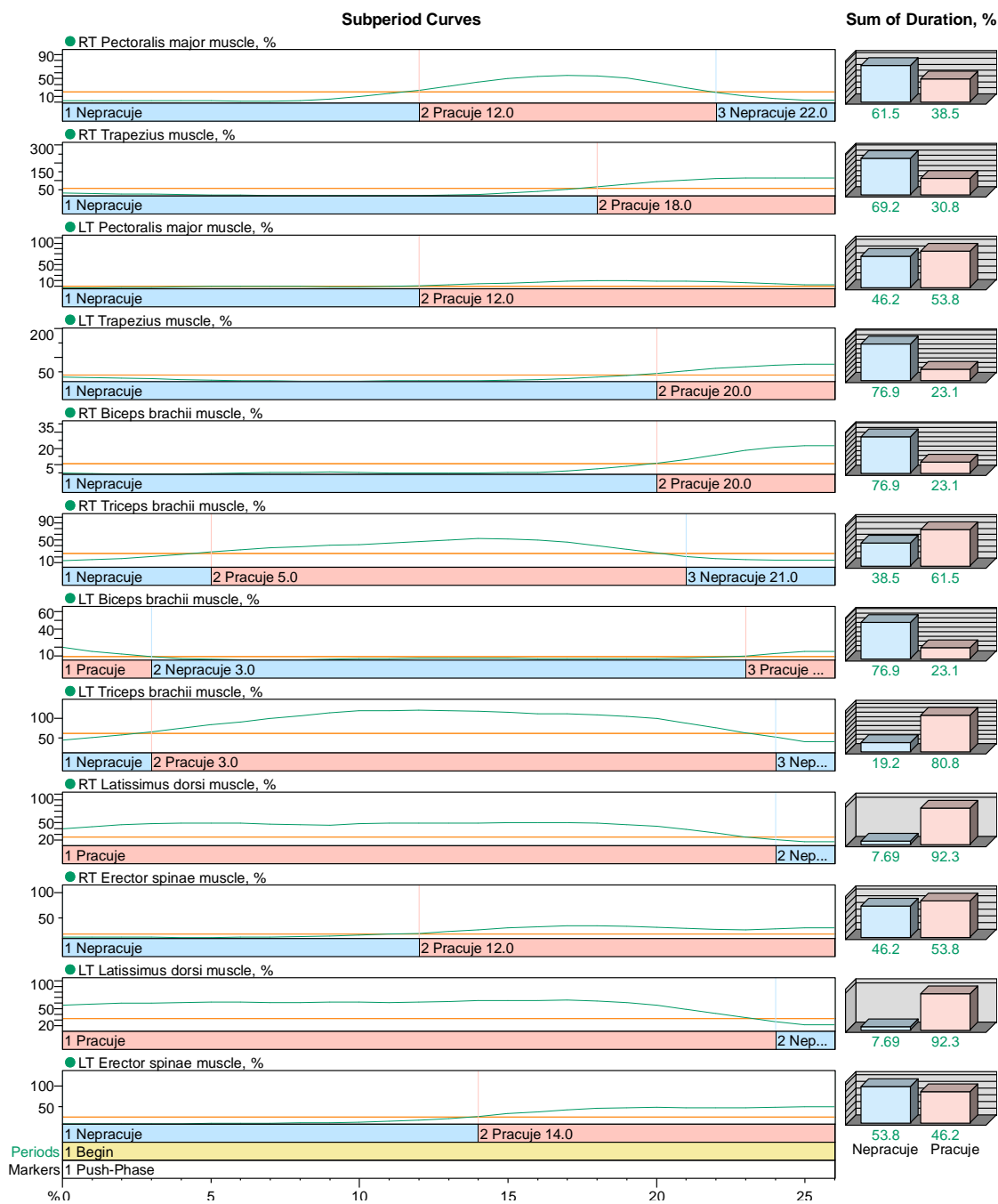
Nejdéle pracujícími svaly zůstávají svaly zmiňované v předešlé podkapitole, a sice m. biceps brachii RT, LT – opomineme-li pomalejší náběh nad práh 50% průměrné hodnoty zapojení, tak pracuje v této fázi takřka 100% času.

M. pectoralis major RT, LT pracuje přes polovinu daného času. Dalším svalem překračující hranici poloviny času práce je m. trapezius RT, LT a k hranici 50% se také blíží m. erector spinae RT, LT.

Poměrně kratší dobu práce (42,3% pro LT a 34,6% pro RT) vykazuje m. latissimus dorsi.

5.3.3. Během fáze odtlačování

Níže umístěný elektromyogram (Graf 11) nám graficky znázorňuje časy a celkovou dobu zapojení konkrétních svalů. Celkové hodnoty jsou shrnuty v histogramu v pravé části. V této podkapitole základní práh (50% průměrné hodnoty daného svalu pro daný úsek) zůstal stejný, avšak byl vyřazen spodní práh 20% a udáváme tak pouze hodnotu „pracuje“ (v červeném poli na ose x) a „nepracuje“ (v modrém poli) na ose x.



Graf 11 Doba zapojení jednotlivých svalů ve fázi odtlačování

Nejdéle pracujícím svalem ve fázi odtlačování se jeví m. latissimus dorsi RT, LT (oba shodně 92,3%). Je ovšem potřeba připomenout, že jeho hlavní funkcí během fáze odtlačování je udržování paže v zapažení (Raschner a kol., 2009) a tudíž by jeho úloha ve tvorbě pohybu při startu ve skikrosu neměla být přeceňována.

Co není překvapením je 80% času práce m. triceps brachii LT a 61% práce m. triceps brachii RT, který se i během doby, kdy jeho křivka spadne pod 50% práh, pohybuje v hodnotách tomuto prahu velice blízkých.

Nejméně zapojovanými jsou oproti tomu logicky agonisticky působící m. biceps brachii RT, LT.

