

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Kineziologická analýza vybraných technik v zápase řecko-
římském

Diplomová práce

Vedoucí práce

PhDr. Radim Pavelka PhD.

Vypracoval

Jan Žižka

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením PhDr. Radima Pavelky PhD., a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....
Bc. Jan Žižka

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

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce PhDr. Radimovi Pavelkovi, Ph.D. za jeho vedení této práce, odborné rady, cenné informace, konzultace a veškerou pomoc, kterou mi poskytl. Dále chci poděkovat všem probandům, kteří se zúčastnili mého výzkumu.

Abstrakt

Název: Kineziologická analýza vybraných technik v zápase řecko-římském

Cíle: Cílem diplomové práce je změřit velikost zapojení různých svalových skupin a pořadí svalové aktivace těchto skupin během zápasnické techniky zved na přetočení podbřišním záběrem pomocí povrchové elektromyografie.

Metody: Tato práce využívá k vypracování teoretické části této práce metodu analýzy a syntézy odborných literárních zdrojů. V praktické části bylo pomocí povrchové elektromyografie zjišťováno, které svaly se zapojují do pohybu zvedu na přetočení podbřišním záběrem a následně vyhodnocován rozdíl v provedení u čtyř respondentů. Dále bylo sledován timing svalové aktivace.

Výsledky: Vyhodnocení výsledku ukázalo, že nejvíce se nám při pohybu zapojuje musculus rectus femoris a naopak nejméně musculus obliquus externus abdominis. Dále došlo ke zjištění, že m. obliquus externus abdominis se do pohybu zapojuje nejdříve, zatímco jako poslední se zapojuje m. biceps femoris.

Klíčová slova: Zápas, elektromyografie, kvalita pohybu, svalová aktivace

Abstract

Title: Kinesiological analysis of selected techniques in greco-roman wrestling

Objective: The aim of this Thesis is to measure the extent to which various muscles are involved during the practice of the wrestling technique body lock, lift and suplex. It also considers the order in which the muscles are involved. The research applies surface electromyography.

Methods: The theoretical part of this Thesis is predominantly based on the method of analysis and synthesis of the specialized literature. In the practical part, the surface electromyography was used to measure which muscles are involved in the body lock, lift and suplex. Subsequently, the difference of the motion performance of the four probands was evaluated. Furthermore, the timing of muscle activation was monitored.

Results: The evaluation of the result showed that musculus rectus is the most involved in the movement and the least musculus obliquus externus abdominis. In addition, it was found that m. Obliquus externus abdominis is involved first, while the last one is involved with m. Biceps femoris.

Key words: Wrestling, electromyography, quality of movement, muscle activation

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Charakteristika zápasu	9
2.1. Historie.....	10
3. Výzkum v zápasu	12
4. Vybraný chvat.....	13
4.1. Zved na přetočení podbřišním záběrem.....	13
4.2. Obrana na zved na přetočení podbřišním záběrem.....	14
5. Charakteristika svalů.....	15
5.1. Obecná myologie	15
5.2. Typy svalových vláken	17
5.3. Funkce svalů	18
5.4. Kontrakce svalu	19
5.5. Typy svalových kontrakcí.....	20
5.6. Akční potenciál	20
5.7. Rychlost vedení akčního potenciálu	21
5.8. Řízení pohybu	22
6. Vyšetřované svaly.....	24
6.1. Musculus erector spinae.....	24
6.2. Musculus obliquus externus abdominis.....	26
6.3. Musculus rectus femoris	27
6.4. Musculus biceps femoris	28
7. Elektromyografie	29
7.1. Historie EMG.....	29
7.2. Povrchová elektromyografie.....	31
7.3. Časová souslednost náboru svalu	31
7.4. Převod EMG signálu.....	32
7.5. Svalové funkční testy.....	33
7.5.1. Extenze trupu	34
7.5.2. Flexe trupu s rotací	34
7.5.3. Extenze dolní končetiny.....	34
7.5.4. Extenze kolenního kloubu	35
8. Cíle a úkoly práce	36
8.1. Úkoly práce.....	36
8.2. Výzkumné otázky	36
8.3. Výzkumný soubor.....	36
8.4. Průběh vyšetření	37
8.5. Průběh provedení funkčního svalového testu	38
8.5.1. Extenze trupu	38
8.5.2. Flexe trupu s rotací	38
8.5.3. Extenze kyčelního kloubu.....	38
8.5.4. Extenze kolenního kloubu	38
8.6. Standardizace podmínek měření.....	39
8.7. Místo výzkumu	39
8.8. Použité zařízení.....	39
8.9. Vyhodnocení.....	40
9. Výsledky	41
9.1. Proband č. 1	42
9.2. Proband č. 2	46

9.3. proband č. 3.....	50
9.4. proband č. 4.....	54
10. Diskuze	58
11. Závěr	61
12. Použitá Literatura.....	62
13. Seznam použitých obrázků	65
14. Seznam použitých tabulek	65
15. Seznam použitých grafů.....	66
16. Přílohy.....	I
16.1. Příloha č. 1 provedení Jandova funkčního testu	I
16.2. Nalepení elektrod na probandech	III
16.3. Kinogramy zvedů u probandů.....	V

Seznam zkratek

- EMG= elektromyografie
- SEMG= surface electromyography, povrchová elektromyografie
- ATP= adenosine triphosphate= adenosintrifosfát, nukleotid, při jehož rozpadu vzniká velké množství energie pro buňky
- ADP= adenosine diphosphate= adenosindifosfát, vzniká oddělením jedné molekuly P z ATP
- AP= akční potenciál
- m.= musculus, sval
- MVC= maximum voluntary contraction- maximální volní kontrakce, tj. maximální síla, kterou může jedinec vytvořit proti pevnému odporu

1. Úvod

V tréninku dětí se učí jednotlivé techniky jako ucelený pohyb. Většina trenérů lpí na přesném provedení chvatu podle učebnice. Postupem přibývajících let a zkušeností si však každý zápasník chvaty přizpůsobí podle sebe. Tím pádem vzniká skoro nekonečný výčet provedení. Závodník rychlostního typu bude dané rychlosti využívat a jeho techniky budou mít krátkou dobu trvání. Naopak silový závodník se spolehne na svou sílu a daný chvat takzvaně “urve”.

Ve své práci budu zjišťovat, jaký podíl mají jednotlivé svaly z oblasti pánve na zápasnické technice: zved na přetočení podbřišním záběrem. Práce je rozdělena na tři části. První část je teoretická. Zde budu charakterizovat zápas, dále pak charakterizovat vybrané svalové skupiny a princip fungování svalů. Na konci teoretické části se bude nacházet charakteristika metody elektromyografie, její úskalí a výhody. Ve druhé, výzkumné, části budu interpretovat naměřené hodnoty a porovnávat je mezi sebou. Jako vyšetřovací metodu použiji elektromyografii (EMG). Tato metoda je založena na snímání povrchové nebo intramuskulární svalové aktivity. Zaznamenává změnu elektrického potenciálu, ke které dochází při svalové aktivaci. Výsledky zpracuji a budu formulovat v závěru. V poslední, třetí, části budu diskutovat o naměřených hodnotách.

2. Charakteristika zápasu

Zápas je individuální úpolový sport, který, ať už v rituálních či bojových formách, provází lidstvo od počátku civilizace. Cílem zápasu je porazit soupeře, buď položením na lopatky, nebo získáním většího počtu bodů než soupeř v časovém limitu. Mluvíme-li o zápasu, pak nejčastěji o zápasu řecko-římském a volném stylu, přičemž rozdíl shledáváme ve způsobu boje. Zatímco ve volném stylu je dovoleno používat dolní končetiny a útočit na ně, ve stylu řecko-římském, též taky klasickém, je přísně zakázáno atakovat soupeřovy dolní končetiny. Obě tyto formy zápasu jsou součástí olympijského programu. Hlavní mezinárodní federací v zápase je FILA (Fédération Internationale des Luttes Associées), která pořádá mistrovství světa a Evropy stejně jako zápas na Olympijských hrách. U nás tento sport organizačně zajišťuje Svaz zápasu České republiky. (Pavelka, Stich 2012)

Zápas představuje boj člověka v blízkosti soupeře. V zápase vítězí ten, kdo dovede boj do vítězného konce a to buď poražením soupeře na lopatky, nebo vítězstvím na body. Základem je osvojení technik zápasnických chvatů a umění je uplatnit v průběhu boje. (Regner, Šoptenko 1981)

Zápas je sport silově vytrvalostní a skládá se z velkého množství acyklických pohybů. Velký důraz je kladen zejména na sílu (ať už sílu absolutní, výbušnou či vytrvalostní), vytrvalost, statokinetickou funkci a obratnost. Ideální konstituce a podoba zápasníka není jasně vymezena a dána, nicméně somatotypem si jsou většinou zápasníci ve stejných hmotnostních kategoriích podobní (somatotypy atletů různých kategorií jsou rozdílnější). U všech převládá výrazná mezomorfní komponenta. Níže v tabulce uvádím průměrné hodnoty v obou stylech podle rozdělení Štěpničky. (Dovalil 2009)

Tabulka 1. Somatotyp zápasníků

Styl/komponenta	Endomorfní	Mezomorfní	Ektomorfní
Volný styl	1,8	7,1	1,4
Řecko-římský	2,6	6,8	1,6

Tepová frekvence se od druhé minuty zápasu pohybuje mezi 150-180 tepů za minutu a v intervalu odpočinku neklesá pod 120 tepů za minutu. Vzhledem k časté apnoei pracuje zápasník více v anaerobním režimu. Zápasníci se vyznačují vzhledem k ostatním sportovcům nejkratšími reakčními časy na taktilní podnět. (Havlíčková 1993) Podle dřívějších výzkumů je poměr pomalých svalových vláken (slow oxidative= SO) vůči rychlým svalovým vláknům (fast glycolytic= FG) 48 % x 52% a maximální spotřeba kyslíku neboli VO₂max je 48/ml/kg/min. (Dovalil 2009)

2.1 Historie

Zápas patří historicky k nejstarším sportům lidské společnosti. Svědčí o tom například jeden ze zpěvů mýtické Homérovy Iliady a nálezy kreseb zápasících sportovců v Egyptě z let 3200-2400 př. n. l (Pavelka, Stich). V antickém Řecku byl zápas jednou z disciplín takzvaného PENTATHLONU (paterý závod). Závod se skládal ze skoku, běhu, vrhu oštěpem, vrhu diskem a zápasu. Byl posledním cvikem v pětizávodu a kdo vyšel jako vítěz z předchozích cviků, musel absolvovat zápas, aby dosáhl definitivního vítězství. Zápas byl zařazen do programu olympijských her až na 18. olympiádě (708 př. n. l.). Po tomto období, které můžeme nazvat zlatou érou zápasu, bohužel obliba tohoto sportu opadala, až téměř zanikl. Teprve později, ve středověku, se zápas opět objevil. Zaznamenáváme rozkvět zejména germánského zápasu, jenž spadá do doby reformace, tedy okolo roku 1500, kdy Albrecht Dürer napsal proslulé dílo o zápase „Fechthandschrift“ (zápas rukou) s perokresbami a malbami. Až moderní doba vynesla zápas opět na povrch a do povědomí širší veřejnosti. (Böhm 1995)

U nás se zápasem zabýval Miroslav tyřš, který měl vřelý vztah k zápasu a vzpírání. Za jeho života se v Sokole hojně zápasilo. První závody u nás byly vypsány v roce 1863, které se konaly u příležitosti památky prvního výročí založení Sokola (Davídek 1972)

První pravidla zápasu byla v průběhu devadesátých let rozpracována ve Francii. Autory nové koncepce byli Doublier, Christola a Rigal. Tato forma zápasu se rozšířila nejprve po celé Evropě, posléze pronikla do všech zemí celého světa. Při vzniku novodobých Olympijských her v roce 1896 byl zápas do programu zařazen, zpočátku se zápasilo pouze v jedné hmotnostní kategorii, od roku 1904 v sedmi, od roku 1947 v

osmi a od roku 1972 již v deseti hmotnostních kategoriích. V mnohých zemích vznikaly národní druhy zápasu, např. asijské oblasti Ruska, Japonsko, Švýcarsko, Island. V roce 1912 byla založena Mezinárodní těžkoatletická federace, která byla v roce 1921 přejmenována na Mezinárodní amatérskou zápasnickou federaci – FILA. Tato federace v počátcích sdružovala 17 států, mezi nimi i Československo. FILA v dalším období řídila ME, MS, soutěže na OH v řecko-římském i volném stylu a od roku 1966 organizuje ME a MS i v sambo. (Machát, 1990)

3. Výzkum v zápasu

Jelikož je zápas marginální sport, nachází se zde mnoho oblastí, které nejsou prozkoumány. Zatímco v porovnání s takovými sporty jako fotbal, atletika nebo tenis, kde je nepřehledné množství výzkumů všeho druhu, v zápase se nejčastěji zkoumají základní biomedicínské a biomechanické vazby. V České republice se na výzkumy v zápase nespécializuje nikdo. Zatímco dříve se problematice věnovali například A. Böhm (sto zápasnických let, 1995), J. Strauss (Zápas. Učební text pro trenéry III. a II., 1983; Zápas. Základní programový materiál pro oblast vrcholového sport, 1983) nebo J. Machát (Zápas II., 1995; Struktura sportovního výkonu v úpolových sportech, 1990), v posledních letech o zápase nalezneme pouze práce, které vytvořili studenti vysokých škol v rámci diplomových a bakalářských prací.

Ve světě existuje samotné odvětví, které se výzkumy zabývá. Pod hlavičkou zastřešující organizace UWW-united world wrestling pracuje organizace *International network of wrestling research (INWR)*, která vydává vlastní publikace a statě. Jejich hlavním úkolem je analyzovat utkání na důležitých zápasnických akcích jako jsou mistrovství světa, mistrovství Evropy nebo olympijské hry.

Jelikož je ve spojených státech Amerických zápas velmi populární, lze v tamních časopisech nalézt články zaměřené na zápas. Velmi často se zaměřují na mladé zápasníky a na komparaci biomedicínských a antropomotorických znaků. Dále v Japonsku funguje na sport-science institutu ve městě Kazi-shi oblast, věnující se rozboru zápasu.

Publikace o použití povrchové elektromyografie v zápase způsobem, kterým je použita v mojí práci, tedy analýza vybrané techniky, nebyla dohledána. Přesto věřím, že v rámci INWR byla již někde publikována

4. Vybraný chvat

4.1 Zved na přetočení podbřišním záběrem

Spodní zaujímá polohu vleže, horní z jeho pravé strany předstírá provádění přetočení podbřišním záběrem vlevo. Při přechodu přes soupeře však přejde do dřepu, pravou nohu má mezi nohama spodního, levou vně u jeho kolena a zahajuje zved na zadní zvrát. V okamžiku, kdy překračuje pravou nohu přes levou nohu spodního, přenáší váhu těla na levou nohu a pokračuje ve zvedu. Spodní se brání, horní využívá jeho odporu tím, že pravou nohu položí co nejdál na úroveň své levé nohy. Jakmile se pravá noha dotkne žíněnky, útočník okamžitě padá s hlubokým záklonem vlevo a tahem rukou se současným nadhozením soupeře svým klínem ho stahuje za sebou a přechází i se soupeřem do mostu. Dokončení chvatu je možné dvojím způsobem:

1. Útočník prochází i se soupeřem mostem, přetáčí se s ním do polohy vleže a zachovává si polohu horního a tím i možnost provést přetočení mostem podbřišním záběrem.
2. Jakmile se útočník dotkne žíněnky, pouští soupeře ze záběru a přetáčí se do polohy vleže, aniž soupeře ovládá. Má sice plné bodové ohodnocení, ale ztrácí výhodu pokračování boje v pokleku. (Regner 1981)



obrázek 1 kinogram zvedu na přetočení podbřišním záběrem (zdroj: Fila: <http://www.fila-official.com/maitrises/player.php?num=525&lang=en>)

4.2 Obrana na zved na přetočení podbřišním záběrem

1. Spodní se brání plazením po žíněnce tělem přimáčknutým co nejvíc u žíněnky, čímž se snaží strhnout záběrem na své dolní končetiny.
2. Spodní se musí snažit zabránit odtržení od žíněnky pomocí roztrhávání spojení
3. V okamžiku, kdy se útočník snaží spodního zvednout, přemístí spodní i pravou nohu mezi nohy útočníka a posouvá se celým tělem za útočnickovy nohy. Spojení útočnickových rukou přitom buď roztrhává, nebo strhává na svou hrud' a tím maří účinnost záběru.
4. V okamžiku, kdy se útočník snaží spodního zvednout, odrazí se spodní z levé nohy vpřed a prohne se zádech. Zároveň tlačí svou pravou rukou do záběru útočníka proti pohybu odrazu. (Regner 1981)

5. Charakteristika svalů

V této kapitole se budu zabývat svaly, tedy budu popisovat rozdělení svalů, jejich kontrakci a funkcí svalů. Dále budu vysvětlovat co je akční potenciál a k čemu slouží.

5.1 Obecná myologie

Tkáně svalové jsou specializované na pohyb, skládají se z podlouhlých, smršťení schopných elementů. V plasmě svalových elementů, nazvané sarkoplasma, jsou uloženy smršťitelné, jinak řečeno kontraktilní, fibrily, myofibrily. Svalové tkáně se vyvíjejí ze středního zárodečného listu. Rozeznáváme tři hlavní druhy svalových tkání: Svalstvo hladké, svalstvo příčně pruhované, svalstvo srdeční.

