

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu



Analýza hodu míčem v americkém fotbale pomocí povrchové
elektromyografie

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Doc. PhDr. Vladimír Süß, Ph.D.

Zpracoval:

Ladislav Jenšík

Odborný konzultant:

Doc. PaedDr. Bronislav Kračmar, CSc

Praha 2009

Abstrakt:

- **Název práce:** Analýza hodů míčem v americkém fotbale pomocí povrchové elektromyografie
- **Cíle práce:** Popsat a vyhodnotit zapojení vybraných svalů do pohybu při hodě míčem, srovnat dva druhy přihrávky a zhodnotit jejich využití.
- **Metoda:** Povrchové EMG měření v kombinaci s jednoduchou kinematografickou analýzou pomocí synchronizovaného videozáznamu.
- **Výsledky:** Přihrávka s výkrokem je vhodnější pro rychlejší nebo delší dosažení cíle. Přihrávka bez výkroku je vhodnější pro labilnější situace ve hře a nepotřebuje větší kooperaci svalů k dosažení cíle.
- **Klíčová slova:** americký fotbal, play-action pass, drop back pass, elektromyografická analýza, kinematická analýza

Abstract:

- **Title:** Analysis of throwing a football in American football by means of the surface electromyography.
- **Purposes:** Describing and evaluating selected muscles integration structure during throwing a football movement and making a comparison of two kinds passes and valorize their usage.
- **Methods:** Surface electromyography (SEMG) measure in combination with usage of simple kinematics analysis.
- **Results:** Drop back pass is better for a faster or longer delivery football on target. Play-action pass is more suitable for non-stable situations in a game and does not need to cooperation of muscles to reach a target.
- **Key words:** american football, play-action pass, drop back pass, surface electromyography, kinematics analysis

Touto cestou bych chtěl poděkovat všem, kteří mi s prací pomohli, zejména Doc. PhDr. Vladimíru Süssovi, Ph.D., dále Doc. PaedDr. Bronislavu Kračmarovi, CSc.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem použil pouze literaturu uvedenou v seznamu bibliografické citace. _____

Svoluji k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům.

Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů, kteří musí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno a příjmení: Číslo obč. průkazu: Datum vypůjčení: Poznámka:

Obsah

Abstrakt:	1
Abstract:	2
1. Úvod	8
2. Charakteristika amerického fotbalu	9
2.1 Historie amerického fotbalu	10
2.2 Historie amerického fotbalu v České republice	11
3. Teoretická východiska.....	14
3.1 Uvedení do problému	14
3.2 Jednotlivá kloubní spojení v ramenním pletenci.....	16
4. Kineziologie	17
4.1 Postura a atituda	18
4.2 Stabilizace	19
4.3 Řízení pohybů	20
4.3.1 Řízení hybného systému.....	21
4.3.2 Hybné stereotypy.....	23
4.4 Svalové smyčky a řetězce	25
4.4.1 Svalové řetězce v oblasti pletence ramenního podle Véleho	27
4.4.2 Svalové řetězce v oblasti pletence ramenního podle Javůrka	28
4.4.3 Fyziologie svalu	28
5. Technika	30
5.1 Držení míče	30
5.2 Technika přihrávky obecně	31
5.3 Druhy přihrávky	32
6. Cíle a úkoly práce.....	33
7. Metodika práce.....	34
7.1 Obecná charakteristika výzkumu	34
7.2 Charakteristika sledovaného souboru.....	34
7.3 Charakteristika použitých metod.....	34
7.3.1 Povrchová elektromyografie	34
7.3.2 Metodologická poznámka	37
7.3.3 Popis místa měření a použitého vybavení	38
8. Sledované svaly.....	40
8.1 Stanovení významných začátků a ukončení aktivace svalů	47
9. Výsledková část.....	48
9.1 Drop back pass / Přihrávka s výkrokem.....	48
9.1.1 Popis intenzity EMG	50

9.1.2 Diskuse	52
9.2 Play-action pass / Přihrávka bez výkroku	53
9.2.1 Popis intenzity EMG	55
9.2.2 Diskuse	57
9.3 Srovnání drop back pass a play action pass	58
9.3.1 Diskuse	59
10. Závěr.....	60
11. Literatura	61

1. Úvod

Americký fotbal je u nás sice jeden z nejmladších míčových sportů vůbec, avšak ve Spojených státech amerických má již více než stoletou tradici. S tímto sportem jsem se setkával od raného dětství a vždy jsem si kladl otázku, jaký je to zajímavý sport, který se na první pohled tak podobá rugby. Osobně jsem se s tímto sportem setkal v patnácti letech na náboru nových hráčů ještě netušíc, že tento sport bude jednou tak ovlivňovat můj život.

Díky fotbalu jsem navštívil mnoho zemí i kontinentů a začal se zajímat nejen o sport jako takový, ale i jeho složky, jako jsou fyzická nebo technická příprava. Z tohoto důvodu jsem se také rozhodl ke studiu na FTVS, která mi pomohla ke zdokonalení v dosavadní kariéře jako hráče i trenéra. Diplomová práce a následující doktorantské studium ve spojitosti s americkým fotbalem u mě jistě není překvapením. V současné době trénuji mládež týmu Prague Lions pod odborným vedením Bc. Martina Kociana a sám jsem profesionálním hráčem v klubu Berlin Adlers a účastním se národních soutěží.

Je pro mě s podivem, že v době, kdy se snažíme o důkladnou koncepci tréninku a využití pomůcek i informací z jiných sportů, opomíjíme v české odborné literatuře sport jako je americký fotbal. Právě proto bych rád podrobněji zkoumal zapojení vybraných svalů při specifických hodech ve fotbale pomocí povrchové elektromyografie. Určím míru a pořadí zapojení vybraných svalů a následně porovnam naměřené hodnoty se specifickými posilovacími cvičeními a zjistím tak jejich vhodnost či nevhodnost. Doufám, že tyto výsledky práce neskončí pouze v této diplomové práci a budou využívány v přípravě trenéry i hráči.

