

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2012

Jiří Malý

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Katedra sportů v přírodě

Analýza silového tréninku sportovních lezců - camping

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:
doc. PaedDr. Bronislav Kračmar, CSc.

Vypracoval:
Jiří Malý

Praha, prosinec 2012

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a uvedl v ní veškerou literaturu a ostatní zdroje, které jsem použil. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

podpis diplomanta

Evidenční list

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

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu práce doc. PaedDr. Bronislavu Kračmarovi, CSc. za odborné vedení a cenné rady při vypracovávání této diplomové práce. Děkuji všem dobrovolníkům, kteří se zúčastnili tohoto výzkumu a věnovali mi svůj čas. Zvláštní poděkování patří mé rodině a přátelům, kteří mě podporovali po celou dobu studia.

Abstrakt

Název: Analýza silového tréninku sportovních lezců - campusing

Cíle: Hlavním cílem práce je časově a prostorově charakterizovat zapojování svalových řetězců oblasti horní poloviny těla při tréninku na campus boardu a při lezení na kolmé stěně. Na základě neinvazního EMG měření v kombinaci s plošnou kinematografickou analýzou pomocí synchronizovaného videozáznamu analyzovat koordinační ukazatele svalové práce vybrané oblasti pohybové soustavy.

Metody: V naší práci jsme použili metodu analýzy a metodu komparace. Metodu analýzy jsme aplikovali v rozboru pohybu při campusingu a metodu komparace v části porovnávání cvičení na campus boardu a samotného lezení.

Výsledky: Campusing lze charakterizovat jako pohyb ve vertikální ose, při kterém probíhá aktivace svalových řetězců trojnásobnou rychlostí, než při lezení na kolmé stěně. Pohyb je realizován horními končetinami střídáním jednooporového a dvojoporového postavení paží. Měřené svaly se u obou aktivit zapojují v podobném režimu, musculus pectoralis major a musculus triceps brachii mají při campusingu rychlejší nástup aktivity oproti lezení na kolmé stěně.

Klíčová slova: sportovní lezení, svalové řetězce, elektromyografie, campusing

Abstract

Title: Analysis of strenght training of rock climbers - campusing

Objectives:

The main objective of this work is to determine time and space characteristic of working muscle chains of upper body during training on campus board and climbing on vertical wall. Comparing basic exercise by measuring EMG signal in combination with cinematographic analysis synchronized with video record, to analyse coordination markers of muscle work in selected area of movement system.

Methods: In our thesis we used a method of analysis and a method of comparison. We applied the method of analysis in research of campusing movement and the method of comparison in comparing the basic climbing movement and basic campusing.

Results: It is possible to define campusing as movement in vertical axis, which is executed by three times faster muscle chains activation compared to basic climbing on vertical wall. Movement is realized by upper limbs, by changing positions of one point holding position and two point holding position. In both activities measured muscles are wireing in similar mode, during campusing the musculus pectoralis major and the musculus triceps brachii are faster in start of their activity compared to climbing on vertical wall.

Keywords: sport climbing, muscle chains, electromyography, campusing

Obsah

ÚVOD	9
ČÁST TEORETICKÁ	10
1. ZÁKLADNÍ POJMY	10
1.1 Seznam použitých výrazů a zkratk	10
1.2 SPORTOVNÍ LEZENÍ	11
1.2.1 Historie sportovního lezení ve světě	11
1.2.2 Stručná historie UIAA	16
1.2.3 Stručná historie českého horolezectví.....	18
1.3 POHYBOVÉ SCHOPNOSTI SOUVISEJÍCÍ S LEZENÍM	21
1.3.1 Silové schopnosti	22
1.3.2 Definice charakterizující jednotlivé typy síly	23
1.3.3 Trénink silových schopností	23
1.3.4 Svalový stah jako základ pohybu.....	25
1.3.5 Elektrické projevy svalu	27
1.3.6 Svaly horních končetin a trupu zapojující se při campusingu	28
1.4 DOSAVADNÍ TRÉNINKOVÉ METODY A VÝZKUMY V LEZENÍ	30
1.4.1 Tréninkové metody	30
1.4.2 Výzkumy související s lezením	32
1.5 ELEKTROMYOGRAFIE.....	35
1.5.1 Historie elektromyografie	36
1.5.2 Metody snímání EMG signálu	38
1.5.3 Technické vybavení	39
1.5.4 Faktory ovlivňující EMG signál	41
1.5.5 Analýza EMG signálu.....	42

ČÁST EMPIRICKÁ	45
2. CÍL PRÁCE, HYPOTÉZY A ÚKOLY.....	45
2.1 Cíl práce.....	45
2.2 Hypotézy	45
2.3 Úkoly práce.....	45
3. METODIKA PRÁCE	46
3.1 Výběr testovaných osob	46
3.2 Metody měření.....	47
3.2.1 Sběr dat	47
3.2.2 Analýza dat	49
3.3 Měřené svaly.....	53
4. VÝSLEDKY	54
5. DISKUSE.....	64
6. ZÁVĚR.....	66
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	67
8. PŘÍLOHY	8

Úvod

Sportovní lezení lze stále považovat za poměrně mladý sport, který vznikl na přelomu sedmdesátých a osmdesátých let minulého století. Jeho velkými průkopníky byli v té době lidé jako: Kurt Albert, John Gill, Lynn Hill, Jerry Moffatt, Jindřich Hudeček, Wolfgang Güllich a další, kteří posouvali hranice lezení asi tak, jako Sergej Bubka hranice skoku o tyči.

A byl to právě Wolfgang Güllich, který v norimberském fitness centru Campus cvičil na jednoduché desce s lištami ležícími nad sebou nemožně vypadající dynamické pohyby, aby natrénoval na slezání nejtěžší cesty té doby.

Tato tréninková deska byla právě podle místa vzniku pojmenována "campus".

Její vynálezce tréninkem na ní, získal obrovskou maximální sílu prstů, ruky, paží a zádočných svalů, díky které dokázal posunout hranice sportovního lezení o několik stupňů v té době naprosto nemyslitelných. Sportovní lezci, kteří se zúčastňují světových pohárů, zařazují campus board pro zvýšení maximální síly ve speciálním období tréninku. Cvičení vyžaduje vysokou silovou úroveň a výbornou vnitrosvalovou koordinaci. Je známo přibližně padesát různých druhů cvičení na této desce a jejich charakteristiky, objektivní měření však dosud provedeno nebylo a myslím si, že bude přínosné.

Cílem práce je na základě neinvazivní povrchové elektromyografie časově a prostorově charakterizovat zapojování svalových řetězců oblasti horní poloviny těla při tréninku na campus boardu.

ČÁST TEORETICKÁ

1. Základní pojmy

1.1 Seznam použitých symbolů a zkratek

ACH	acetylcholin
AVR	zprůměrování hodnot ve vybraném časovém intervalu.
BS	bipolární snímání
ČHS	Český horolezecký svaz
ČSTV	Český svaz tělesné výchovy
IAMES	Svaz tatranských horolezců (idealismus, alpinismus, moralita, eugenika a solidarita)
IFSC	Mezinárodní federace sportovního lezení
EMG	Elektromyografie
LKP	Lezecký kroužek Prachov
KAČS	Klub alpistů československých
KČT	Klub českých turistů
KČST	Klub československých turistů
KEMG	Kineziologická elektromyografie
MVC	Maximální volní kontrakce
sEMG	povrchová elektromyografie
RMS	střední kvadratická hodnota
SVTVS	Státní výbor pro tělesnou výchovu a sport
TO	testovaná osoba
UIAA	Mezinárodní svaz horolezeckých asociací (Union Internationale des Associations d'Alpinisme)
m.	musculus/ sval

1.2 Sportovní lezení

1.2.1 Historie sportovního lezení ve světě

Sportovní lezení se vydalo svou vlastní cestou poté, co se tato část dnes již širokého spektra lezeckých disciplín vydělila z tradičního lezení a horolezectví. Dělo se tak v období mezi padesátými a sedmdesátými lety 20. století a jeho vývoj nebyl dosud ustálen.

Ze začátku šlo hlavně o čistotu stylu. Dříve se horolezci snažili skálu zdolat, a to jakýmkoli prostředky, šlo hlavně o to dostat se na vrchol. Lezci k výstupu používali veškeré dostupné vybavení, a to nejen k jištění, ale i k samotnému postupu vzhůru.

S příchodem nové generace lezců vznikl nový styl, takzvané volné lezení. Ve volném lezení jde o zdolání skály zdola, při němž technické pomůcky slouží pouze k zajištění pádu, nikoli k postupu. Několik tradičních cest, které byly dříve lezeny za pomoci žebříčků, skob, háčků atd., bylo vylezeno bez využití těchto pomůcek, tedy volně (Long, 2004).

Mezi průkopníky volného lezení v Evropě patřil německý lezec Kurt Albert (narozen 28.1.1954), který zavedl označení volně zlezené cesty červeným bodem (Rotpunkt). Pravidlo zapsal následovně: “Červený bod na začátku nějaké cesty nebo varianty znamená, že je možné výstup zvládnout volným lezením bez použití skob jako chytů nebo stupů a bez použití ostatních pomocných prostředků, které brání působení gravitace.“ Skoby, smyčky, vklíněnce a ostatní pomocné prostředky slouží tedy pouze k jištění“. Byl také jedním z prvních, kteří posunuli hranici obtížnosti lezení. V té době byla užívána stupnice UIAA, a to ve stupních 1-6. Kurt prolomil šestý stupeň a posunul jej o další tři příčky výš (Zak, 1995).

O něco dříve v Americe byla již tato hranice prolomena Johnem Gillem (16. 3. 1937), který je proto právem považován za otce sportovního lezení. Původně gymnasta, později nadšený lezec, vnesl do lezení gymnastické prvky a jako jeden z prvních začal používat magnézium pro zlepšení úchopu na skále. Gill dovedl oslnit shybem na jednom prstu a sedmi shyby na jedné paži. Byl také jeden z prvních, kdo trénoval na určitou cestu pomocí umělé stěny, kterou si zhotovil našroubováním matek na zeď v letecké základně, kde pracoval. Jeho výraz „swinging lieback“ přesně vyjadřuje to, co se téměř o třicet let později jako první pokusil popsat pojmem „deadpoint“ Wolfgang Güllich (Ament, 1998).

Pokud mluvíme o Gillovi a Albertovi, mluvíme o prolomení hranice sedmého, osmého a dolního devátého stupně obtížnosti. Z nastupující generace lezců 80. let stojí jistě za zmínku britský lezec Jerry Moffatt, který byl ve své době označen za nejlepšího lezce světa, a to díky svým ohromujícím výkonům stylem on-sight a prolomením desátého stupně obtížnosti cestou „The Face“, kterou vylezl v Německu v roce 1983. Tato cesta byla ohodnocena obtížnostním stupněm 10- a byla v té době jedna z nejtěžších (ne-li nejtěžší) zlezenou cestou na planetě. Jerry Moffatt zcela zasvětil svůj život lezení, když v 17 letech opustil školu a odstěhoval se do malého města u skal, kde podnikal výpravy do okolí. Zcela ho vystihuje jeho citát: „Žil jsem, dýchal jsem a jedl jsem jen pro lezení, v noci jsem snil o lezení.“ Patřil též ke generaci lezců, kteří začali závodit v lezení na obtížnost na umělé stěně, kde on sám zvítězil v několika soutěžích světového poháru (Moffatt, 2009).

Mluvíme-li o světovém poháru koncem osmdesátých a začátkem devadesátých let, pak tuto soutěž zcela ovládli lezci z Francie nejen díky své neskutečné vytrvalosti, kterou ohromovali zbytek lezeckého světa, ale hlavně vytříbenou technikou, ladností pohybu a velkou schopností vizualizace, tedy schopností v duchu si představit pohyb, který bude s velkou pravděpodobností aplikován, v klíčových místech cesty. Mistrem tohoto umění a také čtyřnásobným vítězem světového poháru, jedním z nejlepších světových závodních lezců na obtížnost byl Francois Legrand. Podobně jako Jerry Moffatt opustil své rodiče velmi brzy, a to v 18 letech, aby se mohl věnovat pouze lezení. Již ve dvaceti letech vyhrál svůj první závod světového poháru a téhož roku 1990 opanoval celou soutěž. V následujících dvou letech, svůj výkon zopakoval a stal se třikrát po sobě absolutním mistrem světa (Zak, 1995).

Zatím co si soutěžní lezení na umělých stěnách utvářelo svoji podobu, jak v pravidlech, počtech rozhodčích, parametrech cest atd., ve skalních oblastech pokračoval vývoj ve vytyčování a zlézání stále obtížnějších a extrémnějších sportovních cest. S vývojem sportovního lezení na umělých stěnách se zlepšily možnosti tréninku lezců v zimním období, kdy často počasí skalnímu lezení nepřeje (Winter, 2004).

Vývoj sportovního lezení měl dvě hlavní centra, a to v USA a v Evropě. To co byli pro Evropu Moffat, Legrand, Gülich ad., byli v USA Yaniro, Hill a Skinner.

V USA, stejně tak jako v Evropě, se lezecká špička nominovala ze států, které skýtaly mnoho lezeckých terénů. Dominanci měly státy západního pobřeží: Kalifornie, Utah, Arizona, z části lezecký vývoj probíhal i na východním pobřeží, a to ve státech New York a v Severní Karolíně (O'Connel, 1997).

V Evropě pak do lezeckého vývoje „mluvilo“ z velké části alpské pohoří, kde se rekrutovala elitní skupina lezců z řad italských, francouzských, švýcarských, rakouských a německých sportovců, k této oblasti můžeme přiřadit i světlé výjimky z Československa a Slovinska. Další samostatné vývojové větve evropského lezení rostly na Britských ostrovech a ve Španělsku.

Za jednu z nejvýraznějších zemí vývoje sportovního lezení je bezesporu považována Francie. Ve Francii je mnoho oblastí, které jsou ideální pro sportovní lezení. V této zemi bylo také vyprojektováno několik desítek nejtěžších skalních cest, na které jezdili zkoušet svoje schopnosti lezci z celého světa. Lezení v této zemi proslavil Patrick Edlinger díky několika filmovým projektům Jean-Paula Janssena a filmu z roku 1982 „Život na špičkách prstů“ (Hörst, 2003).

Do světového lezeckého vývoje také promluvili lezci z Asie. Byli to lezci z Ruska, kteří jako první soutěžili v závodech v lezení na rychlost. Tyto soutěže jsou stále součástí sportovních lezeckých disciplín. Závody na rychlost jsou sice divácky přitažlivé, ale nejsou lezeckou veřejností tolik oceňovány. Ojedinelé výkony pak přicházely od japonských mistrů.

Jestliže padesátá a šedesátá léta označíme za období založení plamínku sportovního lezení, pak v sedmdesátých a osmdesátých letech již oheň sportovního lezení plně vzplál.

Několik desítek špičkových lezců posunulo hranici lezení z obtížnosti 6, kde obtížnost 7 byla označena za nemožnou, na obtížnost 11, toto posunutí lidských možností za dvacet let se s odstupem času zdá až neuvěřitelné. Sportovní lezení už není považováno za rekreační sport, vyvinulo se v opravdový sport. Pro některé je to extrémní sport, ale pro ty, kteří se tímto sportem zabývají, jsou extrémní pouze pohyby, které je třeba cestou k vrcholu vykonat (Reynolds Sagar, 2001).

V roce 1991 výše zmíněnou „magickou hranici“ prolomil německý lezec Wolfgang Güllich (narozen 24. 10. 1960) cestou „Wallstreet” 11-, na kterou následně navázal cestou - „Action Directe” 11 UIAA. „Bylo k tomu zapotřebí jedenáct dní na skále, několikaměsíční trénink, stejně jako přesné načasování – díky anaerobnímu zatížení musel být výstup proveden během čtyřiceti sekund. Dlouhé silové kroky za jeden prst trénoval na své desce v Campu. Ostatní lezci zkoušeli tuto cestu vylézt, ale to se jim dlouhé čtyři roky nedařilo. Dnes má tato cesta cca 14 opakování (Hepp, Mailander, 1995).

V následujících dvaceti letech se vývoj překonávání obtížnostních stupňů značně zpomalil, avšak probíhal neustále a nyní dorůstá opět nová generace lezců, kteří se věnovali lezení od útlého dětství, a právě tato generace nyní opět přetváří lezecké dějiny.

Je nám velkou ctí, že tím kdo se stal světovou jedničkou a absolutním vládcem lezeckého světa, je český lezec a fenomén naší doby Adam Ondra z Brna.

Ve svých osmnácti letech překvapuje svými výkony celý svět. Je velká škoda, že je v České republice nedoceněným sportovcem. Je jedním z prvních na světě, kdo překonal hranici 12 UIAA. Stal se také mistrem světa v lezení na obtížnost. Pro zajímavost uvádím šest nejtěžších skalních cest, které kdy Adam vylezl:

13. 3. 2010 Golpe De Estado 12-

16. 2. 2011 La Capella 12-

27. 3. 2011 Chaxi Raxi 12-

13. 4. 2011 Chilam Balam 12-

22. 4. 2011 La Planta De Shiva 12-

4. 10. 2012 Change 12

Cestou „Change“ Adam sám prolomil další hranici v obtížnosti sportovního lezení. Cesta klasifikovaná číslem 12 je vůbec nejtěžší cestou světa a její projekt trval Adamovi necelé dva roky. S tréninkem na campus boardu začal Adam před dvěma lety a nárůst výkonnosti je evidentní.

1.2.2 Stručná historie UIAA

Dvacet horolezeckých asociací se sešlo v Chamonix ve Francii v srpnu 1932 na Alpinistickém kongresu. Rozhodli se pro založení federace, která se bude zabývat řešením všech problémů spojených s horolezectvím. Stanovili si tak nemalý úkol. Absence univerzálního hodnocení stupňů obtížnosti horolezeckých výstupů byla problémem, který byl vyřešen čtyřicet let poté vytvořením stupnice UIAA. Byl zvolen první prezident, hrabě Charles Egmond d'Arcis ze Švýcarska, který federaci pojmenoval UIAA – Union Internationale des Association d'Alpinisme.

(Mezinárodní svaz horolezeckých asociací)

V následujících letech pracovala nová federace velmi tvrdě. V období mezi lety 1933 a 1939 vydalo UIAA více než 25 zpráv na různá témata. Mnohá z nich jsou do dnes pro danou organizaci platná, jako např. horolezecká výchova mládeže, lavinové studie a ochrana hor.

Navzdory politické nestabilitě, se jedenáct organizací sešlo na valné hromadě ve švýcarském Zermattu, devět dní před zahájením druhé světové války. Členové organizace měli během války málo spojení, přesto se některým podařilo kontaktovat UIAA poštou. Když nastal mír, prezident d'Arcis vynaložil mnoho úsilí k znovu obnovení federace. Věřil, že horolezci a UIAA mohli mít důležité postavení při obnově morálních hodnot ve světě. V roce 1947 mělo UIAA první poválečnou valnou hromadu a v roce 1950 již čítala půl milionu horolezců. V roce 1957 byl vytvořen buletin UIAA. V roce 1960 začal v rámci organizace vývoj bezpečnostních standardů a testování lan. První stroj na testování lan byl navrhnout ředitelem bezpečnostní komise UIAA.

Dalším velkým projektem v roce 1960 bylo zastavení italské stavby kabinové lanovky, která měla vést na vrchol Matterhornu, a zastavení švýcarského plánu pro stavbu železnice na vrchol Jungfrau. Zastavení těchto projektů bylo úspěšné, organizace však nedokázala odvrátit stavbu lanovky vedoucí na soustavu du Midi v pásu Mont Blancu a další lanovku ve Švýcarsku na Mount Pilatus.

V roce 1960 byla vytvořena bezpečnostní známka UIAA, která byla mezinárodně uznána v roce 1965. Značka potřebovala logo, které mělo být rychle vytvořeno. Člen komise J. Juge, proto požádal svého syna, aby nakreslil horu a přidal pak písmena UIAA a kruh, který logo ohraničuje. Nyní horolezci vědí, které logo mají hledat, pokud chtějí záruku bezpečnosti. Pro některé začínající horolezce to může být první setkání s touto federací.

V sedmdesátých a raných osmdesátých letech bylo zvýšeno vědomí vlivu horolezectví vzhledem na životní prostředí. Tento problém vyústil v roce 1982 v Kathmandskou deklaraci, která byla voláním k akci proti degradaci hor. Bezpečnostní komise ustanovila bezpečnostní standardy pro karabiny, helmy či úvazky. V roce 1982 bylo oslaveno zlaté výročí založení, které se konalo v Chamonix a v Kathmandu. Dalším problémem řešeným v těchto letech byl přístup k horám. UIAA také souhlasilo s rozšířením stupnice obtížnosti o sedmý stupeň.