- **Svalstvo příčně pruhované** neboli kosterní, má za základní stavební jednotku svalové vlákno. Svalové vlákno je mnohojaderný útvar, silný 10-100 μm , někdy značně dlouhý (několik mm až několik cm). Za vývoje vznikají svalová vlákna splýváním podlouhlých jednojaderných buněk, myoblastů. Splynutím myoblastů vznikají ještě během embryonálního vývoje dlouhé mnohojaderné útvary, myotuby, s jádry uvnitř a s myofibrilami blíže povrchu. myotuby se pak přemění ve svalová vlákna, kde jádra jsou při povrchu a myofibrily uvnitř vlákna.

Svalstvo příčně pruhované se nedá kontrahovat bez přičinění vůle. Strukturou tvoří vlákna, která jsou od sebe oddělena vazivem. Stah svalu je velmi rychlý. Kontrakce je řízena motoneurony míšních a hlavových nervů, tedy pyramidových a mimopyramidových drah.

- **Svalstvo hladké** se nedá ovlivnit vlastní vůlí. Skládá se z protáhlých vřetenovitých svalových buněk dlouhých 20-500 μm ; nejběžnější délka je kolem 80 μm . Uprostřed každé svalové buňky je uloženo její jádro. Dráždivost je nižší, kontrakce však trvá déle. Je řízené vegetativním nervovým systémem, humorálně, reaguje i na mechanické podměty a některé jsou schopné i zcela autonomní aktivity. Některé svaly obsahují takzvané *pacemakerové buňky*, které rytmicky vytvářejí akční potenciál, tudíž udržují stále napětí tzv. tonus.

- **Srdeční svalstvo** neboli myokard, se v optickém mikroskopu jeví jako síť, jejíž vlákna jsou mezi sebou spojena šikmými plasmatickými můstky. Ve vláknech a v můstcích jsou příčné schodovité hranice, tzv. interkalární disky, jež rozdělují srdeční svalovinu v jednojaderné úseky, neboli v jednotlivé buňky myokardu. V každé buňce je oválné jádro uložené uprostřed, kolem jádra jsou po délce buňky rozloženy kontraktilní myofibrily analogické struktury jako v kosterní svalovině. Srdeční svalstvo není ovládáno vůlí, avšak obsahuje číhání. To znamená, že jeho základem jsou krátká, vzájemně propojená příčně pruhovaná vlákna s jedním jádrem. Zároveň však obsahuje *pacemakerové buňky*. Srdeční sval je řízen nervově (sympatikus a parasympatikus) a humorálně (adrenalin, noradrenalin, glukagon, hormony štítné žlázy a prostaglandin E). (Kohlíková, 2012; Čihák, 2011).

Kosterní svalstvo, jejímž základem je smrštění schopná příčně pruhovaná svalová tkáň, je funkčně spjata s pohyblivě spojeným skeletem (s pasivním pohybovým aparátem). Vytváří aktivní pohybový aparát nervově řízený. Svaly, muscoli, jsou funkční složky, orgány tohoto aktivního pohybového aparátu. Název musculus (lat. myška; řec. mys, myš) vznikl zřejmě podle protáhlého tvaru svalu a podle charakteristického hmatného pohybu stahujícího se svalu. Šlacha, tendo musculi, zvláště uspořádaný pruh tuhého fibrosního vaziva - připojuje sval ke kosti. Některé svaly se neupínají ke kostře, ale do kůže (musculi cutanei) nebo do kloubních pouzder (musculi articulares). (Čihák 2001)

V těle je kolem 600 svalů, z nichž většina je párová. Hmotnost svalů u mužů dosahuje průměrně 36% tělesné hmotnosti a u žen 32%. Tato relativní hmotnost svalstva může dosáhnout až 45% tělesné hmotnosti (např. u trénovaného atleta) ale může klesnout na 30%. Z celkového množství svalstva připadá více než polovina (56%) hmotnosti na svaly dolních končetin, 28% na svaly horních končetin a přibližně 16% na hlavu a trup. Základní aktivní složkou svalu jsou svalová vlákna příčně pruhovaná. Jejich délka a tloušťka kolísá v jednotlivých svalech i individuálně. Vazivo je druhou složkou svalu; spojuje a obaluje svalová vlákna, obaluje celý sval a vytváří též úpony svalu ke kosti (šlachy). Jednotlivá svalová vlákna jsou spojena minimálním množstvím vaziva, takže sarkolema sousedních vláken se vzájemně nedotýká. Určitý počet (10-100) vláken je již nejen spojen, ale i obklopen zřetelnou vrstvičkou vaziva a

vytváří primární snopeček svalový; z primárních snopečků jsou vytvořeny malé svaly. U větších svalů jsou primární snopečky spojeny, takže vznikají sekundární snopce. Ty jsou opět obaleny vrstvou vaziva. Sekundární snopce mohou být dále sdruženy, takže vzniknou snopce vyšších řádů. Celý povrch svalu je pak pokryt souvislou vazivovou vrstvou. (Čihák 2001)

5.2 Typy svalových vláken

Pomalá červená vlákna:

(SO= z anglického slow oxidative), jsou poměrně tenká, mají méně myofibril, hodně mitochondrií a přítomnost většího množství myoglobinu jim dodává červenou barvu. Červená vlákna jsou vybavena k pomalé vytrvalostní činnosti, protože se pomaleji unaví. Mají velké množství krevních kapilár.

Rychlá bílá vlákna:

(FOG= Fast Oxidative-Glycolytic), mají více myofibril a méně mitochondrií. Slouží k rychlým kontrakcím, prováděným velkou silou. Velmi rychle se však unaví. Jsou méně ekonomická.

Rychlá červená vlákna:

(FG= fast glycolytic), mají velký objem, málo kapilár, nízký obsah myoglobinu a nízký obsah oxidativních enzymů. Díky silně vyvinutému sarkoplazmatickému retikulu a vysoké aktivitě Ca a Mg iontů, dochází u těchto vláken k velmi rychlému stahu prováděnému maximální silou. Vlákna však nejsou odolná proti únavě. (Otáhal, 2008)

5.3 Funkce svalů

Dylevský (2007) tvrdí, že rychlost kontrakce je různá, podle druhů svalových vláken. Kontrakce proběhne u tzv. rychlých vláken do 25 milisekund, u tzv. pomalých vláken do 75 milisekund. Smrštění svalu (svalová kontrakce) je vyvoláváno nervovým vzruchem, šířícím se uvnitř svalu. Účinkem vzruchu (impulzu) se uvolňují vápenaté ionty, které vyvolávají elektrochemické děje vedoucí k vzájemné vazbě a zasouvání molekul myozinu a aktinu, ze kterých se skládají myofibrily. Důsledkem je zkrácení myofibril svalového vlákna projevující se zkrácením celého svalu. Svalová kontrakce je projevem dráždivosti svalové tkáně. Nervový podmět, který smrštění svalu vyvolává, musí mít určitou intenzitu. Podměty, které právě stačí k vyvolání smrštění, označujeme jako prahové podměty. Změny elektrického potenciálu vznikající v kontrahujících se svalech, můžeme snímat elektromyografem (EMG) Kosterní sval je schopen zkrácení o 30-50% délky vlákna. Smrštění probíhá ve dvou fázích. Ve svalu nejprve:

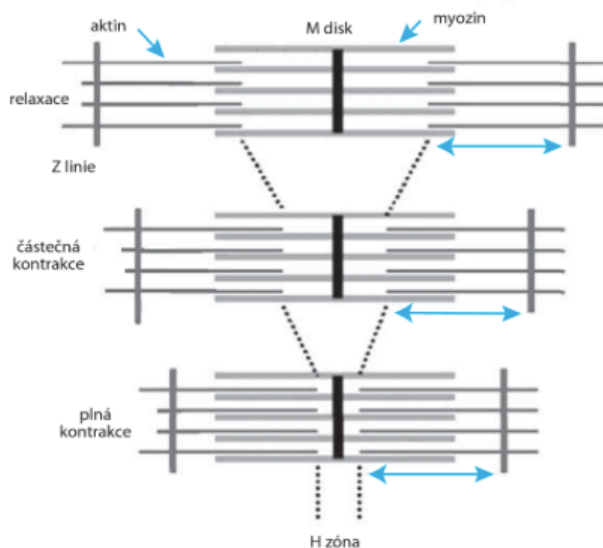
- Vzroste napětí bez zkrácení (izometrická fáze). Napětí svalu odpovídá hmotnosti posunovaného předmětu nebo překonávaného odporu.
- Teprve potom se sval smrští (izotonická fáze) a sval vykonává pohyb

Ve vztahu k určitému pohybu podle Jandy (1996) rozeznáváme tyto svalové skupiny:

- a) Agonisty (svaly hlavní), tj. takové, které se na pohybu zúčastňují největším dílem
- b) Synergisty (svaly vedlejší), tj. takové, které sice nejsou s to provést pohyb, ale pomáhají při něm, podporují svaly hlavní a mohou je částečně nahradit.
- c) Antagonisty, tj. svaly, jejichž funkcí je konat pohyb opačný. Jsou to tedy svaly, které jsou při pohybu natahovány.
- d) Svaly fixační jsou takové svaly, které pohyb přímo neprovádějí, ale jež udržují testovanou část v takové poloze, aby pohyb mohl být dobře proveden.
- e) Neutralizační svaly. Tento termín je určen pro ty svalové skupiny, jež neutralizují druhou směrovou pohybovou komponentu hlavního svalu. Každý sval vykonává totiž v zásadě pohyb nejméně ve dvou směrech, jak to ostatně odpovídá i anatomickému uložení svalů.

5.4 Kontrakce svalu

Smrštění svalu, neboli svalová kontrakce, je vyvoláváno nervovým vzruchem, šířícím se uvnitř svalu. Účinkem vzruchu (impulzu) se uvolňují vápenaté ionty, které vyvolávají elektrochemické děje vedoucí k vzájemné vazbě a zasouvání molekul myozinu a aktinu, čemuž se říká klouzající filament. Základní funkční jednotkou svalové buňky je sarkoméra, jejíž změna v délce se projeví změnou délky svalového vlákna. V klidu je na hlavách myozinu navázán ATP. Když se zvýší hladina nitrobuňčného Ca^{2+} , dojde díky následným reakcím k odhalení vazebných míst na aktinu, která se ihned spojí s hlavami myozinu. Tento aktomyozinový komplex se rozloží za přítomnosti Mg^{2+} ATP na ADP a P. Při této reakci je uvolněná energie přenesena do ohybu krčku a vzájemného posunu vláken. Poté se na vazebné místo na hlavě myozinu naváže nový ATP, což vede k rozpojení aktomyozinového komplexu a narovnání hlaviček myozinu. Koncentrace ATP v sarkoplasmě dosahuje hodnot přibližně 4 mmol/l a dostačuje a dostačuje k udržení plné kontrakce po dobu jedné až tří sekund. Obecně energie uložená v molekule ATP je zpravidla používána ke konformační změně molekuly s ATPázovou aktivitou. Z hlediska kontrakce jde především o hydrolýzu ATP podmíněný ohyb myozinových hlav. (Kohlíková 2012, Dylevský 2007, Kittnar 2011)



1. obrázek 2. Funkce aktinu a myozinu při svalové kontrakci (zdroj: Beneš 2015)

5.5 Typy svalových kontrakcí

Podle Kohlíkové (2012) se sval může stahovat izotonicky, kdy na sval působí stálá zátěž. Konce svalů se přibližují, tedy se mění jeho délka. Ve svalu však přetrvává stejné napětí. Pokud sval vyvíjí sílu, ale nemůže se kontrahovat, hovoří se o izometrické kontrakci. Narůstá-li síla a sval se současně zkracuje, hovoří se o auxotonické kontrakci.

Podle Hohmanna (2010) jsou druhy svalové kontrakce taktéž tři. Koncentrická, kdy se sval zkracuje vlivem dynamické zátěže. Druhá, excentrická se vyznačuje prodlužováním svalu při působení dynamické zátěže. Při třetí, izometrický zůstává sval konstantní, tj. neprodlužuje se a ani se nezkracuje. Zátěž na sval je statická.

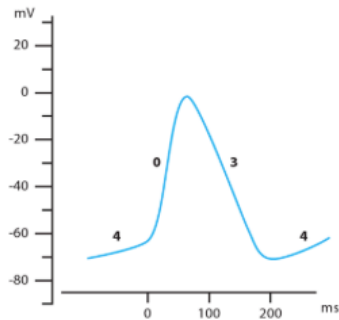
Podle Knuttgena a Komihó (1994) se však z fyziologického hlediska nedá pojem svalová kontrakce používat paušálně. Sval totiž může podle vnějšího odporu svou délku zachovat, zkrátit se nebo také prodloužit. Proto byl zaveden pojem svalová akce, který se následně přebírá v souvislosti se způsobem činnosti svalstva.

5.6 Akční potenciál

Akční potenciál vzniká, přestoupí-li depolarizační proud (vzruch) potenciál na úrovni prahu a vyvolává otevření kanálků Na^+ , které vede ke zvýšení "pozitivity" uvnitř buňky a k postupnému rozvoji AP. Je-li sval volně aktivován, šíří se akční potenciál vznikající v motorickém kortexu v mozku pyramidovou drahou k buňkám předních rohů míšních, kde je předáván motoneuronům. Z motoneuronu je AP veden všemi jeho větvemi k jednotlivým svalovým vláknům a dále se šíří po jejich membránách.

Vzrušení, jdoucí přes motorické nervy, dosahuje různé motorické jednotky v jiném okamžiku, takže se nekontrahují současně, ale střídavě - asynchronně. Jejich kontrakce však na sebe navazují. Kontrakce každého svalového vlákna příslušného určité vzrušené MJ je děj jednorázový. Každý nervový vzruch vyvolá po uplynutí latentní doby pouze jednu kontrakční vlnu, běžící po vlákně od inervačního místa za

vlnou vzrušivou (s určitým fázovým posunem). Rychlosti vzrušivé a kontrakční vlny mohou být u jednotlivých vláken značně rozdílné. Vznik kontrakční vlny vlákna je signalizován AP. První známky mechanické reakce spadají u kosterního svalu do sestupné části AP. (Elektromyografie 2015)



obrázek 3. Akční potenciál buňky (zdroj: Rokyta 2015)

5.7 Rychlost vedení akčního potenciálu

Rychlost vedení akčního potenciálu na svalovém vlákně, neboli MFCV (muscle fibre conduction velocity), je parametr popisující rychlost šíření akčního potenciálu po membráně svalového vlákna. MFCV se pohybuje u zdravého jedince v průměru mezi 3-5 m.s⁻¹. Jeho detekce probíhá prostřednictvím 2 a více elektromyografických signálů snímaných z elektrod umístěných v průběhu svalového vlákna mezi inervační zónou (IZ) a šlachou, které umožní výpočet rychlosti propagace akčního potenciálu z časového zpoždění mezi registrovanými signály. V průběhu depolarizačně-repolarizačních dějů prováděných změnou membránového gradientu se generuje intracelulární akční potenciál, který se šíří po svalovém vlákně oběma směry od místa vzniku. Protože se akční potenciál propaguje, není pouze funkcí času, ale také místa, kde se v daném okamžiku nachází. Vztah mezi intracelulárním akčním potenciálem (IAP) jako funkcí času t a funkcí místa z při konstantní rychlosti šíření U , můžeme popsat jednoduchou rovnicí: (Pánek 2009)

$$IAP(z)=IAP(U.t)$$

IAP= intracelulární akční potencial

U=rychlost šíření

t= čas

z= místo vzniku

Existuje tzv. životní cyklus akčního potenciálu, který se šíří z místa motorické jednotky (inervační zóny) po svalovém vláknu až k tendinóznímu konci myofibrily. Identický IAP lze zachytit na jakémkoliv místě mezi inervační zónou a tendinózním koncem svalového vlákna v závislosti na jeho rychlosti šíření. Lokalizace bipolárních elektrod v blízkosti inervační zóny způsobí snížení amplitudy EMG signálu, posun frekvenčního spektra EMG signálu k vyšším frekvencím a způsobí kolísavou hodnotu MFCV.

Rychlost šíření AP na svalovém vláknu představuje velmi kritický fyziologický parametr, jehož správný odhad může být narušen celou řadou faktorů, které ovlivňují amplitudové a frekvenční komponenty EMG signálu. Některé tyto změny jsou atributem procentuálního zastoupení pomalých a rychlých svalových vláken ve sledovaném svalu, množství tuku v kůži, teplotou, věkem a nástupem svalové únavy. Rychlost vedení akčního potenciálu na svalovém vláknu (MFCV) patří mezi důležité parametry kontrakce strategie svalu, které nám mohou pomoci identifikovat děje probíhající na úrovni svalové membrány. (Pánek, Pavlů, Čemusová 2009)

5.8 Řízení pohybu

Úmyslný pohyb je základním předpokladem existence vyšších organismů. Aby však úmyslný pohyb mohl začít, musí být zabezpečené mimovolní pohyby, kterými je zajištěna vzpřímená poloha, svalové napětí a rovnováha těla. Poloha těla je udržována podmíněty vycházející z vestibulárního aparátu a ze svalových vřetének a šlachových tělísek. Recepty vestibulárního aparátu informují především o poloze a pohybech hlavy. Svalová vřeténka a šlachová tělíška vysílají údaje o poloze končetin, napětí ve svalech a pohybech svalových skupin. Okamžité posouzení polohy těla se děje na úrovni mozkového kmene a to převážně v jádrech retikulární formace a v mozečku. Z

retikulární formace vycházejí dráhy, které řídí mimovolní pohyby nutné k zaujetí vzpřímené polohy těla a k udržování svalového tonu. Tato činnost je řízená z mozečku a je podřízená mozkové kůře. Mozeček se při řízení mimovolných pohybů uplatňuje tak, že ze spousty informací, které tam přicházejí, vybírá pouze ty nejdůležitější a ostatní potlačí, utlumí. Mícha dostává zpětně pouze takové povely, které v dané situaci vedou k optimálnímu pohybu.