2. Charakteristika amerického fotbalu

Americký fotbal patří v USA mezi nejmasovější sporty a jeho obměny nebo přípravné formy jako je například Flag football najdeme už u dětí předškolního věku. Na středních školách a univerzitách je americký fotbal sport číslo jedna, který napomáhá studentům k získání stipendií či samotného vzdělání. Vysoká sledovanost a oblíbenost tohoto sportu vede k obrovským finančním tokům mezi širokou veřejností a školním systémem.

Domnívám se, že právě zde je hlavní problém, proč je tento sport v porovnání s USA v Evropě tak málo rozšířený. Finanční podmínky nejsou optimální pro růst malých klubů a pěstování mladých talentů. Na univerzitách je americký fotbal rozdělen do tří divizí a několik desítek podskupin. Profesionální soutěž National Football League tvoří 32 týmů, které se snaží probojovat do finále Superbowlu. V Evropě existuje profesionální National Football League Europe, která musela bohužel po nedávné celosvětové finanční krizi ukončit své působení. Tato situace vedla k odchodu mnoha profesionálních hráčů do poloprofesionální nejvyšší německé soutěže German Football League. Americký fotbal bohužel nenajdeme v programu letních Olympijských her, každé dva roky se ale hraje Světový pohár, kterého se účastní Japonsko, Mexiko, Nový Zéland a výběr z Evropy.

Mistrovství Evropy se pořádá každé čtyři roky, kde jsou země rozděleny do tří kategorií podle výsledků z předchozích mistrovství. Skupinu A tvoří Německo, Švédsko, Holandsko, Francie, Finsko, Velká Británie. Skupinu B se skládá z Rakouska, České republiky, Ruska, Itálie, Dánska a Španělska. Do skupiny C spadá Švýcarsko, Maďarsko, Polsko a Chorvatsko. Další odnože amerického fotbalu najdeme v Americe jako je Arena Football a v Kanadě jako je Canadian Football League. Soutěže se liší v rozměrech hřiště, počtu hráčů a některých pravidlech, ale z převážné části vycházejí z amerického fotbalu. V Evropě existuje také neprofesionální soutěž žen.

2.1 Historie amerického fotbalu

V USA se hrálo poprvé r. 1609 v kolonii Virginia. V roce 1820 studenti z univerzity v New Jersey (nyní Princeton) hráli hru podobnou socceru, tzv. ballown (něco jako vlastní míč). Hráli tak, že míč posouvali díky úderům pěstí. V roce 1869 se už tato hra hrála mezi různými univerzitami a spíše připomínala soccer než dnešní americký fotbal.

Harvard uznával jiná, spíše vlastní pravidla. V roce 1874 se střetl v Kanadě s McGill Univerzitou. Hrálo se jakoby podle pravidel rugby, ale upravené Kanadany. V roce 1875 se Harvard střetl s odvěkým rivalem univerzitou Yale, hrálo se podle jakoby kanadských pravidel, pozměněnými Harvardem.

O rok později přijaly Harvard, Yale a Columbia nabídku Princetonu a přijely do Springfieldu a Massachusetts, kde se zúčastnily debaty. Výsledkem byla nová fotbalová pravidla a také Meziuniverzitní fotbalová asociace. Převažovala harvardská pravidla, která byla podobná ragbyovým, inkorporována byla také některá soccer pravidla. Hra se stala populární a pravidla se pořád měnila. V roce 1894 byla tato asociace rozpuštěna a ve stejném roce byla přijata pravidla absolventa Yalu Waltera Chancueyho Campa, která kombinovala různá pravidla z univerzit z východu USA. V roce 1895 se hrála první profesionální hra.

Jedním z průkopníků amerického fotbalu byl, který vymyslel tzv. forward pass, tzv. přihrávku dopředu. Později se z něj stal legendární trenér.

Historikové se shodují, že první organizovaný zápas se hrál r. 1869, kdy proti sobě stály týmy Rutgers a Princetonu. Každý tým hrál ze začátku s 25 hráči. Od r. 1873 se hrálo s 20 hráči a od r. 1876 s 15 hráči. V roce 1880 výše zmíněný trenér Yalu Walter Camp zredukoval jejich počet na stávajících 11, také vytvořil pozici quarterback a systém downu.

Počátkem roku 1900 byl univerzitní fotbal v porovnání s profesionálním americkým fotbalem velice populární. Univerzitní fotbal byl velice tvrdý a ničím neobvyklým nebyla ani častá zranění či dokonce úmrtí. Učitelé dokonce zvažovali jeho zákaz i přes nespornou popularitu. Sám prezident Theodor Roosevelt, který byl velký příznivec a obhájce této hry, deklaroval, že tento druh sportu se musí stát bezpečnějším. Fotbalové authority pak hru částečně změnilly a mnohé z tvrdých taktik byly postaveny mimo pravidla.

(http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_American_football [14. 6. 2009])

2.2 Historie amerického fotbalu v České republice

Podnětem byl exhibiční zápas 10. listopadu 1990 mezi německými týmy Noris Rams a Bamberg Bears. Na tento zápas se byl podívat i Martin Vobořil a jeho prvotní aktivita způsobila, že se dnes můžeme těšit z tohoto krásného sportu. Vobořil uspořádal první nábor hráčů a vznikl vůbec první tým Prague Lions. Hráči trénovali na Letenské pláni bez výstrojí, zázemí a zkušeností, ale zato s nebývalým nadšením a elánem v počtu 100 až 150 hráčů. Prvním zlomem v této době byla účast některých hráčů na stáži v Norimberku u již zmiňovaných Noris Rams.