Na počátku devadesátých let se konal první světový pohár, který položil základ k soutěžním sportům. V této době se zvedla vlna odporu proti vyhlídkovým letům na horách, proti kterým se UIAA také postavilo. V roce 1995 bylo UIAA uznáno MOV za organizaci reprezentující horolezecké sporty. UIAA také vytvořilo univerzální slovník, který ulehčil komunikaci mezi horolezci z různých zemí.

V roce 1999 byl založen mezinárodní koncil skialpinismu (ISMC). V roce 2003 byla založena komise pro závodní lezení v ledu. V roce 2006 rozhodla valná hromada o neudržitelnosti všech sekcí horolezectví v jedné federaci. Díky tomu byla založena Mezinárodní federace sportovního lezení (IFSC). Lezení v ledu zůstalo součástí UIAA. V roce 2009 měla federace 1.3 milionu členů po celém světě. V témže roce valná hromada UIAA potvrdila deklaraci horské etiky, která je zákonem udržení horolezeckých hodnot, konstatováním sportovní etiky, respektování kultur a životního prostředí (<http://www.theuiaa.org/history.html>).

1.2.3 Stručná historie českého horolezectví

První spolek českých horolezců byl založen v roce 1897 a měl sto členů. Fungoval jako odbor Slovinského planinského družstva. Ústředí v Lublani mu již od počátku ponechalo právo samostatného financování a možnost vydávat si vlastní časopis “Alpský věstník“. Po patnácti letech působení v Julských a Savinjských Alpách, český horolezecký spolek čítal přes pět set členů.

První známou výpravou do druhého působiště českých horolezců, kterým byl Český ráj a jeho pískovcové skály, byla v roce 1897 expedice V. Náprstka, J. Vrchlického a Amerického klubu dam z Prahy. Dělo se tak v době zvýšeného zájmu o turistiku a poznávání přírodních krás. Cílem této výpravy byly Prachovské skály.

Roku 1907 založili studenti jičínské reálky Lezecký kroužek Prachov (LKP). Protože tehdejší školská správa nepřála sportu, nemohl být tento spolek oficiálně u úřadů zaregistrován. Vůdčími osobnostmi spolku byl Josef Hendrych a Josef Kubín. Spolu s dalšími členy LKP vytvořili 136 prvovýstupů na Prachově a Hruboskalsku. Kniha, která dokumentuje tyto výstupy, byla věnována do archivu Klubu alpistů československých Zdislavem Mazáčkem jedním ze zakládajících členů LKP (Stránský, 2004).

Československé horolezectví v letech 1918-1939

V roce 1918 skončil odbor Slovinského planinského družstva, jeho členové vstoupili do Klubu českých turistů (KČT založen 1888), později KČST . Horolezci měli potřebu se z tohoto početného klubu vydělit, a proto byl 23. června 1924 ustaven Alpinistický odbor při Svazu lyžařů ČSR, téhož roku pak horolezci založili vlastní klub KAČS. Název vychází z místa jejich hlavní horolezecké činnosti. Zájem o Julské a Savinjské alpy pomalu upadal a nová generace horolezců se zaměřila na terény Rakouska a Švýcarska. Horolezci uskutečňovali první cvičné výpravy do pískovcových skal, významným cvičitelem byl Josef Janeba, který se svými žáky zdolal většinu tehdejších výstupů v Českém ráji. Vydal také prvního průvodce s názvem „Horolezecká cvičení v Prachovských skalách“. Podobné aktivity vyvíjeli členové Akademického odboru KČST a členové brněnské odbočky KAČS. Jejich domácím terénem byly Pavlovské vrchy a Babí lom. Podnikali také lezecké výpravy do Vysokých Tater, Dolomit a Julských Alp (Procházka, 2007).

Smutnou tečkou této doby byla smrt několika horolezců působících v odboji proti nacismu, mezi nimi byl i náš nejlepší horolezec té doby Josef Smítko.

Československé horolezectví po roce 1945

Po válce pokračovala činnost tří nejvýznamějších československých organizací (KAČS, horolezecký odbor KČST, Sbor tatranských horolezců IAMES).

Po únoru 1948 byly tělovýchova a sport sjednoceny v Sokole. Jediným řídicím orgánem v Československu se stala ústřední sekce horolezectví Sokola. V roce 1949 čítala dva tisíce alpinistů, což byl dvojnásobek oproti předválečnému stavu. V roce 1953 byl zrušen Sokol a vytvořen SVTVS. Horolezectví bylo vyčleněno z turistiky a zařazeno do sportovního oddělení. Byla zavedena jednotná sportovní klasifikace a horolezci vypracovali systém výkonnostních tříd. V této době byly uděleny první tituly mistr sportu také horolezcům. Hodnoceny byly pouze výstupy ve velehorách, výstupy na skalních útvarech byly klasifikovány jako cvičné.

V roce 1957 byl zrušen SVTVS a byl založen Československý svaz tělesné výchovy (ČSTV), v němž působila ústřední horolezecká sekce. Na přelomu padesátých a šedesátých let se mezi nejlepší evropské horolezce zapsal Radovan Kuchař, když nejprve s Oldřichem Kopalem roku 1957 vylezl Petit Dru a v roce 1959 pak se Zdeno Zibrínem Walkerův pilíř na Grandes Jorasses. V roce 1961 uskutečnili opět se stejným partnerem výstup severní stěnou Eigru, Matterhornu a Cimy Grande. Po té vystoupili severovýchodní stěnou Piz Badile a zařadili se tak mezi úzkou skupinu horolezců, kteří zdolali tyto náročné horské cesty (Procházka, 2007).

V roce 1965 se uskutečnila první mimoevropská expedice – Hindukúš '65. Této expedice se účastnilo 14 horolezců, kteří uskutečnili sedmnáct výstupů, z toho sedm prvovýstupů přes 6 tisíc m n.m. Druhá expedice Hindukúš '67 byla výpravou třinácti československých horolezců vedených Vladimírem Šedivým. Úspěšným zdoláním vrcholu hory Tirič Mir (7706 m n.m.), překonali československý výškový rekord. Vrchol úspěšně dobylo pět horolezců. Další úspěšnou expedicí byl výstup na sedmitisícovou horu Pik Lenina v Pamíru, který se uskutečnil při příležitosti mezinárodního setkání horolezců (Dieška a Širl 1984).

První himálajskou expedici vedl Vladimír Procházka. Cílem výpravy byla Annapúrna IV 7525 m. Z devíti horolezců stanul na vrcholu Miloš Albrech společně s jediným Šerpou Angem Babu. Další úspěšná expedice vedla na sedmou nejvyšší horu světa Makalu 8463 m. Tuto nepálskou horu roku 1976 dobyli Milan Kriššák a Karel Schubert, společně s členem španělské expedice Jorge Camprubim. Neblahým koncem byla ztráta Karla Schuberta, který se z této výpravy nevrátil.

Českoslovenští horolezci podnikali stále častěji výpravy na osmitisícové vrcholy. Úspěšně zdolali Kanchenjugu, K2 a Mont Everest, tedy tři nejvyšší hory světa. Dělo se tak v letech 1981, 1983 a 1984, v tomto roce také poprvé na vrcholu “osmitisícovky” stanula československá horolezkyně Margita Štěrbová, a sice na vrcholu Cho Oju.

V roce 1993 byl založen Český horolezecký svaz - ČHS. Stalo se tak po rozdělení Československa na dva nezávislé státy. Horolezci České republiky navázali na více než stoletou tradici a pokračují ve vynikajících výkonech na poli mezinárodního horolezectví. Český horolezecký svaz je součástí ČSTV a UIAA (Procházka, 2007).

1.3 Pohybové schopnosti související s lezením

Sportovní lezci jsou sportovci na špičkové úrovni, kteří k podání maximálních výkonů pojí dohromady celou škálu pohybových schopností. Mezi hlavní pohybové schopnosti, které se navzájem ovlivňují, řadíme techniku, sílu, vytrvalost a flexibilitu.

Technika vypovídá o způsobu pohybu po skále nebo umělé stěně. Je výsledným vnějším projevem úrovně kondice, taktické vyspělosti a psychické připravenosti lezce. Za správnou lezeckou techniku považujeme provedení, které bylo nejekonomičtější, nejplynulejší a vedlo bez rizika k nejefektivnějšímu zdolání lezeckého problému.

Síla prstů a svalů předloktí umožňuje lezcům udržet se i na těch nejmenších chytech a díky dynamické a maximální síle svalů horních a dolních končetin se posouvat vzhůru. Statická síla svalů pomáhá lezcům udržet polohu při výměně rukou či nohou a připravě výchozí pozice pro další pohyb. V lezení jsou důležité následující druhy silových schopností: statická síla prstů, kontaktní síla prstů, maximální síla svalů horní části těla, statická síla svalů horní části těla, výbušná síla.

Vytrvalost sportovního lezce je založena na jeho dobré všeobecné vytrvalosti, maximální statické síle prstů a aerobní trénovanosti jednotlivých svalů používaných při lezení, zejména pak svalů předloktí. Sportovní lezení je často charakterizováno, jako silově vytrvalostní sport, což v případě boulderingu nemusí být pravda.

Flexibilita (pohyblivost) je schopnost vykonávat pohyb v co největším možném rozsahu. Při lezení umožňuje použít vzdálenější stupy a chyty a provádět daleké, dlouhé, nebo pohybově náročné kroky. Mimo to slouží jako prevence zranění kloubů, svalů, šlach a vaziv v pohybově složitých lezeckých situacích (Tefelner, 1999).

1.3.1 Silové schopnosti

Především je nutné rozlišovat sílu jako fyzikální veličinu a sílu člověka a jeho svalů (McArdle et al., 2000).

Základní definice popisuje tělesnou sílu jako maximální fyzikální sílu, kterou dokáže sval nebo skupina svalů vyprodukovat při určitém pohybovém projevu danou rychlostí (Stoppani, 2008).

Maximální výkon svalu pak můžeme popsat na příkladu vrhače, u kterého uvažujeme stále stejnou výchozí odhodovou polohu a úhel odhodu břemene. Jeho maximální dosažený výsledek je klasifikován jako jeho osobní maximální svalový výkon (Zatsiorsky, Kraemer, 2006).

Obecně je silová schopnost člověka závislá na několika hlavních faktorech.

Mezi strukturální faktory patří:

- velikost průřezu svalu,
- hustota svalových vláken na jednotku průřezu svalu,
- účinnost přenosu hybnosti přes kloub.

Mezi funkční faktory patří:

- počet svalových vláken stahujících se během kontrakce,
- intenzita stahu svalových vláken,
- účinnost synchronizace aktivace svalových vláken,
- rychlost vedení vzruchu v nervovém vláknu,
- stupeň inhibice svalových vláken, které se nepodílejí na tvorbě pohybu,
- velikost části aktivně zapojených svalových vláken,
- účinnost spolupráce mezi rozdílnými typy svalových vláken,
- účinnost mezi variacemi napínacích reflexů během kontroly napětí svalu,
- citlivost nervového vlákna, které aktivuje sval,
- doba aktivace svalu před stahem.

Silové schopnosti člověka jsou evidentně velmi složitou záležitostí a jejich hodnocení a objektivní posouzení vyžaduje hlubší výzkum (Siff, 2004).

1.3.2 Definice charakterizující jednotlivé typy síly

Absolutní síla je definována jako síla, kterou člověk vyvine k překonání nejvyššího možného odporu při dynamické svalové činnosti nebo jako nejvyšší svalové napětí při statické svalové činnosti bez ohledu na rychlost dosažení maximálních hodnot (Dovalil, 2009).

Rychlá a výbušná síla je definována jako síla, kterou člověk vyvine v co nejkratším čase, při čemž se předpokládá co možná nejvyšší tenze svalů (Dovalil, 2009).

Vytrvalostní síla (také silová vytrvalost) je definována jako déle trvající svalová činnost (koncentrická, excentrická i statická), při které člověk překonává nižší odpor (Dovalil, 2009).

Tato klasifikace není z vědeckého hlediska zcela dostačující, protože hlediska kategorizace jsou odlišná. Kromě toho mezi jednotlivými schopnostmi je spíš plynulý přechod než ostrá hranice. Navzdory podobným kritikám uvedené dělení slouží jako prospěšný nástroj pro praxi již mnoho let (Dovalil, 2009).

1.3.3 Trénink silových schopností

Metody rozvoje silových schopností se liší velikostí užívaného odporu, rychlostí pohybu a počtem podnětů, tj. opakováním cvičení. Všechny tři komponenty spolu souvisí. Velikost odporu totiž určuje počet možných opakování i dosažitelnou rychlost pohybu. U vyspělých sportovců se dnes posiluje se zřetelem na cíl (statická nebo dynamická síla). Posilování má však spojitost i s dalšími faktory, jako jsou somatotyp, věk (maximální účinnost je mezi 20. - 30. rokem), pohlaví a trénovanost (Havlíčková et al., 2008).

Mezi hlavní metody tréninku silových schopností patří :

1) metoda maximálních úsilí, která slouží k rozvoji absolutní síly, kdy velikost odporu je až 100 %, rychlost pohybu malá, počet opakování (1 až 3x), celkový počet opakování v jednotce závisí na trénovanosti; uplatnění z metabolického hlediska myokinázové reakce pro tvorbu ATP, vhodná pro již trénované osoby.

2) metoda opakovaných úsilí (kulturistická) staví při mnohonásobném opakování na překonávání nemaximálního odporu, rychlost pohybu je různá; vede především k hypertrofii svalových vláken na podkladě zvýšené resyntézy bílkovin v zotavné fázi, vhodná pro začátečníky, zvyšuje se absolutní i vytrvalostní síla.

3) metoda izometrická (statická) kdy svaly působí 5 - 12x proti pevnému odporu, důležitá je poloha (tzv. "kritická" umožňuje vyvinout největší sílu), počty pokusů zvyšujeme postupně; zvyšuje absolutní sílu.

4) metoda izokinetická, při které se mění odpor podle stupně úsilí, využívá speciálně konstruovaných zařízení, doporučené dávkování je 5 - 8 sérií po 6 - 8 opakováních s maximálním rozvojem úsilí, co nejrychleji; je vhodná již pro trénované jedince a to pro rozvoj rychlé a výbušné síly.

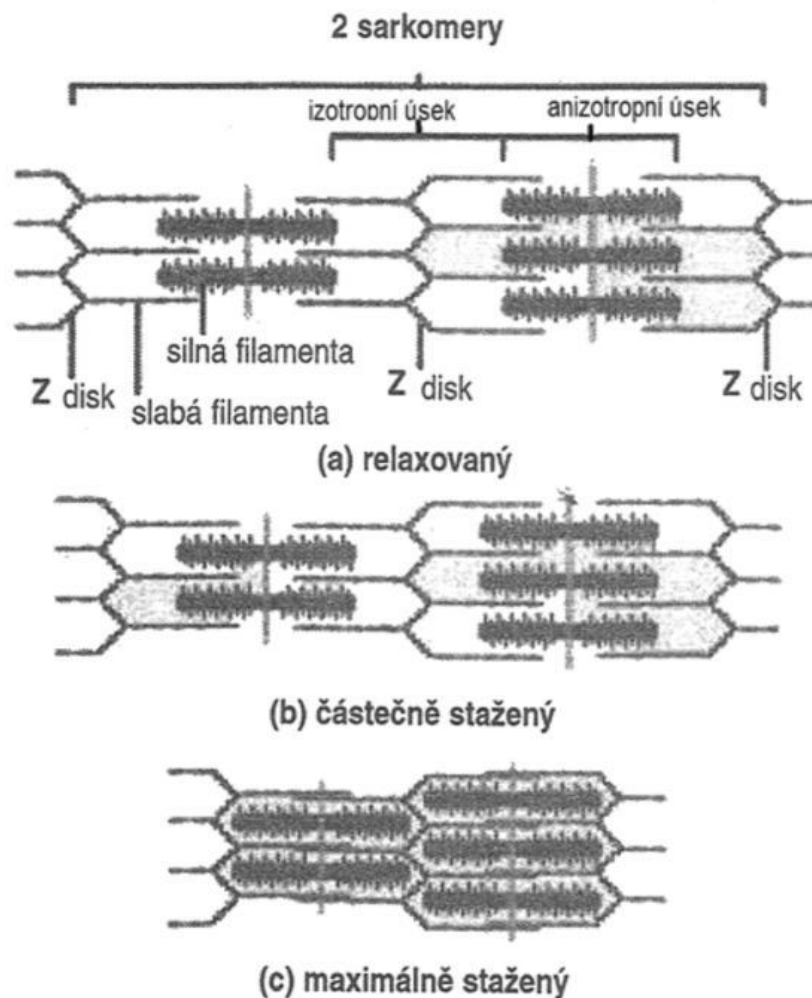
5) metoda plyometrická (rázová) staví na protažení svalu, brzdí se pád tělesa nebo se sníží odpor odstraněním blokády, v každém případě jde o rozvoj rychlé a výbušné síly s maximálním úsilím, zapojuje se více motorických jednotek v časové jednotce; užívá se jen u pokročilých osob z hlediska trénovanosti.

6) metoda vytrvalostní – vysoké počty opakování (do vyčerpání), 30 - 40% maximálního zatížení, spíše pomalá rychlost provedení; vhodná pro mládež a začátečníky, těchto principů využívá i tzv. kruhový trénink (Havlíčková et al., 2008).

1.3.4 Svalový stah jako základ pohybu

Svalový stah je vyjádřen následovně:

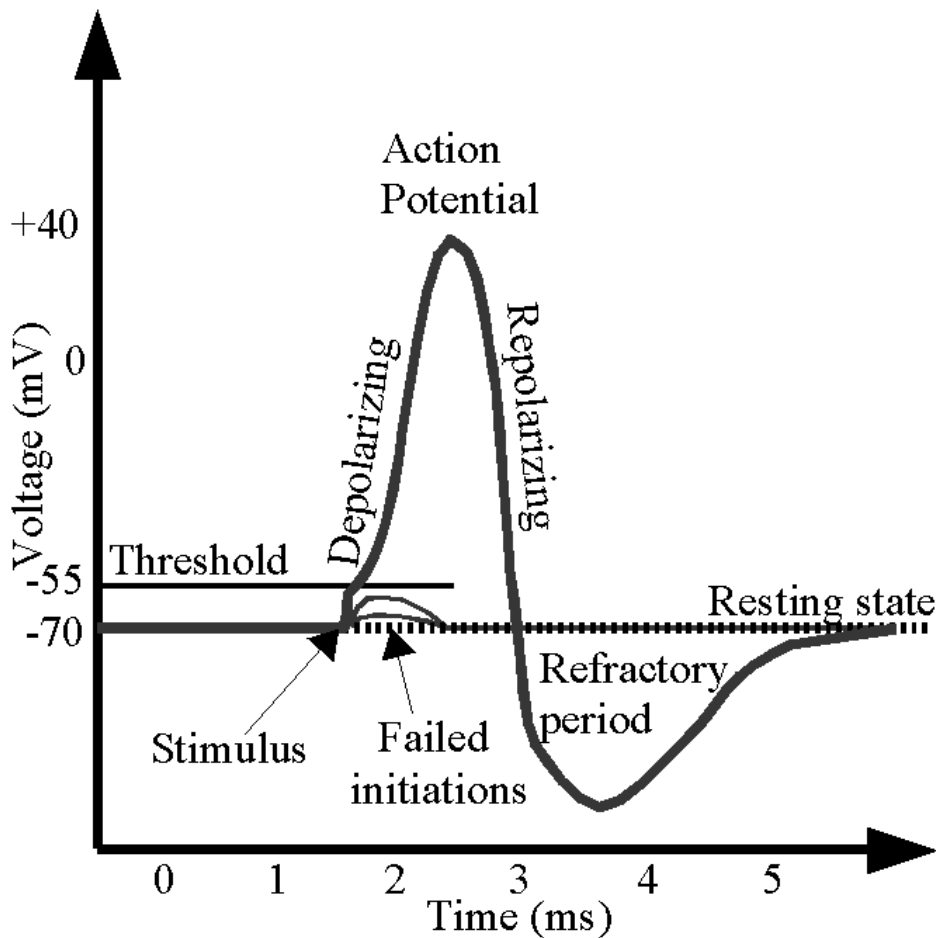
„Akční potenciál, který se přeneše na svalovou buňku, putuje po membráně, depolarizuje ji a dostává se vchlípeninami sarkolemy hluboko do vlákna. Způsobuje depolarizaci sarkoplazmatického retikula, které uvolní velké množství iontů vápníku a vyplaví je do sarkoplazmy. Ionty se přiblíží k troponinu a navážou se na něj. Troponin změní svoji prostorovou konfiguraci a umožní tropomyozinu zanořit se mezi vlákna aktinu a odkrýt tak jeho aktivní místa. Po těchto aktivních místech se natahují hlavy myozinu, kloužou po nich a vytvářejí spojení neboli můstky mezi aktinem a myozinem. Myozinové vlákno tak aktivně přitahuje dvě aktinová vlákna zakotvená do protilehlých Z-proužků, a tím k sobě tyto proužky přitahuje. Výsledkem je zkrácení sarkomery, zkrácení myofibrily a tím i zkrácení svalu čili svalový stah (Rokyta, 2000).“



Obrázek 1 – Fáze svalové kontrakce (Bartůňková, 2006)

Řízení činnosti svalu

Kontrakce svalu je řízena motoneurony míšních a hlavových nervů. Síla stahu svalu je ovlivňována frekvencí akčních potenciálů a počtem aktivovaných motorických jednotek (motoneuron a k němu příslušná svalová vlákna). Maximální naměřená síla savčího svalu je 20 N/cm² průřezu svalem. Změny frekvence dráždění jsou užívány hlavně pro zrychlování pohybu (sval se nejrychleji zkracuje při frekvenci akčních potenciálů 80-120Hz) (Trojan et al., 2007).