Úmyslný pohyb vychází z rozsáhlé oblasti temenního a čelního laloku. Od buněk kůry směřují vlákna tvořící mohutný svazek tzv. pyramidových drah. Ten končí synaptickým přepojením na alfa-motoneuronech v páteřní míše. Tyto dráhy řídí pohyby fázické rychlé a přesné. Z mozkové kůry však vychází ještě jeden systém a to mimopyramidový. Jeho hlavním úkolem je zabezpečit pohyby hrubé, pomalé a tonické. Tento systém není napojen přímo na alfa- motoneurony v páteřní míše, ale nejdříve směřují k bazálním gangliím, talamu, střednímu mozku, mozku a retikulární formaci mozkového kmene. (Kohlíková 2012, Dylevský 2007)

6. Vyšetřované svaly

V této kapitole jsou charakterizovány svaly, které byly zvoleny jako cíl výzkumu. Jedná se o *m. erector spinae*, *m. obliquus extrenus abdomini*, *m. biceps femoris* a *m. rectus femoris*.

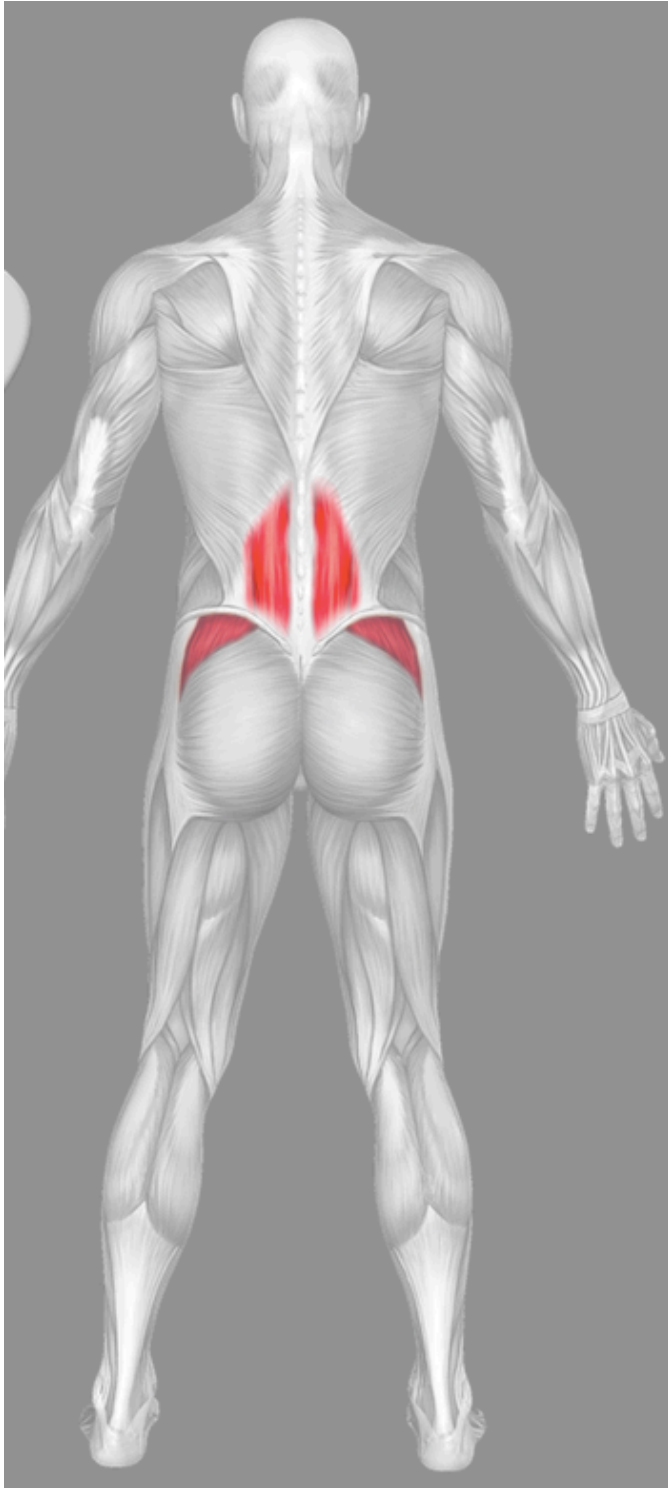
6.1 Musculus erector spinae

Vzpřimovače páteře jsou rozsáhlý systém svalů v okolí páteře. Jejich začátek je na kosti křížové. Probíhají po celé délce páteře ve třech sloupcích:

- Vnější sloupec (*m. iliocostalis*) - začíná na širokém úponu os sacrum a upíná se na os costae; začíná ve spodní části os costae a upíná se v horní části os costae; začíná v horní části os costae a upíná se na processus transversi cervicalní části columna vertebralis.
- Střední sloupec (*m. longissimus*) - probíhá přímo vzhůru k processus transversi L a Th ; nejdelší část, začíná na processus transversi Th a upíná se na C; začíná na C a upíná se na bradavkový výběžek lebky.
- Vnitřní sloupec (*m. spinalis*) - začíná na processus transversi L a Th a upíná se na processus transversi horních Th; začíná na spodních krčních obratlích a upíná se na horní vertebrae cervicale.

Funkce:

- Vzpřimovače páteře slouží jako opora pro hlavu a krk.
- Udržuje vzpřímené držení těla. Extenzory vzpřimovače působí proti tendenci přitažlivosti a udržují trup a páteř ve vzpřímené poloze
- vzpřimování a záklon (extenze) trupu při oboustranné činnosti, při jednostranné činnosti úklon ke své straně, rotace na opačnou stranu. (Čihák 2001)



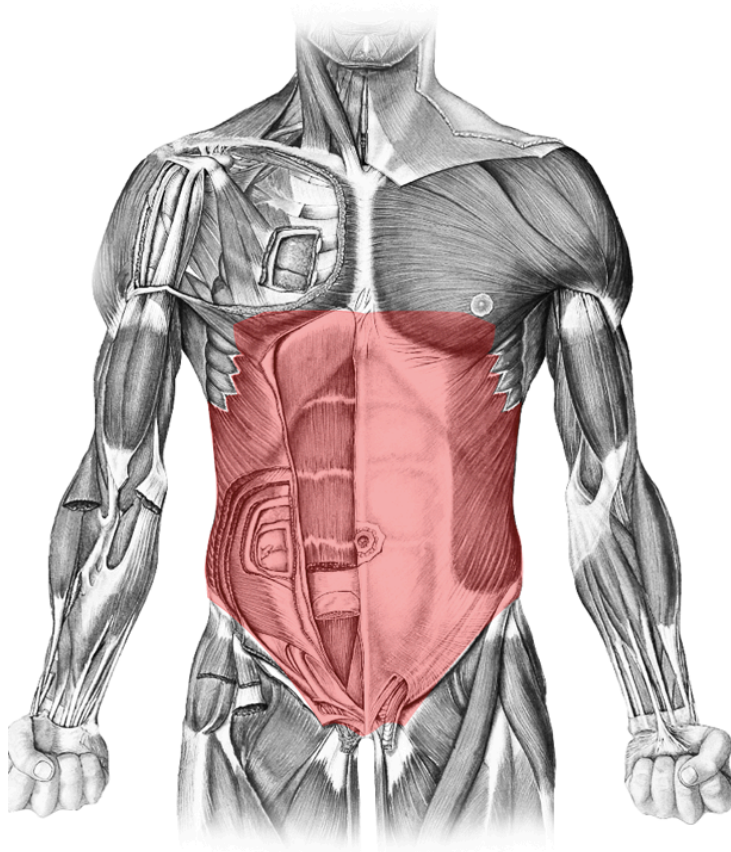
obrázek 4 Spodní část vzpřimovače páteře (Freetrainers, 2016)

6.2 Musculus obliquus externus abdominis

Rozsáhlý plochý sval na povrchu boční stěny břišní. Dopředu mediálně přechází v plochou šlachu. Začátek svalu je na kaudálních žebrech. Sval se upíná na zadní a kaudální snopce na labium externum cristae iliacaе. Ostatní snopce přecházejí zevně od m. rectus abdominis v aponeurosis muscoli obliqui external, která tvoří povrch předního listu pochvy přímého svalu a upíná se do linea alba.

Funkce:

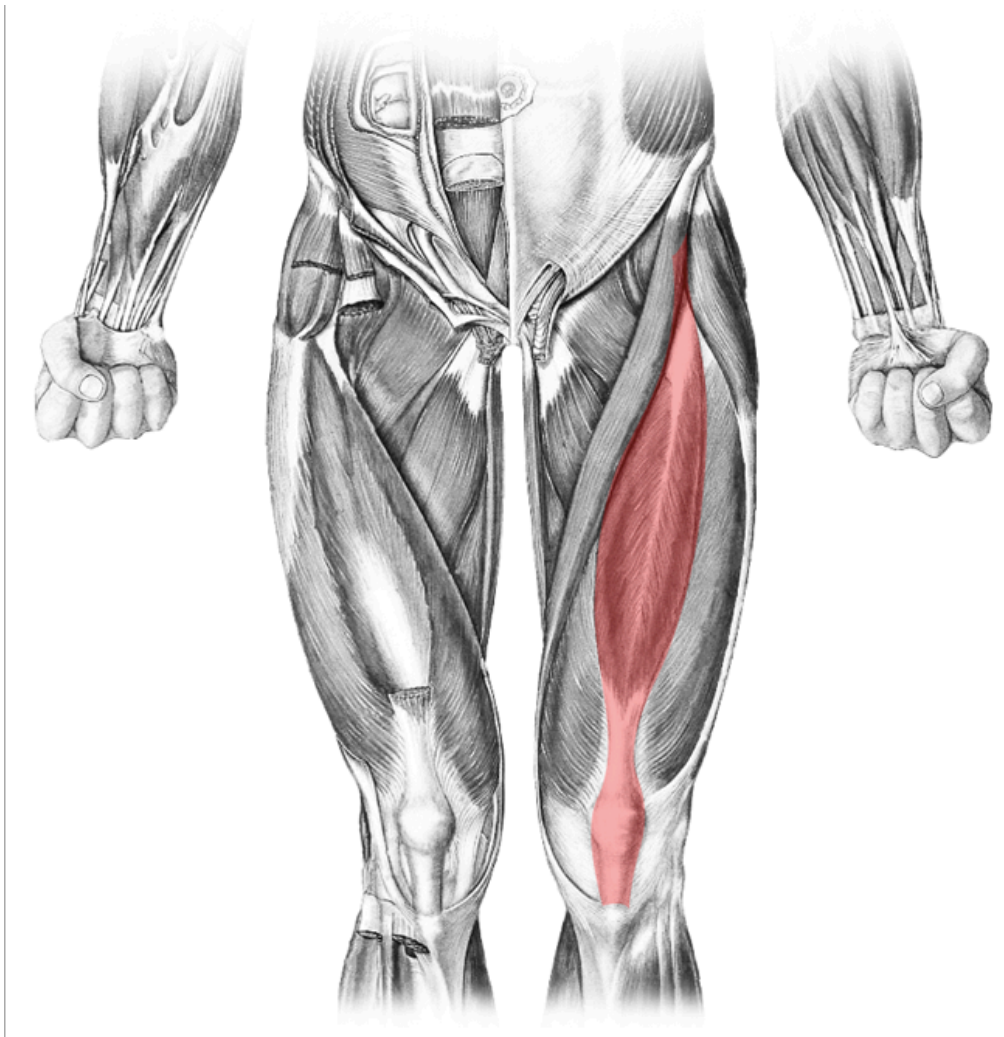
- Při oboustranné kontrakci je tento sval synergista m. rectus abdominis
- Při jednostranné kontrakci uklání páteř na stranu protahovaného svalu a rotuje páteř s hrudníkem na stranu protilehlou.
- Účastní se břišního lisu spolu s předním břišním svalem. Klidový tonus těchto svalů tiskne zřepředu orgány dutiny břišní. (Čihák 2001)



obrázek 5 Zevní sval břišní (Bernaciková, 2010)

6.3 Musculus rectus femoris

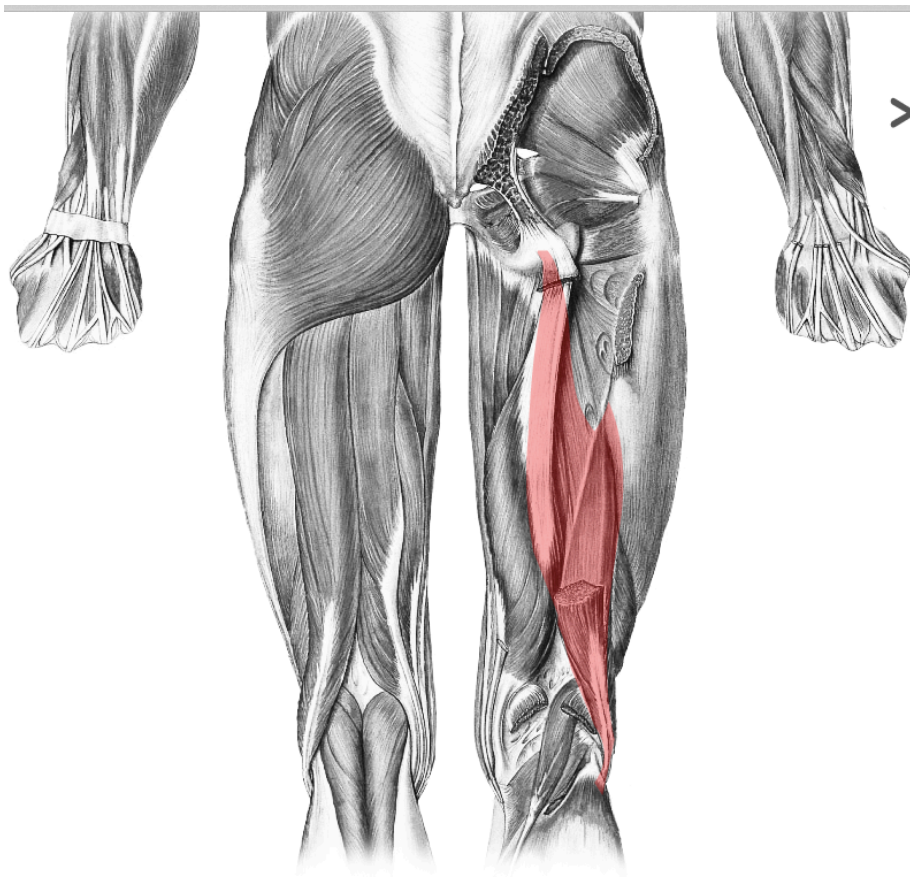
Spolu s dalšími třemi svaly tvoří dohromady čtyřhlavý sval stehenní, jehož funkcí je extenze v kolenním kloubu. Přímý sval stehenní začíná na spina iliaca anterior inferior a je pomocný při flexi v kyčelním kloubu. Caput reflexum začíná nad acetabulem a do hry vstupuje do funkce při flexi kyčelního kloubu, kdy se caput rectum dostane mimo osu tahu m. rectus. (Čihák 2001)



obrázek 6 Přímý sval stehenní (Bernaciková, 2010)

6.4 Musculus biceps femoris

Se skládá ze dvou hlav: Caput longum a caput breve (dlouhá a krátká hlava). Ty se spojují ve společné břicho, jdoucí na zevní stranu kolenního kloubu, kde sval přechází v úponovou šlachu. Sval začíná na tuber ischiadicum a labium laterale lineae asperae a upíná se na hlavu holenní kosti. Jeho funkcí je flexe kolenního kloubu a extenze kyčelního kloubu. (Čihák 2001)



obrázek 7 Dvojhlavý sval stehenní (Bernaciková, 2010)

7. Elektromyografie

Elektromyografie je metoda, která zkoumá elektrickou aktivitu činného svalu akční potencionál (AP). Jedná se o experimentální vyšetřovací metodu, která prostřednictvím snímání bioelektrických signálů podává obraz o aktivitě svalů a nabízí tak možnost objektivního hodnocení neuromuskulární činnosti. Výhodou povrchové elektromyografie je, že se nejedná o invazivní vyšetřovací metodu, tedy že nezasahuje do lidské integrity. Díky této vyšetřovací metodě můžeme lépe zjišťovat nejen velikost svalové aktivity, ale i svalovou synergii, tedy spolupráci svalů v pohybu. (Krobot, Kolářová 2011)

Podle Konrada (2006) je elektromyografie experimentální technika zabývající se rozvojem, zaznamenáváním a analýzou myoelektrických signálů. Myoelektrické signály jsou tvořeny fyziologickými změnami v membránách svalových vláken.