V Německu získali naši hráči cenné zkušenosti, ale zároveň nastaly i první neshody, které vyústily k rozdělení Prague Lions a vzniku týmu Prague Cocks, ze kterého se po čase oddělil i třetí tým v České republice, Prague Panthers. Díky zkušenostem z Německa se tým Prague Lions mohl dobře připravovat na další velký krok kupředu. Tímto krokem bylo utkání týmu s Američany z Wheaton College. V tomto utkání si hráči poprvé oblékli fotbalové výstroje, které zapůjčil soupeř. Za konečný výsledek 0:36 se náš tým nemusel stydět, neboť se jednalo o první zkušenost jak se zápasovou taktikou, tak i s pohybem, pro Prague Lions, nezvyklé fotbalové výstroji. V tomto zápase si čeští hráči také uvědomili, že bez dalších tréninků a bez odborné pomoci nepůjde tým kupředu, a proto Českou republiku poctila návštěva křesťanského výběru USA Christian Outreach Intl., jejichž hráči i trenéři nám předali cenné zkušenosti a náš tým se mohl dále zlepšovat.

V tomto období rozvoje si týmy zpestřovali tvrdé tréninky zápasy mezi sebou, ale vždy se jednalo o zápasy bez výstrojí a bez rozhodčích, které spíše připomínaly rugby nebo přetlačovanou. V lednu 1992 si týmy objednaly první výstroje v USA a hráči se tak těšili na plnohodnotné tréninky a zápasy, tyto sny se také začaly uskutečňovat od července tohoto roku. Po krátké době seznamování se s tímto novodobým brněním čekalo ČR první utkání. Díky sdružení týmů Prague Panthers a Prague Cocks vznikly dva vyrovnání a doživotní rivalové Prague Lions a Panthers. A tak se mohlo uskutečnit první utkání dvou českých týmů amerického fotbalu.

Tento slavnostní den nastal 19. září 1992 na hřišti FTVS v Dejvicích. Výsledek 26:16 pro tým Prague Lions není tak důležitý jako fakt, že tímto zápasem se položil základní kámen ke vzniku České ligy amerického fotbalu. Tento zápas si týmy zopakovaly o 14 dní později v exhibičním utkání ve Voticích, které skončilo vítězstvím Lions 18:0. Hlavním smyslem této akce byla ukázka amerického fotbalu širší veřejnosti. Poctivou prací si Lions měli možnost zúročit 6.dubna 1993, kdy se tým jako první v České republice vydal na zkušenou za hranice

státu. Cílovým městem byl Berlín, kde se utkali s týmem Berlin Stars. Vítězstvím 16:8 překvapili a ukázali nejen Němcům, že s českými týmy bude muset počítat celá Evropa. V Berlíně měli Lions možnost navštívit American Bowl '93, kde se utkaly týmy Buffalo Bills a Minnesota Vikings a naskytla se tak jedinečná příležitost vidět na vlastní oči zápas týmu NFL. Po vítězství v Berlíně následovala prohra v květnu 1993 v Lipsku proti Leipzig-Lions 42:12. 20. června 1993 v dalším domácím exhibičním zápase porazili Lions Pantery v Hradci Králové. Zvítězili 26:7, ovšem daleko více potěšila návštěva diváků, neboť i přes nepřízeň počasí jich sledovalo tento zápas 2500. O dva roky později následovaly týmy jako Brno Alligators a Ostrava Stellers. V roce 1994 se uskutečnila vůbec první seniorská liga AF u nás, kterou vyhrály Prague Panthers a začínají tak svojí dlouhou éru kralování nejen v Čechách. V dalším roce vznikají Prague Panthers B, Bratislava Monarchs, Nitra Knights, Havířov Devils, Pilsen Tornadoes, Liberec Highlanders, Pardubice Stallions a Dobříš Bobcats. Pantheři se po vítězství prosazují, a to hned dvakrát v German Bowl Ost, v roce '95, '96 dokonce vyhrávají ligu. Mistrem 97 se stal tým Ostravy, kde Pantheři prohráli ve finále 32:20.

V roce 98 vítězí Lions nad Pantery 29:8, ale i přesto vítězí v Praze na Slávii proti Moscow Bears a zajišťují si tak účast v Champions League pro příští rok. Hned v prvním domácím zápase nastupují se třemi americkými posilami a vyhrávají proti týmu 1. Německé ligy (nejkvalitnější liga Evropy té doby) Ruselsheim Razorbacks 26:21. V roce 99 Pantheři s posilami poráží ve finále 38:0 Lions. Stejně tak i v následujícím roce. S americkými posilami se Pantheři umístí mezi osmi nejlepšími evropskými celky, přesto končí v evropské lize ve čtvrtfinále. Protože nastal úpadek sponzorů a tedy i dotací, přicházejí Pantheři o americké posily.

Další rok vynechávají evropskou ligu a soustředí se na domácí scénu bez zámořských posil. Finále vyhrávají bez problémů proti Aligátorům 35:13. V tomto roce a v následujícím roce 2002 dochází ke generačním obměnám u týmu Lions, což bylo zřejmé i na umístění v tabulce. Jelikož mají Lions největší základnu a dosud neporaženého juniorského mistra ČR, zakládají juniorský národní tým, který tvoří ze 70% Lions Juniors. Juniorský národní tým se stává nezastavitelným a poráží fotbalové velmoce jako Španělsko, Finsko (10 násobného mistra Evropy) a Velkou Británii, na ME v Glasgow končí na pátém místě. Lions prohráli 23:14. V roce 2004 Lions poráží Panthers ve finále Viamont Bowlu 13:3, přičemž prošli ligou bez porážky. Tentýž rok dokazují Lions svou připravenost a vyhrávají juniorskou ligu. Lions získávají historický „Double titul“. Lions Jr. opět tvoří většinu národního juniorského týmu a při své cestě do Moskvy poráží Španělsko. V Moskvě pak končí na pátém místě.