Obrázek 2 – Akční potenciál (Schmidt, 1993)

1.3.5 Elektrické projevy svalu

Membrána každého svalového vlákna je stejně jako u jiných buněk polarizována z vnitřní strany buňky negativně a na povrchu pozitivně. Takto vzniklý klidový potenciál se po stimulaci mění na akční potenciál, který se pak šíří po svalovém vlákně a vyvolává kontrakci. Příčinou vzniku akčního potenciálu ve svalovém vlákně jsou změny v propustnosti membrány pro ionty sodíku, draslíku a případně vápníku v závislosti na podnětu. Klidový potenciál příčně pruhovaného svalu je přibližně -80 až -90 mV a akční potenciál dosáhne hodnoty kolem +20 až +30 mV; hodnota akčního potenciálu kosterního svalu je tedy přibližně 120 mV. Hodnota klidového potenciálu je dána aktivně udržovanou nerovnováhou iontů na membráně. Po příchodu impulzu se otvírají kanály pro rychlý vstup Na^+ dovnitř buňky, a tím se mění vnitřní elektronegativita na elektropozitivitu (dochází k depolarizaci membrány).

Před dosažením vrcholu (peaku – maximální hodnoty) se však pomalu otevírají kanály pro K^+ , který vystupuje z buněk ven, a tím buňce nebezpečnou elektropozitivitu vrací zpět do negativních hodnot (repolarizace). Akční potenciál kosterního svalu trvá přibližně 10 ms a svým průběhem se velmi podobá akčnímu potenciálu nervového vlákna, který je však kratší (1 až 2 ms) (Rokyta et al., 2000).

Kontrakce svalového vlákna nastane, dosáhne-li nervový impuls určité prahové hodnoty. Kontrakce se nezvyšuje na základě vyšší intenzity impulsu, protože platí pravidlo „vše nebo nic“. Pro splnění podmínek tohoto pravidla je třeba dostatečné množství ACH, které závisí na frekvenci vzruchů v daném motoneuronu. Dochází k převedení depolarizačního proudu k pozitivitě membránového potenciálu na hodnotu -55mV (prahová hodnota), a tím je vyvolán akční potenciál (obr.2). Není tomu tak pokaždé, protože pokud je do svalového vlákna přivedeno více podprahových impulsů, je možný vznik akčního potenciálu jejich sumací (Schmidt, 1993).

1.3.6 Svaly horních končetin a trupu zapojující se při campusingu

Dvacet čtyři svalů se kříží přes loketní kloub. Některé z nich působí přímo na loketní kloub; ostatní působí na zápěstí a články prstů. Většina těchto svalů produkuje tři pohyby, a to v lokti, v zápěstí a v kloubech prstů. Jeden pohyb je většinou dominantní a tento pohyb je spojen se skupinou svalů. Rozlišujeme čtyři základní skupiny svalů, povrchové flexory, hluboké flexory, laterální extensory a supinátory a medialní flexory a pronátory (Hamill, Knutzen, 2009).

Hlavními skupinami svalů horní končetiny, které se zapojují při campusingu a mají hlavní vliv na propulsi pohybu při použití otevřeného úchopu, jsou skupiny flexorů anteriorních a posteriorních. Postupujeme-li od posledních článků prstů, pak řetězec svalů zahajuje **Fl.digitorum profundus** (ohybač posledních článků prstů), následují **Fl.digitorum superficialis** (ohybač druhého článku prstů), **m.palmaris longus** (sval napíná palmární aponeurosu), dále postupují ohybače zápěstí, **Fl.carpi ulnaris**, **Fl.carpi radialis**. Následující tři svaly působí jako ohybače lokte, **m.brachialis** (čistá flexe), **m.biceps brachii**, **caput longum** (flexe a supinace), **m.brachioradialis** (pomocný flexor). Jediný sval zadní skupiny na paži **m.triceps brachii caput longum** je hlavním extensorem loketního kloubu (Čihák, 2001).

Dalšími svaly, které navazují na svaly horní končetiny zapojené při campusingu, jsou svaly ramenní a lopatkové, které zahrnují **m.deltoideus** (podílí se na předpažení, upažení a zapažení, udržuje hlavici ramenního kloubu v jamce.), který kryje úpony svalů přicházejících od lopatky, jsou to **m.supraspinatus** (abdukce paže, zevní rotace ramenního kloubu), **m.infraspinatus** (zevní rotace ramenního kloubu), **m.teres minor** (zevní rotace ramenního kloubu), **m.teres major** (addukce a vnitřní rotace ramenního kloubu), **m.subscapularis** (vnitřní rotace humeru). Tyto svaly jsou jistě důležité pro pozici ramenního kloubu, ale pomineme-li **m.deltoideus**, nejsou tyto svaly hlavní hnací silou námi sledovaného cvičení (Čihák, 2001).

Z přední strany pak pohyb na lištové desce významně ovlivňují svaly hrudníku, jsou to: **m.pectoralis major** (kde klavikulární část pomáhá při předpažení a udržuje v něm paži; sternokostální a abdominální části addukují paži a rotují ze zevní rotace dovnitř; addukční činnost svalu se projeví i opačně – při fixované paži sval zdvihá hrudník). **Musculus pectoralis minor** ovlivňuje lopatku (táhne lopatku dopředu a dolů). **Musculus serratus anterior**, pilovitý sval je plochý sval, který přidrží lopatku k hrudníku a současně tahem za mediální okraj a zejména za dolní úhel vytáčí dolní úhel lopatky zevně, lopatka tak svými pohyby doplňuje pohyby v ramenním kloubu (Čihák, 2001).

Za „motor“ pohybu na campus boardu můžeme považovat svaly zádové, které jsou u většiny lezců hypertrofovanou svalovou skupinou. Svaly zádové jsou uloženy ve čtyřech vrstvách. První povrchovou vrstvu tvoří **m.trapezius** pars descendens, pars transversa, pars ascendens (fixuje lopatku, táhne lopatku dolů, přitahuje lopatku k páteři, zdvihá paži nad horizontálu) a **m.lattissimus dorsi** (velmi účinný působí-li ze vzpažení či upažení, addukuje a rotuje humerus, také se podílí na dorsální flexi společně s m.teres major a se spinální částí svalu deltového) je jedním z hlavních svalů konajících práci při sledovaném cvičení. V druhé vrstvě jsou uloženy **Musculi rhomboidei** (posunují lopatku k páteři a vzhůru), **m.levator scapulae** (zdvihá lopatku, při fixované lopatce uklání krční páteř). Třetí a čtvrtá vrstva zádových svalů již sledovaný pohyb téměř neovlivňuje, proto tuto část v této práci vynecháme. Výše popsany výčet svalů je souborem kosterních svalů, které jsou hlavními svaly podílejícími se na vytváření propulsní síly při pohybu na lištové desce, je však zřejmé, že část pomocných svalů byla vynechána (Čihák, 2001).

1.4 Dosavadní tréninkové metody a výzkumy v lezení

1.4.1 Tréninkové metody

Jak uvádí Tefelner (1999), sportovní lezci během svého přípravného období, před soutěžním „kolotočem“, nebo v přípravě na zdolání těžké cesty využívají následující metody silového tréninku:

- tréninkové lezení,
- tréninkový bouldering,
- foot off bouldering,
- cvičení na hrazdě,
- cvičení na Bacharově žebříku,
- statické visy na liště,
- trénink s činkami,
- trénink na lištové desce – campusing.

V naší práci se zabýváme právě poslední z výčtu tréninkových metod. Jak již bylo výše zmíněno, vynálezce tohoto tréninkového prostředku byl Wolfgang Güllich, který tak trénoval v německém fitness centru Campus.

Lištová deska – Campus board (Obr. 3), cvičení na lištové desce – campusing.

Campus je mírně převislá (10 - 30 stupňů) deska. Na této desce jsou v rozestupech 20 -30 cm nad sebou umístěny lišty o šířce 1 - 6 cm a délce 20 - 100cm, zpravidla o stejné šíři nad sebou, jejich počet se pohybuje okolo 10 - 15. Základním způsobem cvičení je přehmatávání z jedné lišty na druhou, bez opory nohou (Richardson, 2007).



Obrázek 3 – Lištová deska (Campus board)

Přehmatávání (laddering) je základní a lezení nejpodobnější cvičení. Obtížnost se liší s využitím velikosti lišt a konfigurací cvičení, které může být nastaveno jako cvičení 1-2-3, nebo 1-3-5 (dle využití po sobě jdoucích lišt).

Delší pohyby po lepších lištách posilují svaly paží, ramen, hrudníku a svaly zádové.

Kratší pohyby po menších lištách pak zatěžují zejména prsty a svaly předloktí.

Toto cvičení se využívá jako rozcvičení na začátku a také na konci při zvýšené únavě.



Obrázek 4 – Ukázka tréninku na lištové desce - campusing

Tečování (touches) je skok z výchozí lišty (většinou z visu na první liště) jednou rukou co nejdál. Lezec se snaží tečovat co možná nejvzdálenější lištu. Variantou této metody je tzv. “deadpoint”, kdy se lezec snaží nejen co nejvzdálenější lištu tečovat, ale také se na ní udržet. Po té se vrací do výchozí polohy a pohyb provádí druhou rukou.

Plyometrická metoda je založená na přepětí ve svalu. Na campusu se toho docílí seskokem z vyšší lišty na nižší s následným výskokem, důsledkem tohoto cvičení je zvýšení počtu zapojených svalových vláken, toto cvičení je vhodným rozvojem vnitrosvalové koordinace, je však nejnáročnější a nejvíce rizikové. Přidávání zátěže se u tohoto cvičení nedoporučuje (Goddard a Neumann, 1993).

Výše popsané metody cvičení jsou základními metodami, které jsou užívány zhruba v padesáti různých variantách a kombinacích.

1.4.2 Výzkumy související s lezením

Jsou to výzkumy zaměřené zejména na:

- 1/Profil sportovce – antropometrie,
- 2/Svalovou sílu a vytrvalost,
- 3/Flexibilitu,
- 4/Aerobní výkon,
- 5/Spotřebu kyslíku a výdej energie,
- 6/Laktát v krvi,
- 7/Neuromuskulární nábor.

1/ Tradiční profil elitního lezce, který je uváděn v mediích jako velký a silný jedinec, byl studii vyvrácen. Autoři studií indikují lezce jako proporciálně menší s nízkými hodnotami tělesné hmotnosti a podkožního tuku.

Příklady: Watts (1996) zkoumal 11 lezců se schopností vylézt 7b-8b, kteří v průměru měřili 1.76 m a vážili 66 kg a hodnoty jejich podkožního tuku se pohybovaly od 3.5 - 7.7 %.

Podobné výzkumy provedli: Grant et al. 1996, Mermier et al. 1997, Zapf et al. 2001, Watts et al. 1993,.

2/ Většina studií zabývajících se silou a vytrvalostí byla zaměřena na předloktí a ruku, kde se vyvinula dynamometrie úchopu, jde zejména o izometrickou práci v konfiguraci prstů proti palci. Výsledky silových testů u dospělých elitních lezců se pohybují od 506 - 581 N, tyto výsledky se příliš neliší od rekreačních lezců nebo sportujících nelezců.

Jak uvádí Watts et al. (1993), pokud porovnáme dosažené výsledky na relativní sílu vůči tělesné hmotnosti, jako ukazatel síla vůči tělesné hmotnosti, pak jsou výsledky lezců v porovnání s normou pro věk a pohlaví vysoké.

Zajímavou studii provedl Schweizer (2001), který zjistil, že prostředníček v otevřeném úchopu vyvine větší sílu samostatně, oproti zapojení paralelně s ukazováčkem a prsteníčkem.

Podobné výzkumy dynamometrie úchopu provedly: Cutts and Bollen 1993, Grant et al. 1996, Ferguson and Brown 1997.

3/ Flexibilita či rozsah pohybu jsou často uváděné faktory u výkonu ve sportovním lezení. Lezecké pozice vyžadující udržení těžiště co nejbliže u skály, za současného rozkročení či vysokého nakročení vyžadují flexibilitu zejména v kyčelním kloubu.

Grant et al. (1996) uvádí data pro „sit and reach test“, jejichž výsledky ukázaly průměrné hodnoty nelišící se mezi elitními lezci, rekreačními lezci a nelezci. Dalším testem v jeho studii, který naopak ukázal vyšší výsledky lezců, byl test čelního rozštěpu.

4/ Aerobní výkon je typicky měřen maximální spotřebou kyslíku (VO_{2max}).

Tyto testy jsou prováděny na přístrojích cyklického rázu (běhátko, cyklo ergometr atd.) Je nutné zmínit, že tyto testy jsou vůči lezení nespecifické.

Booth et al. (1999) provedl měření na speciálním lezeckém ergometru, kde rychlost lezení byla kontrolována. Během rychlého lezení dosáhla testovaná osoba maxima spotřeby kyslíku 43.8 (2.2) ml na kilogram za minutu.

Podobné studie: Billat et al. 1995 běh – 54.8 (5.0), Wilkins et al. 1996 běh 55.2 (3.6), Watts and Drobish 1998 běh 50,5 (7.0)

5/ Studie, které měří spotřebu VO_2 během lezeckého pohybu. Z těchto studií vyplývá, že průměrná spotřeba se pohybuje mezi 20 a 30 ml na kilogram za minutu, maxima mohou překročit hranici 30 ml. Tyto stupně spotřeby kyslíku jsou ekvivalentní k výdeji energie okolo 10 kcal za minutu.

Studie na toto téma provedli: Billat et al. 1995, Wilkins et al. 1996, Mermier et al. 1997, Watts and Drobish 1998, Booth et al. 1999, Watt set al. 2000, Dora nand Grace 2000.

6/ Laktát v krvi se zvyšuje během lezení, ne však do hodnot měřených při běhu nebo na kole. Relativně nízká hodnota laktátu je vysvětlena nižším zapojením celkové svalové hmoty, kde při lezení se zapojují zejména svaly horní poloviny těla, zatímco při běhu či na kole se zapojují velké svaly dolních končetin.

Měření prováděné na lezcích většinou 1 - 4 minuty po výkonu dosahovalo hodnot laktátu od 3.2 mmol na litr krve až po maxima 6.8 mmol na litr krve.

Werner a Gebert (2000) provedli měření na závodních lezcích při světovém poháru.

Měřeno bylo 46 lezců (28 mužů a 18 žen). Průměrná koncentrace laktátu byla 6.7 mmol na litr krve, kde průměrná dosažená výška byla 13.2 m a čas lezení odpovídal v průměru 4.2 minuty. Vzorky byly brány 1 minutu po výkonu.

7/ Neuromuskulární nábor

Koukoubis et al. (1995) a Watts et al. (2003) prováděly měření sEMG předloktí během lezeckých pohybů. Měřené svaly: interosseous, brachioradialis, flexor digitorum superficialis a biceps brachii. Zjistili, že m. flexor digitorum profundus má maxima až 69% zatížení při visu během prováděného shybu. M.brachioradialis vykázal maxima až 67% zatížení při zahájení pohybu během shybu. Je však diskutabilní, zda tato studie je použitelná pro lezení, protože byl měřen pouze vis, shyb a spouštění se bez opory nohou, které je v lezení velmi neobvyklé.

1.5 Elektromyografie

Elektromyografie (EMG) patří mezi elektrofyziologické experimentální vyšetřovací metody, které napomáhají hodnocení funkčního stavu motorického systému. Tato metoda je založena na snímání povrchové nebo intramuskulární svalové aktivity. Zaznamenává se změna elektrického potenciálu, ke které dochází právě při svalové aktivaci.

Když je potenciál koncové ploténky generován na nervosvalové synapsi, zpravidla vytváří akční potenciál ve svalovém vlákne, který prochází od synapse do konce svalového vlákna. Proudění společné s potenciálem svalového vlákna mohou být měřeny elektrodami. Toto měření je známé jako elektromyografie myo=sval (Merletti a Parker, 2004).

Elektromyografické měření se používá ke klinické diagnóze problémů nervosvalového spojení, ergonomové jej užívají k určení požadavků při práci, fyziologové ho užívají k identifikaci mechanismů zapojených do různých adaptačních procesů uvnitř nervosvalového systému, biomechanici jej využívají k určení svalové síly (Enoka, 2008).

Pomocí snímání bioelektrických signálů podává obraz o aktivitě svalů a nabízí tak možnost objektivnějšího hodnocení neuromuskulární činnosti. EMG poskytuje značné možnosti uplatnění, ale zároveň má mnoho omezení. Prostřednictvím této vyšetřovací metody je možné se blíže vyjádřit nejen k velikosti svalové aktivity, ale také ke svalovým synergiím, sekvenci zapojování jednotlivých svalů nebo svalové únavě. Lékaři tuto metodu například používají pro hodnocení funkčního stavu pohybového systému a jeho inervaci nebo k rozlišení jednotlivých druhů nervosvalových onemocnění. K vyšetření se používá přístroj zvaný elektromyograf. Je opatřen elektrodami, zesilovačem, procesorem a obrazovkou. Existují dvě techniky použití této metody. V závislosti na typu, velikosti a umístění snímacích elektrod rozlišujeme povrchovou a jehlovou EMG. Povrchová technika má neinvazivní charakter a detekuje více navrstvených akčních potenciálů produkovaných několika motorickými jednotkami daného svalu. Její předností je možnost relativně snadno a neinvazivně snímat více svalů současně v průběhu pohybu. Jehlová technika je invazivního charakteru a detekuje akční potenciály jednotlivých svalových vláken.

Podstatou elektromyografie je snímání akčních potenciálů aktivních motorických jednotek v okolí elektrody.

Elektrody detekují napětí, jehož časový průběh představuje právě akční potenciál. Akční potenciál (AP) lze tedy definovat jako elektrickou aktivitu činného svalu. AP vznikne pokud membránový potenciál v oblasti kořene axonu překročí svou klidovou hodnotu a vyvolá otevírání sodíkových kanálů. Do buňky začnou proudit sodné ionty. Tím se membrána depolarizuje a to vede k postupnému rozvoji AP. Je-li sval volně aktivován, šíří se akční potenciál z mozku k motoneuronům. Odtud je AP veden všemi jeho větvemi k jednotlivým svalovým vláknům a dále se šíří po jejich membránách.

Výsledkem elektromyografického vyšetření je graf, odborně elektromyogram nebo také EMG křivka. Výsledný snímaný signál, který představuje prostorovou a časovou superpozici akčních potenciálů motorických jednotek, se označuje jako Motor unit action potential (MUAP). Frekvence a velikost elektromyografického signálu je charakterizována velikostí a množstvím těchto snímaných MUAP. V nezpracovaném záznamu se navíc mohou objevit i relativně velké vrcholy, které reprezentují synchronní výboje více motorických jednotek (Keller, 1999; DeLuca, 1997).