7.1 Historie EMG

Výborný popis svalů můžeme najít už v renesančním díle *De humani corporis fabrica* (stavba lidského těla), které napsal otec moderní anatomie Andreas Vesalius. Avšak jeho poznatky vznikly studiem svalů „mrtvých“. Studiem svalových pohybů se zabýval zejména Leonardo da Vinci. První logickou dedukci toho, že svaly musí vykazovat elektrickou aktivitu, dokumentoval Ital Francesco Redi v r. 1666. Předpokládal, že rána od rejnoka elektrického má svůj původ v jeho svalech. Jednoznačný vztah mezi svalovou prací a elektřinou popsal až v 70. letech 18. Století boloňský lékař Luigi Galvani (1737-1798). Pozoroval, jak reaguje svalovina žabích stehýnek na elektrickou jiskru in a kontakt bimetallického článku. Galvani tento fenomén (později pojmenován galvanismus) považoval za důkaz „vitální elektřiny“, kterou svaly generují a nervy roznášejí po organismu. Jeho současník a oponent Alessandro Volta (1745-1827) ovšem jev nepovažoval za biologický, nýbrž za čistě fyzikální. Jako důkaz jeho tvrzení proti galvanismu byl objeven chemického elektrického článku. Přesto Galvaniho považujeme za průkopníka elektroneurofyziologie. Je po něm pojmenován přístroj k měření elektrického proudu a napětí. První galvanometr je znám z roku 1820. Italský lékař Carlo Matteusci jej využil pro první exaktního zaznamenání elektrické aktivity sval. Svým galvanoskopem (někdy též označován jako rheoskop) změřil na žabím preparátu elektrické projevy vedoucí ke kontrakci svalů. Na jeho

přístroj navázal německý fyziolog Emil Du Bois-Reymond (1818-1896), který ho dále rozpracoval. Registroval elektrickou aktivitu při volní aktivitě svalů vlastní aparaturou, když za “registrační elektrody” použil baňky s elektrolytem. V roce 1850 německý fyzik a lékař Hermann von Helmholtz (spíš je známý z optiky díky jeho Young-Helmholtzově teorii) změřil poměrně přesně rychlost vedení nervem. (Krobot, Kolářová 2011)

Za pionýra současné elektromyografie je považován německý neurofyziolog Hans Piper (1877-1915). Ten k elektromyografickému záznamu využil plošné kovové elektrody a zdokumentoval typické frekvenční oscilace akčního potenciálu mezi 30-60 Hz podle vynaložené síly, což se stále označuje “Piper-rytmus”.

Povrchovou elektromyografii v námi referovaném významu poprvé klinicky využil ve 30. letech americký internista a psychiatr Edmund Jacobson. Dnes je znám jako autor progresivní relaxace. Jako první zavedl do medicíny přístrojovou biofeedback terapii v současném významu, pomocí SEMG sledoval vliv vizualizace pohybu a emocí na činnost svalů (Krobot, Kolářová 2011). Rozvoj klinické myografie souvisí až s použitím jehlové elektrody Adrianem a Bronkem (1929), což poprvé v historii umožnilo sledování aktivity, spojené s činností jednotlivých svalových vláken (či malých skupin svalových vláken). Janet Price a její kolegové začali studovat v 40. letech část populace, která měla problémy s bolestí zad za pomoci povrchové elektromyografie. Uvedli, že se SEMG aktivační vzorce posouvají pryč s místa zranění do ostatních svalových skupin. Tato studie reprezentovala první dokumentaci o držení těla které uvolňuje bolest nebo o ochranných vzorcích. Využití elektromyografických jehel dále zdokonalil v průběhu 50. a 60. let F. Buchthal.

Z pozdějších elektrofyziků, kteří se podíleli na současné podobě klinicko-kineziologického využití SEMG, je vhodné zmínit Carla de Luca. Je znám pracemi o elektromyografické analýze svalové únavy. Kriticky se zasazoval o správné používání elektromyografie. Podle jeho slov: EMG velmi tajemná. Poskytuje mnoho důležitých a potřebných aplikací, ale má mnoho limitů, které musejí být pochopeny. EMG je velmi lehce použitelná, ale stejně lehce zneužitelná (De Luca 1997). Zároveň je De Luca zakladatelem, a zároveň byl ředitelem, společnosti Delsys, která je považována za lídra

v klinické elektromyografii. Jejich výzkumy pomáhají zlepšit elektromyografii všude po světě. (Contessa 2016)

U nás se v současné době Kineziologickou analýzou sportovního pohybu zabývá Bronislav Kračmar, který vychází z poznatků vývojové kineziologie, fyzioterapie a léčebné rehabilitace. Na podkladě srovnávání lokomočních pohybů ve vybraných sportovních odvětví (kanoistika, cyklistika..) s obecně platnými globálními lokomočními vzory s využitím metody SEMG dochází k obecným závěrům, aplikovatelných do dalších sportů. (Novotný 2003)

7.2 Povrchová elektromyografie

Označována jako SEMG, z anglického surface electromyography. Oproti jehlové elektromyografii, která snímá jen jednotlivé akční potenciály motorických jednotek prostřednictvím elektrody přímo v testovaném svalu, je povrchová vhodnější k podání obrazu o neutrálních mechanismech pohybové kontroly, protože poskytuje informace z většího množství svalové tkáně a umožňuje měřit více svalů současně během rozličných pohybových aktivit. Během vyšetření jsou snímány bioelektrické signály (akční potenciály) většího množství aktivních motorických jednotek v blízkosti snímacích senzorů, které jsou umístěny na kůži nad testovaným svalem. Povrchová svalová aktivita bývá nejčastěji snímána bipolárně pomocí dvou elektrod umístěných paralelně s průběhem svalových vláken. (Krobot, Kolářová 2011)

Ve světě povrchové elektromyografie je velmi důležité vědět, kam přesně umístit elektrody. Elektrody povrchové elektromyografie jsou jako male mikrofony, které poslouchají svalový akční potenciál. Mít mikrofony na správném místě je důležité pro nahrávání záznamu. Skupina SEMIAN prokázala, že i nepatrné změny v umístění výrazně ovlivní amplitudu a kvalitu záznamu SEMG. (Hermens, Freriks 1997)

7.3 Časová souslednost náboru svalu

Jedna z důležitých informací, které můžeme získat z elektromyografického záznamu je časová souslednost náboru svalu, neboli timing. Timing nám určitě počátek

a konec aktivity svalu. Prostřednictvím sledování funkce svalů v čase hodnotíme svalové synergie nebo rychlost reakce na určitý podmět. (Basmajian, De Luca 1985)

Pro hodnocení sekvence zapojení jednotlivých svalů je zapotřebí určit hranici, tzv. aktivační hodnotu, od které bude sval považován za aktivní. Dle De Luca (1997) musí hodnota signálu překročit průměrnou amplitudu signálu v klidové poloze plus dvě její směrodatné odchylky minimálně po dobu 20 ms. Počátek aktivity svalu určujeme s ohledem na rychlost šíření potenciálu ve svalu od inervační zóny, kdy je signál elektrodou detekován s určitou latencí.

Mezi aktivací svalu snímatelné pomocí SEMG a produkcí mechanické síly tohoto svalu je dále přítomné takzvané elektromechanické zpoždění, které může trvat i několik stovek milisekund. Toto zpoždění je závislé například na uspořádání svalových vláken, viskoelastických vlastnostech svalů i šlach a na dalších faktorech. Viskoelastické vlastnosti svalu a pojivové tkáně určují rychlost, s jakou se přenáší síla ze šlachového úponu na kost. (Basmajian, De Luca 1985).

Časová souslednost náboru svalů se neurčuje z normovaných hodnot, ale signál musí být zpracován. Při hodnocení timingu je důležité ověřit, zda svalová aktivita měřeného svalu není kontaminována signály okolních svalů. Eliminovat artefakty je možné respektováním zásad při aplikaci elektrod. (Krobot, Kolářová 2011)

7.4 Převod EMG signálu

Je téměř nemožné doporučit univerzální metodu pro zaznamenání a zpracování signálu. Přesto jsou tři operace, které jsou velmi často používány ve zpracování EMG signálu.

- **Filtrace:** zde dochází k odfiltrování frekvencí nižších než je 50Hz (v USA 60Hz) pomocí dvoupásmového filtru.
- **Rektifikace:** Amplituda signálu se náhodně pohybuje kolem nulových hodnot. Rektifikace stanovuje kvantitativní odhad elektromyografického signálu. Během toho se mění záporné hodnoty v kladné a vytvářejí se absolutní hodnoty ze všech registrovaných amplitud

- **Vyhlazení:** proces potlačení vysokofrekvenčních fluktuací signálu tak, že se jejich odchylka vyhladí. Výsledný signál se označí jako lineární obálka. Nejvyužívanější jsou dva algoritmy vyhlazení pomocí průměru rektifikovaných hodnot a střední kvadratické hodnoty. (Krobot, Kolářová 2011; Latash 2008)

Zpracování EMG signálu se uskutečňuje pomocí frekvenční filtrace a případně matematickou úpravou - rektifikací. Při měření je užito frekvenčních filtrů pro snížení vlivu umělého šumu, který vzniká zejména v důsledku pohybu kabelů či při nedostatečné fixaci elektrod. (Rodová a kol. 2001).

7.5 Svalové funkční testy

Svalové testy podle Jandy (1996) slouží jako pomocná vyšetřovací metoda, která:

- Informuje o síle jednotlivých svalů nebo svalových skupin tvořících funkční jednotku
- Pomáhá při určení rozsahu a lokalizace léze motorických periferních nervů a stanovení postupu regenerace
- Pomáhá při analýze jednoduchých hybných stereotypů
- Je podkladem analytických, léčebně tělovýchovných postupů při reedukaci svalů oslabených.

Svalový test vychází z principu, že pro vykonání pohybu určitou částí těla v prostoru je třeba určité svalové síly. V principu rozeznáváme několik stupňů svalové síly:

1. Jež zůstává bez motorického efektu, jde jen o zášub svalů
2. Jež může pohybovat částí těla s vyloučením působení zemské tíže
3. Jež je s to překonat pouze gravitaci
4. Jež může překonat zevně kladný odpor při pohybu částí těla

Jelikož pohyb je souhrn často i vzdálených svalových skupin, musíme posuzovat test jako komplexní, nikoliv jako vyšetření jednoho svalu. Proto dnes

chápeme svalový test jako metodu, kterou vyšetřujeme určité, co nejpřesněji definované, poměrně jednoduché motorické stereotypy.

7.5.1 Extenze trupu

Extenze trupu se provádí v rozsahu 40-50 stupňů, všechny stupně se provádí v poloze na břiše. U stupňů 5,4,3 je hrudník mimo desku stolu. Pohyb je dvoufázový, neboť při pohybu z flexe do horizontály hodnotíme hrudní svalstvo, při pohybu z horizontály do maximální extenze převážně svalstvo lumbálního segmentu. Krční páteř musí být během celého pohybu v plynulém pokračování s páteří hrudní. Rozsah pohybu omezuje hlavně dotyk obratlových trnů, dále stlačení meziobratlových plotének a tah svalu na přední ploše páteře. (Janda 1996)

7.5.2 Flexe trupu s rotací

Jedná se o současnou plynulou flexi trupu s rotací, kde rozsah pohybu je v hrudní páteři 40 stupňů, v krční 65 stupňů, z čehož však 45 stupňů připadá na skloubení atlasu a epistrofeem. Všechny stupně testujeme v lehu na zádech. Pohyb je kombinovaný, neboť se jedná současně o provedení flexe a rotace trupu. Proto je nutné zachovávat přísný postup. Trup se musí od podložky odvinovat postupně, bez extenze v bederním segmentu páteře. Pohyb se musí provádět stejnou rychlostí během celého rozsahu, nezačíná se počátečním švihem. U všech stupňů je nutné dbát na polohu dolních končetin, které jsou v každém kyčelním kloubu v 25 stupňů abdukci a jsou lehce podloženy pod kolena tak, aby byla vyhlazena bederní lordóza. (Janda 1996)

7.5.3 Extenze dolní končetiny

Rozsah pohybu z maximální flexe při flektovaném kolenním kloubu je 130-140 stupňů. Při klasických zkouškách by se nemělo opomíjet vyšetření extenze v kyčelním kloubu se současně flektovaným kolenním kloubem, poněvadž za této situace jsou flexory kolenního kloubu pro extenzi v kyčelním kloubu v nevýhodné situaci. Rozsah pohybu omezuje napětí flexorů kyčelního kloubu a tah ligamentu iliofemorale.

Poněvadž flexory kyčelního kloubu jsou zkráceny velmi často, je třeba jejich stav vyšetřit dříve, než budeme testovat extenzi v kyčelním kloubu. (Janda 1996)

7.5.4 Extenze kolenního kloubu

Rozsah pohybu je při extenzi kolenního kloubu 120-140 stupňů. Při testu využíváme pouze posledních 90 stupňů. Stupně 5,4,3 zkoušíme nejlépe vleže na zádech, přičemž testovaná končetina visí přes okraj stolu. Netestovaná končetina je flektována s chodidlem na stole, aby stabilizovala pánev. Fixace stehna je vždy nutná, abychom vyloučili rotaci stehna a substituci jinými svaly. Důležitá je fixace, abychom nestlačovali čtyřhlavý sval, držíme stehno zespodu. Rozsah pohybu omezují ligamenta crutiata, ligamenta collateralia a zadní část kloubního pouzdra. (Janda 1996)

8. Cíle a úkoly práce

Cílem práce je zjištění velikosti svalové aktivace vybrané svalové partie, které se zapojují do provedení zápasnické techniky zved na přetočení podbřišním záběrem za pomoci (EMG). Dílčím cílem bude zjistit, v jakém pořadí se jednotlivé partie zapojují do pohybu a jestli je rozdíl mezi provedením každého z probanda.

8.1 Úkoly práce

1. Prostudovat odbornou literaturu
2. Vybrat techniky, které se budou dále analyzovat
3. Vybrat probandy
4. Určení základních svalů, které budou sledovány
5. Zajistit prostor pro výzkum
6. Analýza, zpracování a interpretace dat
7. Napsat závěr a vyvodit diskuzi

8.2 Výzkumné otázky

Vědecké otázky byly sestaveny na základě cílů diplomové práce :

- **V1:** Nejvyšší svalovou aktivitu lze předpokládat u m. erector spinae (vzpřimovač páteře). Toto tvrzení vychází z faktu, že při správném provedení techniky dochází k vyzvednutí soupeře z předklonu do stoje. Tento pohyb je zabezpečen převážně zádovými svaly.
- **V2:** pořadí zapojení svalů do pohybu bude u každého probanda odlišné, protože každý ze závodníků si techniku přizpůsobuje svým fyziologickým a morfologickým předpokladům.

8.3 Výzkumný soubor:

Pro výzkum byli vybráni 4 členové seniorské reprezentace řecko-římského zápasu ve věkovém rozptylu $24,5 \pm 2,5$ let a váhovém rozptylu $76,5 \pm 4$ kg. Tato skupina probandů absolvuje minimálně 8 hodin tréninku týdně a všichni provádějí sport

nejméně 12 let. Tento soubor předpokládá nejvyšší technickou úroveň jednotlivých zápasníků. Všichni zápasníci se pravidelně zúčastňují evropských a světových soutěží. Výzkum byl schválen Etickou komisí UK FTVS (viz. příloha č. 1). Probandi podepsali informovaný souhlas (viz. Příloha č. 2).

8.4 Průběh vyšetření

Probandi, kteří se zúčastnili vyšetření, byli před samostatným měřením seznámeni s metodikou a se všemi patřičnými informacemi, které byly nutné pro zahájení měření EMG. Vždy, před každým měřením, měl proband 10 minut na rozcvičení a zahřátí organismu. Rozcvičení bylo individuální a každý si ho řídil podle sebe. Během výzkumu byl přítomný fyzioterapeut, který určoval, na která místa svalů se mají připevnit elektrody. Bylo zapojeno 8 svalových skupin (m. obliquus externus abdominis, m. erector spinae, m. rectus femoris, m. biceps femoris) Elektrody, o průměru 2 cm byli připevněny na čistou, odlihovanou pokožku. Vždy byly připevněny dvě těsně vedle sebe a třetí, uzemňovací cca 2 cm dál (viz. příloha: *nalepení elektrod na probandech*). Celé zařízení bylo překryto zápasnickým elastickým dresem proto, aby se elektrody nevytrhly během pohybu. Samotné zařízení EMG bylo připevněno ledvinkou na záda probanda. Následně byl proveden Jandův funkční svalový test pro zjištění maximální volní kontrakci MVC (z anglického Maximum voluntary contraction) Průběh svalového testu je uveden níže v kapitole *Průběh provedení funkčního svalového testu*.

Zved na přetočení podbřišním záběrem byl prováděn na dalším probandovi. Jako obránce byl zvolen jedinec, který byl ve stejné váhové kategorii, čímž se vyloučilo zkreslení výsledků nepoměrem zvedané váhy oproti tělesné váze. Zved byl proveden desetkrát, ve dvou sériích po pěti. Provedení prvních pět pokusů bylo v neomezeném čase, avšak s požadavkem, aby mezi jednotlivými pokusy nebyly velké prostoje. Po pěti pokusech byla pětiminutová pauze, kde mělo dojít k regeneraci tak, aby dalších pět pokusů mohlo proběhnout bez větších známek únavy. Stav odpočínutí se zjišťoval pouze subjektivně a pouze slovně. Po dokončení byl svlečen dres a vytvořena fotodokumentace nalepení elektrod (viz kapitola: *nalepení elektrod na probandech*). Provádění zápasnické techniky bylo natáčeno na kameru značky SONY HDR-SR12.