Seniorský tým se nenechává zahanbit a umísťuje se v Dánsku na ME třetím místem.
(<http://praguelions.webz.cz/Historie.html> [7.4.2007])



Obr. č.1 Huddle (<http://www.americanyouthfootball.com/images/huddlepix.jpg> [26. 8. 2009])



Obr. č.2 český národní tým vs Německo
(http://www.caaf.cz/images/tisk/sport_20030626_1.jpg [19.4. 2007])

3. Teoretická východiska

3.1 Uvedení do problému

Americký fotbal je u jednotlivých hráčů jedinečný ve využití široké škály dovedností a rozdílných schopností. Protože jde o sport, který se vyvíjel především v Americe, tak se většina technických složek opírá o poznatky z jiných sportů jako je například baseball, basketball nebo zápas (wrestling), které se v minulosti vyvíjely ve stejné geografické oblasti. Individuální herní výkon je mnoho-faktorový jev, jehož velikost nelze určit přímo, ale lze jej odhadovat pomocí indikátorů herního výkonu. IHV je závislý na jednotlivých výkonech v herních dovednostech (Dobry, 1989; Süs, 2006). Evaluace herních dovedností patří ke každodenním činnostem trenéra ve sportovních hrách. Výkon, ať již IHV nebo výkon v herní dovednosti, je často spojován s výsledkem činnosti hráče, který je často přímo měřitelný. Například pro výkon v přihrávce můžeme měřit rychlost hodů, jeho přesnost a lze jej vyjádřit pomocí konkrétního čísla. Co však lze říci o dvou provedeních hodů, která mají stejný výsledek? Kromě stejného výsledku nemůžeme usoudit nic o provedení této dovednosti. Proto je nutné hledat další indikátory výkonu, aby trenér mohl toto provedení porovnat (hodnotit). (Švehla, 2008)

Hodnocení způsobu provedení pohybových dovedností v tréninku je většinou prováděno na podkladu pozorování, ať již přímo nebo pomocí videozáznamu, na základě předem definovaných kritických míst pohybu (Knudson a Morrison, 1997).

V některých sportovních hrách bývají také k evaluaci pohybu používány kinematické analýzy prostorové nebo plošné (3D nebo 2D) (Süs, 2006).

Jak v pozorování, tak i v kinematické analýze zjišťujeme však pouze přímo pozorovatelné veličiny, jako je poloha jednotlivých segmentů těla nebo jejich rychlost. Takto získané veličiny nazýváme biomechanickými indikátory herního výkonu (Hughes a Barlett, 2002; Süs, 2006).

Na jejich základě lze také usuzovat na vnitřní strukturu pohybu, jedná se však o hrubý odhad. Každá pohybová dovednost je charakteristická svým vnitřním načasováním pohybu. Relativní načasování představuje hlubokou strukturu pohybu, tzv. pohybový vzorec. Relativní načasování je časová posloupnost zapojení jednotlivých svalových skupin, které se zúčastňují daného pohybu (Schmidt, 1991).

Kreighbaum a Barthles (Barthles, 1990) věnují samostatnou kapitolu analýze pohybových vzorců hodů a vrhů, přičemž rozlišují čtyři skupiny:

- spodní „vzorce“ (softbalový nadhoz, spodní podání v odbíjené nebo v badmintonu apod.),
- boční „vzorce“ (hod diskem, tenisové údery forhend a bekhend apod.),
- vrchní vzorce (basebalový nadhoz, hod oštěpem, vrchní hod v americkém fotbale.),
- kopy (v kopané nebo v americkém fotbale).

Načasování je u našich hodů relativně podobné, a však ne stejné. Vždy je nezbytné přihlížet k individuálním předpokladům hráče, ale zúčastněné svaly provádí základní pohybové vzorce podobně.

Ramenní pletenec v sobě obsahuje celou řadu prvků, které jsou z hlediska mobility unikátní. Biomechanika umožňuje zabývat se těmito problémy na základě zákonů klasické mechaniky, s využitím tradičního matematického aparátu, ale také s použitím nejmodernějších postupů z oblasti kybernetiky a výpočetní techniky. Uspořádání ramenního pletence se z biomechanického hlediska vyznačuje některými vlastnostmi, jejichž působením vznikají pro člověka jedinečné prvky v mobilitě této části těla. Na druhé straně z těchto zvláštností vyplývá řada problémů při popisu mechaniky pohybu v rámci celého pletence. Dělení, které lze označit jako „tradiční“, se skládá ze tří kostí (lopatka, kost klíční, kost pažní) a tří kloubů (akromioklavikulární (AC), sternoklavikulární (SC) a glenohumerální (GH)). Pro možnost určení biomechanických parametrů v ramenním pletenci je důležité stanovení vztažné soustavy, tzn. bodu nebo segmentu, ke kterým vztahujeme pohyb zbývajících prvků. Jestliže posuzujeme pohyb paže vzhledem k axiálnímu systému, je tento segment koncovým článkem kinematického řetězce: trup (hrudní kost) – SC kloub – klíční kost – AC kloub – lopatka – GH kloub – pažní kost (Janura, Míková, Krobot, Janurová, 2004).

3.2 Jednotlivá kloubní spojení v ramenním pletenci

Sternoklavikulární kloub – spojuje horní končetinu (proximální konec klíční kosti) s trupem (kost hrudní). Jeho tvar je spíše sedlový než kulový, pohyb v kloubu je velmi dobře srovnatelný při palpaci. Kloubní jamka na hrudní kosti je mělká, klíční kost kraniálně přečnává. Pohyb klíční kosti je charakterizován pomocí tří stupňů volnosti – posunutí v transverzální rovině (protrakce, retrakce), posunutí podél sagitální osy ve frontální rovině (elevace, deprese), rotace kolem podélné osy. Hlavní význam spočívá v umožnění axiální rotace klíční kosti při abdukci horní končetiny.