1.5.1 Historie elektromyografie

Zájem o studium svalových pohybů vzrostl v renesanci. Zabýval se jím mimo jiné Leonardo da Vinci. Dalším badatelem, nazývaným otec moderní anatomie, byl Andreas Vesalius, který studoval mrtvé svaly. První logickou dedukcí týkající se elektrické aktivity svalů formuloval v roce 1666 Ital Francesco Redi. Předpokládal, že výboj elektrického rejnoka pochází z jeho svalů.

Východiskem pro elektromyografii byla elektrofyziologie. Průkopníkem této vědy byl Luigi Galvani, který roku 1791 depolarizoval svaly žabího stehýnka. Vyvolal tak pozorovatelný svalový stah a dokázal vztah mezi elektrickým proudem a svalovou činností, kterou dokumentuje ve své knize *De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentaris* (1791). V roce 1838 Carlo Matteuscci dokázal pomocí galvanometru, že svaly produkují elektrický proud. Detekoval elektrickou odpověď při kontrakci svalu, kdy použil izolovaný preparát sedacího nervu a svalu. Preparovaný nerv položil přes sval druhé končetiny. Zjistil, že aktivita svalu podráždila nerv preparátu a vyvolala pohyb i v tomto izolovaném svalu.

Helmholtz (1850) měřil rychlost vedení vzruchu nervem u zvířat a později i u lidí tak, že podráždil nerv a pozoroval jeho mechanickou odpověď (Keller, 1998).

Počátek elektromyografie lze datovat do roku 1851, kdy Du-Bois Reymond použil jako registrační elektrody baňky s elektrolytem a registroval odpověď ze svalu při volní kontrakci. Vznikl tak první lidský elektromyograf (Keller, 1999).

V roce 1890 představil Marey první záznam elektrické aktivity svalu a zavedl pojem elektromyografie. Další zdokonalování měřících přístrojů a metod vyšetřování excitabilních struktur vedlo k uvedení termínů rheobase a chronaxie. Velký význam mělo zavedení koncentrické elektrody a akustického monitorování Adriánem (1929) a katodové trubice k registraci biopotenciálů Erlangerem a Gasserem (1922). Sherrington a Liddell definovali v roce 1925 základní strukturální a funkční jednotku motorického systému a nazvali ji motorickou jednotkou. V následujících desetiletích, a to hlavně během bouřlivého rozvoje ve 40. letech, byly objeveny nejrůznější EMG fenomény (fibrilace a fascikulace, myotonické výboje, pokles odpovědi u myastenie). V roce 1961 se uskutečnil první mezinárodní elektromyografický kongres v Itálii, kde byla sjednána určitá míra shody na algoritmech a interpretacích EMG. Hardyck a jeho výzkumný tým (1966) byli první, kteří použili povrchovou elektromyografii sEMG. Od poloviny osmdesátých let byly vyvinuty přístroje menší velikosti umožňující praktický výzkum. Dnes již jsou podobné přístroje komerčně dostupné. Posledních patnáct let bádání vyústilo v lepší pochopení v nastavení při záznamu povrchové EMG. V současnosti se zvyšuje četnost využití sEMG v klinické praxi pro sledování povrchových svalů (Reaz, Hussain, Mohd-Yasin, 2006).

1.5.2 Metody snímání EMG signálu

Jehlová EMG

Jehlová elektromyografie snímá jen jednotlivé akční potenciály šířené několika sousedními svalovými vlákny prostřednictvím elektrody přímo v testovaném svalu. Tato metoda se užívá zejména k diagnostice nervosvalových onemocnění. Hodnotí se charakter inzerční aktivity během vpichování elektrody, spontánní aktivita v klidu a aktivita během kontrakce. Jehlová elektromyografie není vhodná pro kineziologickou analýzu pohybu, jelikož při rozsáhlejšímu pohybu může dojít k poškození tkáně a tím způsobit bolest. Odborná způsobilost k provedení této techniky je nutná (Enoka, 2008).

Povrchová EMG

Jednou z předností povrchové elektromyografie je možnost snadno a neinvazivně (na rozdíl od jehlové metody) snímat aktivitu více svalů současně v průběhu pohybu. Prostřednictvím této vyšetřovací metody je možné se blíže vyjádřit nejen k velikosti svalové aktivity, ale také k svalovým synergickým, sekvenci zapojování jednotlivých svalů či svalové únavě. Povrchová elektromyografie se nejčastěji v kineziologickém výzkumu využívá zejména ke sledování a hodnocení mechanismů strategie kontroly pohybu za fyziologických i patologických podmínek (Enoka, 2008).

U povrchové EMG prochází AP přes přilehlé svalové tkáně, hlavně tuk a kůži, na jejímž povrchu jsou detekovány. EMG signál je výsledkem sledu akčních potenciálů motorických jednotek, které jsou detekovány povrchovou elektrodou v blízkosti kontrahovaných svalových vláken. Elektrická aktivita svalu využívá pro posuzování mechanické aktivity možnost relativního sdružení registrovaných elektrických signálů s veličinami, které popisují mechanický efekt kontrakce (Windhorst, Johansson, 1999).

1.5.3 Technické vybavení

Zesilovač zesiluje měřený signál. Moderní přístroj zesiluje signál s minimálním náborem šumu v rozsahu 0,5 μV – 10mV. Zapojením zesilovače zvyšujeme poměr odstupů signálu od šumu. Účinnou metodou je bipolární snímání (BS), kde se využívá zapojení elektrod s diferenčním zesilovačem, který zesiluje rozdíl dvou vstupních signálů. Tento způsob dává možnost záznamu v celé šíři pásma při vyšším prostorovém rozlišení. Díky diferenčním zesilovačům je možné zaznamenávat celou šíři EMG signálu. Používané frekvence jsou 10 - 20 Hz (horní propust) a 500 - 1000Hz (dolní propust) (Day, 2002).

Předzesilovač je zařízení, které je doporučeno umístit před zesilovač. Umisťuje se na kabely vedoucí od elektrod. Zabraňuje vzniku nežádoucích jevů (artefaktů), které mohou nastat při cestě signálu kabelem (Konrad, 2005).

A/D převodník převádí analogový signál na digitální. Digitální signál umožňuje další zpracování na počítači. Díky vývoji počítačové techniky je dnes zpracování dat mnohem snazší. Počítačem zpracované údaje pak mohou být velmi jednoduše vyvolány k zobrazení. Použitím dnes již četných matematických metod lze snížit šum a výskyt artefaktů. Dále se využívají k statistickým testům, optimalizaci měřených strategií a dekompozici komplexního signálu na jednotlivé komponenty (Windhorst, Johansson, 1999).

Elektrody jsou velmi důležitou součástí měřícího EMG zařízení. Jejich tvar, velikost, umístění, složení a konstrukce ovlivňuje kvalitu naměřených dat. Slouží k přenosu elektrických impulsů. Jehlové elektrody se využívají při invazivní metodě, kdy je nutné snímat signál ze svalových vláken. Plošné elektrody se používají při neinvazivní metodě. Snímá se elektrický signál z okolí elektrody, který je produkován svaly pod kůží. Rozlišujeme dva typy povrchových elektrod:

- Suché elektrody jsou vyrobeny z ušlechtilých kovů, především ze stříbra. Jsou v přímém styku s kůží. Používají se v případech, kdy kvůli jejich velikosti a geometrii není možné použít vodivý gel.
- Gelové elektrody jsou nejčastěji vyrobeny z Ag – AgCl. Obsahují elektrolytický gel, jehož přítomnost má za následek vznik oxidativně-redukčních reakcí v místě kontaktu. Dobrou vlastností těchto elektrod je nízká produkce nežádoucího šumu (Day, 2002).

Umístění elektrod

Při BS musí být elektrody umístěny paralelně s průběhem svalových vláken. Preferované umístění senzorů je na povrchu středu svalového břicha, kde můžeme snímat sEMG signál o nejvyšší amplitudě, jelikož uprostřed svalu mají vlákna větší poloměr a amplituda akčního potenciálu roste s poloměrem svalového vlákna. Umístění snímacích elektrod nesmí být v blízkosti úponu šlachy, inervační zóny (motorického bodu) nebo na okraji svalu. Úpon šlachy není elektricky aktivní, z inervační zóny se šíří akční potenciály obousměrně na konec svalových vláken (teoreticky by se výsledná amplituda sEMG rovnala nule). U větších svalů jsou inervační zóny umístěny většinou periferně (Masuda a Sadoyama, 1991).

Vzdálenost a velikost elektrod

Vzdálenost obou elektrod při BS má vliv na hodnoty snímaného signálu. vzdálenost elektrod by měla být co nejmenší, aby se minimalizovalo riziko „cross talk“. Jedná se o nežádoucí aktivitu z okolních svalů, která může být zdrojem chybné interpretace elektromyografického záznamu, kdy je sledovaný signál považovaný za aktivitu výhradně sledovaného svalu. Pro opakovaná měření je nezbytné, aby vzdálenost elektrod zůstala konstantní a pokud možno aby zůstalo stále i umístění elektrod na sval (Sodereberg a Knutsen 2000).

Preferenční vzdálenost obou snímacích elektrod se uvádí 200 mm, pokud jsou bipolární senzory aplikovány na malé svaly, neměla by inter-elektrodová vzdálenost přesáhnout $\frac{1}{4}$ délky svalového vlákna, De Luca (1997) preferuje vždy vzdálenost 1 cm. Snímací elektrody by měli být umístěny na svalové břicho (mezi inervační zónu a šlachu, nebo přímo na motorický bod). Elektrody by neměly být umístěny přes inervační zónu. Umístění referenční elektrody by mělo být v místě, kde je minimální svalová aktivita, nejlépe na elektricky neaktivní části těla.

Doporučeno je využívat gelové elektrody kulaté s poloměrem 10 mm.

Kontakt mezi elektrodami a kůží

Před vlastní aplikací elektrod je nezbytné řádně očistit kůži, aby se snížila impedance (odpor) a zlepšil se kontakt mezi elektrodami a kůží. K očištění je možné použít např. alkohol nebo abrazivní pastu. Během snímání dynamických činností je nutné brát v úvahu, že se stále mění poloha elektrod umístěných na kůži vůči svalu, čímž dochází ke změně charakteru snímaného signálu v průběhu měření (DeLuca, 1997).

1.5.4 Faktory ovlivňující EMG signál

Mezi nežádoucí faktory řadíme různé zdroje šumu.

Okolní šum – generovaný elektromagnetickými zařízeními, které jsou zapojeny do elektrické sítě. Dominantní frekvence tohoto šumu je frekvence odpovídající frekvenci elektrické sítě (50Hz nebo 60Hz). Dalším možným vlivem je elektromagnetické záření na Zemi, jehož amplituda dosahuje až třikrát vyšších hodnot než amplituda EMG (Reaz, Hussain, Mohd-Yasin, 2006).

Převodní šum – vzniká mezi elektrodami a kůží. Elektrické napětí je elektrodami převedeno z iontového napětí generovaného svaly. Existuje probabilita vzniku artefaktů mezi kabelem a elektrodou (Konrad, 2005).

Dalším faktorem je odpor, který vzniká mezi kožní elektrodou a tkání a dosahuje hodnot v řádech desítek k Ω . Odpor se mění na základě změn, jako je změna teploty, vysychání gelu, pocení, prokrvení svalu atd. Na základě tohoto faktoru je nutné nastavit vstupní impedanci zesilovače tak, aby původní hodnoty naměřeného napětí nebyly zkresleny (Keller, 1999).

Faktory mající přímý vliv na signál jsou označovány jako kauzální. První skupina těchto faktorů je označena jako vnější. Týká se oblasti detekce signálu, vzdálenosti, umístění a struktury elektrod.

Vnitřní kauzální faktory jsou souborem příčin ovlivnění fyziologického, anatomického a biochemického charakteru. Jedná se zde zejména o vlastnosti svalu, kde rozhoduje počet motorických jednotek, typ svalového vlákna, změna pH a krevního oběhu ve svalu během kontrakce. Mezi další strukturální faktory svalu patří hloubka a umístění vláken, průměr vlákna a množství tkáně mezi povrchem svalu a elektrodou.

Přechodové faktory – fyziologické a fyzikální jevy ovlivněny kauzálními faktory. Příčinou může být superpozice akčních potenciálů v detekovaném EMG sinálu, pásmová filtrace (band-pass filtr), rychlost vedení akčního potenciálu, dokonce i cross talk (nábor elektrické aktivity svalu ležících blízko měřeného svalu).

Deterministické faktory – jsou ovlivněny přechodovými faktory. Rychlost nástupu motorických jednotek, počet motorických jednotek, mechanická interakce mezi svalovými vlákny, amplituda, tvar a trvání akčního potenciálu (DeLuca, 1997).

1.5.5 Analýza EMG signálu

Surový záznam – Raw EMG je hodnotná, leč téměř nepoužitelná forma záznamu. Tato informace je použitelná pouze pokud může být kvantifikována. Mnoho procesuálních metod může být použito k vyhodnocení surového záznamu (raw EMG), tak aby přineslo zdroj přesného a aktuálního EMG signálu. (Reaz, Hussain, Mohd-Yasin, 2006).

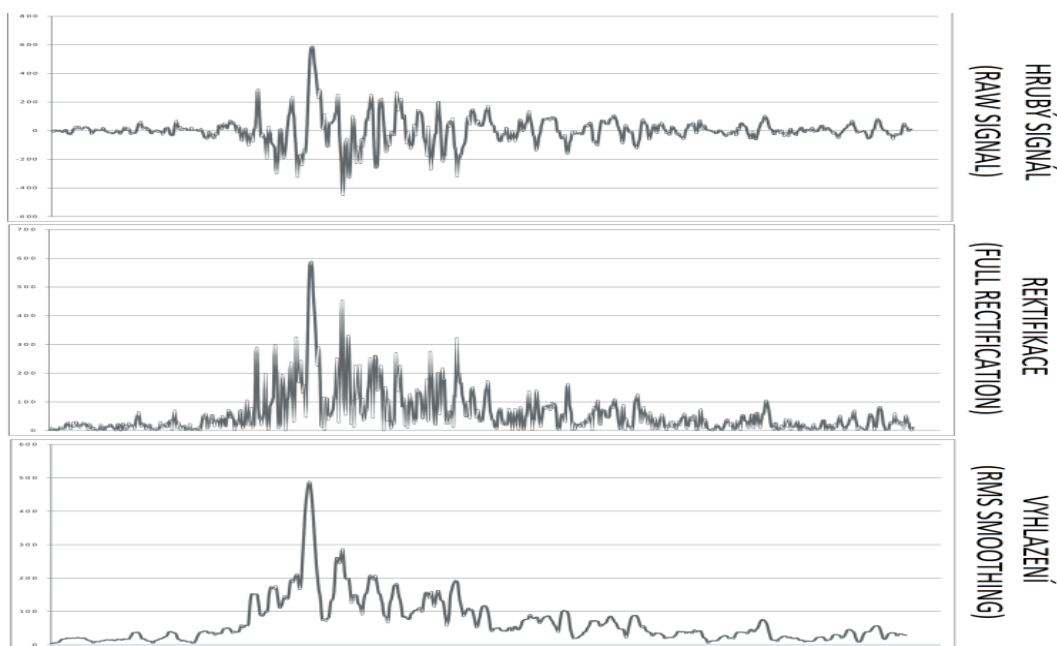
Usměrnění (Rectification) – je matematická úprava bipolárního signálu. Rozlišujeme poloviční (half-wave) nebo úplnou (full-wave) rektifikaci. První z nich spočívá v odstranění záporných hodnot, druhá pak převádí záporné hodnoty na kladné. Metoda je používána jako součást algoritmu pro výpočet signálu nebo při programování detekčního algoritmu, u něhož jsou nežádoucí záporné hodnoty.

Vyhlazení (smoothing) – provádí se zprůměrováním hodnot amplitudy v časovém úseku 10ms-250 ms.

Průměrná hodnota usměrněného EMG za časový interval T je definována jako ARV- Averaged rectified Value (nebo MAV – Mean Amplitude Value) a je počítána jako integrál usměrněného EMG za interval času T děleno T (Konrad, 2005).

RMS (Root Mean Square), podobně jako ARV je tato kvantita definována pro specifický časový interval T, který musí být indikován. Užití této metody se doporučuje při analýze pohybů trvajících 20ms-500 ms.

Všechny výše popsané procedury podávají informace ohledně amplitudy a jsou měřeny ve voltech (V) (Merletti, 1999).



Obrázek 5 – Zpracování hrubého signálu

Analýza ve frekvenční oblasti

Signál může být popsán v časové nebo frekvenční oblasti. Výsledkem je funkce vyjadřující závislost okamžité výchylky na čase, nebo funkce vyjadřující závislost amplitudy a fáze jednotlivých komponent na frekvenci. Procesy převádějící tyto funkce jsou označovány jako transformace. Fourierova transformace například převádí funkci mezi časovou a frekvenční oblastí, kde časová funkce je označena jako originál a frekvenční funkce jako obraz. (Pavelka, 2011)

Normalizace dat

Procesem snižujícím interindividuální variabilitu pohybu je normalizace časové osy. Při použití této normalizace je časová osa převedena na procenta tak, aby bylo možné porovnávat různé trvající provedení pohybu (Hug, 2011).

Pro porovnání cyklických pohybů je normalizace časové osy na procenta velice vhodnou a používanou metodou. Při sledování dynamických pohybů je tato normalizace nevhodná, protože převedením času na procenta dochází k ztrátě časových údajů trvajících v řádech milisekund. Pro dynamické pohyby je doporučeno použít zprůměrování času před a po hraničním bodě (např. dotek se zemí při seskoku nebo změna úhlu rotace). Tato normalizace umožňuje použití přístrojů měřící kinematické projevy a jejich vzájemné hodnocení s EMG (Konrad, 2005).

Normalizace amplitudy pomocí maximální volní kontrakce (MVC)

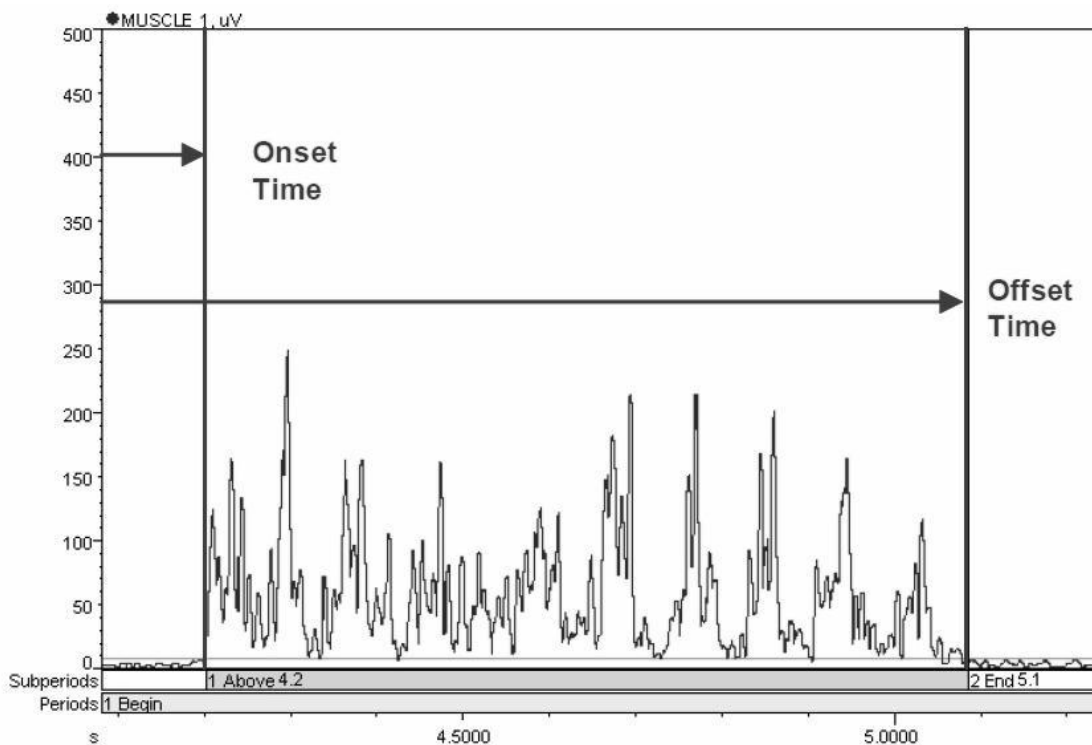
K určení svalové aktivace lze využít procentuální vztah k MVC, která je vyjádřena jako 100% momentu síly. Za práh svalové aktivace řada autorů považuje 20% MVC. Určení maximální amplitudy EMG signálu při MVC probíhá při maximální izometrické kontrakci každého svalu zvlášť. Zpracování signálu probíhá totožně jako při samotném výzkumu v pohybu. Měření je časově náročné. Cvik je prováděn třikrát po dobu maximálně 5 sekund s dobou odpočinku mezi cvičeními minimálně 2 minuty. Tímto způsobem se získává téměř monotónní vztah mezi silou a EMG signálem. Důležitý je předešlý trénink subjektu. Bez tréninku mohou být hodnoty MVC nižší až o 20-30%, což vede k nepřesné interpretaci dat. Při normalizaci dat je třeba uvést následující údaje: způsob tréninku subjektu pro provedení MVC testu, úhly kloubů a délka svalů, měřítko nárustu síly, velikost aplikovaného odporu a další (Merletti, 1999).