8.5 Průběh provedení funkčního svalového testu

Měření bylo provedeno podle Jandy (1996), který ve své knize funkční svalový test popisuje způsob vyšetření těchto čtyř segmentů:

8.5.1 Extenze trupu

Poloha vleže na břiše, hrudník mimo stůl, trup předkloněn přibližně 30°, paže podél těla. Fixujeme hýždě a bederní segment páteře. Pohyb začíná z předklonu. Vyšetřovaný provádí extenzi, a to do horizontály pro hrudní segment a pokračuje plynule dále do extenze pro lumbální segment. Odpor se klade v první fázi plochou rukou mezi lopatky, v druhé na dolní žebra (viz. příloha 1. extenze trupu).

8.5.2 Flexe trupu s rotací

Vleže na zádech, dolní končetiny lehce podloženy pod kolena, bederní lordóza vyhlazena, v každém kyčelním kloubu abdukce 25 stupňů pro udržení stability, nohy uvolněny, horní končetiny v týl, lokty vpřed. Fixace zde není nutná. Pohyb začíná současnou plynulou flexi trupu s rotací bez pohybu pánve, v takovém rozsahu, aby vzdálenost mezi podložkou a značkou byla aspoň 5cm. Odpor se zde neklade (viz. příloha 2, extenze trupu s rotací).

8.5.3 Extenze kyčelního kloubu

Poloha je vleže na břiše, horní končetina podél těla, hlava na čele, dolní končetiny v základním postavení, špičky mimo stůl. Břicho je podloženo tak, aby se vyrovnala bederní lordózu. Prsty a dlaní fixujeme pánev na testované straně a palcem hmatáme velký trochanter. Pohyb vychází z extenze dolní končetiny z střední čáru v rozsahu 10°. Odpor se klade dlaní na dolní třetinu plochy stehna, obloukovitě proti směru pohybu (viz příloha 3 extenze kyčelního kloubu).

8.5.4 Extenze kolenního kloubu

Vyšetřovaný je v poloze vleže na zádech, bérce testované končetiny visí přes okraj stolu. Kolenní kloub je tedy v 90 stupňů flexi. Netestovaná končetina je pokrčena s chodidlem na stole. Během vyšetření fixujeme stehno zesponu. Pohyb vychází z extenze v kolenním kloubu od 90 stupňů do úplné extenze. Odpor klademe těsně nad

kotníky obloukovitým směrem proti směru pohybu (viz. příloha 4. extenze kolenního kloubu).

8.6 Standardizace podmínek měření

Všechna měření probíhala za konstantních podmínek. Teplota vzduchu byla 22°-23 stupňů Celsia. Doba rozevření byla stejná pro všechny probandy. Stejný byl také interval odpočinku mezi sériemi určený pro zotavení. Během celého měření se nijak nemanipulovalo s elektrodami a před každou sérií se zkontrolovalo jejich uchycení.

Měření probíhalo v jeden den v rozmezí 13:05- 14:45 a to na přístroji ME6000 Biomonitor. Před samotným měřením došlo k synchronizaci přístroje a videokamery.

8.7 Místo výzkumu

Výzkum probíhal ve sportovním Centru sportu Ministerstva vnitra, které se nachází v pražské Stromovce. Zde se nachází zápasnické tréninkové středisko. Oproti laboratoři má středisko tu výhodu, že je hala pokrytá žíněnkami, tudíž je prostor bezpečnější a nehrozí zranění pádu z výšky.

8.8 Použité zařízení

K měření byl použit přístroj 14-bitový ME 6000 Biomonitor (Mega Electronics, Kuopio, Finland), který pracuje na 16 kanálech. 15 kanálů slouží ke sledování až 15 skupin, šestnáctý kanál slouží k synchronizaci s počítačem. Frekvence snímání je až 10 000 Hz/kanál s rozpětím $\pm 8192\mu\text{V}$ pro EMG. Citlivost přístroje je $1\mu\text{V}$ na dílek, pásmová propustnost 8-500 Hz. Možnost záznamu do interní paměti až 2 GB, nebo bezdrátově rovnou do počítače. Ke snímání se používají hydrogelové elektrody Ag/Cl Kendall, připojené pomocí kabelu s předzesilovačem signálu (Mega Electronics, Finland) [Flemr 2014]. Záznamovým zařízením byla digitální kamera SONY HDR-SR12, handycam, HD AVCHD, hybrid HDD, která zaznamenává v rozlišení Full HD 1920x1080 Při vysoké přenosové rychlosti (16 Mb/s).



obrázek 8 ME 6000 Biomonitor (Mega Electronics, 2004)

8.9 Vyhodnocení

Všechna naměřená data byla vložena do počítače a vyhodnocena přes počítačový program Megawin. Nejprve bylo zapotřebí křivku filtrovat. Proto byly odstraněny frekvence nižší než 20Hz a vyšší než 500Hz. Surový záznam byl rektifikován (převedení negativních fází signálu do hodnot kladných) a vyhlazen (potlačení vysokofrekvenčních fluktuací signálu). Pro určení časového nástupu svalové aktivity s následnou intraindividuální a interindiviální analýzou vybraného úseku byla zvolena tzv. trojúhelníková detekce počátku a konce aktivity, která se v současné době používá jako metoda nejpřesnější. Tyto hodnoty zapojení svalů byly zjištěny pomocí editoru skriptů v programovém prostředí Matlab. Jednotlivé segmenty pohybu byly rekognoskovány pro vyhledání minima jednotlivých fází a následně uloženy. Podobným způsobem se postupovalo pro maximální hodnoty. Z důvodů různých délek a lepší komparace byl časová osa normalizována na procenta.

9. Výsledky

Výsledky jsou zobrazeny níže. V tabulkách 2,4,6,7 jsou zobrazeny naměřené hodnoty pomocí Jandova funkčního testu (*MVC*). Další položkou jsou pokusy a jejich naměřené hodnoty. Vždy se vzal jeden pokus z první a druhé série a vypočítal se průměr. Tím vznikly hodnoty (*Pokus č. 1, Pokus č. 2, Pokus č. 3, Pokus č. 4, Pokus č. 5*). Z těchto 5 pokusů byl znovu vypočítán průměr, čímž jsme získali položku *Průměr*. Jelikož je však každá svalová partie jinak velká, průměrná hodnota nám toho moc neřekne, protože se dá předpokládat, že například čtyřhlavý sval stehenní, který je velké plochy, dokáže vytvořit více síly než například mimické svaly, kdy tyto svaly dosahují velikosti maximálně 5-8 cm. Proto byla do tabulky zanesena další položka *průměr z MVC v %* která nám určuje, kolik jsou naměřené vypočítané hodnoty v souvislosti z maximální volní kontrakcí, kde *MVC* je vždy 100%. Zároveň nám tabulka ukazuje relativní hodnotu, tedy jak dokáže jedinec zapojit určité svalové partie, tj. jak má partie “silné”.

Do grafů 1-4 jsou přeneseny hodnoty z předchozích tabulek (*MVC a Průměr z MVC%*). *MVC* je vždy na hodnotě 100. Pokud je červená hodnota větší než modrá, znamená to, že jsou svaly zapojovány nad svoje maximum.

Obrázky 1-4 jsou nejdůležitější části výsledků. V těchto obrázcích jsou zobrazeny jednotlivé svaly v pěti pokusech, kde se zobrazuje nejen jak velká je aktivace svalů, ale hlavně pořadí (timing) zapojení svalů.

V tabulce 3, 5, 7, 9 je zobrazen timing svalů, tedy to, kdy byly v pohybovém cyklu zapojeny. Svaly jsou seřazeny v tabulce podle pořadí zapojení. Bohužel při vyhodnocování vstoupily těžko ovlivnitelné faktory, kdy například u probanda číslo 4 byly naměřeny největší hodnoty pro biceps femoris ještě před zahájením samotného pohybového cyklu. To bylo ovlivněno postojem probanda před zahájením pohybu.

9.1 Proband č. 1

V pohybovém cyklu probanda č. 1 jsou velmi patrné dvě fáze. Zatímco v první fázi dochází k nakročení a přizvednutí soupeře, v druhé fázi teprve začíná zvedání soupeře. Přejít mezi fázemi je viditelný. Proband v první fázi nakročí až do podpaží ležícího soupeře. Následuje extenze v kyčelním a kolenním kloubu. Ve fázi zvedání pracují nejvíce zádové svaly (viz příloha strana 72- příloha č.9 kinogram zved proband č. 1).

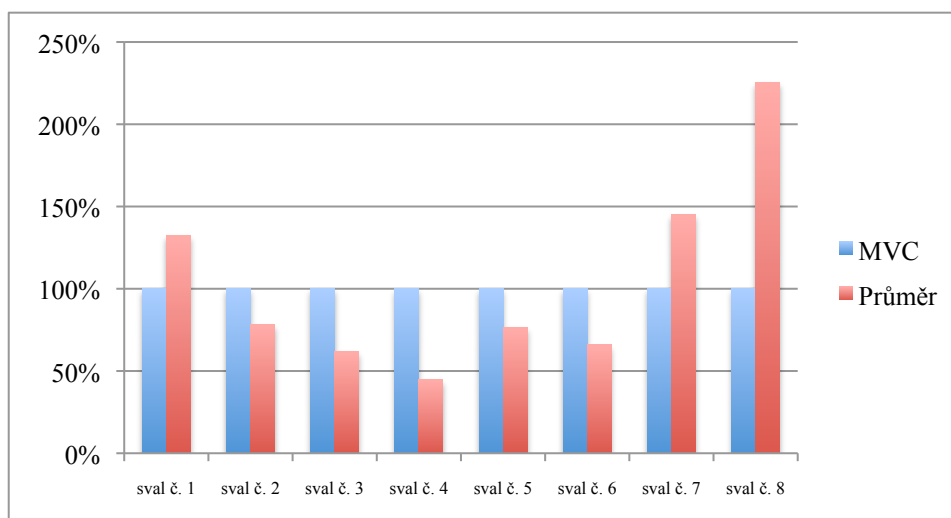
Tabulka 2 Velikost zapojení svalových skupin do pohybu- proband číslo 1

Sval	MVC μV	Pokus č. 1 μV	Pokus č. 2 μV	Pokus č. 3 μV	Pokus č. 4 μV	Pokus č. 5 μV	Průměr μV	Průměr z MVC %
erector spinae - R	568,5	842,8	623	756,7	629	913,7	753	132
erector spinae - L	965,5	837,2	757,5	738,4	789,6	652,5	755	78
abdominis - R	1737, 1	959,2	1128,3	786,8	1305	1190	1073,9	62
abdominis - L	1411, 7	921,2	348,1	457,1	526,3	896,2	629,8	45
biceps femoris - R	1429, 4	1059,3	1272,5	846,6	1014	1272,6	1093,	77
biceps femoris - L	1496, 6	946,1	1103,2	981,2	853,7	1045,7	986	66
rectus femoris - R	1004, 5	872,3	3265,9	806,7	759,2	1590,7	1458,8	145
rectus femoris - L	741,9	2851,4	1639,5	769,3	1669,1	1437	1673,2	226

zkratky svalů v tabulce

1. erector spinae – R= Musculus erector spinae- pravá strana
2. erector spinae– L= Musculus erector spinae- levá strana
3. abdominis– R= Musculus obliqua externus abdominis- pravá strana
4. abdominis – L= Musculus obliqua externus abdominis- levá strana
5. biceps femoris– R= Musculus biceps femoris- pravá strana
6. biceps femoris– L= Musculus biceps femoris- levá strana
7. rectus femoris - R= Musculus rectus femoris- pravá strana
8. rectus femoris - L= Musculus rectus femoris- levá strana

Graf 1 procentuální vyjádření rozdílu mezi MVC a průměrnými hodnotami aktivace - proband číslo 1



vysvětlivky k grafu

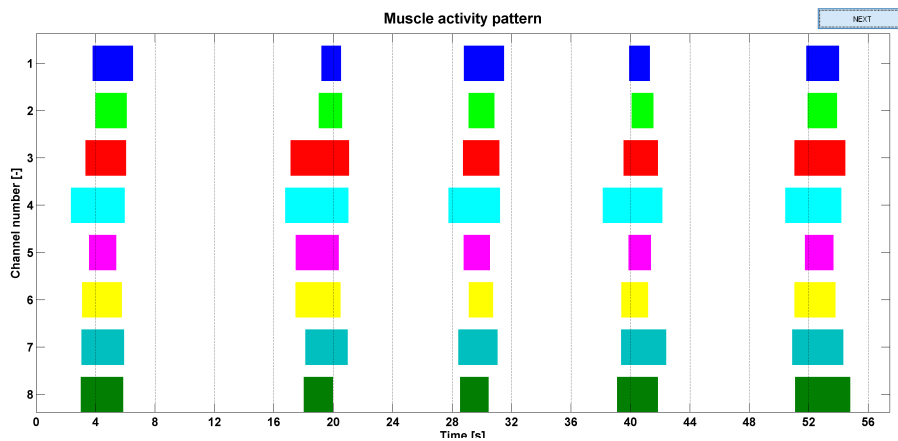
1. sval č. 1= Musculus erector spinae- pravá strana
2. sval č. 2= Musculus erector spinae- levá strana
3. sval č. 3= Musculus obliqua externus abdominis- pravá strana
4. sval č. 4= Musculus obliqua externus abdominis- levá strana
5. sval č. 5= Musculus biceps femoris- pravá strana
6. sval č. 6= Musculus biceps femoris- levá strana
7. sval č. 7= Musculus rectus femoris- pravá strana
8. sval č. 8= Musculus rectus femoris- levá strana

Proband č. 1 je spíše silový typ zápasníka. Důkazem jsou vysoké hodnoty maximální volní kontrakce. Mezi jeho nejsilnější partie patří musculus obliquus externus abdominis břišní a musculus biceps femoris. Přesto při samotné technice nejvíce využíval zádové svaly a hlavně musculus erector spinae, kdy levá strana dosahuje hodnot skoro 226% z MVC. Zatímco musculus obliquus externus abdominis při pohybovém cyklu skoro vůbec nepoužívá.

Tabulka 3 timing svalů- - proband číslo 1

Sval	zved	pořadí
Musculus erector spinae- pravá strana	0,5%	1
Musculus erector spinae- levá strana	2%	2
Musculus obliquus externus abdominis- pravá strana	4%	3
Musculus obliquus externus abdominis- levá strana	5%	4
Musculus biceps femoris- pravá strana	92%	5
Musculus biceps femoris- levá strana	98%	6-7-8
Musculus rectus femoris- pravá strana	98%	6-7-8
Musculus rectus femoris- levá strana	98%	6-7-8

Při sledování časové posloupnosti zapojení svalů vidíme, že první se aktivoval musculus obliquus externus abdominis . Následně pravá strana m. biceps femoris. Pravá i levá strana musculus erector spinae se aktivuje téměř současně, a to na 4% a 5% pohybového cyklu. Jako poslední se aktivují musculus rectus femoris.



obrázek 9 aktivace svalů v 5 pokusech ve vteřinách-- proband číslo 1

čísla kanálů odpovídají těmto svalům:

1. Musculus erector spinae – R
2. Musculus erector spinae – L
3. Musculus obliquus externus abdominis – R
4. Musculus obliquus externus abdominis – L
5. Musculus biceps femoris – R
6. Musculus biceps femoris – L
7. Musculus rectus femoris - R
8. Musculus rectus femoris - L

Na obrázku č. 7 je graficky zobrazeno v jaké vteřině se daný sval aktivuje během 5 pokusů zvedu na přetočení podbřišním záběrem. Pořadí aktivace daných svalů je ve všech pokusech téměř totožné. Liší se převážně délka trvání svalové aktivity a konec aktivity.

9.2 Proband č. 2

Zatímco u prvního probanda je pohyb zřetelně rozfázovaný, druhý proband jednotlivé části zvedu spojuje a využívá své svalové výbušnosti, tudíž svalovou práci nepřebírá pouze jedna svalová partie. Zved je prováděn nakročením na úroveň boků soupeře do polodřepu. Poté je zahájena současná extenze kyčelního a kolenního kloubu. V průběhu této části pohybu se zapojují vzpřimovače páteře. Těžiště soupeř je celý pohybový cyklus přeneseno na levou dolní končetinu (viz příloha strana 72- příloha č.10 kinogram zved proband č. 1).