Akromioklavikulární kloub – spojuje proximální akromion lopatky a distální část klíční kosti. Pohyb lopatky probíhá ve třech různých směrech – rotace kolem vertikální osy, rotace kolem horizontální osy ve frontální i sagitální rovině.

Glenohumerální kloub – rozsah pohybu je největší ze všech kloubů lidského těla. Jeho typickým znakem je nepoměr mezi velikostí kloubní jamky a hlavicí pažní kosti. Poměr jejich ploch je 1:3 (1:4). Kloubní jamka je poměrně pravidelně zakřivená. Maximální průměr jamky se pohybuje v rozsahu 3,5 - 4cm, v porovnání s průměrem 6,5 - 7cm hlavice pažní kosti. Bývá označován jako nejméně stabilní kloub těla, a proto také dochází při sportu k jeho luxaci. Z hlediska vztahu mezi hlavicí pažní kosti a kloubní jamkou rozlišujeme tyto základní biomechanicky definovatelné pohyby v ramenním kloubu (Janura, Míková, Krobot, Janurová, 2004)

4. Kineziologie

Mechanika řeší problémy pohybu těles obecně. Biomechanika se zabývá aplikací zákonů mechaniky u živých bytostí ve specifických případech. Stejně jako mechanika a biomechanika, patří kineziologie do skupiny vědních oborů, které se zabývají pohybem. Náplní kineziologie je také analýza lidského pohybu z hlediska mechaniky, a to pohybu jak za normálních, tak i za patologických okolností. Poznatky kineziologie a biomechaniky slouží ke studiu lidského pohybu nutného jak k udržení fyzické zdatnosti, tak i k podpoře harmonického vývoje intelektových schopností (Véle, 2006).

Oba způsoby hodů, vycházejí z rotačního pohybového vzorce. Podle Švehly (Švehla 2008) je celý rotační pohyb ještě posílen švihovou prací paže ve směru rotace. Horní polovina těla by se zde mohla označit jako *punctum mobile*, jelikož vykonává pohyb. *Punctum fixum*, tedy místo, které poskytuje oporu a kam se soustředí svalové napětí, je v tomto případě dolní končetina, u praváků levá a u leváků pravá. Díky zapojení horních končetin můžeme předpokládat propojení svalových řetězců od místa úchopu míče až k místu opory kontralaterální dolní končetiny. Do pohybu je tak primárně zapojeno celé tělesné schéma. Jelikož se jedná o jednostrannou zátěž v diagonálním charakteru, není zde mechanismus, který by plnil funkci kompenzace torzních sil.

Vzhledem k tomu, že dílčí souhyby celého pohybu jsou spouštěny jednotlivě, je třeba pomocí nervosvalové koordinace řídit postupné zapojování svalových skupin, tak aby komplexně vytvářely ucelený pohyb. Jde především o přesné načasování krátkých kontrakcí a relaxací jednotlivých svalů v oblasti pletence ramenního, zkoordinovaných s rotací trupu a pohybem dolních končetin. Vše musí probíhat v ideálním rytmu a pohyb by měl být uvolněný a plynulý, zajišťující kontrolovaný odhod. Během odhodů dochází k jednooporovému postavení, které při dynamickém provedení klade větší nároky na rovnováhu. Právě vysoká úroveň koordinace v kombinaci s nároky na rovnováhu činí z tohoto pohybu náročnou pohybovou strukturu, která se dá zvládnout až po důkladném nácviku. (Švehla, 2008)

4.1 Postura a atituda

K zajištění polohy jsou vytvářeny základní vzory – pattern (Véle, 1995). Ty jsou tvořeny programy pro zajištění pohybu.

Při zaujetí polohy těla a jeho segmentů v klidu hovoříme o postuře. Z fyzikálního hlediska se jedná o klidový stav, udržování polohy těla v klidové poloze je však dynamický proces, kladoucí nároky na řídicí mechanismy. Postura je popisována např. Vojtou v raných fázích posturální ontogeneze (Vojta, Peters 1995).

K optimálnímu provedení pohybu je nutné udržet zpevněnou posturu (vzpřímené držení). Vařeka (Vařeka, 2002) tvrdí, že je to aktivní držení segmentů těla proti působení zevních sil, ze kterých má v životě největší význam síla tíhová. Postura je zajištěna vnitřními silami. Hlavní úlohu hraje svalová aktivita řízená centrálním nervovým systémem. Postura vždy vyžaduje zpevnění osového orgánu, tedy trupu s krkem a hlavou. Udržování posturální funkce je podle Véleho (Véle, 1995) proces dynamický, aktivní, zpětnovazební. Véle (Véle, 1995) uvádí, že do procesu udržení postury jsou zapojeny tonické svaly. Kolář (Kolář, 2001) popisuje udržování postury u motoricky zralého jedince jako koordinované působení obou složek svalového systému – složky tonické a složky fyzické. Aktivní posturální systém popisuje Janda (Janda, Poláková a Véle 1966). Nachází mezi jeho jednotlivými složkami pravidelná funkční spojení vytvářející pro každou polohu konstantní obrazec. Na základě klinického obrazu popisuje posturálním programem řízené a vzájemně spojené svalové skupiny tvořící navazující svalové řetězce. O svalových smyčkách se v podobné souvislosti opět při klinickém vyšetření zmiňuje Kolář (Kolář, 2001) při lokalizaci tzv. trigger points. Řídicí posturální program je nastaven určitou výchozí polohou (ať fyziologickou nebo patologickou). Tento vstupní signál vyvolá odezvu v celé pohybové soustavě, je posturálním programem diferencován. Konstantní celková reakce je výsledkem centrálně řízeného programu, projevujícího se v souhře svalových řetězců, vedoucího k udržení postury.