Timing svalů

Díky povrchové EMG můžeme získat velmi důležitou informaci, a to počátek a konec aktivity svalu. Při posuzování aktivace svalu je důležité, aby byl EMG signál zfiltrovaný a rektifikovaný. Svaly považujeme za aktivní od určité hranice, která je vyjádřena jako aktivační hodnota. Jedna z možností je hodnota dvou směrodatných odchylek od střední hodnoty signálu. (DeLuca, 1997) (obr.6).

Jinou metodou je stanovení aktivačního prahu (threshold). Při překročení signálu nad tento práh považujeme sval za aktivní, při poklesu naopak za neaktivní. Tento práh je určen hodnotou jedné až tří směrodatných odchylek od klidového signálu, kdy sval nepracuje. (Konrad, 2005).

Podobných výsledků dosáhneme pomocí prahu určeného vyjádřením procentuální hodnoty maximální amplitudy, která je brána jako 100%. Aktivační práh je určen hodnotou 15-25% maxima (Hug, 2011).



Obrázek 6 – Nástup aktivace a deaktivace svalu při překročení zvoleného prahu (Konrad, 2005)

ČÁST EMPIRICKÁ

2. Cíl práce, hypotézy a úkoly

2.1 Cíl práce

Cílem práce je vzájemná komparace kvalitativních ukazatelů lokomočního pohybu při silovém tréninku sportovních lezců – campusingu s ukazateli lezení na kolmé stěně. Dále časově a prostorově charakterizovat zapojování vybraných svalů oblasti horní poloviny těla při tréninku na campus boardu.

2.2 Hypotézy

H1 – Načasování aktivace svalů (timing) při silovém tréninku na campus boardu, bude v porovnání s lezením, v rychlejším časovém sledu za sebou v rámci průměrného pracovního cyklu.

H2 – Obě sledované formy cvičení budou mít stejný charakter ve smyslu pořadí svalové aktivace.

Vysvětlení hypotéz:

H1 – Campusing je považován za specifický tréninkový prostředek pro lezení. Metrická data však vykazují mnohem rychlejší provedení kroku na campusingu, tento krok je navíc realizován bez podpory dolních končetin.

H2 – Jestliže je campusing považován za vysoce specifickou metodu tréninku pro sportovní lezení, měla by se koordinace pohybu (v našem případě časově normalizovaný timing) maximálně blížit cílovému pohybu – lezení.

2.3 Úkoly práce

1. vytvořit přehled dosavadních poznatků zabývajících se touto problematikou,
2. výběr skupiny probandů,
3. aplikace metody na zvolené probandy,
4. zpracovat získaná data,
5. vyhodnocení dat,
6. vyvodit závěry pro praxi.

3. Metodika práce

3.1 Výběr testovaných osob

Hlavním kritériem při výběru testovaných osob byla dosažená úroveň ve sportovním lezení. Lezci byli vybráni tak, aby byli schopni absolvovat požadované cvičení, zejména při pohybu na campus boardu. Jejich výkonnostní stupeň nemohl být nižší než 8 UIAA (viz kap. 1.2.1). Tento stupeň dosažené úrovně je brán jako průměrný. Odlišuje sportovní lezce od sportující populace (Watts, 2003).

Charakteristika testovaných osob (TO)

Prvním sledem měření prošli tři lezci, měření proběhlo v červnu 2011

TO 1

Proband I
Narozen: 23. 10. 1992
Výška: 184 cm Váha: 74 kg
Dosažená úroveň: 8+

TO 2

Proband II
Narozen: 7. 10. 1985
Výška: 190 cm Váha: 75 kg
Dosažená úroveň: 9-

TO 3

Proband III
Narozena: 10. 12. 1986
Výška: 169 cm Váha: 57 kg
Dosažená úroveň: 8+

Úroveň 8 UIAA se ukázala jako nedostatečná z důvodu velkých potíží při prováděném cvičení na campus boardu. Vybrali jsme proto následující probandy s vyšší úrovní a další měření proběhlo v červnu 2012.

TO 4

Proband IV
Datum narození: 30. 5. 1987
Výška: 188cm
Hmotnost: 78kg
Dosažená úroveň 10 UIAA

TO 5

Proband V
Datum narození: 4. 4. 1984
Výška: 171 cm
Hmotnost: 67 kg
Dosažená úroveň 9+ UIAA

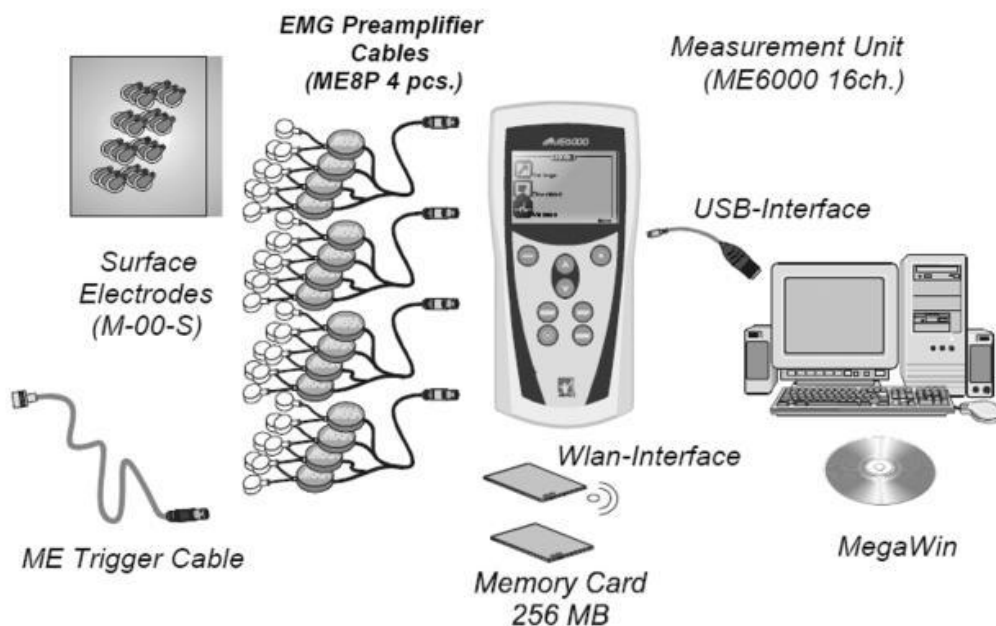
Jako referenční TO byl zvolen Proband IV., protože jeho výsledky byly transparentní a zároveň z důvodu nejvyšší dosažené úrovně výkonnosti (mistr světa v lezení na rychlost).

3.2 Metody měření

3.2.1 Sběr dat

Instrumentárium

1. K sběru dat byla využita metoda sledování elektrické aktivity svalu pomocí povrchové neinvazivní elektromyografie. Použili jsme přenosný 14 bitový EMG přístroj ME6000 Biomonitor (Mega Electronics, Kuopio, Finland) se šestnácti kanály. Přístroj nesla TO v pouzdře připevněném na svém těle. Váha přístroje je 344 g, rozměry 181x85x35 mm. Frekvence vzorkování až 10000 Hz/kanál s měřicím rozpětím +/- 8192 μ V pro EMG. Citlivost přístroje 1 μ V na dílek, pásmová propust 8-500 Hz. Možnost záznamu do interní paměti 2GB nebo bezdrátově rovnou do PC.



2. K videozáznamu byla použita digitální videokamera SONY HDR-SR12 s možností záznamu až 100 snímků za sekundu. K synchronizaci s EMG záznamem sloužily bezdrátové triggery.

Průběh měření

Měření proběhlo ve dvou fázích. Nejprve proběhlo měření tříčlenné skupiny testovaných osob v červnu 2011, následně v červnu 2012 proběhlo měření dvou lezců. Měření bylo uskutečněno v Lezeckém centru Mamut v Praze - Holešovicích. Měření proběhlo ve vnitřním prostředí za stálých podmínek.

Měření základního lezeckého pohybu bylo provedeno na kolmé stěně s rozmístěním chytů ve dvou řadách vzdálených od sebe 60 cm v rovině horizontální. Vzdálenost středů chytů v jedné řadě v rovině vertikální byla 80 cm. Dva po sobě následující chyty se nacházejí na výškové hladině vždy o 40 cm vyšší.

Použili jsme chyty střední velikosti M.

Campus board byl složen z devíti nad sebou položených lišt. Délka lišty byla 70 cm, průměr lišty byl 8 cm, vzdálenost horních okrajů lišt byl 21 cm. Lezci se pohybovali po campus boardu po lištách 1-3-5-7-9. Vzdálenost horní hrany těchto lišt byla 42 cm. Tato vzdálenost byla technicky nejbližší obdobné vzdálenosti na stěně.

Při pohybu po kolmé stěně byl na TO kladen nárok na stejnoměrný pohyb ve vertikální ose, při používání dvojoporového kroku, kdy při přenosu horní a dolní končetiny se TO drží jednou rukou a stojí na jedné noze (pohyb podobný lezení na žebříku). Při pohybu na campus boardu byl pohyb prováděn jednooporově za použití horních končetin, při přenosu se lezec drží pouze jednou rukou. Důraz byl kladen na plynulost provedení.

Stanovili jsme sedm sledovaných fází průběhu pohybu. Tyto fáze jsou kritickými body lezeckého pohybu.

1. Fáze – Úchop.
2. Fáze – Natažená paže provádí tah pod úhlem do 120 stupňů (v lokti).
3. Fáze – Paže prochází úhlem 120 - 90 stupňů (v lokti).
4. Fáze – Paže přechází přes úhel 90 stupňů do ostrého úhlu (v lokti).
5. Fáze – Moment, kdy se pohyb vzhůru zastaví a spodní ruka opouští bod opory.
6. Fáze – Bod (Dead Point) moment těsně před dohmatem ruky.
7. Fáze – Dohmat. Přenesení hmotnosti na nataženou paži a dolní končetiny.

3.2.2 Analýza dat

Synchronizace EMG záznamu s videozáznamem byla provedena v počítačovém programu MegaWin software (Meg Electronics, Finland). V tomto programu byla provedena komplexní analýza EMG záznamů, z které vychází pořadí nástupu aktivace jednotlivých svalů při zvoleném pohybu. Analýza signálu v časové oblasti se dá popsat jako funkce vyjadřující závislost okamžité výchylky signálu na čase.

Snímací frekvence přístroje byla nastavena na 2000 Hz v 16 - bitovém rozlišení. EMG signál byl filtrován v propustném rozmezí 20-500 Hz filtrem Butterworth 4. řádu. Přímý EMG záznam byl uchován v paměti zařízení a následně exportován do počítače pro další zpracování signálu. Pro následné zpracování jsme použili skript vytvořený v editoru programovacího prostředí Matlab. Signál z devíti svalů byl usměrněn a následně vyhlazen pomocí klouzavého průměru dle následujícího předpisu:

$$b_i = \frac{\sum_{j=i-50}^{i-1} a_j}{50}$$

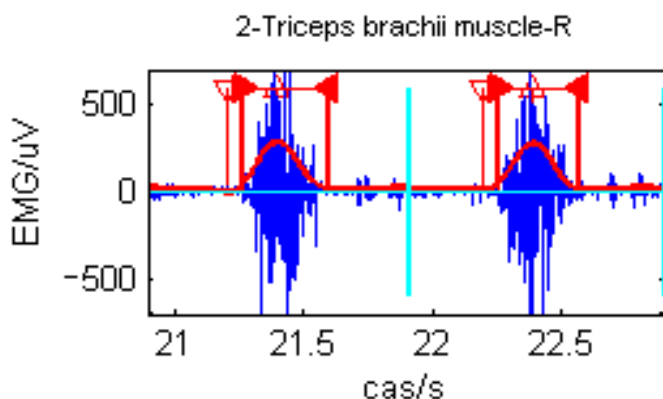
kde i b označuje i -tý vzorek v pořadí vyhlazeného signálu b . Je vypočítán jako klouzavýprůměr předchozích 50 vzorků přímého signálu a . Uvedený výpočet tedy odpovídá časové konstantě vyhlazení 25 ms.

Vyhodnocení rozhodujících nástupů svalové aktivace:

1. Za projev svalové aktivace byla považována hodnota přesahující 20% maxima vyhlazeného usměrněného signálu v příslušném měření po dobu nejméně 10 ms (Hojka et al., 2010).

2. Zpracování EMG signálu a jeho analýza proběhla následujícím postupem. Digitální hrubý signál (raw signal) byl převeden do absolutních hodnot (rektifikován), následně byl vyhlazen filtrací dolní propustí. FIR, hranice propustného pásma 5,2 Hz, útlum nepropustného pásma 55 dB, délka 501 pro signál se vzorkovací frekvencí 1000Hz (viz.Obrázek 8. Byla vytvořena tzv. obálka EMG křivky, díky převedení do absolutních hodnot.

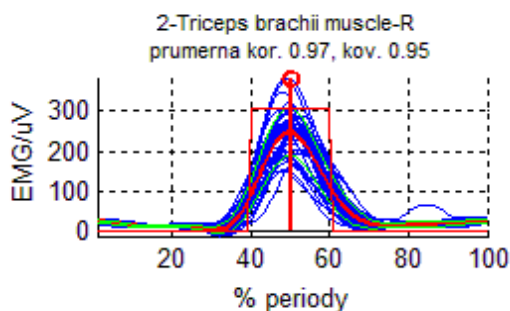
Části této křivky umožňují označení jednotlivých cyklů pohybu.



Obrázek 8 – Graf dvou pohybových cyklů. Nezpracovaná EMG křivka je znázorněna modře, EMG obálka je znázorněna červeně (Špulák, Mikulíková, 2012).

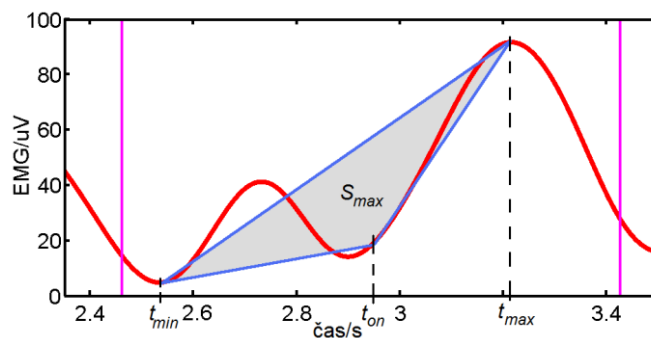
Obálky jednotlivých cyklů byly interpolovány na jednotnou délku procentuálním vyjádřením pracovního cyklu. Pro každý sval byl vytvořen průměr v podobě průměrné obálky. Vyznačili jsme maxima na EMG křivce s průměrnou obálkou. Průměrná obálka vykazovala více lokálních maxim u některých kanálů. V tomto případě jsme uplatnili následující kritéria pro výběr nejvýznamnějších maxim (Merletti a Parker 2004):

- každé maximum dosahuje velikosti alespoň 40% absolutního maxima,
- mezi každými dvěma sousedními maximy musí křivka poklesnout níže, než je polovina velikosti menšího z obou maxim
- pro další zpracování je použito nejvýše čtyř největších maxim splňující předchozí podmínky.



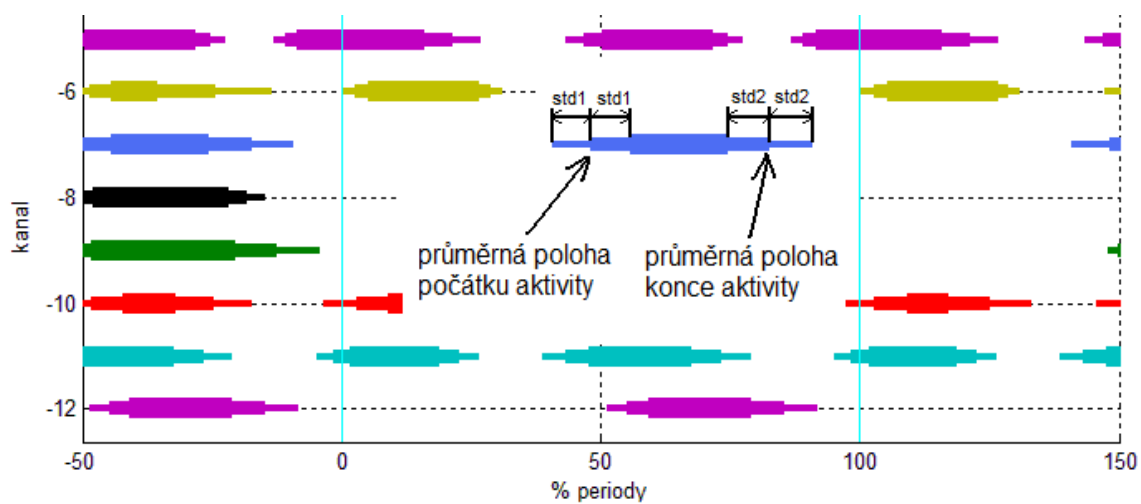
Obrázek 9 – Obálky EMG z jednotlivých pohybových cyklů interpolované na jednotnou délku 0 až 100 % cyklu (Špulák, Mikulíková, 2012)

Počet určených maxim byl určujícím pro počet možných intervalů v každém pohybovém cyklu. Mezi každou dvojicí maxim bylo dále na průměrné EMG křivce vyhledáno lokální minimum. V dalším kroku byla na obálce EMG provedena detekce svalové aktivity, a to opět v jednotlivých pohybových cyklech (nikoliv na průměrné obálce EMG). Během jednoho cyklu jsme určili maximum, které se nacházelo v intervalu +/-10% od polohy maxima průměrné obálky. Tímto způsobem bylo určeno také minimum a následně byl určen bod počátku svalové aktivity trojúhelníkovou metodou.



Obrázek 10 – Trojúhelníková detekce počátku svalové aktivity na obálce EMG (Špulák, Mikulíková, 2012)

Tato metoda spočívá v určení bodu ležícího pod spojnicí bodů minima a maxima, který společně s těmito dvěma body vytváří trojúhelník o největší možné ploše. Podobný postup byl použit při určení konce svalové aktivity, využito však bylo minimum ležící až za maximem. U takto určených bodů (počátku a konce svalové aktivity) byla zaznamenána absolutní poloha i relativní poloha v rámci pohybového cyklu. Pokud jsme na průměrné obálce EMG detekovali více maxim, opakovali jsme tento postup pro další maxima. Následně jsme graficky vyjádřili intervaly aktivit jednotlivých svalů v jednotlivých pohybových cyklech. Dá se říci, že v rámci stanovení prahu rozhodujícího nástupu svalové kontrakce se jedná o progresivní metodu lokalizace zmíněného nástupu (Chrástková et al., 2012).



Obrázek 11 – Způsob grafického znázornění průměrného počátku a konce aktivity a směrodatných odchylek ($std1$, $std2$) obou údajů (Špulák, Mikulíková, 2012)

3.3 Měřené svaly

1. Flexory předloktí
2. Extensory předloktí
3. m.biceps brachii sin., caput longum
4. m.triceps brachii sin., caput longum
5. m.pectoralis major sin.
6. m.infraspinatus sin.
7. m trapezius sin., pars transversa
8. m.latissimus dorsi sin.
9. m.serratus anterior sin.