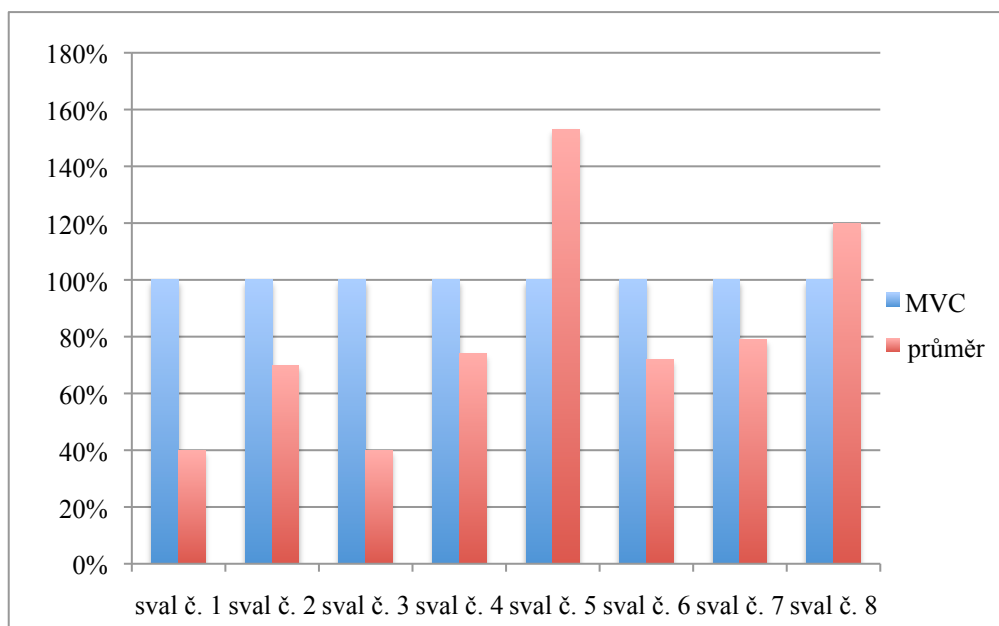
Tabulka 4. Velikost zapojení svalových skupin do pohybu- proband číslo 2

Sval	MVC μV	Pokus č. 1 μV	Pokus č. 2 μV	Pokus č. 3 μV	Pokus č. 4 μV	Pokus č. 5 μV	Průměr μV	Průměr z MVC %
erector spinae - R	1435,5	61,5	327,2	334,6	327,3	335,2	277,2	40
erector spinae - L	1776,9	1161,3	887,1	1569,4	1002,5	1345,3	1193,1	70
abdominis - R	1618,7	621,9	614,3	928,3	679	656,5	700	40
abdominis - L	1438,3	742,5	3264,4	1418,4	600,6	1013,7	1408	74
biceps femoris - R	710,8	827,8	1114,2	1290,7	962,4	1195,1	1078,0	153
biceps femoris - L	1114	665,9	827,2	735	840,7	852,8	784,3	72
rectus femoris - R	1946,6	1732,1	1240,9	1739,2	1537,4	1372,5	1524,4	79
rectus femoris - L	1196,1	1658,2	1807,7	954,5	1542,3	1118,8	1416,3	120

zkratky svalů v tabulce

1. erector spinae – R= Musculus erector spinae- pravá strana
2. erector spinae– L= Musculus erector spinae- levá strana
3. abdominis– R= Musculus obliquua externus abdominis- pravá strana
4. abdominis – L= Musculus obliquua externus abdominis- levá strana
5. biceps femoris– R= Musculus biceps femoris- pravá strana
6. biceps femoris– L= Musculus biceps femoris- levá strana
7. rectus femoris - R= Musculus rectus femoris- pravá strana
8. rectus femoris - L= Musculus rectus femoris- levá strana

Graf 2. Procentuální vyjádření rozdílu mezi MVC a průměrnými hodnotami aktivace- proband číslo 2



vysvětlivky k grafu

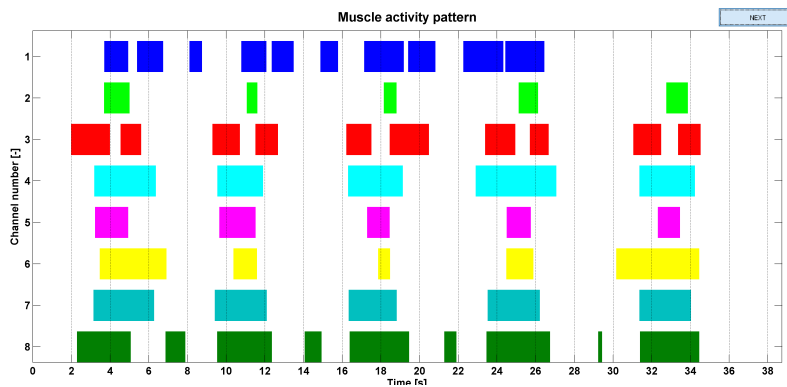
1. sval č. 1= Musculus erector spinae- pravá strana
2. sval č. 2= Musculus erector spinae- levá strana
3. sval č. 3= Musculus obliquua externus abdominis- pravá strana
4. sval č. 4= Musculus obliquua externus abdominis- levá strana
5. sval č. 5= Musculus biceps femoris- pravá strana
6. sval č. 6= Musculus biceps femoris- levá strana
7. sval č. 7= Musculus rectus femoris- pravá strana
8. sval č. 8= Musculus rectus femoris- levá strana

Proband č. 2 využívá své rychlosti provedení a pohyb vychází z končetin, kdy nejvíce zapojuje pravý musculus biceps femoris (153 % z MVC) a levý musculus rectus femoris (120% z MVC). Ostatní svaly se nedostanou na své maximum.

Tabulka 5. Timing svalů- proband číslo 2

Sval	zved	pořadí
Musculus obliquus externus abdominis- pravá strana	5%	1
Musculus rectus femoris- levá strana	43%	2
Musculus rectus femoris- pravá strana	76%	3
Musculus obliquus externus abdominis- levá strana	77%	4
Musculus erector spinae- pravá strana	87%	5
Musculus biceps femoris- pravá strana	88%	6
Musculus biceps femoris- levá strana	89%	7
Musculus erector spinae- levá strana	96%	8

Timing svalů je ovlivněn velkou rychlostí provedení. Avšak jak je vidět na obrázku č. 10, každý pokus probanda o provedení je rozdílný. Například při prvním pokusu je první aktivovaný sval musculus obliquus externus abdominis – R. V dalších pokusech to již není tak patrné. Přesto bylo pomocí průměru vyhodnoceno, že se musculus obliquus externus abdominis – R aktivuje jako první a to na 5% pohybového cyklu. Poslední svalové partie, které vstupují do pohybu, jsou musculus erector spinae (levá strana na 96% a pravá na 87% pohybového cyklu) a musculus biceps femoris (levá strana na 89% a pravá strana na 88% pohybového cyklu).



obrázek 10. Aktivace svalů v 5 pokusech ve vteřinách- proband číslo 2

čísla kanálů odpovídají těmto svalům:

1. Musculus erector spinae – R
2. Musculus erector spinae – L
3. Musculus obliquus externus abdominis – R
4. Musculus obliquus externus abdominis – L
5. Musculus biceps femoris – R
6. Musculus biceps femoris – L
7. Musculus rectus femoris - R
8. Musculus rectus femoris - L

Na obrázku č. 8 je graficky zobrazeno v jaké vteřině se daný sval aktivuje během 5 pokusů zvedu na přetočení podbřišním záběrem. Vidíme zde patrné rozdíly právě u musculus obliquus externus abdominis – R. Dále je zde vidět, jak je musculus rectus femoris- L zapojován na začátku pohybového cyklu, následně není využíván a začne se zapojovat opět až před koncem cyklu. Obdobně také musculus obliquus externus abdominis- R.

9.3 proband č. 3

Proband při zvedu využívá velký rozkročení, kdy pravým chodidlem došlapuje až těsně k hlavě soupeře, a pokrčení v kolenou. Tím dostává těžiště rychleji k soupeři a přizvednutí probíhá po krátké dráze. Tím rychleji odlepi soupeřovi dolní končetiny a ten se nemůže bránit tím, že se odrazí dopředu. Zároveň zlepši své těžiště. Tento způsob je však značně náročný právě na Musculus rectus femoris a vyžaduje velkou sílu. Technika je zároveň prováděna, oproti probandovi č. 2., s vytažením soupeře kolem pravé nohy, čímž se vysvětluje zatíženější pravou stranu (viz příloha strana 72- příloha č.11 kinogram zved proband č. 3).

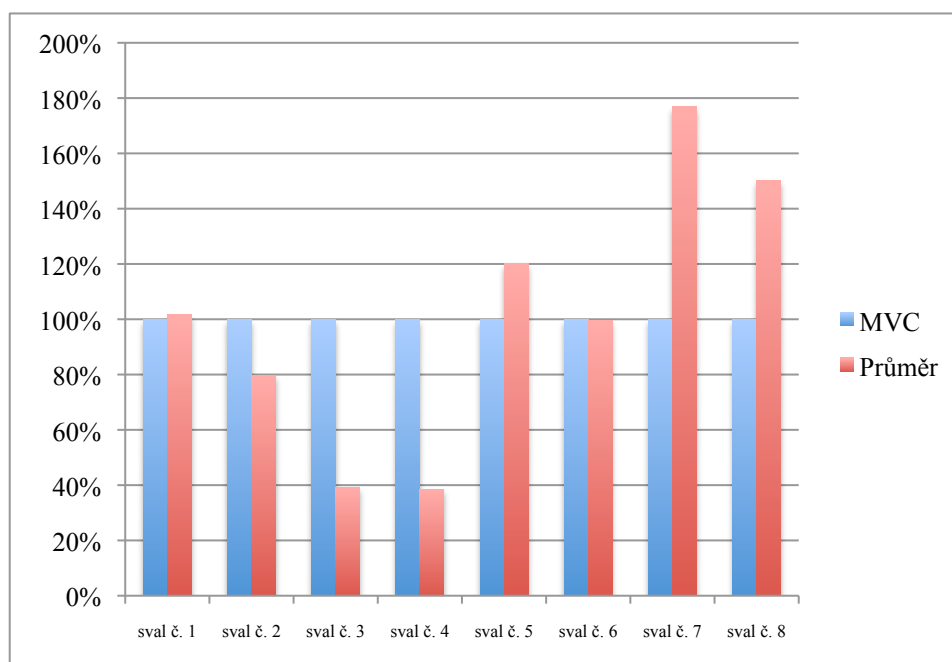
Tabulka 6. Velikost zapojení svalových skupin do pohybu- proband číslo 3

Sval	MVC μV	Pokus č. 1 μV	Pokus č. 2 μV	Pokus č. 3 μV	Pokus č. 4 μV	Pokus č. 5 μV	Průměr μV	Průměr z MVC %
erector spinae - R	710,2	720,7	752,8	672,7	578,8	881,3	721,3	102
erector spinae - L	943,8	802,7	605,7	699,9	824,6	834,7	753,5	80
abdominis - R	1998,5	760,1	939,4	854,7	640,6	732,7	785,5	39
abdominis - L	1926,9	614,2	653,8	718,8	799,7	932,5	743,8	39
biceps femoris - R	732,4	808	1126, 3	914,3	763,4	784,2	879,2	120
biceps femoris - L	706,6	780,1	671,9	907,9	596,3	565,8	704,4	100
rectus femoris - R	797,1	1128,8	1337, 7	1377,1	1453,6	1752,4	1409,9	177
rectus femoris - L	823,9	931	1174, 1	1368,7	1532,7	1179,9	1237,3	150

zkratky svalů v tabulce

1. erector spinae – R= Musculus erector spinae- pravá strana
2. erector spinae– L= Musculus erector spinae- levá strana
3. abdominis– R= Musculus obliquua externus abdominis- pravá strana
4. abdominis – L= Musculus obliquua externus abdominis- levá strana
5. biceps femoris– R= Musculus biceps femoris- pravá strana
6. biceps femoris– L= Musculus biceps femoris- levá strana
7. rectus femoris - R= Musculus rectus femoris- pravá strana
8. rectus femoris - L= Musculus rectus femoris- levá strana

Graf 3. Procentuální vyjádření rozdílu mezi MVC a průměrnými hodnotami aktivace- proband číslo 3



vysvětlivky k grafu

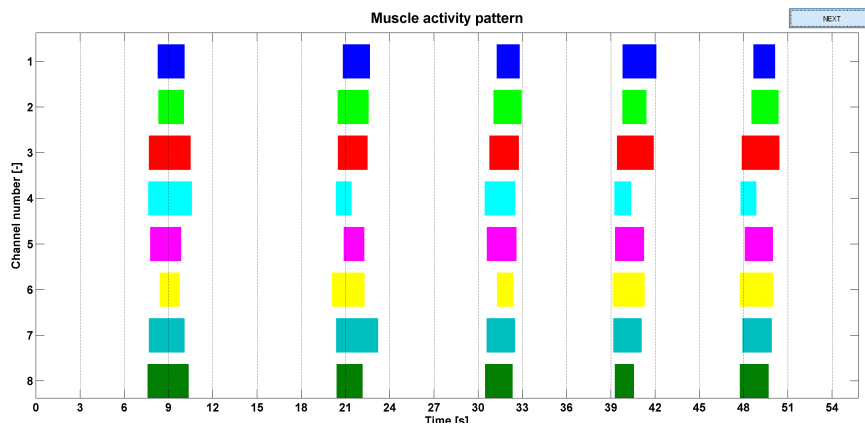
1. sval č. 1= Musculus erector spinae- pravá strana
2. sval č. 2= Musculus erector spinae- levá strana
3. sval č. 3= Musculus obliqua externus abdominis- pravá strana
4. sval č. 4= Musculus obliqua externus abdominis- levá strana
5. sval č. 5= Musculus biceps femoris- pravá strana
6. sval č. 6= Musculus biceps femoris- levá strana
7. sval č. 7= Musculus rectus femoris- pravá strana
8. sval č. 8= Musculus rectus femoris- levá strana

Proband č. 3 je nejlehčí ze všech, proto jeho technika je ovlivněná váhovým rozdílem. Podle Jandova testu je jeho nejsilnější svalovou partií musculus obliquus externus abdominis, kdy hodnoty dosahují skoro 2000 μ V. Avšak při technice nejsou skoro využívány. Tam pracují pouze na 38-39% MVC. Nejvíce využívané svaly jsou obě strany Musculus rectus femoris. Oproti předchozím probandům má tento proband velmi podobné výsledky u pravé i levé strany svalových partií.

Tabulka 7. Timing svalů- proband číslo 3

Sval	zved	pořadí
Musculus obliquus externus abdominis- levá strana	80%	1-2
Musculus rectus femoris- levá strana	80%	1-2
Musculus rectus femoris- pravá strana	81%	3-4
Musculus obliquus externus abdominis- pravá strana	81%	3-4
Musculus biceps femoris- levá strana	82%	5
Musculus biceps femoris- pravá strana	82%	6
Musculus erector spinae- pravá strana	89%	8
Musculus erector spinae- levá strana	88%	7

Stejně jako u předchozích probandů, jako první svalová skupina jsou zapojovány svaly šikmé břišní. Opět to je vyvoláno zpevněním středu těla. Současně se zapojují obě strany musculus rectus femoris, což je zapříčeno výše zmíněným rozkročeným dřepem, a to na 80% pohybového cyklu pro levou stranu a na 81% pohybového cyklu pro pravou stranu. Samotné zvedání je zahájeno extenzí v kyčelním kloubu a následně extenzí trupu. Jednotlivé zapojení segmentů je ale těžké oddělit, protože je pohyb ucelený. To je potvrzeno tím, že je pořadí zapojení jednotlivých svalů často souběžné.



obrázek 11. Aktivace svalů v 5 pokusech ve vteřinách- proband číslo 3

čísla kanálů odpovídají těmto svalům:

1. Musculus erector spinae – R
2. Musculus erector spinae – L
3. Musculus obliquus externus abdominis – R
4. Musculus obliquus externus abdominis – L
5. Musculus biceps femoris – R
6. Musculus biceps femoris – L
7. Musculus rectus femoris - R
8. Musculus rectus femoris - L

Na obrázku č. 9 je graficky zobrazeno v jaké vteřině se daný sval aktivuje během 5 pokusů zvedu na přetočení podbřišním záběrem. U probanda č. 3 je patrné, že cvik provádí s velkou rychlostí. Trvání zapojení svalových skupin je velmi krátké. Pořadí aktivace daných svalů je ve všech pokusech velmi podobné. Nedosahuje velké rozdíly.

9.4 proband č. 4

Proband svůj pohyb rozděluje na dvě fáze. V první fázi dochází k došlápnutí pravé nohy na úroveň soupeřova boku a přenesení váhy z levého kolena na pravou nohu. Před začátkem narovnávání trupu dojde k propnutí kolen a proband stojí na natažených dolních končetinách. To není moc výhodné ve chvíli, kdy se soupeř začne bránit pohybem vpřed. Finální narovnání trupu je už izolovaný pohyb, kdy pracují pouze zádové svaly. To je patrné na obrázku č. 10, kde je zobrazená aktivace svalů. Vrchol aktivace je v době, kdy ostatní svalové partie už nejsou skoro zapojeny (viz příloha strana 72- příloha č.12 kinogram zved proband č. 4).