Postura předchází pohyb. Je to však poloha ještě neorientovaná. Vojta (Vojta, 1995) uvádí opět v motorické ontogenezi sensorickou orientaci jako nejdůležitější motivaci k provedení pohybu. Při motivaci a následné tvorbě pohybového záměru se postura mění v atitudu. Atituda, tedy orientovaná postura, se již vyznačuje orientací, připraveností ke konkrétnímu pohybu (Vojta, Peters, 1995). Podle Vařeky (Vařeka, 2002) je atituda nastavená tak, aby bylo možné provést plánovaný pohyb.

Při vnějším pozorování se nemusí atituda od postury téměř lišit, uvnitř však vzniká nová kvalita. Již při pouhé představě pohybu se aktivuje nejhlubší vrstva zádových svalů, tzv. autochtonní muskulatura, která systém připravuje na směr předpokládaného pohybu. Z neurologických poznatků víme, že právě tyto nejhlubší svalové skupiny iniciují aktivitu dalších svalových skupin v rámci pohybových programů.

Funkční centrace kloubu je podle Koláře (Kolář, 2002) takové kloubní postavení v průběhu pohybu, které vyvolává jeho optimální zatížení. Kloub je v tomto nastavení nejlépe schopen snášet zatížení a má maximální možnou stabilitu. Na udržování polohy v kloubu se podílejí ve spolupráci (ko-aktivaci) antagonistické svalové skupiny. Funkční centrace kloubu souvisí s centrálním charakterem řízení pohybu, projevujícím se fyziologickým, tzn. nepatologickým hybným stereotypem. Centrované postavení dovoluje pohyb v kloubu maximálního rozsahu a zapojit se tak co nejefektivněji do prováděného pohybu.

4.2 Stabilizace

Kolář hovoří o posturální stabilizaci jako o aktivním řízeném držení tělních segmentů proti působení zevních sil pomocí CNS. Je součástí všech pohybů. Pro provedení cíleného pohybu je totiž nutná úponová stabilizace svalu, jež daný pohyb vykonává. Aktivita svalu, který stabilizuje, spouští aktivitu dalších svalů, s nimiž má úponovou souvislost. Do postury je tak převáděn každý pohyb v segmentu. Stabilizační funkce probíhají automaticky, bez našeho uvědomění a vůlí můžeme tyto funkce ovlivňovat jen minimálně (Kolář, 2006).

Suchomel uvádí poznatek, že při vyšší kvalitě posturálního chování, se objevuje i vyšší kvalita dosažené svalové rovnováhy (Suchomel, 2006).

Stabilizace je dynamickým procesem zpracování informací v CNS. Informace jsou však „nehmotného“ charakteru, nedají se fyzikálně popsat a objektivně měřit. Systém zpracování je připodobňován internetové síti. Udržování vzpřímeného držení závisí jak na fyzikálních parametrech (tělesná hmotnost, výška, tvar těla, velikost oporné plochy a další), tak také na fyziologických parametrech podmínek zevního a vnitřního prostředí. Tyto informace se dostávají od CNS k periferním orgánům a naopak, a tak řídí motoriku i její stabilizaci (Véle, 2004).

Z hlediska schopnosti účastnit se na stabilizaci segmentu, přichází Suchomel s dělením svalového systému na dvě skupiny. Jsou jimi stabilizátory lokální a stabilizátory globální. Lokální stabilizátory jsou zodpovědné za nastavení jednoho segmentu vůči druhému.

Globální stabilizátory se účastní na rychlém a méně přesném silovém pohybu. Jsou organizovány často ve formě svalových řetězců (Suchomel, 2006).

Véle (Véle, 2006) dělí svaly podílející se na stabilizaci trupu ve vzpřímené poloze obdobně. Jednu skupinu nazývá svaly stabilizačními – **shunt muscles**. Do této skupiny spadají krátké, tonické svaly uložené hluboko nejbliže kloubu s tahem působícím v ose pohybového segmentu mimo hlavní směr pohybu. Vyskytují se kolem obratlů a v klíčových kloubech. Jejich funkcí je nastavení střední polohy kloubních plošek pro stabilizaci. Druhou skupinu tvoří delší silné povrchové svaly s fázičkou povahou. Svým tahem působí kolměji k ose pohyblivého segmentu ve směru pohybu. Jejich hlavní funkcí je korekce polohy a silový zdroj pro samotný pohyb. Tyto svaly se označují jako **spurt muscles** (Véle, 2006).

Na stabilizaci polohy osového orgánu se účastní také respirační muskulatura. Tvoří ji krátké a dlouhé svaly (mm.intercostales, bránice, břišní svaly, intersegmentální svaly páteře a svaly pánevního dna) (Véle, 2004).

Držení těla má dvě varianty - pohotovostní režim (stand by) a orientované držení (atituda) (Véle, 2006). Stand by režim je nesespecifickou přípravou k akci (Véle, 2004), kdežto atituda se vyznačuje orientací a připraveností ke konkrétnímu pohybu (Kračmar, 2002).

Udržení zaujaté polohy proti vlivu zevní síly vyžaduje současnou izometrickou aktivitu agonistů i antagonistů – ko-aktivaci - bránící fázičkému pohybu (Véle, 2006). Tento pracovní režim je ovládán supraspinální řídicí úrovní CNS. Tato úroveň umožňuje použít nejstarších spinálních řídicích mechanismů jak k fázičným pohybům řízeným reciproční inhibicí, ke kterým jsou původně určeny, tak i k tonickému udržení zaujaté polohy koaktivací agonistů s antagonisty tak, aby sloužily posturální funkci, lokomoci i účelově orientovaným pohybům (Véle, 2004).

Podstatným příspěvkem pro stabilizaci těla ve stoje jsou také informace z chodidel (Véle, 2004).