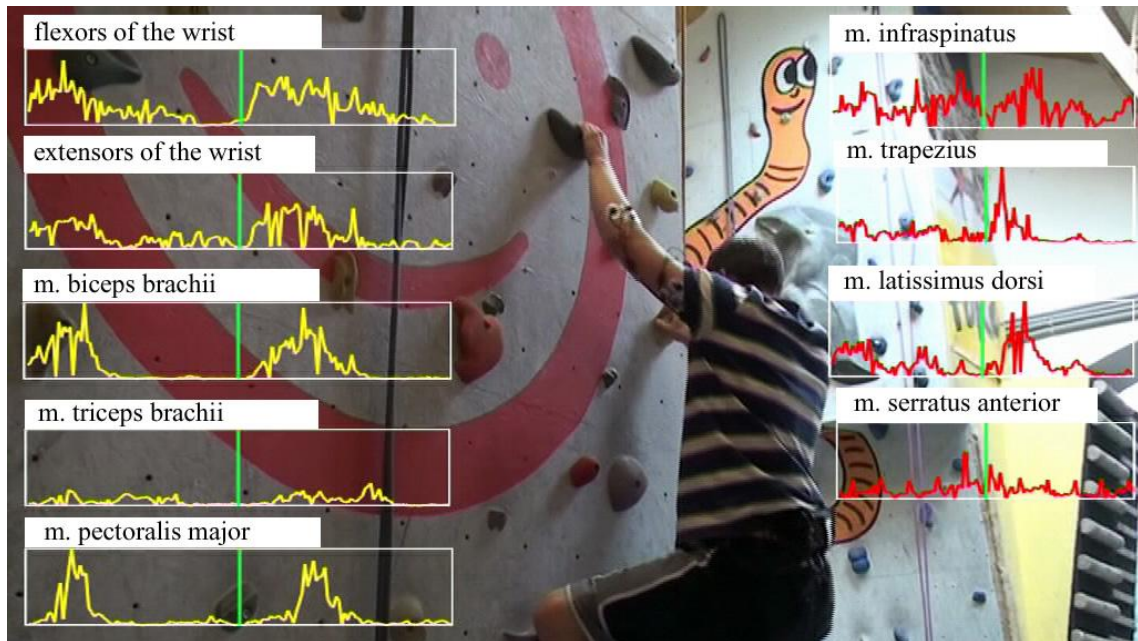
Byla vyloučena lateralita. Sledovali jsme pouze vybrané svaly v levé části horní poloviny trupu. Dolní končetiny nebyly sledovanou proměnnou.

Byly sledovány svaly vykonávající propulzní působení (tedy působení ve směru pohybu). Zapojení svalů bylo záměrně vybráno s vyloučením fáze nároku horní končetiny. Svaly předloktí jsou popsány jako skupiny svalů dorsální a ventrální strany, svaly provádějící flexi a extensi. Zapojení jednotlivých svalů této skupiny není možné z důvodů iradiace EMG signálu z topicko blízko lokalizovaných svalů.

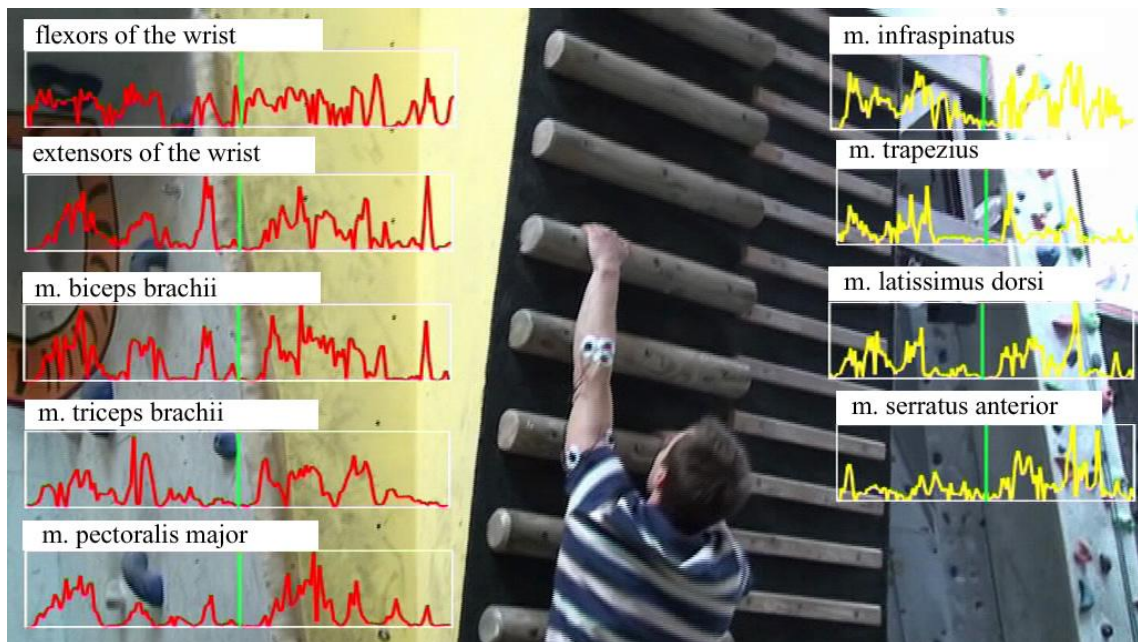
4. Výsledky

Intraindividuální vyhodnocení výsledků referenční TO č.1 druhého sledu, při zvolených pohybech: lezení na kolmé stěně a campusing. Porovnání sedmi fází pohybu.