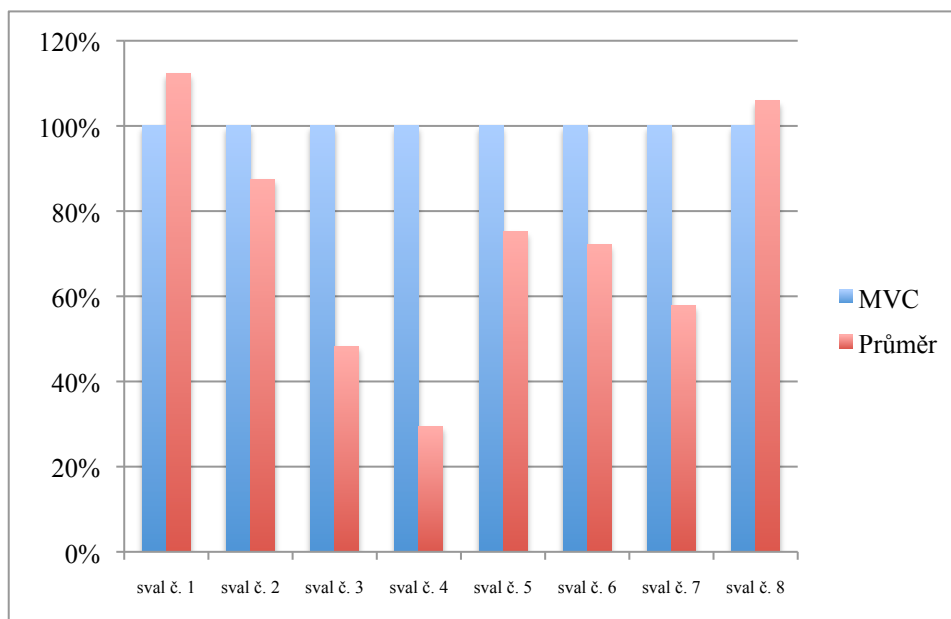
Tabulka 8. Velikost zapojení svalových skupin do pohybu- proband číslo 4

Sval	MVC μV	Pokus č. 1 μV	Pokus č. 2 μV	Pokus č. 3 μV	Pokus č. 4 μV	Pokus č. 5 μV	Průměr μV	Průměr z MVC %
erector spinae - R	491,6	447,7	501,5	614,6	602,6	592,5	551,8	112
erector spinae - L	623,7	703,1	489,8	500,3	570,3	465,6	545,8	88
abdominis - R	1357,2	741,8	481,4	782,1	734,7	537,2	655,4	48
abdominis - L	1547,8	429,3	554,2	530,9	438,8	327,3	456,1	29
biceps femoris - R	980,3	668,7	734,3	971,2	640,3	674,6	737,8	75,
biceps femoris - L	792,0	612,4	544,6	546,5	660,1	498,6	572,5	72
rectus femoris - R	1231,4	840,4	495,1	611,3	815,7	797,6	712	57
rectus femoris - L	974,2	1157, 1	896,1	581,6	1041,1	1482, 6	1031,7	106

zkratky svalů v tabulce

1. erector spinae – R= Musculus erector spinae- pravá strana
2. erector spinae– L= Musculus erector spinae- levá strana
3. abdominis– R= Musculus obliquua externus abdominis- pravá strana
4. abdominis – L= Musculus obliquua externus abdominis- levá strana
5. biceps femoris– R= Musculus biceps femoris- pravá strana
6. biceps femoris– L= Musculus biceps femoris- levá strana
7. rectus femoris - R= Musculus rectus femoris- pravá strana
8. rectus femoris - L= Musculus rectus femoris- levá strana

Graf 4. Procentuální vyjádření rozdílu mezi MVC a průměrnými hodnotami aktivace- proband číslo 4



vysvětlivky k grafu

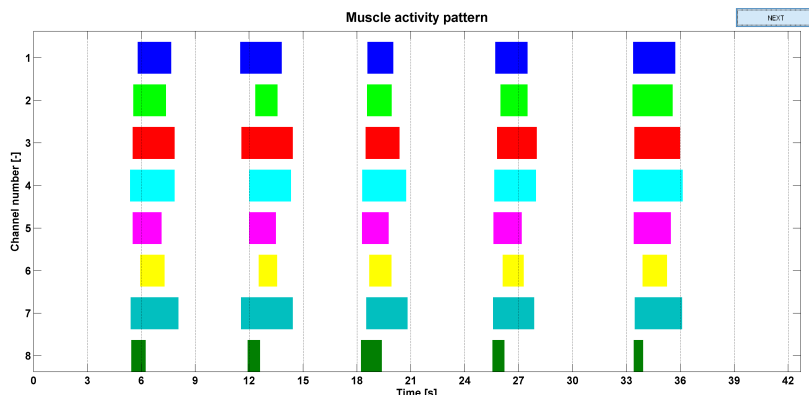
9. sval č. 1= Musculus erector spinae- pravá strana
10. sval č. 2= Musculus erector spinae- levá strana
11. sval č. 3= Musculus obliquua externus abdominis- pravá strana
12. sval č. 4= Musculus obliquua externus abdominis- levá strana
13. sval č. 5= Musculus biceps femoris- pravá strana
14. sval č. 6= Musculus biceps femoris- levá strana
15. sval č. 7= Musculus rectus femoris- pravá strana
16. sval č. 8= Musculus rectus femoris- levá strana

Proband č. 4 nepatří mezi nejsilnější zápasníky. Jeho předností je rychlost pohybu. Při technice zvedu nevyužívá úplně svůj svalový potenciál. To je možné sledovat v grafu č. 4, kdy se pouze ve dvou případech svalové zapojení dostalo nad úroveň maximální volní kontrakce (a to při zapojení pravé strany musculus erector spinae a při zapojení musculus rectus femoris). musculus obliquus externus abdominis se do zvedu nezapojují skoro vůbec. Z grafů je patrné, že pravá strana těla je namáhána více, než levá strana, kvůli přenesení těžiště soupeře na pravou dolní končetinu probanda.

Tabulka 9. Timming svalů- proband číslo 4

Sval	zved	pořadí
Musculus rectus femoris- levá strana	82%	1
Musculus obliquus externus abdominis- levá strana	82,5%	2
Musculus obliquus externus abdominis- pravá strana	83%	3-4
Musculus rectus femoris- pravá strana	83%	3-4
Musculus biceps femoris- pravá strana	86%	5
Musculus erector spinae- levá strana	89%	6-7
Musculus erector spinae- pravá strana	89%	6-7
Musculus biceps femoris- levá strana	91%	8

Jako první se při pohybu zapojuje levá strana musculus rectus femoris. Na 83% pohybového cyklu se aktivuje pravá strana musculus rectus femoris. Spolu s musculus rectus femoris se aktivuje musculus obliquus externus abdominis vždy levá strana dříve než pravá. Na 86% pohybového cyklu se aktivuje musculus biceps femoris- pravá strana. Svaly zad, konkrétně musculus erector spinae pracují ve všech pokusech téměř nastejno. Jako poslední je zaznamenán musculus biceps femoris na levé dolní končetině. To je ovlivněno tím, že proband v závěrečné fázi zvedu několikrát projde výponem na levé.



obrázek 12. Aktivace svalů v 5 pokusech ve vteřinách- proband číslo 4

čísla kanálů odpovídají těmto svalům:

1. Musculus erector spinae – R
2. Musculus erector spinae – L
3. Musculus obliquus externus abdominis – R
4. Musculus obliquus externus abdominis – L
5. Musculus biceps femoris – R
6. Musculus biceps femoris – L
7. Musculus rectus femoris - R
8. Musculus rectus femoris - L

Na obrázku č. 10 je graficky zobrazeno v jaké vteřině se daný sval aktivuje během 5 pokusů zvedu na přetočení podbřišním záběrem. Je zde vidět, že nejdéle se do pohybu zapojuje pravá strana musculus obliquus externus abdominis a pravá strana musculus rectus femoris. Nejkráší dobu pak levá strana musculus rectus femoris.

10. Diskuze

Tabulka 10. Relativní hodnoty maximální svalové kontrakce (vztaženo k % MVC)

Vyšetřované svaly	Proband č. 1	Proband č. 2	Proband č. 3	Proband č. 4
Musculus erector spinae- pravá strana	132	40	102	112
Musculus erector spinae- levá strana	78	70	80	88
Musculus obliquua externus abdominis- pravá strana	62	40	39	48
Musculus obliquua externus abdominis- levá strana	45	74	39	29
Musculus biceps femoris- pravá strana	76	153	120	75
Musculus biceps femoris- levá strana	66	72	100	72
Musculus rectus femoris- pravá strana	145	80	177	58
Musculus rectus femoris- levá strana	226	120	150	106

poznámka: oranžovou barvou vybarvená pole jsou hodnoty, který sval byl zapojen nejvíce u každého z probandů. Všechny hodnoty jsou v jednotkách μV

V tabulce číslo 10 jsou přenesené výsledné hodnoty z tabulek: *Velikost zapojení svalových skupin do pohybu* kde v sloupci *Průměr z MVC v %* jsou zobrazené naměřené hodnoty převedené na průměr jednotlivých probandů vztažené k průměru maximální volní kontrakce (MVC). Hodnoty nám ukazují na kolik procent oproti MVC nám sval pracuje. Vybarvená pole oranžovou barvou nám znázorňují, který sval jaký proband zapojil nejvíc. Hodnoty jsou velmi rozdílné, přesto zde můžeme najít aspoň částečnou podobnost. Nejvyšší hodnoty ze svalových skupin dosahuje levá strana m. rectus femoris. U všech je zapojení nad 100% a probanda č. 1 dokonce více než 2x. Na druhou stranu m. obliquus externus abdominis se u všech pohyboval pod úrovní maximální volní kontrakce, což znamená, že zápasnickou techniku ovlivňuje nejméně ze všech svalových skupin. U většiny se dokonce hodnota nedostala ani na polovinu MVC. Zároveň zde není viditelný rozdíl mezi pravou a levou stranou. Je s podivem, jaké jsou naopak rozdíly mezi levou a pravou stranou svalových partií probandů u m. rectus femoris a u m. erector spinae. Jedním z vysvětlení je způsob provedení. Například

proband č. 4 při zvedu používá pravou nohu pouze jako stabilizační a nezapojuje svaly na maximum. Ale naopak u finální části vytažení soupeře do výšky se již naklání na pravou stranu. Podobný případ je u probanda č. 1. Oba dva se vyznačují technikou neplynulého pohybu. Naopak proband č. 2 a č. 3 mají ucelený pohyb a proto všechny hodnoty jsou větší u pravé strany svalových skupin.

Tabulka 11. Pořadí zapojení svalů při pohybu

Vyšetřované svaly	Proband č. 1	Proband č. 2	Proband č. 3	Proband č. 4	průměr
Musculus erector spinae- pravá strana	3	5	7	6-7	6
Musculus erector spinae- levá strana	4	8	8	6-7	7
Musculus obliquua externus abdominis- pravá strana	1	1	3-4	3-4	1
Musculus obliquua externus abdominis- levá strana	5	4	1-2	2	3
Musculus biceps femoris- pravá strana	2	6	6	5	5
Musculus biceps femoris- levá strana	6-7-8	7	5	8	8
Musculus rectus femoris- pravá strana	6-7-8	3	3-4	3-4	4
Musculus rectus femoris- levá strana	6-7-8	2	1-2	1	2

poznámka: oranžovou barvou je sval, který se do pohybu zapojil jako první, modrou barvou pak sval, který se zapojil jako poslední

Pokud se podíváme na tabulku č. 11 je patrné že pořadí, kdy se jednotlivé svalové partie zapojují do pohybu, není tak rozdílné, jak byla velikost zapojení svalových skupin. Oranžovou barvou jsou označeny svaly probandů, které jsou do pohybu zapojeny nejdříve a modrou barvou svalové partie, které se do pohybu zapojují

nejpozději To je dáno individuálním provedením pohybu. Můžeme zde vypořádat i rozdíly v zapojení jednotlivé strany svalové skupiny. Například u všech, kromě probanda č. 4 je pravá strana m. erector spinae zapojována dříve než levá. To je dáno přenesením těžiště na pravou nohu, která je blíže soupeřově hlavě, čímž dosáhnou nazvednutí dolních končetin soupeře a znesnadní mu další obranu. Dále můžeme vypořádat podobný timing m. rectus femoris. Tento sval se zapojuje mezi prvními svaly. To je způsobeno tím, jak probandi končí fázi přeskočení do širokého polodřepu a svoje hýždě tlačí co nejnižší podložce. Výjimku tvoří proband č. 1, který naopak přeskakuje do téměř natažených dolních končetin a teprve po zahájení zvedání soupeře se pokrčí v kolenou.

Pokud bychom to vyjádřili statisticky tak, že bychom vypočítali aritmetický průměr jednotlivých svalů u každého probanda a výsledku pak přiřadili čísla od 1 až 8, kdy jedna je sval, který se zapojuje jako první (viz tabulka č. 11, sloupec průměr), pak nám vyjde, že první svaly, které se zapojují do pohybu jsou: m. obliquus externus abdominis a m. rectus femoris. Zatímco nejpozději se zapojují m. biceps femoris a m. erector spinae.

11. Závěr

Ve své práci jsem se zabýval svalovou aktivitou v zápasnické technice zved na přetočení podbřišním záběrem. Konkrétně se jednalo o m. erector spinae, m. obliquus externus abdominis, m. biceps femoris a m. rectus femoris. Následně jsem zjišťoval jejich timing, nebo-li procento v pohybovém cyklu, na kterém se daná svalová partie zapojuje a následně snažil popsat, proč tomu tak je. Kromě měření svalové aktivity pravé strany u erector spinae muscle u probanda č. 2, kdy při prvním pokusu došlo pravděpodobně k odlepení elektrody od těla, nedošlo během měření k žádnému zkeslení, tudíž můžeme považovat naměřené hodnoty za relevantní. Měřením jsme dospěli k závěru, že některé společné znaky ve svalové aktivitě bychom našli.

Výzkumná otázka V1 se nepotvrdila. Zde jsme předpokládali největší zapojení m. erector spinae. Zatímco pravá strana, s výjimkou probanda č. 4, se u všech zapojovala méně než svaly dolních končetin, levá strana se u nikoho nedostala ani na úroveň maximální volní kontrakce. Je to dáno tím, že probandi při přeskoku došlapují do polodřepu s rovnými zády.

Výzkumnou otázku V1 jsme výzkumem potvrdili. Pořadí zapojení svalů do pohybu je u každého probanda odlišné. U žádného jsme nenašli totožné zapojení jako u jeho kolegy. Přesto jsme vyzorovali mnoho společných znaků. Například břišní svalstvo se do pohybu zapojuje u všech mezi prvními svaly. Podobně je na tom m. rectus femoris. Výjimkou je proband č. 1, tam je naopak tento sval zapojován mezi posledními. To je ovlivněno jeho přeskokem do natažených dolních končetin a až při začátku zvedání projde mírným podřepem.

Aplikace výsledků do praxe by mohla ovlivnit skladbu tréninku. Zažitou teorií je, že pro úspěšné provedení zvedu na přetočení podbřišním záběrem, je důležité mít silné zádové svalstvo. Díky výsledkům měření je patrné, že mnohem důležitější je svalstvo dolních končetin. Zároveň by si trenéři měli uvědomit, že způsob provedení může být u každého závodníka rozdílný a přesto se nedá říct, že jeden je správný a druhý je špatný. Je důležité posuzovat fyziologické a morfologické aspekty jedince.

12. Použitá Literatura

2. Analýza vybraných pohybů: běh. *Základy sportovní kineziologie* [online]. 2010 [cit. 2017-08-17]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/pages/koleno_flex_ext.html
3. BERNACIKOVÁ, M. a NOVOTNÝ, J. *Fyziologie sportovních disciplín* [online]. 1 vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2010 [cit. 2017-08-19]. Elportál. Dostupné z: <<http://is.muni.cz/elportal/?id=920876>>. ISSN 1802-128X.
4. BENEŠ, J. a J. KYMPLOVÁ. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory*. 1. vyd. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-4712-5
5. BÖHM, A. *Sto zápasnických let*. Praha: Svaz zápasu České republiky, 1995.
6. CRAM, J. The History of Surface Electromyography. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. University of West Florida, 2003, 28(2), 81-88. ISSN 1573-3270.
7. CONTESSA, P. Professor Carlo J. De Luca. *Delsys* [online]. Altec, 2016 [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <http://www.delsys.com/company/founder/statements/contessa-kline/>
8. ČIHÁK, R. *Anatomie*. 3., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3817-81
9. DAVÍDEK, J. *Od Frištenského k Máchovi*. Praha: Olympia, 1979.
10. DE LUCA, C.J. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*. 1997.
11. DYLEVSKÝ, I. *Základy funkční anatomie člověka*. Praha: Manus, 2007. ISBN 978-80-86571-10-2.
12. DOVALIL, J. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2009. ISBN 978-80-7376-130-1.
13. ČIHÁK, R. *Anatomie*. 3., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3817-81
14. Erector spinae: basic of erector spinae. *Freetrainers.com* [online]. [cit. 2017-06-25]. Dostupné z: https://www.freetrainers.com/exercise/muscle/erector_spinae
15. FILA-OFFICIAL: *les maitrises fila* [online]. [cit. 19.11.2016]. Dostupné z: <http://www.fila-official.com/maitrises/index.php>

16. FLEMR, L. J.NĚMEC a O. NOVOTNÝ (eds.). *Pohybové aktivity ve vědě a praxi: konferenční sborník u příležitosti 60. výročí založení Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze : (Praha, 19.-21. června 2013)*. Praha: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2621-5.
17. Elektromyografie. *Fakulta tělesné výchovy a sportu* [online]. Praha, 2015 [cit. 2017-08-06]. Dostupné z: <http://www.ftvs.cuni.cz/FTVS-1512.html>
18. HERMENS, H a B. FRERIKS. *The state of the art on sensors and sensor placement procedures for surface electromyography: a proposal for sensor placement procedures*. Enschede: Roessingh Research and Development, 1997. ISBN 9075452098.
19. HOHMANN, A, M. LAMES a M. LETZELTER. *Úvod do sportovního tréninku*. Prostějov: Sport a věda, 2010. ISBN 978-80-254-9254-3.
20. HAVLÍČKOVÁ, L. *Fyziologie tělesné zátěže II.: Speciální část- 1. díl*. Praha: Fakulta tělesné výchovy a sportu, 1993. ISBN 80-7066-815-6.
21. JANDA, V. *Funkční svalový test*. Vyd. 1. čes. Praha: Grada, 1996, 325 s. ISBN 80- 26. 7169-208-5.
22. KITTNAR, O. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4
23. KNUTTGEN, H. A P. KOMI: Basale definition der muskulären Aktivität, *In: kraft und Schnellkraft im Sport*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag, 1994.
24. KOHLÍKOVÁ, E. *Fyziologie člověka: učební texty pro trenérskou školu FTVS UK v Praze*. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2004. ISBN 80-86317-31-5.
25. KONRAD, P. *The ABC of EMG. A Practical Introduction to Kinesiological Elektromyography*. Noraxon INC. USA. 2005.
26. KROBOT, A. a B. KOLÁŘOVÁ. *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2762-1.
27. LATASH, L. *Neurophysiological basis of movement*. 2nd ed. Champaign, Ill.: Human Kinetics, c2008. ISBN 978-0-7360-6367-8.
28. Les Maitrises Fila: Federatio Internationale des Luttes Associées. In: FILA-Maitrises[online]. 18. 03. 2011 [vid. 2014-09-05]. Kanál uživatele openaccessnet. Dostupné z: <http://www.fila-official.com/maitrises/index.php>