4.3 Řízení pohybů

Pozorujeme-li sportovce vykonávajícího pohyb, působí na nás daná pohybová struktura jako jeden celek. Avšak každý pohyb je výsledným spojením mnoha rychle vykonávaných, dílčích pohybů, zkoordinovaných v jednu finální akci. Přímá vědomá kontrola

tisíců jednotlivých svalových kontrakcí a kloubních pohybů neexistuje. Co kontroluje tyto pohyby a jak jsou spojovány do celistvě vypadající akce?

Jedna ze základních otázek oboru pohybového chování se snaží nalézt odpověď, jak biologické systémy kontrolují pohybovou činnost? Jak je kontrola organizována a jak tato organizace přispívá ke kontrole prováděného pohybu? Jedním z možných vysvětlení této problematiky je centrální řízení organizovaných příkazů, které mohou být dílčím způsobem korigovány senzomotorickými informacemi (Schmidt, 1991). Z této teorie vyplývá, že pohyby jsou realizovány formou otevřeného a uzavřeného kontrolního systému a organizovány centrálně v pohybových programech.

4.3.1 Řízení hybného systému

Zpracování informací

Člověk je pojímán jako informační procesor: VSTUP – ČLOVĚK – VÝSTUP (Schmidt, 1991).

Řízení pohybu lze popsat jako účelové organizování aktivity pohybové soustavy k dosažení zamýšleného cíle.

Pohyb jednotlivých částí živého organismu je dvojího druhu: pohyb vnitřních orgánů a pohyb vnějších orgánů pohybové soustavy. Pohyb vnějších orgánů pohybové soustavy slouží účelovému pohybu pro udržení polohy těla a jeho pohybu v zevním prostředí. Je buď reflexní reakcí na působení zevního podnětu a nebo vzniká volním rozhodováním mysli a slouží k opatřování potravy, reprodukci a udržování života, ovlivňování zevního prostředí a sociálnímu kontaktu s okolními jedinci (Véle, 2006).

Za řízení hybného systému odpovídají dva základní okruhy: vertikální a horizontální (Janda, 2000).

Vertikální okruh

Na zpětnovazebním principu jsou prostřednictvím předních rohů míšních jejich aferentní i eferentní složkou propojeny ve vertikálním směru čtyři hladiny řídicích systémů:

- a) Mícha a vestibulum – okruh spinovestibulární a vestibulospinální (všechny okruhy jsou dvoj- a více směrné).

Nacházíme zde multisenzorickou integraci aference, která probíhá v rámci posturálních funkcí (propriocepce, interocepce, exterocepce). Tento aferentní komplex

participuje na celém lokomočním vzoru (Kolář, 1996). Propriocepci je zajištěno vnímání polohy a pohybu těla v prostoru. Převážná většina proprioceptivního vnímání je nevědomá, je využívána reakce reflexní povahy bez volní kontroly.

Vestibulární aparát zajišťuje závislost trupu na postavení v prostoru. Nastavuje základní svalový tonus (pálení svalových vřetének).

- b) Mozeček – rozhodující složka regulace držení osového orgánu. Zde se formují bazální hybné stereotypy. Je zde vytvářen jakýsi „pohybový prefabrikát“. Bez funkce mozečku není uskutečnitelný koordinovaný volní pohyb.
- c) Podkoří – důležitý systém mimopyramidových drah – bazální ganglia.
- d) Kůra mozková – nacházíme zde spojení k motorickým centrům ve frontálním laloku (rhinencephalon). Zde lokalizovaný komplex šedé hmoty tvoří limbický systém, spojený v oblasti podkoří s hypothalamem. Janda (Janda, 2000) rozeznává pět základních funkcí limbického systému:
 - 1) činí rozhodnutí o provedení pohybu
 - 2) ovlivňuje svalový tonus z funkčního hlediska
 - 3) reguluje práh pro vnímání bolesti
 - 4) ovlivňuje schopnost vyrovnat se s bolestí a s vlivy okolí (spokojenost vs. nespokojenost). Limbický systém je alergizován prostřednictvím stresových reakcí, zajišťuje proces adaptace na stresové situace
 - 5) řídí emoční nastavení

Podle Véleho (Véle, 1997) je limbický systém důležitým producentem motivace pohybu, rozhodujícím způsobem ovlivňující výslednou kvalitu pohybu.

Efektomotorický výkon je tedy regulován vertikálním okruhem. V tréninkovém procesu nacházíme tzv. objemový trénink zřejmě korespondujícím s oslovením především vertikálního okruhu řízení pohybu.

Na jednotlivých etážích se nacházejí horizontální regulační okruhy. Ty jsou zodpovědné za koordinaci a jemné řízení pohybu. Zde tušíme centrální lokalizaci jemného ladění sportovní techniky při mnohonásobném opakování při fixaci pohybového stereotypu v průběhu tréninkového procesu.

Na optimální úrovni nastavení těchto okruhů je závislý konečný produkt, kterým je jak kvantitativní úroveň pohybu, tak i jeho koordinační složka.

4.3.2 Hybné stereotypy

O sportovní lokomoci Kračmar (Kračmar, 2002) tvrdí, že ať se jedná o vrcholovou, výkonnostní nebo rekreační, patří stejně jako každodenní motorika do motoriky lidské a platí pro ni stejné obecné zákonitosti. Jde o neustálou tvorbu, fixaci a přebudování i vyhasínání pohybových stereotypů, které zajišťují pohyb jako adaptační odpověď na stav a změny vnějšího a vnitřního prostředí.

Pro sportovní lokomoci, která je dlouhodobě provozována, je nutná funkční centrace kloubů. Kračmar (Kračmar, 2002) vychází z toho, že jinak by dlouhodobá intenzivní zátěž, která neodpovídá principům lidské pohybové ontogeneze, vedla nutně k poškození pohybových struktur.