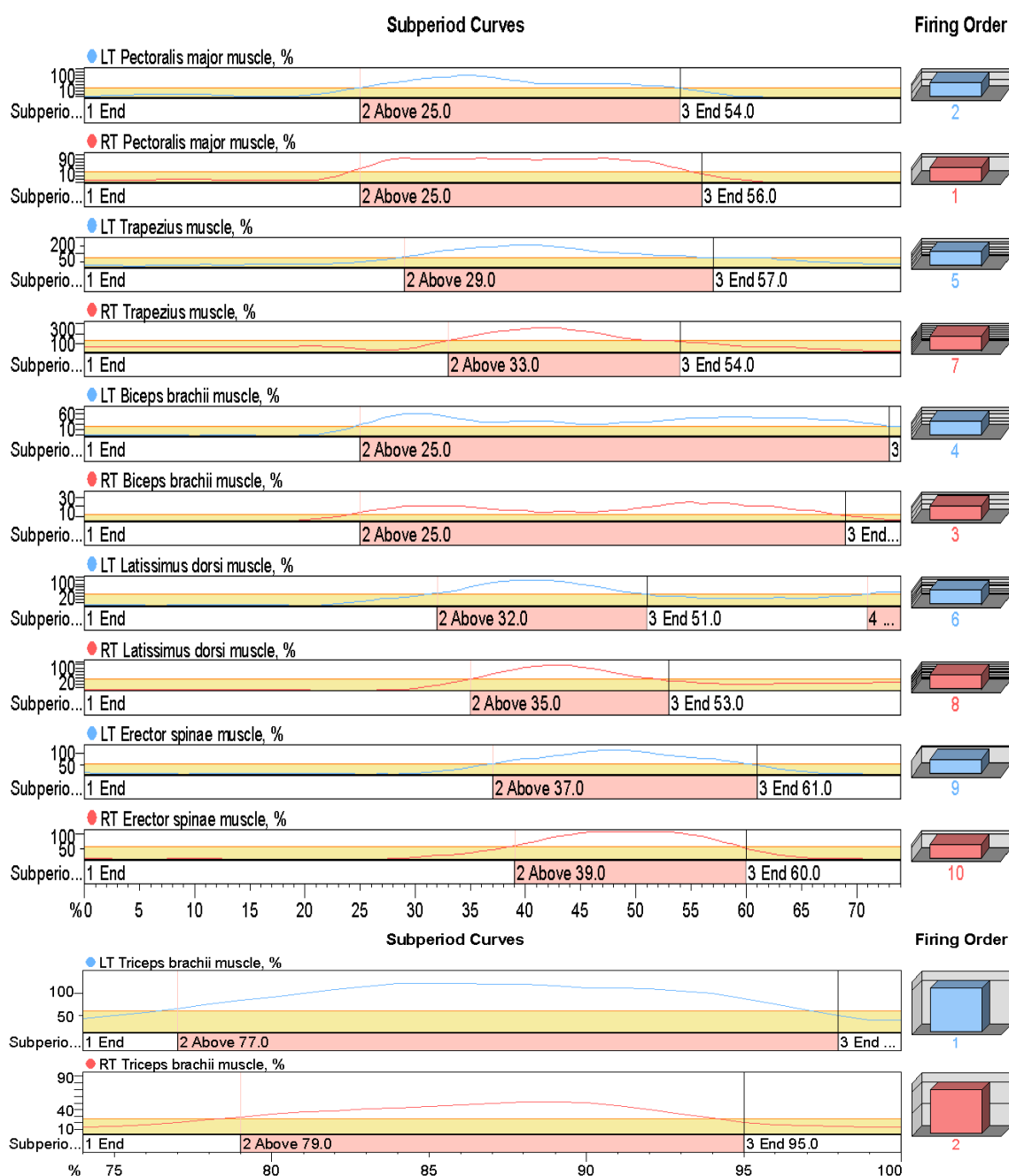
5.4. Symetrie skikrosového startu

Symetrii startu ve skikrosu hodnotíme ze dvou hledisek. Prvním z nich (kapitola 5.4.1) je hledisko pořadí zapojení svalů a druhým hledisko doby zapojení (5.4.2). V druhé podkapitole byla šetřena pouze fáze přitahování a odtlačování.

Ve fázi předstartovní svalové aktivace se svaly nezapojují koncentricky nýbrž izometricky, nevykonávají aktivní pohyb a z hlediska vzniku akcelerace při startu ve skikrosu mají v této fázi jen malý význam. Dalším důležitým atributem pro vyřazení předstartovní fáze z následujícího šetření je velký rozdíl v průměrných hodnotách ve fázi předstartovní a ve fázích následujících (svaly během předstartovní fáze jsou zatěžovány několikrát méně než ve fázi přitahování či odtlačování) – rapidně tak snižují celkové průměrné hodnoty a mají na hodnocení symetričnosti či asymetričnosti (a jiných atributů) ve fázi přitahování a odtlačování spíše devalvační účinky.

5.4.1. Symetrie skikrosového startu z hlediska pořadí zapojení svalů

Pro určení pořadí zapojování svalů byly použity normované elektromyogramy z 5 provedených startů (Graf 12 Graf 8). Práh aktivity svalu byl stanoven na 50% maxima šetřeného úseku. Šetřeným úsekem byla celá fáze předstartovní aktivace a fáze přitahování.



Graf 12 Vyhodnocení symetrie pořadí zapojení pravé a levé strany

Co se týče prvních zapojovaných svalů (m. pectoralis major RT, LT a m. biceps brachii RT, LT), tak všechny 4 svaly se zapojují vzájemně v jeden čas. Hodnotíme-li u

nich v této kapitole symetrii, tak nelze konstatovat jinak, než že start je symetrickou aktivitou – alespoň v jejím úplném začátku.

Ostatní párové svaly od sebe dělí 2 až 4% celkového času provedení fáze předstartovní a fáze přitahování, což převedeno na vteřiny znamená 0,013 s až 0,026 s. Zajímavé ovšem je, že udávaný rozdíl vždy hovoří ve prospěch svalu na levé straně, nicméně je otázkou, zda i takové zjištění může znamenat hrubou asymetričnost v provedení.

5.4.2. Symetrie skikrosového startu z hlediska doby zapojení svalů

V této kapitole se zaměříme na hodnocení symetrie z hlediska doby práce svalů ve fázi přitahování a ve fázi odtlačování. Vycházíme z dat uvedených v příslušném grafu (Graf 9) uvedeného v kapitole 5.3.1. Tato data jsou převedena do tabulky níže (Tabulka 4).

	RT, v %	LT, v %
M. pectoralis major	48,7	37,2
M. trapezius	26,9	37,2
M. biceps brachii	62,8	61,5
M. triceps brachii	20,5	26,9
M. latissimus dorsi	46,2	56,4
M. erector spinae	26,9	30,8

Tabulka 4 Symetrie skikrosového startu z hlediska doby zapojení svalů

Z výše uvedené tabulky (data jsou normována) se m. biceps brachii jeví jako zcela symetrickým. Blízko symetričnosti se také blíží m. erector spinae s rozdílem hodnot pouhých 3,9%. O něco méně symetrickým svalem se jeví m. triceps brachii (6,4%). U dalších svalů (m. pectoralis major, m. trapezius, m. latissimus dorsi) rozdíl v uvedených hodnotách činí u jednotlivých svalů již více než 10% z celkového času provedení fáze přitahování a fáze odtlačování.