29. MACHÁT, J. a J.STRAUS. *Zápas: učební texty pro trenéry III. a II. třídy*. Praha: Olympia, 1990.
30. Megawin software. ME6000 Device Manual [CD]. Finland : Megawin Electronics Ltd., 2004
31. NOVOTNÝ, P. *Současné možnosti využití povrchové elektromyografie pro potřeby funkční a zátěžové diagnostiky*. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2003
32. OTÁHAL, K. *Elektromyografie* [online]. Katedra anatomie a biomechaniky 2007 [cit. 15.10.2016]. Dostupné z: <http://www.ftvs.cuni.cz/FTVS-1512.html>
33. OTÁHAL, S. a E. TLAPÁKOVÁ. *Patobiomechanika a patokinesiologie, kompendium – Biomechanika, kapitola: experimentální biomechanika – Elektromyografie*, Praha: Katedra anatomie a biomechaniky FTVS UK. [online]. 1999. [cit. 2016-03-02] Dostupné z: http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpk/kompendium/biomechanika/experiment_metody_emg.php.
34. PÁNEK, D. D. PAVLŮ a J. ČEMUSOVÁ. Rychlost vedení akčního potenciálu svalu jako identifikátor nástupu svalové únavy v povrchové elektromyografii. In: *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. Praha: Česká lékařská společnost J.E.Purkyně, 2009. ISBN 1211-2658.
35. PÁNEK, D. Problém identifikace kontrakční strategie svalu. Praha,2009. Disertační práce. Katedra anatomie a biomechaniky UK FTVS
36. PAVELKA, R. a J. STICH. *Vývoj bojových sportu*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246- 1018-3
37. REGNER, K. A J. ŠOPTENKO. *Zápas v klasickém stylu*. Praha: Olympia, 1981. ISBN 27-043-81
38. RODOVÁ, D. A KOL. *Současné možnosti využití povrchové elektromyografie. Rehabilitace a fyzikální lékařství*. Praha: ČLSJEP, 2002. ISSN 1211-2658
39. ROKYTA, R., et al. *Fyziologie a patologická fyziologie*. Praha: Grada, 2015. ISBN 970-80- 247- 9902-5.
40. VITALON: *elektromyografie* [online]. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://vysetreni.vitalion.cz/elektromyografie/>

13. Seznam použitých obrázků

obrázek 1 kinogram zvedu na přetočení podbřišním záběrem	14
obrázek 2. Funkce aktinu a myozinu při svalové kontrakci (zdroj: BENEŠ 2015).....	19
obrázek 3. Akční potenciál buňky (zdroj: Rokyta 2015).....	21
obrázek 4 Spodní část vzpřimovače páteře (Freetrainers, 2016)	25
obrázek 5 Zevní sval břišní (Bernacíková, 2010)	26
obrázek 6 Přímý sval stehenní (Bernacíková, 2010)	27
obrázek 7 Dvojhlavý sval stehenní (Bernacíková, 2010)	28
obrázek 8 ME 6000 Biomonitor (Mega Electronics, 2004).....	40
obrázek 9 aktivace svalů v 5 pokusech ve vteřinách-- proband číslo 1	45
obrázek 10. Aktivace svalů v 5 pokusech ve vteřinách- proband číslo 2	49
obrázek 11. Aktivace svalů v 5 pokusech ve vteřinách- proband číslo 3	53
obrázek 12. Aktivace svalů v 5 pokusech ve vteřinách- proband číslo 4	57

14. Seznam použitých tabulek

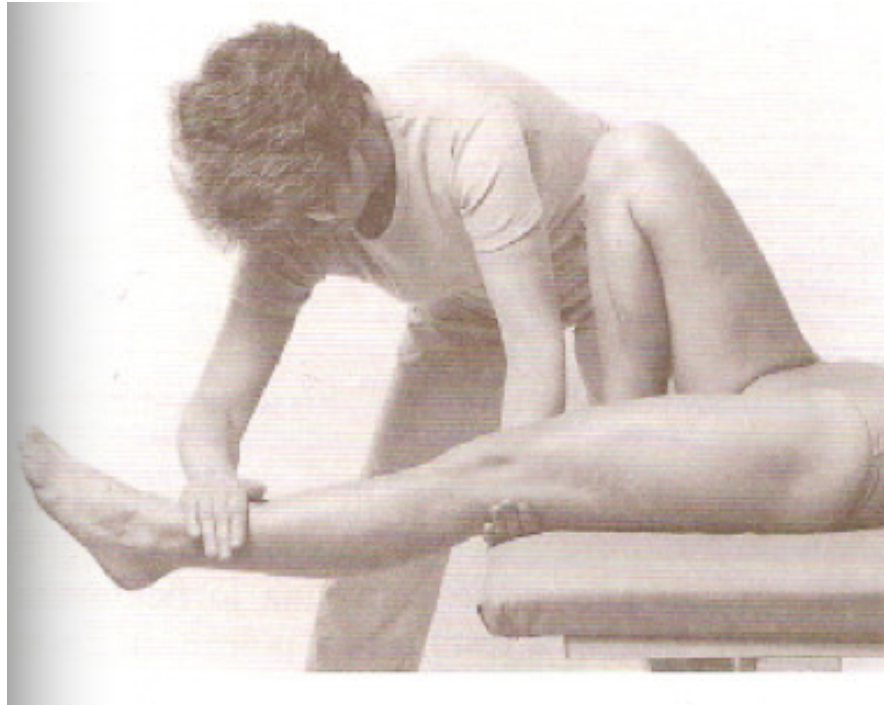
Tabulka 1. Somatotyp zápasníků	9
Tabulka 2 Velikost zapojení svalových skupin do pohybu- proband číslo 1	42
Tabulka 3 timing svalů- - proband číslo 1	44
Tabulka 4. Velikost zapojení svalových skupin do pohybu- proband číslo 2	46
Tabulka 5. Timing svalů- proband číslo 2	47
Tabulka 6. Velikost zapojení svalových skupin do pohybu- proband číslo 3	50
Tabulka 7. Timing svalů- proband číslo 3	52
Tabulka 8. Velikost zapojení svalových skupin do pohybu- proband číslo 4	54
Tabulka 9. Timing svalů- proband číslo 4	56
Tabulka 10. Relativní hodnoty maximální svalové kontrakce (vztaženo k % MVC)	58
Tabulka 11. Pořadí zapojení svalů při pohybu	59

15. Seznam použitých grafů

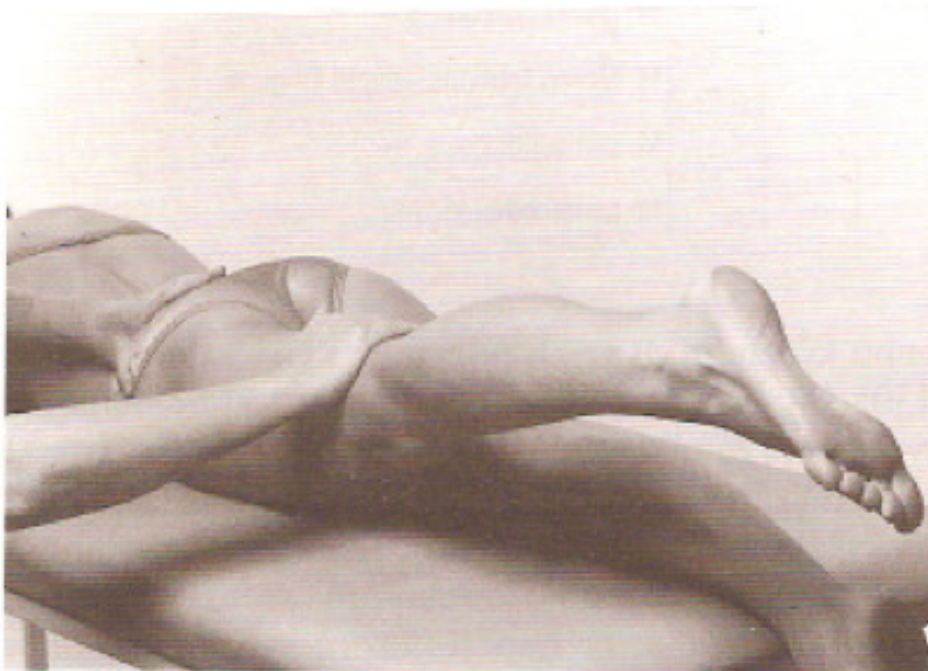
Graf 1 procentuální vyjádření rozdílu mezi MVC a průměrnými hodnotami aktivace - proband číslo 1	43
Graf 2. Procentuální vyjádření rozdílu mezi MVC a průměrnými hodnotami aktivace- proband číslo 2.....	47
Graf 3. Procentuální vyjádření rozdílu mezi MVC a průměrnými hodnotami aktivace- proband číslo 3	51
Graf 4. Procentuální vyjádření rozdílu mezi MVC a průměrnými hodnotami aktivace- proband číslo 4.....	55

16. Přílohy

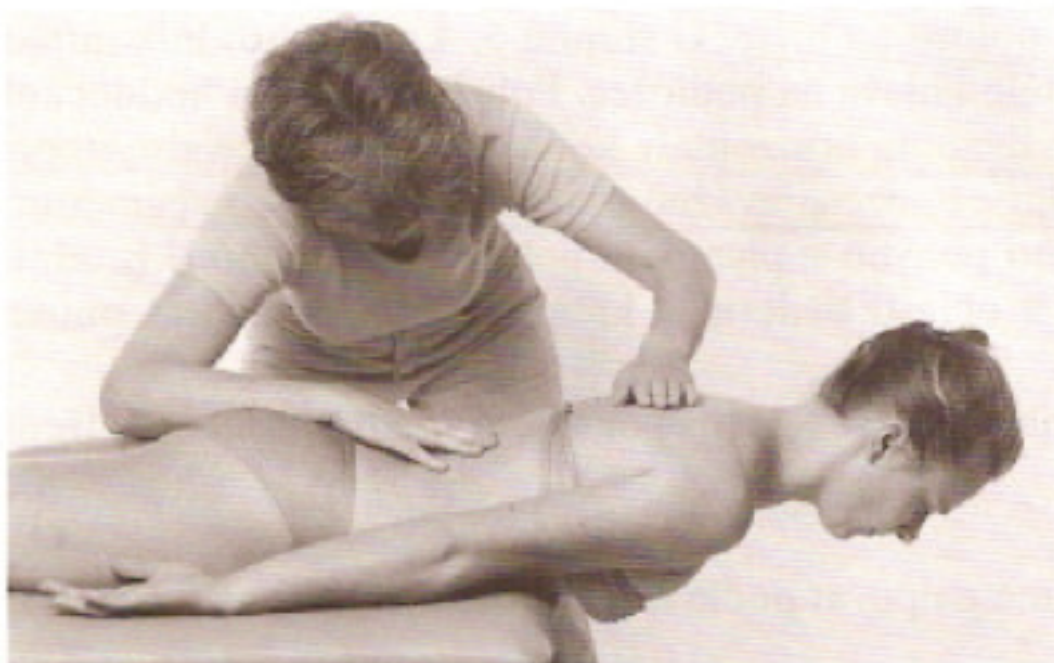
16.1 Příloha č. 1 provedení Jandova funkčního testu



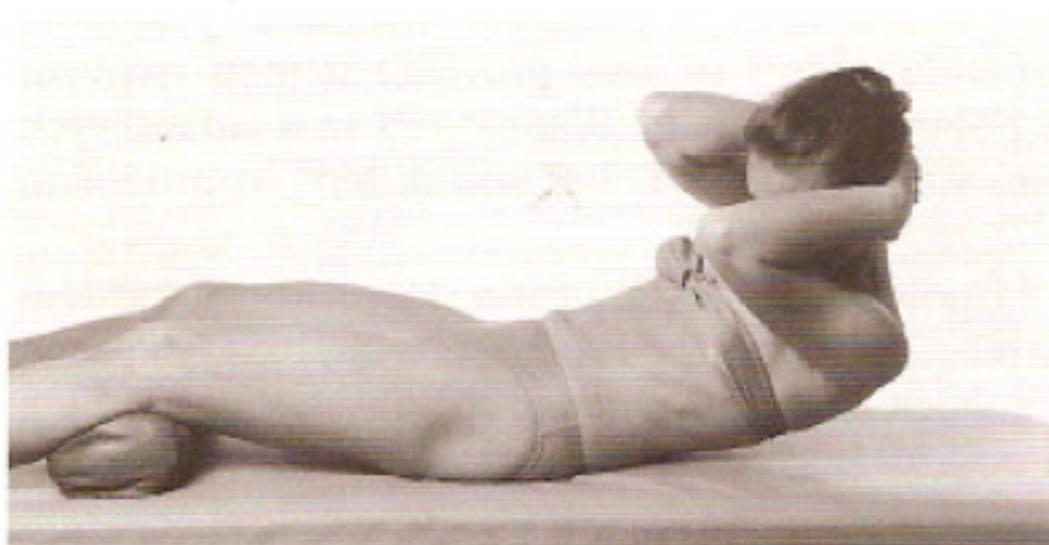
příloha 1 extenze kolenního kloubu (zdroj Janda 2004)



příloha 2 extenze kyčelního kloubu (zdroj Janda 2004)



příloha 3 extenze trupu kloubu (zdroj Janda 2004)

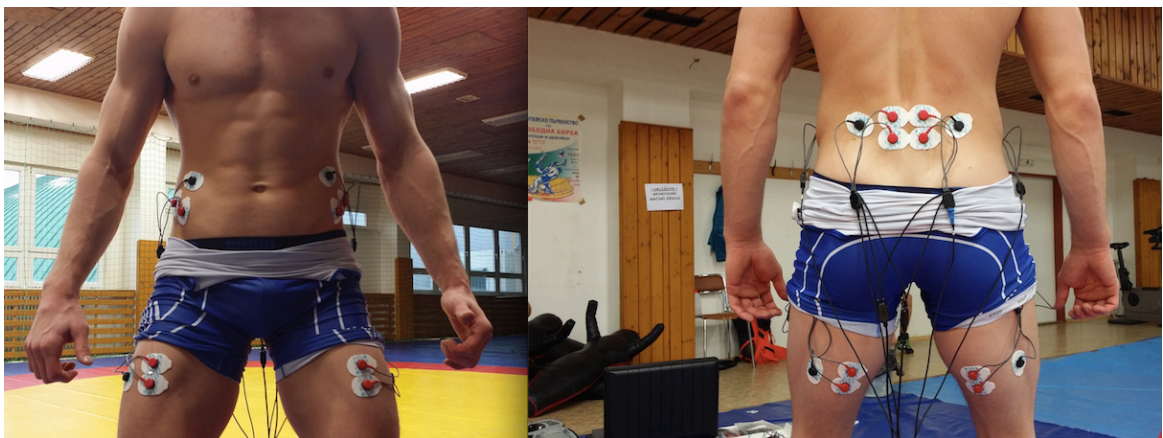


příloha 4 flexe trupu s rotací (zdroj Janda 2004)

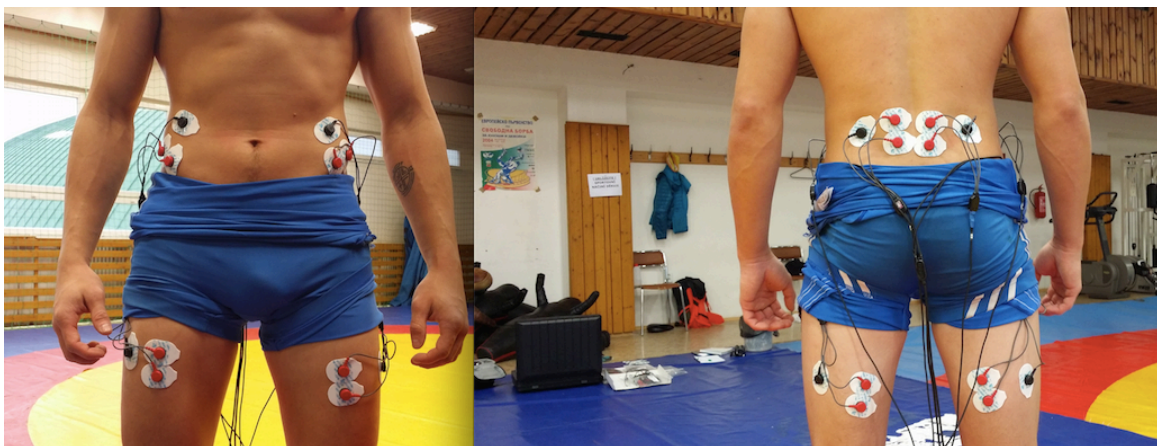
16.2 Nalepení elektrod na probandech



příloha 5 nalepení elektrod, proband č. 1



příloha 6 nalepení elektrod, proband č. 2



příloha 7 nalepení elektrod, proband č. 3



příloha 8 nalepení elektrod, proband č. 1

16.3 Kinogramy zvedů u probandů



příloha 9 kinogram zved proband č. 1



příloha 10 kinogram zved proband č. 2



příloha 11 kinogram zved proband č. 1



příloha 12 kinogram zved proband č. 4