První fáze

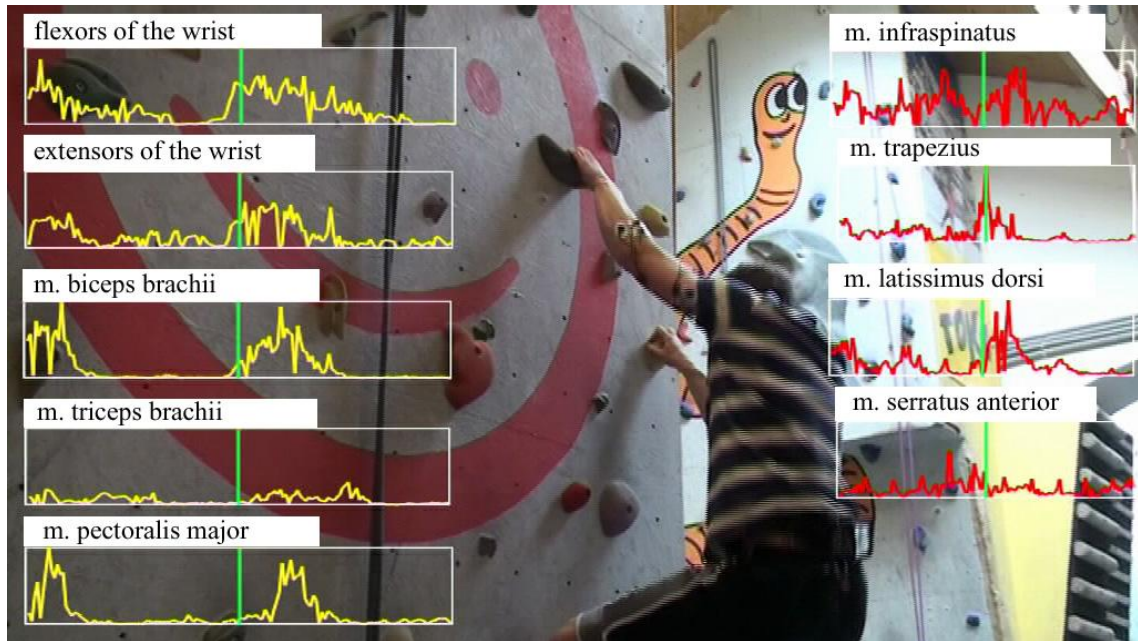


Obrázek 12 – lezení na kolmé stěně

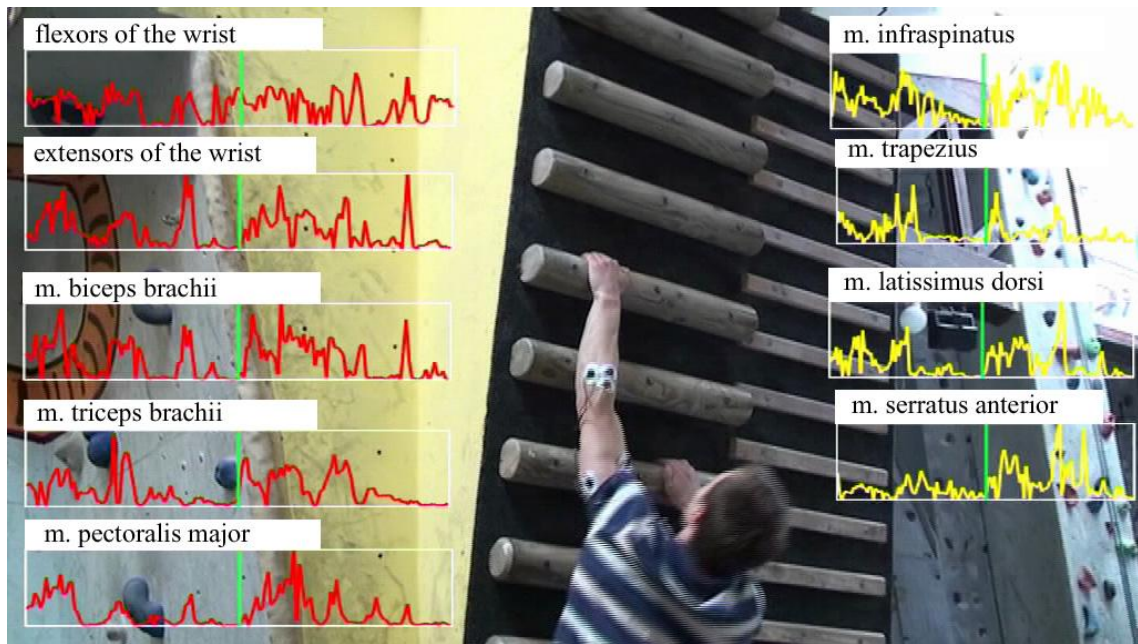


Obrázek 13 – campusing

Druhá fáze

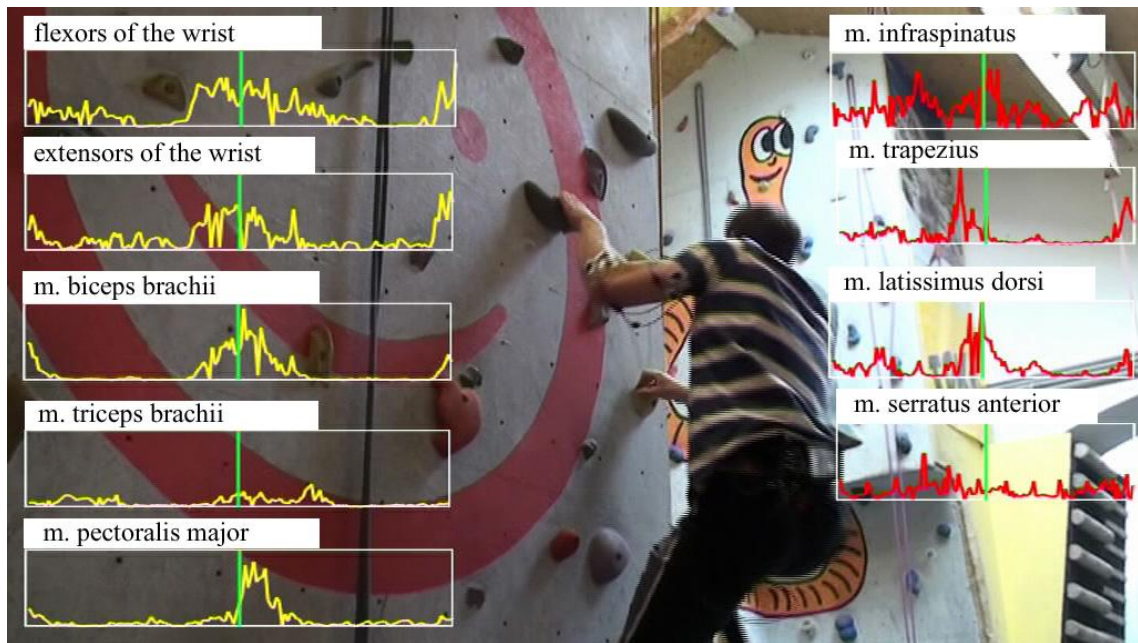


Obrázek 14 – lezení na kolmé stěně

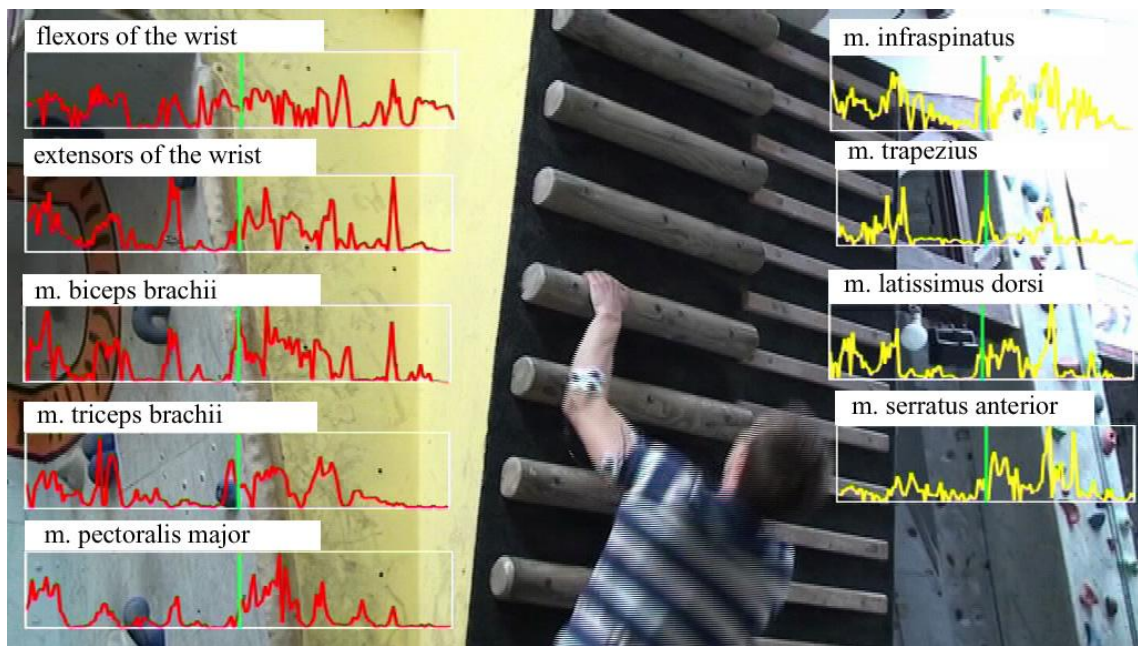


Obrázek 15 – campusing

Třetí fáze

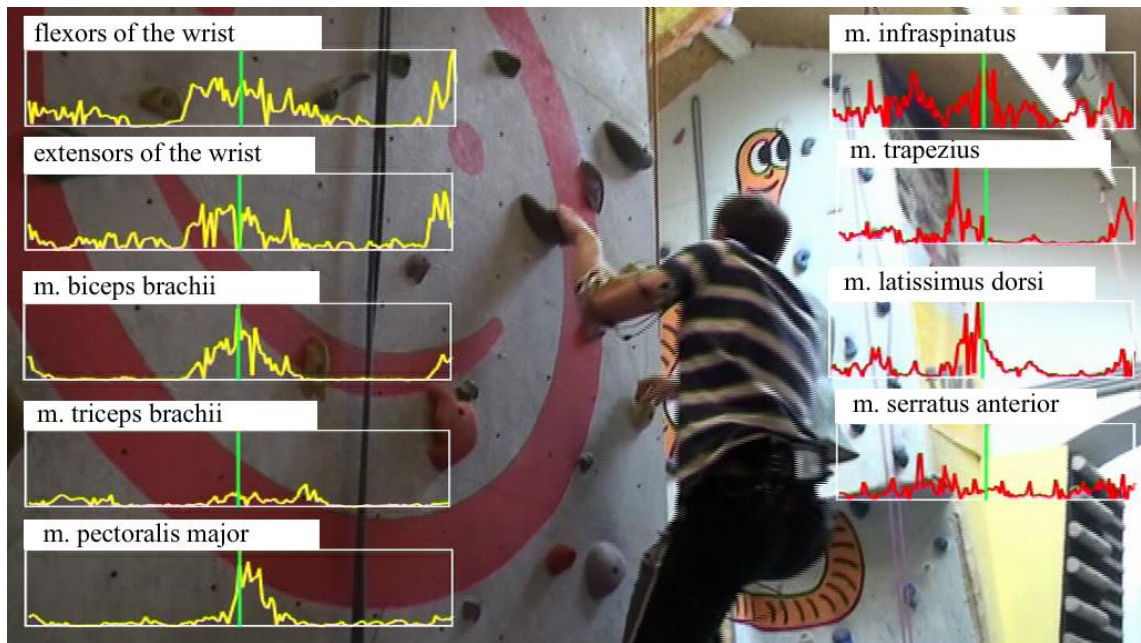


Obrázek 16 – lezení na kolmé stěně

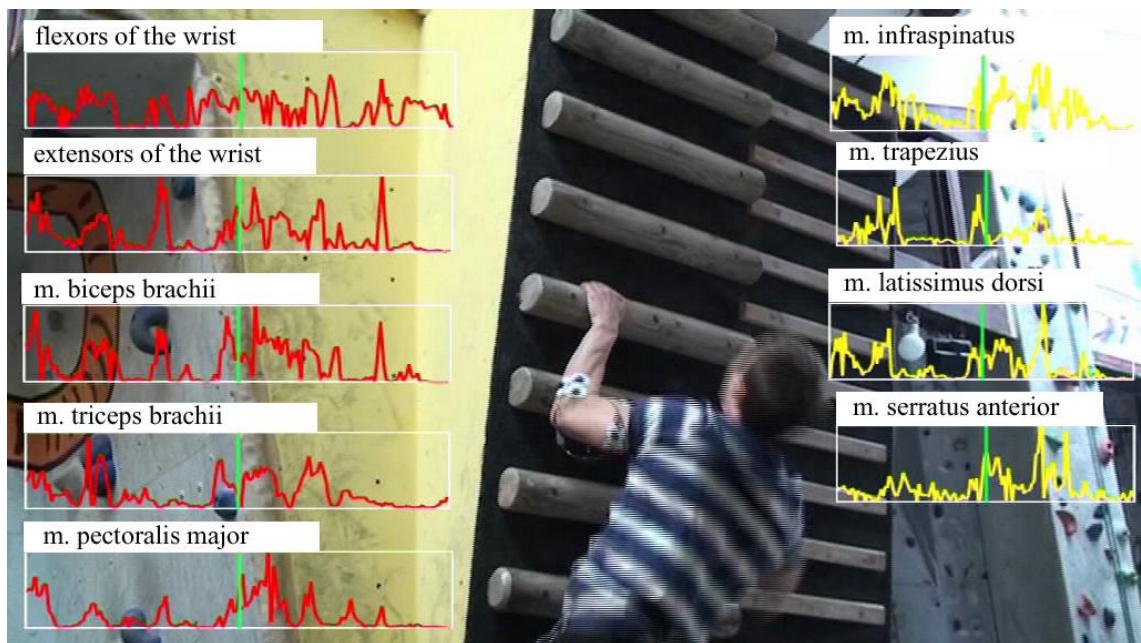


Obrázek 17 – campusing

Čtvrtá fáze

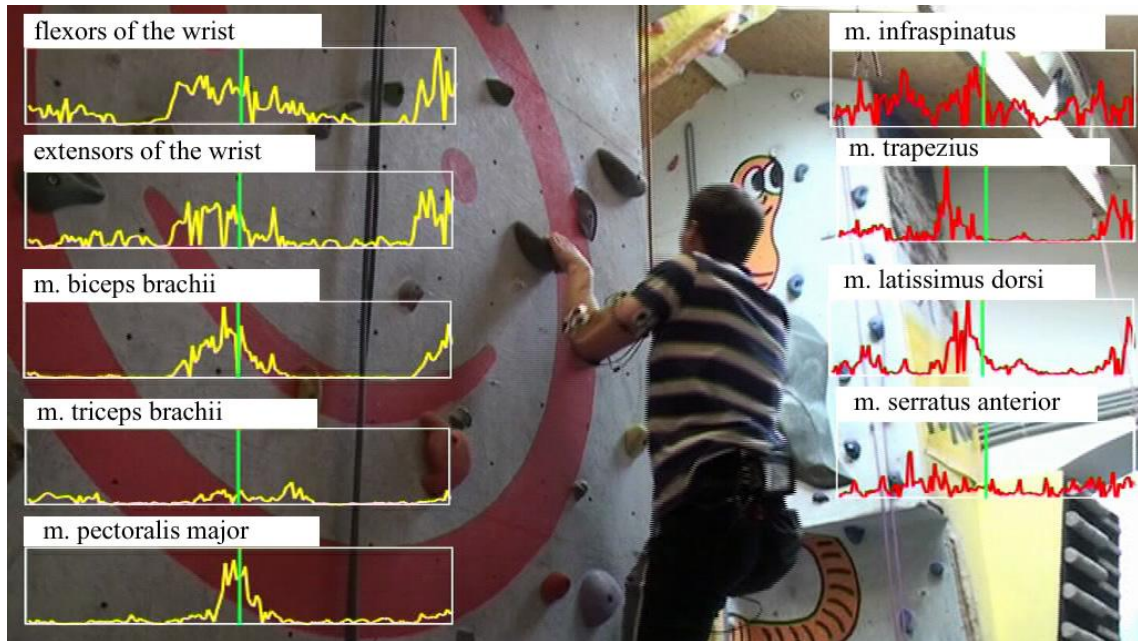


Obrázek 18 – lezení na kolmé stěně

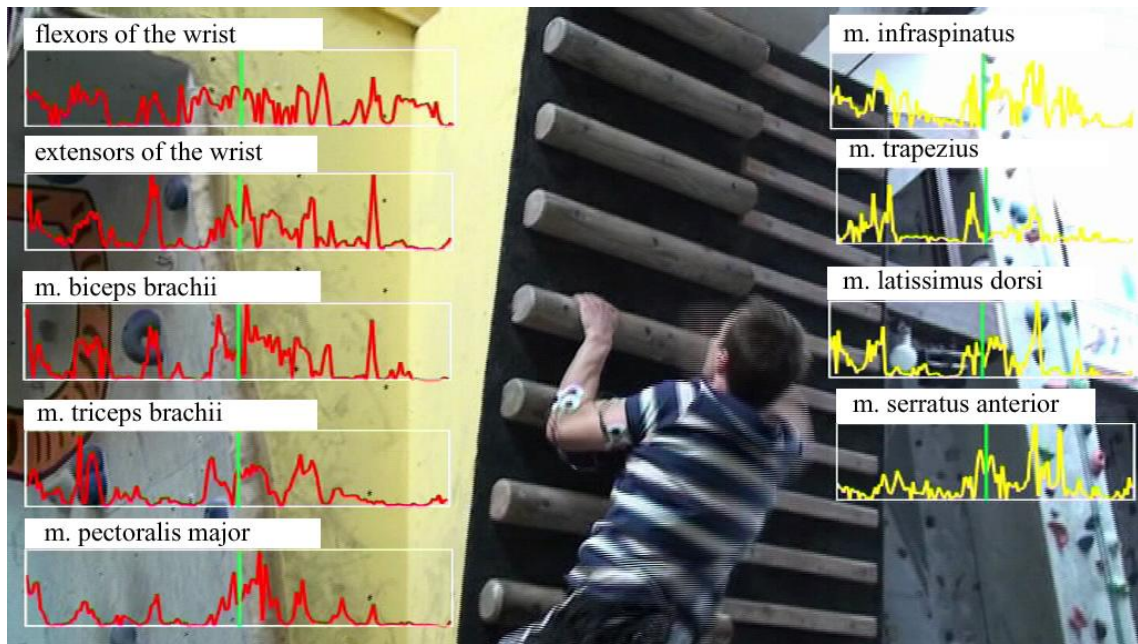


Obrázek 19 – camping

Pátá fáze

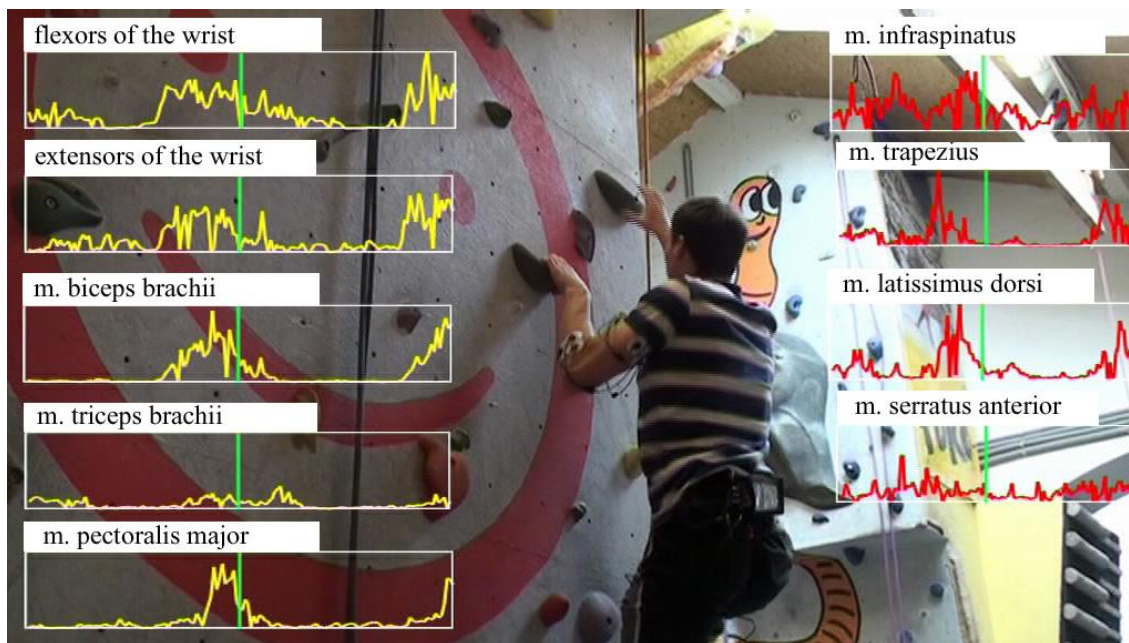


Obrázek 20 – lezení na kolmé stěně

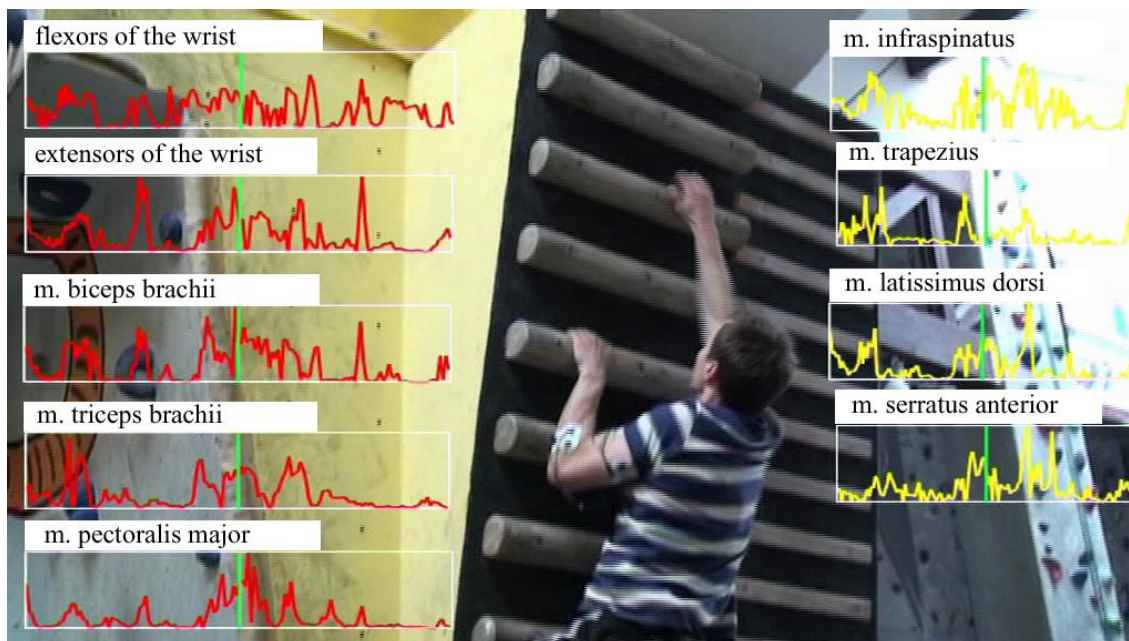


Obrázek 21 – campusing

Šestá fáze

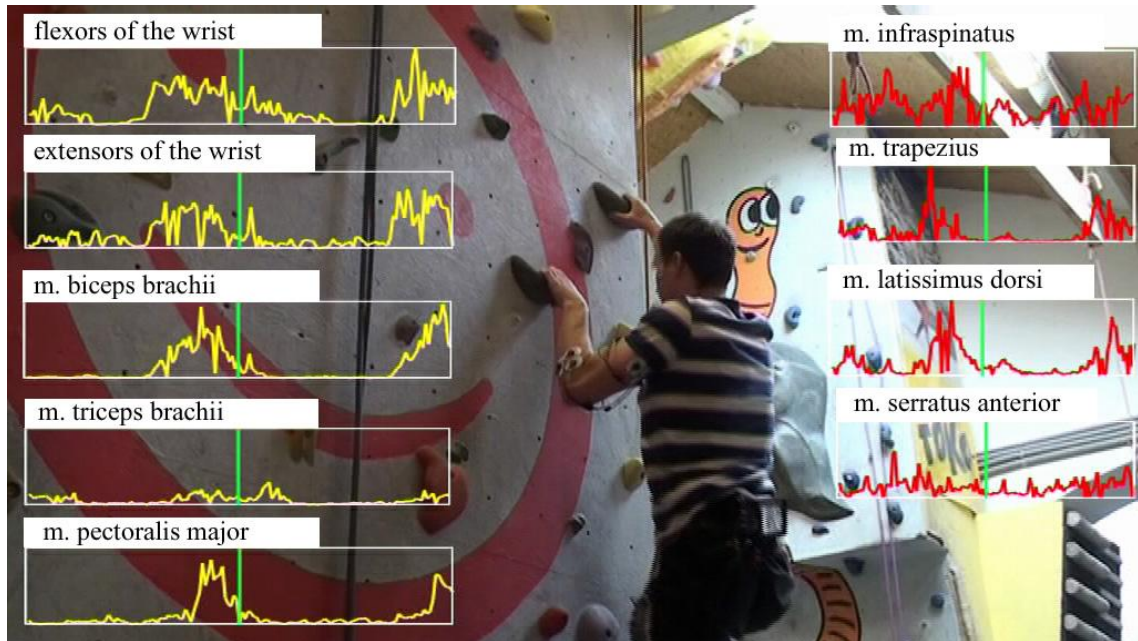


Obrázek 22 – lezení na kolmé stěně

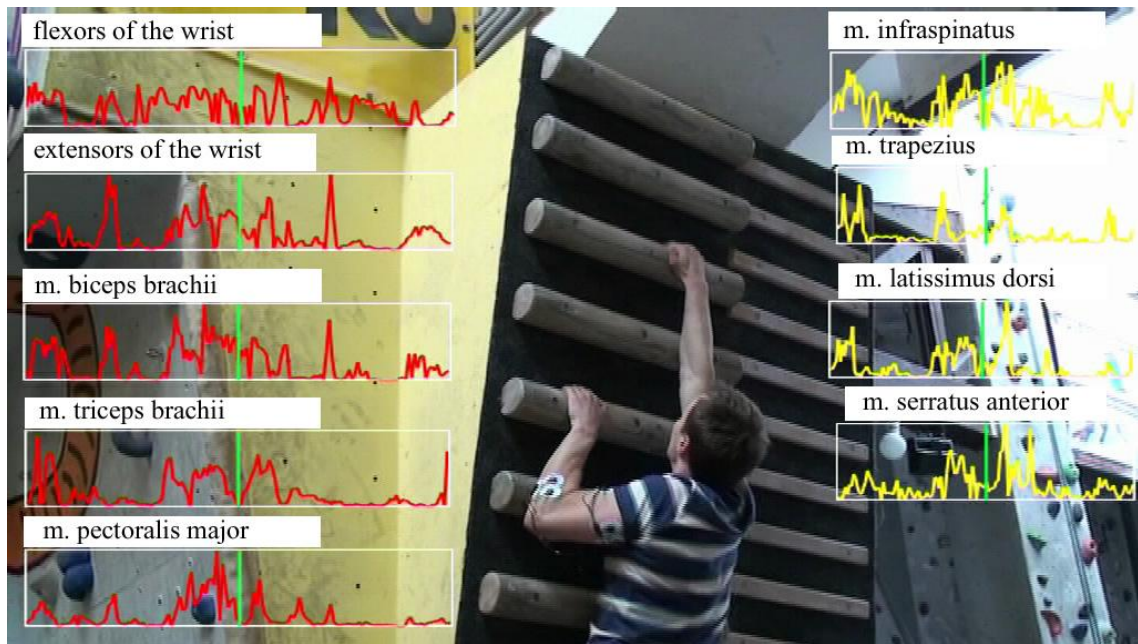


Obrázek 23 – campusing

Sedmá fáze

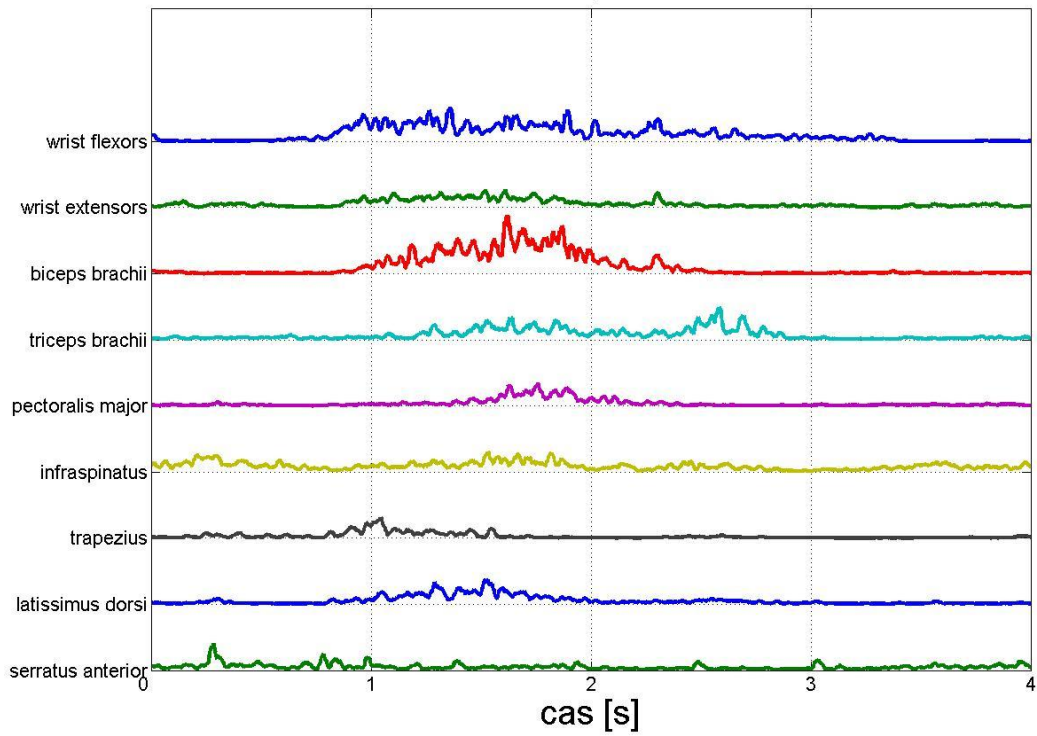


Obrázek 24 – lezení na kolmé stěně



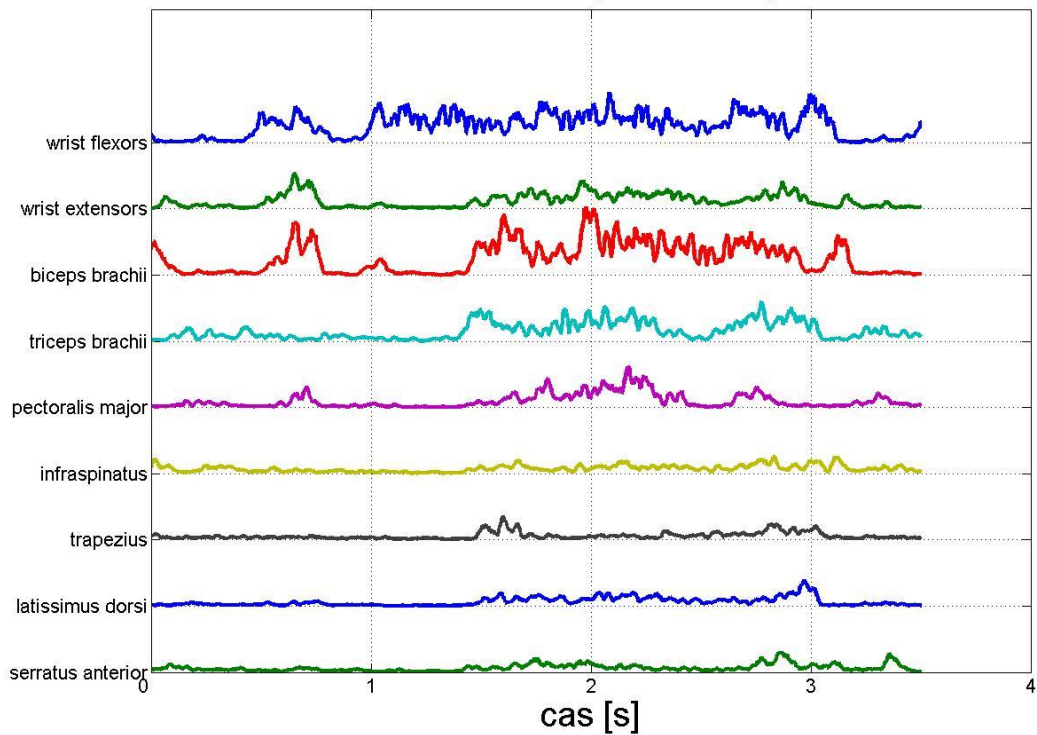
Obrázek 25 – campusing

EMG zaznam vybraného kroku

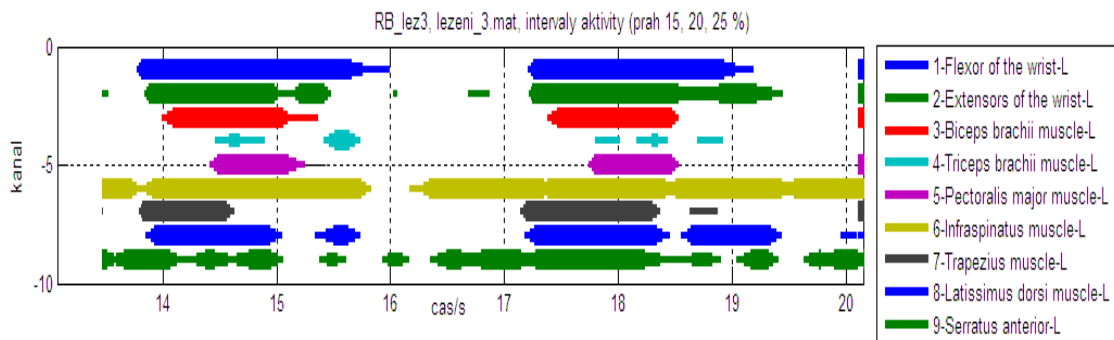


Obrázek 26 – záznam jednoho průměrného kroku na kolmé stěně

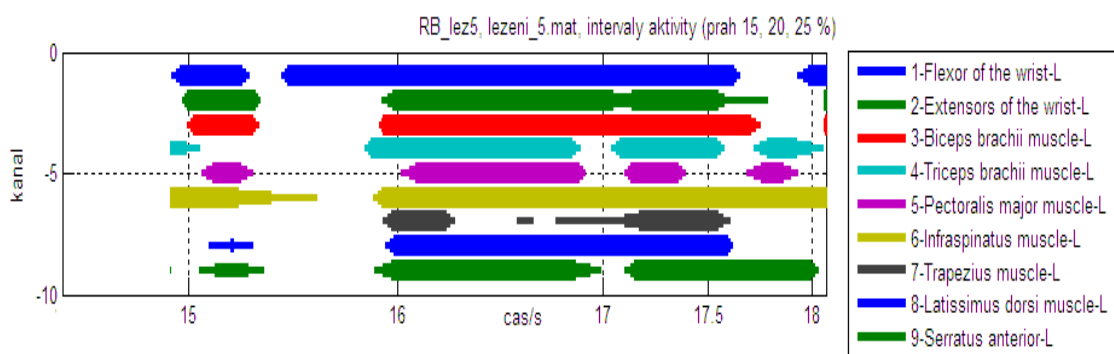
EMG zaznam vybraného cyklu



Obrázek 27 – záznam jednoho průměrného kroku při campusingu



Obrázek 28 – Intervaly aktivit jednotlivých svalů při lezení na kolmé stěně v průběhu průměrného pohybového cyklu (šířka pruhu orientačně ilustruje významnou intenzitu aktivity)



Obrázek 29 – Intervaly aktivit jednotlivých svalů při pohybu na campus boardu v průběhu průměrného pohybového cyklu (šířka pruhu orientačně ilustruje významnou intenzitu aktivity)

Průměrný pohybový cyklus	Lezení na kolmé stěně	Campusing
Průměrná doba trvání pohybového cyklu	3,1 s	1,33 s
Měřené svaly	Procentuální vyjádření zpoždění nástupu svalové aktivace	Procentuální vyjádření zpoždění nástupu svalové aktivace
1 Flexory předloktí	0%	0%
2 Extensory předloktí	3.3%	22.2%
3 m.biceps brachii sin., caput longum	5.0%	22.2%
4 m.triceps brachii sin., caput longum	12.8%	22.2%
5 m.pectoralis major sin.	25.6%	24.1%
6 m.infraspinatus sin.	0%	0%
7 m trapezius sin., pars transversa	3.3%	24.1%
8 m.latissimus dorsi sin.	15.9%	25.9%
9 m.serratus anterior sin.	0%	0%

Tabulka 1 – procentuální vyjádření časového posunu aktivace jednotlivých svalů, během průměrného pohybového cyklu při lezení v kolmé stěně a při campusingu (zpracováno v programu SW Dartfish Pro Suite)

5. Diskuse

V následujícím textu je uvedeno základní srovnání timingu zapojených svalů při dvou záměrných činnostech: lezení na kolmé stěně (základní lezecký pohyb) a campusingu (nejvyšší forma silového tréninku sportovních lezců).