V součtu vychází pravá strana na 232 jednotek normovaného času oproti 250 jednotkám na straně levé, což nepovažuji za markantní rozdíl. Zůstává otázkou, zda delší čas zapojení svalů na jedné či druhé straně vypovídá o větší důležitosti dané strany při tvorbě pohybu, nebo spíše o menší efektivnosti práce svalů na dané straně.

Pro další hodnocení symetrie startu ve skikrosu se nabízí také sumace ploch vystupujících nad daný práh 50% maxima daného úseku. Nicméně mějme na paměti pravidla z kapitoly 2.5, že snaha o poměrné posouzení svalové práce mezi 2 různými svaly je bezvýznamná, jelikož do hry vstupuje různá vodivost kůže na různých místech těla, odlišná síla podkožního tuku a různá velikost motorických jednotek (Kračmar, 200).

Další limitujícím faktorem je fakt, že zapojení velkého počtu motorických jednotek vyplývající ze vzájemné interference (což u silově explozivního charakteru pohybu jako je start ve skikrosu dozajisté platí) způsobuje deformaci křivky, přibližně od zapojení padesáti procent motorických jednotek nestoupá křivka dále lineárně a není možné poměrné posouzení svalové práce (Kračmar, 2002).

Pro posouzení symetričnosti bych doporučoval také šetření pomocí jiných metod.

6. Diskuze

V úvodu této části je potřeba zmínit, že platnost výsledků získaných prostřednictvím elektromyografie vyplývá z charakteru výzkumu, kterou je případová studie za využití povrchové elektromyografie. Cílem případové studie je zachycení složitosti konkrétního případu a jeho vztahů v jejich celistvosti (Hendl, 2005).

Povrchová elektromyografie má taktéž několik zásadních limitů. Kvantitativně můžeme srovnávat pouze výsledky měření na jedné osobě bez přelepování elektrod a bez velké časové pauzy mezi měřeními.

Z předešlých odstavců jasně vyplývá, že získané výsledky nelze zobecňovat a inter-individuálně porovnávat. Výsledky práce a kvantitativní porovnávání jsou platné pouze a jenom pro provedení startu daného probanda.

Cílem této práce bylo analyzovat aktivitu svalů horní poloviny těla během skikrosového startu. Zabývali jsme se činností 12 svalů. Zkoumanými svaly byli tyto: m. pectoralis RT, LT, m. trapezius RT, LT, m. biceps brachii RT, LT, m. triceps brachii RT, LT, m. latissimus dorsi RT, LT a m. erector spinae RT, LT.

Podářilo se nám sehnat odbornou literaturu zahraničních autorů a pohyb popsat z hlediska biomechanického. Na základě tohoto popisu jsme vybrali svaly, které chceme podrobit zkoumání, určili cíle a úkoly práce a zvolili použité metody.

Pomocí povrchové elektromyografie jsme zaznamenali průběh svalové aktivity u 5 skikrosových startů jednoho probanda a po popisu a srovnání elektromyogramů určili pořadí zapojení zapojovaných svalů, dobu práce jednotlivých svalů a dospěli jsme k těmto závěrům:

Předpokládali jsme, že průběh pohybu startu ve skikrosu bude symetrický. Obě končetiny teoreticky mají na začátku pohybu stejnou výchozí pozici, a tak by se měly pohybovat současně za využití podobného úsilí.

Zaznamenané elektromyogramy pravé a levé strany těla jeví stejný či podobný průběh se stejným počtem vrcholů, minim i časů zapojení.

Z hlediska pořadí zapojení prvních 4 svalů m. pectoralis major RT, LT se zapojují ve stejný moment. Stejně tak činí i m. biceps brachii RT, LT. Rozdíly v zapojení ostatních svalů jsou minimální a činí od 2% do 4% na normalizované časové přímce.

Z hlediska doby práce svalů jsou symetrické m. biceps brachii, m. triceps brachii a m. erector spinae (všechny v časovém rozdílu pouze od 3% do 7%). U ostatních svalů rozdíl v naměřených hodnotách činí více jak 10%. V komparaci celkových časů pro pravou a pro levou stranu je však rozdíl minimální.

Hypotéza symetričnosti se tak potvrdila, ovšem pro posouzení symetričnosti bych doporučoval také šetření pomocí jiných metod, především pak metodu kvantitativní.

Kvantitativní metody v biomechanice rozdělujeme na dynamické a kinematické. Dynamické metody zajímá příčina pohybu a měřenou veličinou je síla. Naopak kinematické metody příčinné síly neuvažují a věnují se základním parametrům, jimiž jsou dráha a úhel a jejich změny v závislosti na čase. Z těchto veličin potom odvodíme všechny ostatní měřené, jimiž jsou lineární rychlost, úhlová rychlost a zrychlení. K získání takových dat je ovšem zapotřebí odpovídající techniky umožňující měření s co možná nejmenší chybou (Janura, Zahálka, 2004).

Na tomto místě je vhodné zmínit Nedergaarda a kol. (2015), který uvádí start ve skikrosu jako symetrický pohyb a přikládá kvantitativní výsledky, mj. výslednici sil projektovanou na madlech startovacího zařízení, která činí 0,590 N/kg pro levé madlo a 0,552 N/kg pro pravé madlo. Asymetrie pravé a levé strany tak činí pouhých 4% (Tabulka 1, str. 13). V tvrzení o symetričnosti startu ve skikrosu se tedy s Nedergaardem a kol. (2015) shodujeme.

7. Závěry

Z rozboru literatury je zřejmé, že v České republice se tomuto tématu ještě žádný autor nevěnoval. Teoretické podklady pro rozbor technikypodařilo shromáždit v odborných člancích veskrze zahraničních autorů.

Cílem této práce bylo analyzovat aktivitu svalů horní poloviny těla během skikrosového startu. K samotnému měření byl na základě expertního posouzení vybrán jeden proband s precizním technickým provedením daného pohybu.

Výběr měřených svalů byl proveden na základě analýzy pohybu a popisu jejich funkce v anatomických a kineziologických publikacích Důraz byl kladen na jejich dostupnosti pro snímání povrchovou elektromyografií.

Stanovili jsme jednu hypotézu: *Skikrosový start je symetrickou činností.*

Hypotézu jsme ověřovali nebo se snažili vyvrátit ze dvou hledisek. Prvním z nich bylo pořadí zapojení jednotlivých svalů. Zjistili jsme, že první čtyři svaly, které při startu ve skikrosu aktivují, jsou m. pectoralis major RT, LT a m. biceps brachii RT, LT. Tyto svaly se zapojí v jeden moment.

Druhým hlediskem, kterému jsme naši hypotézu vystavili, byla doba práce jednotlivých svalů na pravé a levé straně těla. M. biceps brachii, m. triceps brachii a m. erector spinae jsou z tohoto pohledu téměř symetrické. Ačkoli u ostatních svalů rozdíly dosahují až 10% na normalizované časové přímce, tak v celkovém součtu a srovnání (pravá vs. levá strana) považujeme provedení za symetrické.

Ze všech zmíněných hledisek se tedy hypotéza potvrdila.

Míra zobecnění získaných výsledků je velmi nízká, jelikož data získaná povrchovou elektromyografií nelze zobecňovat. Nicméně celá tato práce přispěla ke snadnějšímu pochopení pohybu při startu ve skikrosu a detekce případných chyb.

Seznam literatury

1. ARGÜELLES, J., DE LE FUENTE, B., TARNAS, J., & DOMINGUEZ-CASTELLS, R. First section of the course as a critical aspect in skicross competition: 2010 Olympic games and World cup analysis. *29 International Conference on Biomechanics in Sports* (stránky 969-972). Porto: Portuguese Journal of Sport Sciences, 2011.
2. ČIHÁK, R. *Anatomie I*. Praha: Grada Publishing, 2001. ISBN 80-7169-970-5
3. DELUCA, C. J. *The use of Surface Electromyography in Biomechanics*. The International Society for Biomechanics. [online] ©2003 [cit. 20. 06. 2016]. Dostupné z: <http://www.delsys.com>
4. DELUCA, C. J. *The Use of Surface Electromyography in Biomechanics*. *Journal of Applied Biomechanics*, 1997, Volume 13 (2), s. 135-163.
5. DYLEVSKÝ, I., DRUGA, R., MRÁZKOVÁ, O. *Funkční anatomie člověka*. Praha: Grada Publishing, 2000. ISBN 80-7169-681-1.
6. EBENBICHLER, C., RASCHNER, C. (2012). The influence of direct pre-activation on the starting performance of elite ski cross athletes. *8th International Conference on Strength Training*, (stránky 197-198). Oslo.
7. HAMILL, J., KNUTZEN, M. *Biomechanical basis of human movement* (3. vyd.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002.
8. HEINEN, F., NEDERGAARD, N., SLOTH, S., KERSTING, U., & RASMUSSEN, J. (2012). Prediction of the optimal start technique in ski cross using musculoskeletal optimization. *3rd Annual Meeting of the Danish society of biomechanics*. Odense.
9. HENDL, J. *Kvalitativní výzkum*. Praha: Portál, 2005. ISBN 80-7367-040-2
10. INTERNATIONAL SKI FEDERATION. *Document Library: Freestyle Skiing - FIS-SKI*. [online] ©20015 [cit. 20. 06. 2016]. Dostupné z: <http://www.fis-ski.com>
11. JANDA, V. a kol. *Funkční svalový test*. Praha: Grada Publishing, 1996. ISBN 80-7169-5
12. KAMEN, G., & GABRIEL, D. A. *Essentials of electromyography*. United States: Human Kinetics, 2010.

13. KNUDSON, D., MORRISON, G. *Qualitative Analysis of Human Movement* Champaign III: Human Kinetics, 1997, s. 250, ISBN 0-88011-523-8.
14. KONRAD, P. *The ABC of EMG. A Practical Introduction to Kinesiological Elektromyography.* Noraxon INC. USA. 2005.
15. KRAČMAR, B. *Kineziologická analýza sportovního pohybu.* Praha. Triton 2002.
16. KROBOT, A., KOLÁŘOVÁ, B. *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci.* 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011, 82 s. ISBN 978-802-4427-621.
17. NEDERGAARD, N. J., HEINEN, F., SLOTH, S., HOLMBERG, H.-C., & KERSTING, U. G. (2015). Biomechanics of the skicross start indoors on a customised training ramp and outdoors on snow. *Sport Biomechanics, Volume 14, Issue 3*, (stránky 273-286).
18. PLATZER, H. P., RASCHNER, C., & PATTERSON, C. (2009). Performance-determining physiological factors in the luge start. *Journal of Sports Sciences* , stránky 221-226.
19. RASCHNER, C., PLATZER, H. P., PATTERSON, C., WEBHOFER, M., NIEDERKOFER, A., LEMBERG, S., a další. (2009). Optimizing snowboard cross and ski cross starts: A new laboratory testing and training tool. *Science and Skiing IV* , stránky 698-707.
20. RODOVÁ D., MAYER M., JANURA M. Současné možnosti využití povrchové elektromyografie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství.* 2001, č. 4, s. 173-177.
21. SIMONS, D., TRAVELL, S. *Myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual.* Baltimore: Williams and Wilkins, 1999 ISBN 0-683-08363-5
22. VELÉ, F. *Kineziologie posturálního systému.* Praha: Univerzita Karlova, 1995 ISBN 807184-100-5.
23. VELÉ, F. a kol. *Kineziologie pro klinickou praxi.* Praha: Grada Publishing, 2006. ISBN 80-7169-256-5

Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma fází skikrosového startu (Raschner a kol., 2009).....	14
Obrázek 2 Proměna úhlů v kloubech. Osa x znázorňuje normalizovaný čas v %, osa y zobrazuje hodnoty ve stupních od otevření brány k opuštění startovacího zařízení dvou závodníků (černá křivka, šedivá křivka) pro levou (nepřerušovaná křivka) a pravou (přerušovaná křivka) stranu (převzato z Nedergaard a kol., 2015).....	15
Obrázek 3 Rozměry startovní brány (International Ski Federation, 2015).....	18
Obrázek 4 M. biceps brachii (Travell, Simons, 1999).....	20
Obrázek 5 M. latissimus dorsi (Travell, Simons, 1999)	22
Obrázek 6 M. pectoralis major (Travell, Simons, 1999)	22
Obrázek 7 M. trapezius (Travell, Simons, 1999).....	23
Obrázek 8 M. triceps brachii (Travell, Simons, 1999)	24
Obrázek 9 Lokalizace elektrod m. biceps brachii a m. pectoralis major	31
Obrázek 10 Schéma lokalizace elektrod m. biceps brachii a m. pectoralis major.....	31
Obrázek 11 Lokalizace elektrod m. trapezius, m. latissimus dorsi, m. erector spinae a m. triceps brachii.....	32
Obrázek 12 Schéma lokalizace elektrod m. trapezius, m. latissimus dorsi, m. erector spinae, m. triceps brachii	32
Obrázek 13 Ukázka analýzy pořadí zapojovaných svalů	34
Obrázek 14. Ukázka stanovení začátku "Pull-Phase"	35
Obrázek 15 Ukázka měřeného úseku s dosazenými "markery"	36