Aktivace

Při campusingu je oproti lezení rychlejší aktivace flexorů předloktí v první fázi, a to v řádech desetin sekundy, vysvětlením je opora o dolní končetiny u lezení. Bezesporu první aktivovanou svalovou skupinou u obou sledovaných pohybů byla skupina flexorů předloktí, následovaná aktivací extensorů předloktí. Aktivaci extensorů při evidentní flexi vysvětlujeme jako součást celkového napětí svalů předloktí při pohybu vzhůru. Následně se aktivuje m. trapezius a m. biceps.

První jmenovaný sval zahajuje pohyb tahem lopatky a její fixací, vytváří tak oporu pro pohyb v ramenním kloubu, jak uvádí Véle (1995), druhý jmenovaný sval se aktivuje jako hlavní flexor loketního kloubu. Aktivita m. bicepsu je znatelná ve fázích 2, 3 a 4, kde dochází k ostření úhlu v lokti až na úhel přes devadesát stupňů, kde práci svalů m. biceps brachii částečně přebírá m. triceps brachii (m. biceps zůstává však stále aktivní, a to zejména u campusingu). Výrazný rozdíl pozorujeme u aktivace dvou svalů, a to m. pectoralis major a m. serratus anterior. M. pectoralis major se během campusingu zapojuje dříve a po větší část pohybu ve fázích 2, 3, 4 a 5, zatímco u lezení je zde ostrá hranice aktivace tohoto svalů, a to ve fázi 3 a poklesem jeho aktivity ve fázi 5. M. serratus se při campusingu aktivuje téměř současně jako m. biceps a jeho aktivita trvá až do fáze 6, při lezení je však jeho aktivita minimální. Tento jev je pravděpodobně důsledkem vyšší námahy v oblasti ramenního kloubu. Téměř totožný průběh během činnosti vykazuje m. infraspinatus, který je u obou pohybů aktivován od první fáze, aby podpořil svou činností zevní rotaci ramene v průběhu pohybu a následně jej ve fázi 5 udržel, zde je jeho aktivace na vrcholu. Podobný průběh při aktivaci má také m. latissimus dorsi. Při campusingu se tento sval aktivuje již mezi první a druhou fází, stejně tak je tomu i u lezení, a zůstává aktivní až do posledních dvou fází.

Souhrn aktivace při campusingu lze tedy zkráceně vyjádřit jako řetězec aktivovaných svalů, a to v následujícím pořadí: flexory předloktí, extensory předloktí, m. trapezius m. biceps brachii caput longum společně s m. serratus anterior společně s m. infraspinatus a m. latissimus dorsi, následně se zapojují m. triceps brachii a posledním zapojeným svalem je m. pectoralis major.

(H1 - Načasování (timing) zapojení svalů při silovém tréninku na campus boardu, bude v porovnání s lezením, v rychlejším časovém sledu za sebou.)

První hypotézu můžeme považovat za platnou. Celkový průběh pohybu při campusingu trvá v průměru třetinu celkového času jednoho kroku při lezení, tedy zapojení svalů proběhne třikrát rychleji. Také nástupy svalové aktivace zejména u svalů musculus pectoralis major a musculus triceps brachii jsou v dřívější fázi pohybu, než je tomu u lezení na kolmé stěně.

(H2 – Obě sledované formy cvičení budou mít stejný charakter ve smyslu pořadí svalové aktivace.)

Druhá hypotéza byla výzkumem vyvrácena. Můžeme ji označit za neplatnou. Obě formy lezeckého pohybu vykazují tvarovou podobnost, ale charakterem se liší. Při porovnání nástupu svalové aktivace jsou to zejména musculus pectoralis major a musculus triceps brachii, které od sebe dva sledované pohyby výrazně odlišují. Dřívější nástup aktivace je u těchto dvou svalů při campusingu zcela evidentní. Statistické zpracování nemohlo být vzhledem k počtu probandů provedeno. Při posouzení timingu jsme vycházeli z věcné významnosti a semiautomatické analýzy jevu. Vysvětlení pro tento jev je takové, že campusing je prováděn bez opory dolních končetin, pohyb tedy vynakládá vyšší nároky na aktivitu svalů horní poloviny těla. Do tohoto pohybu je tedy zapojeno více svalů horní poloviny těla, které mají nejen propulzní, ale také posturální charakter.

6. Závěr

Na základě neinvazního EMG měření v kombinaci s plošnou kinematografickou analýzou záměrného pohybu na campus boardu byl popsán tento pohybový vzor vzhledem k nástupu rozhodující svalové aktivace při pohybu. Pohyb při campusingu je realizován přes ramenní pletenec s výrazným zapojením svalů paží a trupu. Při lezení se většinou lezec pohybuje v tříoporovém, nebo dvouoporovém postavení těla s výrazným zapojením svalů dolních končetin. Při campusingu se lezec pohybuje v dvouoporovém a jednooporovém postavení, používá však pouze horní končetiny. Tento fakt zvyšuje intenzitu cvičení, nároky na aktivitu svalů horní poloviny těla a rychlost provedení.

Všechny stanovené úkoly byly splněny.

Hypotézu (H1) o načasování (timingu) zapojení svalů při silovém tréninku na campus boardu, ve smyslu rychlejší aktivace svalových řetězců, lze potvrdit. V průměru šlo o třikrát rychlejší dobu aktivace, než u lezení na kolmé stěně. Také nástupy svalové aktivace znázorněné na výsledném elektromyogramu ukázaly dřívější aktivaci svalů zejména svalů musculus pectoralis major a musculus triceps brachii.

Hypotézu (H2) o stejnosti charakteru pohybu ve smyslu pořadí svalové aktivace z důvodu podobnosti kineziologického obsahu nelze potvrdit. Lze sice nalézt určitou podobnost u obou pohybových cyklů, avšak pořadí nástupu svalové aktivace je odlišné.

Campusing je využíván velmi úzkou skupinou lezců. Lezení je sport, který je velmi individuální a trénink jednotlivých lezců je rozdělen podle zaměření na určitou lezeckou disciplínu. Je potvrzeno, že campusing pomáhá těm nejlepším ve speciálním období v přípravě před světovým pohárem, případně před zdoláním těžkých cest.

Laboratorní výzkum tohoto prostředku je ojedinělý a prostor pro realizaci dalšího výzkumu je zřejmý, a to zejména v oblasti porovnání jednotlivých cvičení při campusingu. Test svalové síly může být použit při porovnání intenzity jednotlivých cvičení a porovnání jejich charakteru. Také přesnější objasnění nejčastějších zranění při campusingu je možným cílem dalších studií, které budou přínosné nejen pro teorii, ale také pro praxi. Projekt DP je možno chápat jako pilotní, provedený především na pohybovém projevu mistra světa v lezení na rychlost. Design tak vytváří východisko ke zkoumání dostatečně početných souborů.

7. Seznam použité literatury:

- AMENT, P. *John Gill master of rock*. Mechanicsburg: Stackpole Books, 1998
- BARTUŇKOVÁ, S. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2006
- CLANCY, E.A., FARINA, D., FILLIGOI, G. *Single channel techniques for informatik extraction from the surface emg signal*. In *Electromyography: Physiology, Engineering and non-invasive applications*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004
- ČIHÁK, R. *Anatomie I*. Praha: Grada, 2001
- DAY, S. *Importaqnt factors in Surface EMG Meausrement* [online]. 2002, [cit. 2012-20-10]. Dostupné z:
[http://edge.rit.edu/content/P08027/public/IRB/Papers/intro_EMG .pdf](http://edge.rit.edu/content/P08027/public/IRB/Papers/intro_EMG.pdf).
- DELUCA, C.J., The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 1997, č. 13, s. 135-163.
- DIEŠKA, I., ŠIRL, V., *Horolezectví zblízka*. Praha: Olympia, 1984
- DOVALIL, J. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2005
- ENOKA, R.M., *Neuromechanics of Human Movement*. Leeds: Human Kinetics, 2008
- GODDARD, D., NEUMANN, U. *Performance rock climbing*. Mechanicsburg: Stackpole Books, 1993
- GRANT, S., HYNES, V., WHITTAKER, A., Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *Journal of Sports Sciences.*, 1996, č. 14, s. 301–309.
- HAGG, G.M., MELIN, B., KADEFORS, R. *Applications in Ergonomy*. In *Electromyography: Physiology, Engineering and non-invasive applications*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004
- HAMILL, J., KNUTZEN K. M., *Biomechanical Basis of Human Movement*. Baltimore: The Point, 2009
- HAVLÍČKOVÁ, L. a kolektiv. *Fyziologie zátěže I. obecná část*. Praha: Karolinum, 2008
- HEPP, T., MAILANDER, L. *Wolfgang Gullich: Life in the Vetical*. Birmingham: Menasha Ridge Press, 1995
- HOJKA, V., VYSTRČILOVÁ, M., KRAČMAR, B. Metodika zpracování a vyhodnocení EMG. *Česká kinantropologie*, 2010, roč. 14, č. 1, s. 19-28.

- HÖRST, J., E. *Training for Climbing*. Guilford: Falcon Guides, 2003
- HUG, F. Can muscle coordination be precisely studied by surface electromyography ?
Journal of Electromyography and Kinesiology, 2011, č. 21, s. 1-12.
- CHRÁSTKOVÁ, M., BAČÁKOVÁ, R., ŠPULÁK, D., BRYCHTA, P., KRAČMAR, B., Kineziologická komparace volné bipedální chůze naboso a v plně tlumených botách. In: *Sborník příspěvků ze studentské konference Stárnutí 2012 konané 26. – 27. 10. 2012*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 3. Lékařská fakulta, 2012
- KELLER, O. *Elektromyografie*. Praha: Triton, 1998
- KELLER, O. *Elektromyografie: Možnosti jehlové elektromyografie v diagnostice nervosvalových onemocnění*. Praha: Triton, 1998
- KELLER, O. *Obecná elektromyografie: Fyziologické základy a elektrofyziologická vyšetření*. Praha: Triton, 1999
- KONRAD, P. *The ABC of EMG – A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography*. [online]. 2005, [cit. 2012-13-9]. Dostupné z: <http://www.demotu.org/aulas/control/ABCofEMG.pdf>
- KOUKOUBIS, T.D., COOPER, L.W., GLISSON, R.R., *An electromyographic study of arm muscles during climbing*. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 1995, č. 3, s. 121–124.
- KUŽELKA, M. *Svalová činnost při záměrné lezecké činnosti*. Praha, 2006. 60s. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí diplomové práce Bronislav Kračmar
- LONG, J. *How to Rock Climb*. Guilford: Moris Book Publishing, 2004
- MACINTOSH, B.R., GARDINER, F.G., MCCOMAS, A.J., *Skeletal Muscle Form and Function*. Leeds: Human Kinetics. 2006
- MASUDA, T., SADOYAMA, T. *Distribution of innervation zones in the human biceps brachii*. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 1991, č. 1, s. 107-115.
- McARDLE, W.D., KATCH, F.I., KATCH, V.L. *Excercise physiology : energy, nutrition, and human performance*. Maryland: the Point, 2007
- Megawin software. *ME6000 Device Manual* [CD]. Finland : Megawin Electronics Ltd., 2004
- MELICHNA, J. *Fyziologie tělesné zátěže*. Praha: Karolinum, 1995
- MELOUN, M. MILITKÝ, J. *Kompendum statistického zpracování dat*. Praha: Academia, 2002

- MERLETTI, R. *Standards for Reporting EMG Data*. [online]. 1999, [cit. 2012-27-11]. Dostupné z : people.stfx.ca/smackenz/Courses/HK474/Labs/EMG%20Lab/isek_emg-standards.pdf
- MERLETTI, R., PARKER, P. *Electromyography – Physiology, Engineering, and Noninvasive Applications*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004
- MERMIER, C.M., ROBERGS, R.A., MCMINN, S.M. Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *British Journal of Sports Medicine*, 1997, č. 31, s. 224–228.
- MOFFATT, J., GRIMES, N. *Revelations*. Sheffield: Vertebrate Publishing, 2009
- O'CONNEL, N. *Mimo nebezpečí*. Vsetín: Trango, 1997
- PAVELKA, R. *Kineziologická analýza úderu horní končetinou ve sportovním karate*. Praha, 2011. 103s. Disertační práce na UK FTVS. Vedoucí disertační práce Bronislav Kračmar
- PROCHÁZKA, V. *Českému horolezectví je 111 let* [online]. 2007, [cit. 2011-09-06]. Dostupné z : <http://www.horosvaz.cz/res/data/047/005415.pdf>
- REAZ, M.B.I., HUSSAIN, M.S., MOHD-YASIN, F. Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biol. Proced. Online*, 2006, roč. 8. č.1, s. 11-35.
- REYNOLDS SAGAR, H. *Climbing your best: training to maximize your performance*. Mechanicsburg: Stackpole Books, 2001
- RICHARDSON, A. *Rock Climbing for Instructors*. Wiltshire: The Crowood Press, 2007
- ROKYTA, R. *Fyziologie*. Praha: ISV, 2000
- SCHMIDT, R.F. *Memorix. Fyziologie*. Praha: Scientica Medica, 1993
- SCHWEIZER, A. Biomechanical properties of the crimp grip position in rock climbers. *Journal of Biomechanics*, 2001, č. 34, s. 217–223.
- SIFF, M.C. *Supertraining*. Denver: SI, 2004
- SODERBERG, G. L; KNUTSON, L. M. *A guide for use and interpretation of Kinesiologic electromyographic data*. Springfield: Physical Therapy, 2000
- STOPPANI, J. *Velká kniha posilování*. Praha: Grada Publishing, 2006
- STRÁNSKÝ, J. *Od zakladatelů po současnost*. [online]. 2004, [cit. 2012-20-11]. Dostupné z : <http://www.lkp.cz/archiv/lkpmain.php?ID=7&GRP=LKP-historie.php>

- SVATOŠ, J. *Biologické signály I. Geneze, zpracování a analýza*. Praha: ČVUT, 1998
- ŠIMÁČEK, R. *Hodnocení efektivity rozvoje silových schopností bikera s využitím elektromyografie*. Brno, 2010. Diplomová práce na MU-FSS. Vedoucí diplomové práce Martin Zvonář
- ŠPULÁK, D., MIKULÍKOVÁ, P.: Segmentation of Electromyographic Signal During Periodic Movement. 16th International Student Conference on Electrical Engineering POSTER 2012. Praha, 2012.
- TEFELNER, R. *Trénink sportovního lezce*. Brno: Datis, 1999
- TROJAN, S. a kolektiv. *Lékařská Fyziologie*. Praha: Grada, 2007
- VÉLE, F. *Kineziologie posturálního systému*. Praha: Karolinum, 1995
- VÉLE, F. *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing, 1997
- WATTS, P.B., MARTIN, D.T., DURTSCHI, S. Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *Journal of Sports Sciences*, 1993, č. 11, s. 113–117.
- WATTS, P.B., NEWBURY, V., SULENTIC, J. Acute changes in handgrip strength, endurance, and blood lactate with sustained sport rock climbing. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 1996, č. 36, s. 255–260.
- WATTS, P.B., JENSEN, R.L., MOSS, D.M., WAGONSOMER, J.A. Finger strength does not decrease with rock climbing to the point of silure. *Medicine and Science in Sports Exercise Journal*, 2003, č. 35, s. 264.
- WERNER, I., GEBERT, W. *Blood lactate responses to competitive climbing*. In MESSENGER, N., PATTERSON, W., BROOK, D. *The science of climbing and mountaineering*, chapter 3 (CD-ROM). Human Kinetics Software, 2000, Champaign, Ill.
- WINDHORST, U., JOHANSSON, H. *Modern techniques in neuroscience research*. Berlin: Springer, 1999
- WINTER, S. *Sportovní lezení*. České Budějovice: KOPP, 2004
- ZAK, H. *Rock Stars*. Mnichov: Trango, 1995
- ZAPF, J., FICHTL, B., WIELGOSS, S. Macronutrient intake and eating habits of elite rock climbers. *Medicine and Science in Sports and Exercise Journal*, 2001, č. 33(5), s. 72.
- ZATSIORSKY, V. M., KRAEMER, W. J. *Science and Practise of Strength Training*. Champaign: Human Kinetics, 2006

8. Přílohy

Příloha 1. Žádost o vyjádření etické komise



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín
tel.: 220 171 111
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, diplomové práce, zahrnující lidské účastníky

Název: Analýza silového tréninku sportovních lezců - camping

Forma projektu: diplomová práce

Autor: Jiří Malý

Školitel: Doc. PaedDr. Bronislav Kračmar, CSc.

Popis projektu: Diplomová práce bude zaměřena na charakteristiku zapojování svalových řetězců oblasti horní poloviny těla při tréninku na campus boardu (lišťové desce), který je v současné době alfa a omega tréninku maximální síly sportovních lezců. Data získáme pomocí neinvazivního EMG měření v kombinaci s plošnou kinematografickou analýzou pomocí synchronizovaného videozáznamu.
k Zajištění bezpečnosti – "Nebudou použity žádné invazivní metody", k Etickým aspektům - "Výsledky ani osobní data nebudou zneužita".
Informovaný souhlas je přiložen

V Praze dne 21.3.2011

Podpis autora:

Vyjádření etické komise UK FTVS

Složení komise: Doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc.
Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.
Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.
Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 0100/2011
dne: 28.3.2011

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

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

razítko školy

.....
podpis předsedy EK

Příloha 2.

Informovaný souhlas s účastí na výzkumu na UK FTVS

Popis výzkumu:

Název: **Analýza silového tréninku**

Ve výzkumu nebudou použity žádné invazivní metody, tento typ výzkumu neobsahuje zvláštní etické aspekty.

Bude se jednat o experimentální studii, která se skládá ze dvou částí.

Realizace výzkumu.

Výzkum bude probíhat v lezeckém centru Mamut. Lezecká lokomoce bude měřena pomocí EMG přístroje. Použity budou neinvazivní povrchové elektrody.

Test č. 1

Měření EMG při záměrné činnosti – lezení na kolmé stěně.

Rozcvičení

Individuální o délce 30 minut.

Test č. 2

Měření EMG při záměrné činnosti – campusing

Bude měřen základní tréninkový pohyb na campus boardu.

Rozcvičení

Individuální o délce 30 minut.

Metoda odpočinku

Zajištěná pauza mezi cvičeními v délce 3 – 5 minut.

Pan(i).....níže podepsaný(á), narozen(á).....po přečtení popisu experimentu souhlasí s účastí na výzkumném projektu „**Analýza silového tréninku**“, prováděném v rámci UK FTVS. V jeho průběhu mohu kdykoliv opustit tento projekt. Svým podpisem stvrzuji, že jsem byl(a) informován(a) o způsobu postupu měření (viz výše), včetně následného anonymního použití dat.

Testující: Jiří Malý

Testovaný:

.....
.....

V Praze dne.....