Seznam grafů

Graf 1 Elektromyogramy celého startu s proloženými regresními přímkami	38
Graf 2 Elektromyogram m. pectoralis major RT a LT	39
Graf 3 Elektromyogram m. trapezius RT a LT	39
Graf 4 Elektromyogram m. biceps brachii RT a LT	40
Graf 5 Elektromyogram m. triceps brachii RT a LT	41
Graf 6 Elektromyogram m. latissimus dorsi RT a LT.....	41
Graf 7 Elektromyogram m. erector spinae RT a LT	42
Graf 8 Pořadí zapojení jednotlivých svalů. První 4 svaly se zapojují současně!.....	44
Graf 9 Doba zapojení jednotlivých svalů ve fázi přitahování a odtlačování	46
Graf 10 Doba zapojení jednotlivých svalů ve fázi přitahování	48
Graf 11 Doba zapojení jednotlivých svalů ve fázi odtlačování	50
Graf 12 Vyhodnocení symetrie pořadí zapojení pravé a levé strany	53

Seznam tabulek

Tabulka 1 Asymetrie pravé a levé strany během startu ve skikrosu. Tabulka znázorňuje maximální sílu během předstartovní fáze (Pre-Force _{res}), maximální vertikální sílu (PForce _{ver}), maximální horizontální sílu (PForce _{hor}) a výslednici sil (PForce _{res}) během startovního pohybu a rychlost startu (RTIME) (Nedergaard a kol., 2015)	13
Tabulka 2 Fáze skikrosového startu.....	14
Tabulka 3 Úhly v kloubech během předstartovní svalové aktivace.....	15
Tabulka 4 Symetrie skikrosového startu z hlediska doby zapojení svalů.....	54

Přílohy

Příloha 1 Schválený souhlas etické komise	63
Příloha 2 Elektromyogram 1. startu	64
Příloha 3 Elektromyogram 2. startu	66
Příloha 4 Elektromyogram 3. startu	67
Příloha 5 Elektromyogram 4. startu	68
Příloha 6 Elektromyogram 5. startu	68
Příloha 7 Minima, maxima, rozsah a průměrné hodnoty jednotlivých svalů zprůměrované z fáze předstartovní, fáze přitahování a fáze odtlačování	69
Příloha 8 Průměrné hodnoty period	70
Příloha 9 Maxima period	71

Příloha 1 Schválený souhlas etické komise

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

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce, zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Analýza skokového startu

Forma projektu: diplomová výzkumná práce

Období realizace: červenec 2016

Hlavní řešitel: Bc. Vít Starý

Vedoucí práce: PhDr. Petra Marošková, Ph.D.

Popis projektu: Cílem uvedené diplomové práce je pomocí povrchové elektromyografie analyzovat činnost svalů horní končetiny během skokového startu. Měření se uskочí v terénu pomocí přenosného přístroje MI 6000. Použité měřicí zařízení je napájeno vlastními zdroji o napětí do 9V. Získané výstupy mohou být použity pro zefektivnění sportovní přípravy.

Zajištění bezpečnosti pro posuzovaní odborníky: Povrchová elektromyografie, která je hlavní vyšetřovací metodou výše zmíněné diplomové práce, je metodou neinvazivní. Nehrozí žádné nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Nebudou použity žádné jiné invazivní metody.

Etické aspekty výzkumu: Výzkum se dobrovolně zúčastní dospělí osoby, které podepíší informovaný souhlas. Všechna získaná data budou anonymizována a nebudou zveřejněna.

Informovaný souhlas: příloha

Podmínky všech účastníků výzkumu na straně řešitele je čestná závazek, zdvořilost, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkuamaných subjektů, a podřízenost i tomu vyššímu přesvědčení opatření. Odpovědnost za ochranu zkuamaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikoli na zkuamaných, 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.

Požaduji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakémkoliv změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS sevidovanou žádost.

V Praze dne 14.6.2016

Podpis předkládatele:

Vyjádření Etické komise UK FTVS

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

Členové: prof. PhDr. Pavel Šteplka, DrSc.

doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

doc. Ing. Monika Šarfová, Ph.D.

Mgr. Pavel Hráský, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 116/2016

dne: 24.6.2016

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

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise.

razítko UK FTVS

podpis předsedkyně UK UK FTVS

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

INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane, vážená paní,

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 biomedicíně](#) č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu v rámci diplomové práce s názvem Analýza skikrosového startu.

1. Cílem výzkumného projektu je analyzovat provedení skikrosového startu.
2. Hlavní vyšetřovací metodou je analýza svalové činnosti pomocí povrchové elektromyografie.
3. Způsob zásahu je neinvazivní. Povrchová elektromyografie spočívá ve snímání elektrické aktivity svalů pomocí tzv. elektrod, které jsou připevněny na kůži účastníka.
4. Jeho náplní bude analýza skikrosového startu, který bude proveden několikrát cvičně a celkem 5x šetřen pomocí povrchové elektromyografie.
5. Během měření se nepředpokládá žádné ohrožení života či zdraví účastníka. Celý zásah je bezbolestný. Při měření budou případná rizika minimalizována vhodnou výstrojí a výzbrojí a certifikovaným náčiním. Rizika prováděného testování nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u tohoto typu testování.
6. Očekávaným přínosem dotyčného výzkumu je analýza aktivity vybraných svalů při skikrosovém startu, což závodníkům a trenérům pomůže při jeho zlepšování.
7. Účastník se zříká nároků na honorář či jiné protislužby.
8. Získaná data z povrchové elektromyografie, stejně tak případné fotografie a jiný obrazový materiál bude anonymizován a bude bezpečně uložen na osobním počítači řešitele. V publikovaných částech nebude zveřejněno účastníkově jméno ani tvář.
9. Práce bude dostupná v knihovně Fakulty tělesné výchovy a sportu a v on-line repozitáři závěrečných prací Univerzity Karlovy dostupném na adrese <https://is.cuni.cz/webapps>.
10. V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektuPodpis:
.....

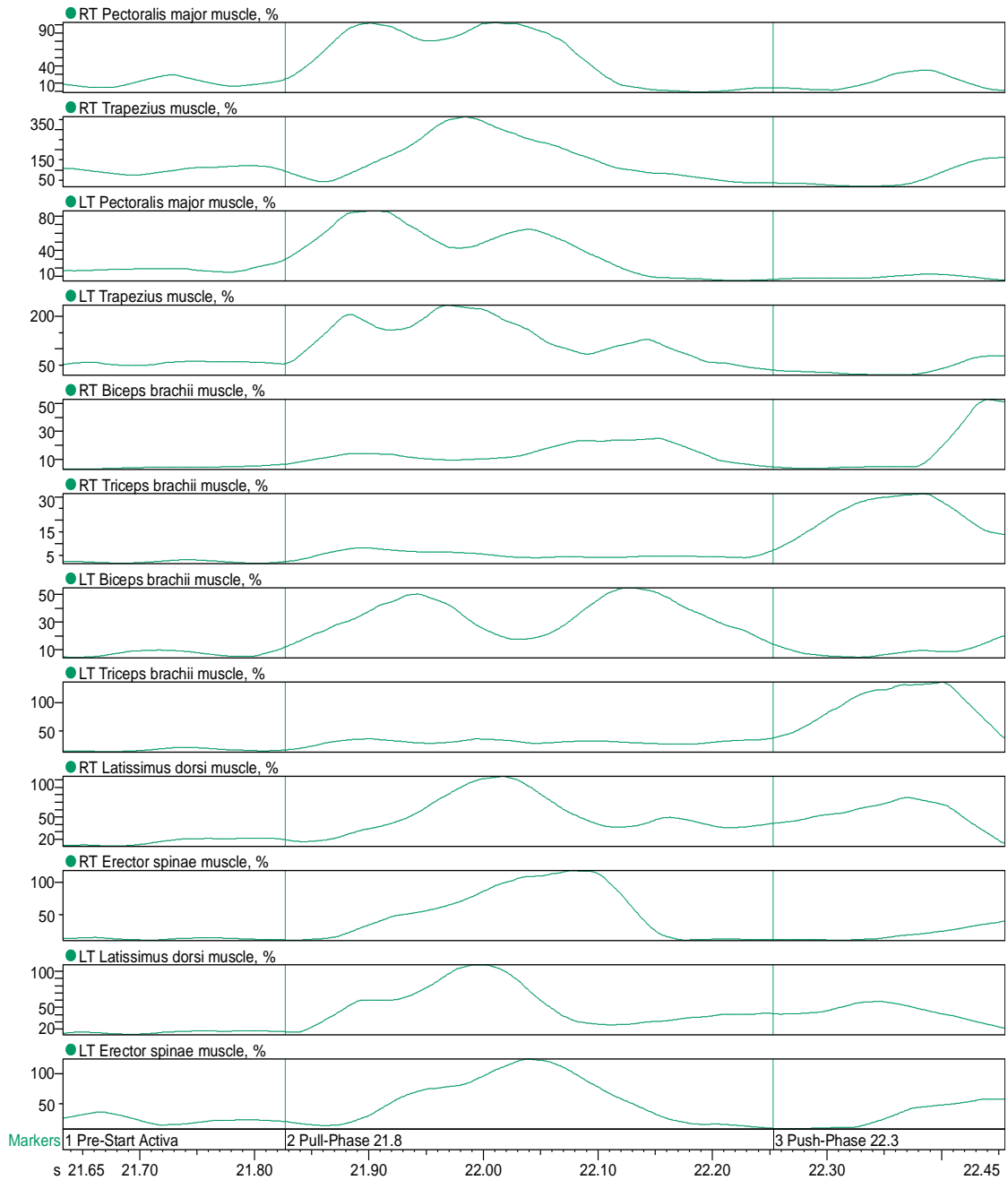
Osoba, která provedla poučení:.....
Podpis:.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím se svojí 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 mé účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. 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.

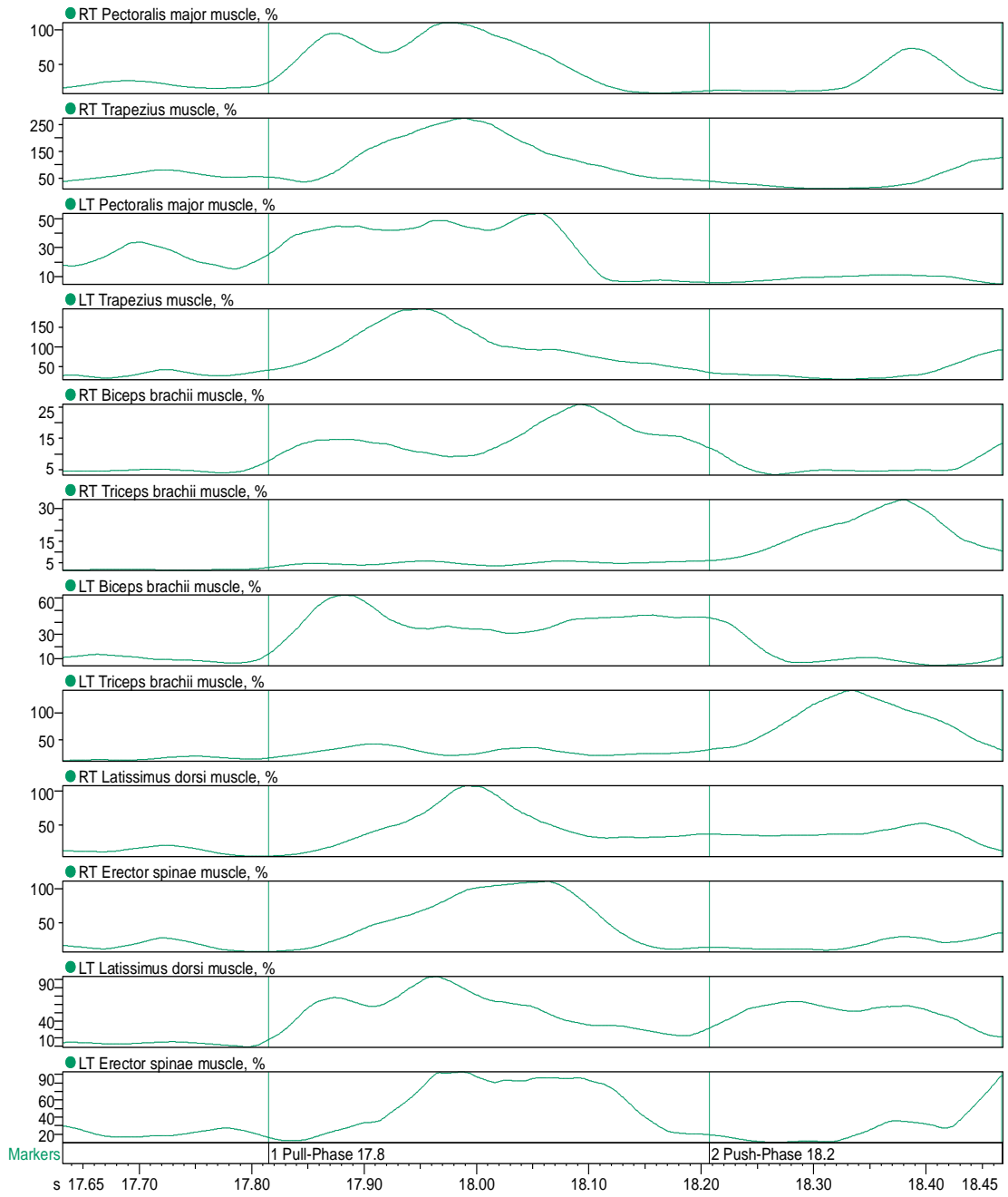
Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka Podpis:
.....

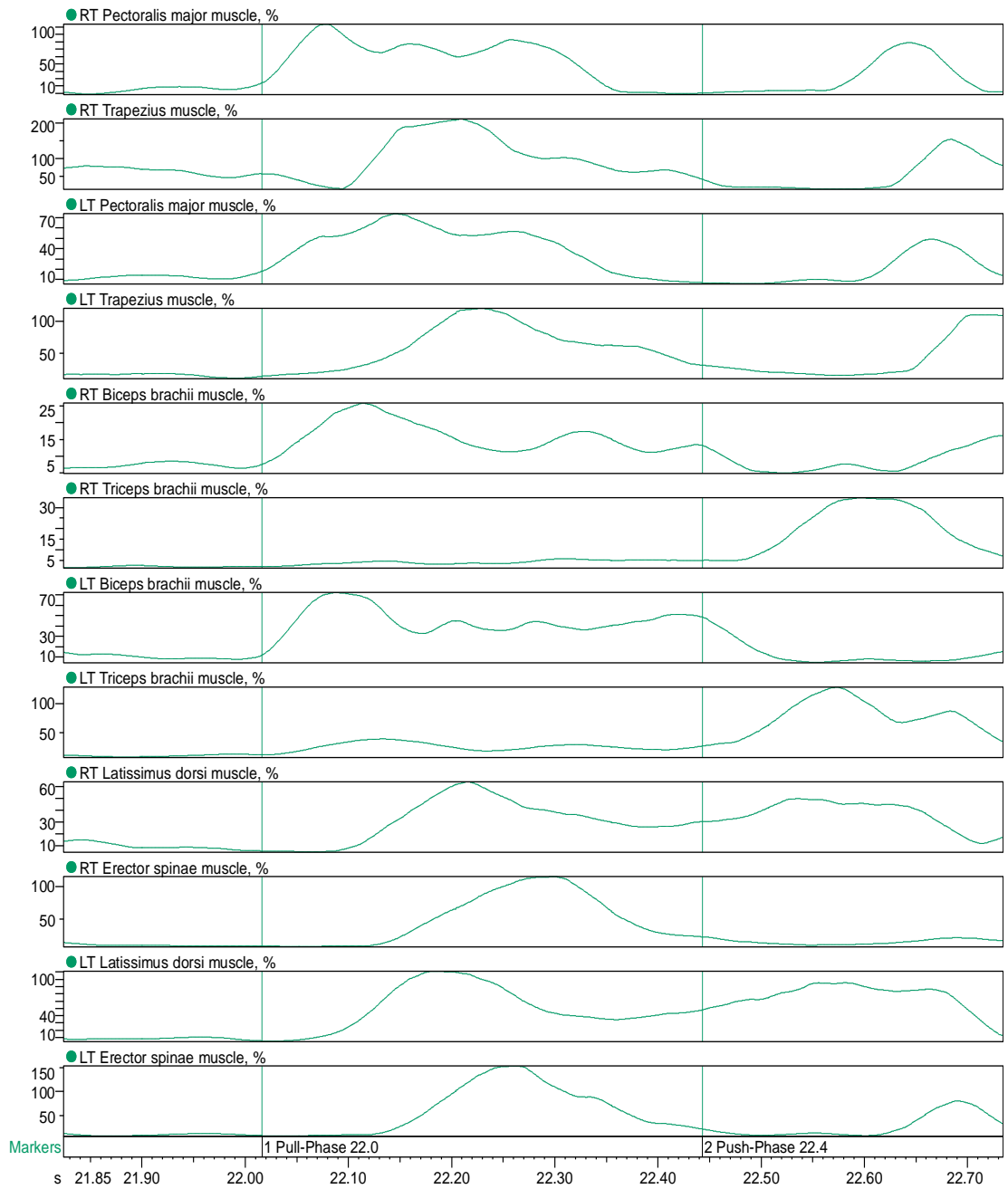
Příloha 2 Elektromyogram 1. startu



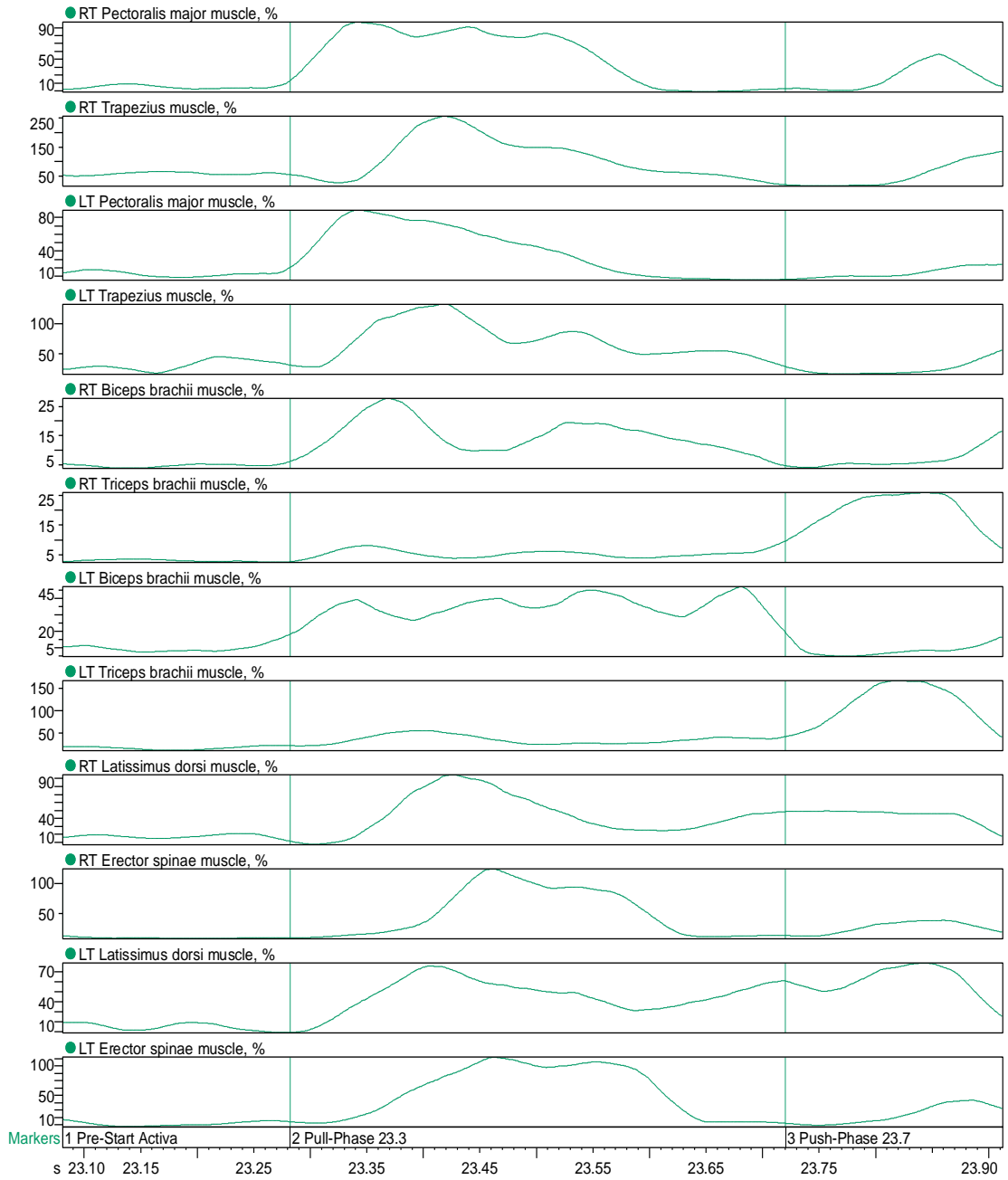
Příloha 3 Elektromyogram 2. startu



Příloha 4 Elektromyogram 3. startu



Příloha 5 Elektromyogram 4. startu



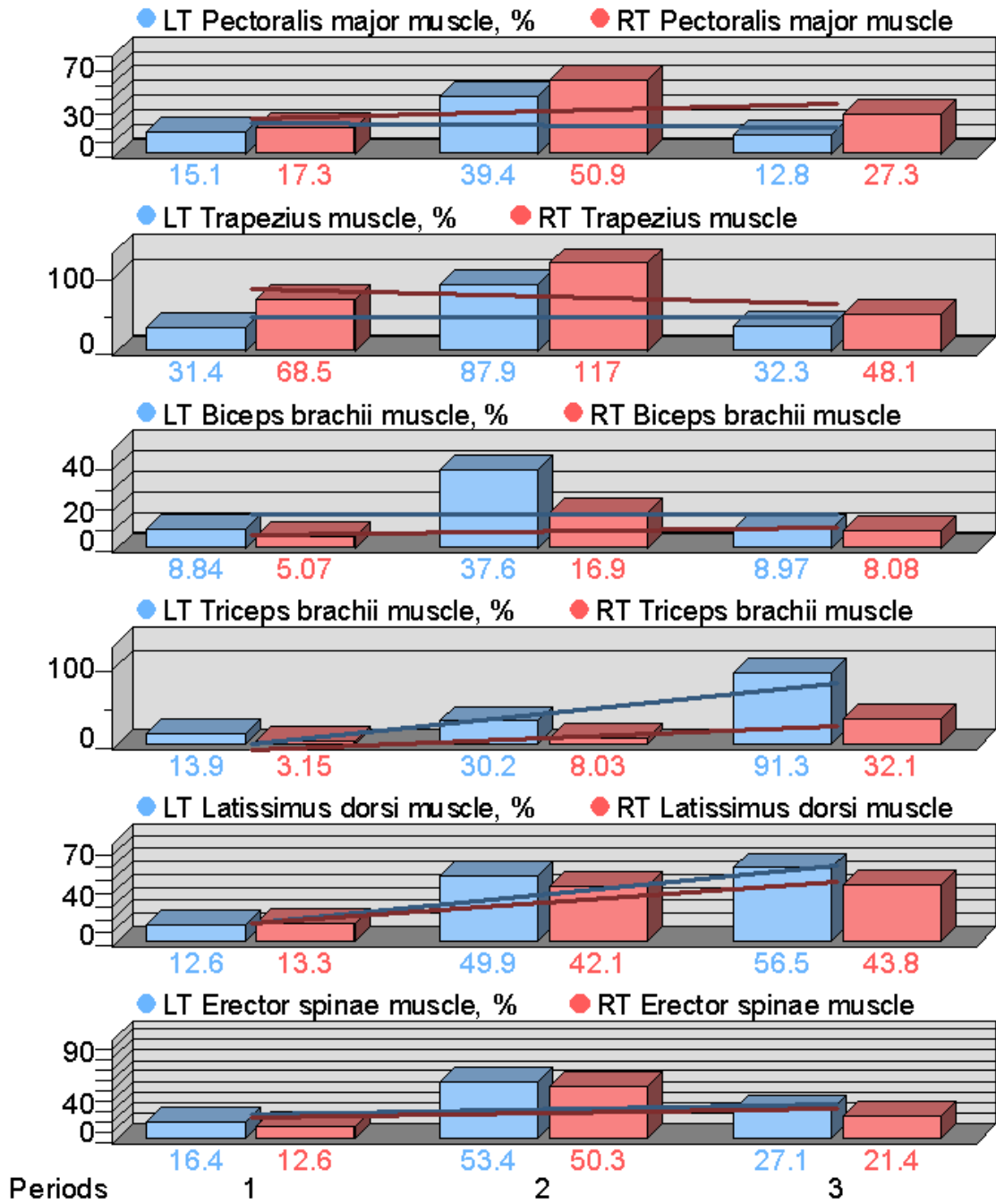
Příloha 6 Elektromyogram 5. startu

Příloha 7 Minima, maxima, rozsah a průměrné hodnoty jednotlivých svalů zprůměrované z fáze předstartovní, fáze přitahování a fáze odtlačování

Averaged Mean Amplitude of All Periods

Parameter	LT Pectoralis major muscle, %	RT Pectoralis major muscle
Minimum, %	12.8	17.3
Maximum, %	39.4	50.9
Range, %	26.7	33.5
Mean, %	22.4	31.8
Parameter	LT Trapezius muscle, %	RT Trapezius muscle
Minimum, %	31.4	48.1
Maximum, %	87.9	117
Range, %	56.6	68.8
Mean, %	50.5	77.8
Parameter	LT Biceps brachii muscle, %	RT Biceps brachii muscle
Minimum, %	8.84	5.07
Maximum, %	37.6	16.9
Range, %	28.8	11.8
Mean, %	18.5	10
Parameter	LT Triceps brachii muscle, %	RT Triceps brachii muscle
Minimum, %	13.9	3.15
Maximum, %	91.3	32.1
Range, %	77.4	29
Mean, %	45.1	14.4
Parameter	LT Latissimus dorsi muscle, %	RT Latissimus dorsi muscle
Minimum, %	12.6	13.3
Maximum, %	56.5	43.8
Range, %	43.9	30.6
Mean, %	39.6	33.1
Parameter	LT Erector spinae muscle, %	RT Erector spinae muscle
Minimum, %	16.4	12.6
Maximum, %	53.4	50.3
Range, %	36.9	37.7
Mean, %	32.3	28.1

Mean of Each Period



Maximum of Each Period