Analytický náhled na funkci jednotlivých svalů, vycházející z principu reciproční inervace, jsme už rozšířili o ko-aktivaci svalů a zapojení svalů, jež s daným pohybem zdánlivě vůbec nesouvisí. Zapojení anatomicky vzdálených svalů spatřoval už Vojta (Vojta, 1993) při globálních pohybových vzorech, ať přirozených nebo umělých.

S čím větší silou a intenzitou je pohyb prováděn, tím je nutná větší aktivace fixačních svalových skupin. Vytvořené vztahy mezi svalovými skupinami se opakováním utvrzují a fixují se v dynamických hybných stereotypech. Vysoká fixace hybného stereotypu je pro sportovní lokomoci důležitá. Dovoluje udržet účelnou techniku pohybu i při nástupu únavy (Kračmar, 2002).

Hybný stereotyp se vytváří opakovanou činností, která opakovaně vyvolává a tím posiluje identické propojení v motorických centrech na suprasegmentálních úrovních. Efektivní fixace hybných stereotypů se děje pouze pohybem, odpovídajícím požadavkům na konečnou a dokonalou techniku sportovního výkonu, tedy specifickými tréninkovými prostředky. Všechna náhradní řešení mají tím menší efekt, čím jsou obecnější. Dokonalá koordinace svalové souhry je obecně důležitější pro výkonnostní perspektivy než např. hrubý nárůst síly. Při každém jiném průběhu pohybu, který neodpovídá technice pohybu účelné pro závodní provedení, nejsou posilovány potřebné hybné stereotypy. I jemné odchylky od konečné požadované podoby při provádění napodobivých a modifikovaných cvičení neposilují budovaný stereotyp, ale při mezních situacích při závodě mohou působit kontraproduktivně svojí blízkostí a podobností, do které může (např. při únavě) technika prováděného pohybu sklouznout. Průpravná a modifikovaná cvičení se naopak hodí jako sběrný trychtýř do raných stádií vytváření představ o pohybu v úvodních fázích motorického učení (Kračmar, 2002).

Pohybový stereotyp se stává ideálním v době, kdy se daný pohybový úkon provádí co nejekonomičtěji. Správně fixovaný pohybový stereotyp a ekonomika pohybu je předpokladem pro dlouhodobé vykonávání sportovní disciplíny. Pro zlepšení kvality pohybu je zároveň nutná správná svalová koordinace, centrované nastavení kloubů a extenze osového orgánu.

Podle Véleho (Véle, 1997) probíhá aktivace svalových řetězců podle stanoveného časového rozvrhu. Véle tvrdí, že centrální nervová soustava neřídí jednotlivé svaly, ale jednotlivé pohyby. Podstatnou roli pro daný pohyb hraje motivace a emoce vztahující se k danému pohybu. Motivace zde se dá přirovnat k optické orientaci v raných stádiích pohybové ontogeneze, kdy první optická orientace ve 4. až 6. týdnu života aktivuje první vzpřimovací mechanismy.

Z vývojově starších komplexních pohybových stereotypů vychází i Kabat, který pracuje se synergickými a antagonistickými funkčními svalovými řetězci v diagonálním uspořádáním (Kračmar, 2002).

Důležitou vlastností hybných stereotypů je dynamika v čase. Z hlediska fylogeneze lidského druhu spatřujeme jako nejvýraznější transformaci bazálního pohybového stereotypu přechod od kvadrupedální k bipedální lokomoci (umožňující rozvoj úchopové funkce volné horní končetiny). Obecně můžeme dynamiku pohybových stereotypů u člověka pojímat jako adaptaci pohybového systému na změnu vnějších i vnitřních podmínek, projevující se ve sdružených změnách funkce i morfologie svalových skupin. Při úmyslné tvorbě a přebudování pohybového stereotypu se dostáváme do oblasti motorického učení (Kračmar, 2002).

Kračmar (Kračmar, 2002) píše, že při podobnosti cílového charakteru (nejen) sportovního pohybu s charakterem pohybového programu, resp. Vzoru, tzn. vývojově starším, budou vyžadovány menší nároky v procesu motorického učení. Naopak hybné stereotypy, které se budou více odchylovat od pohybových programů, budou klást větší nároky jak na vybudování hybného stereotypu, tak především na jeho dlouhodobé udržení.

Při tréninku dochází často k přebudování hybných stereotypů. To je sice obtížné, podle Jandy ne nemožné. Předpokladem úspěchu je právě nastavení svalových skupin, atituda. Podle Kračmara (Kračmar, 2002) čas a pořadí nástupu aktivace synergistických a antagonistických svalových skupin rozhoduje o kvalitě provedení pohybu. Při nesprávném zatěžování pohybových segmentů dochází k přetížení a poškození hybných orgánů. Převaha aktivace svalů s převážně posturální funkcí a s tendencí ke zkracování vede k porušení funkční rovnováhy. Na základě reciproční inervace dochází k inhibici fyzických svalů a tím

se svalová disbalance ještě více prohlubuje. Dochází ke vzniku náhradních hybných stereotypů vedoucích k ochrannému držení těla.

Kolář (Kolář, 1998) rozdělil podle poznatků z vývojové kineziologie svalový systém na systém fylogeneticky starší s tendencí ke zkracování a systém fylogeneticky mladší s tendencí k oslabení. Do prvního systému přiřadil tyto svaly: *m. trapezius – pars descendence, pars transversa, m. pectoralis major, m. rectus abdominis, erector trunci, erector spinae, m. levator scapule, m. quadratus lumborum, m. iliopsoas, mm. Adductores femoris, m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. triceps surae, m. rectus femoris a ostatní končetinové flexory.*

Systém fylogeneticky mladších svalů je zařazován do motorické ontogeneze později. Je celkově slabší a více fragilní, s tendencí k oslabení, hypotrofii, až k vazivové přeměně. Především se jedná o svaly: *m. trapezius – pars ascendens, mm. Rhomboidei, m. triceps brachi, m. stratus anterior, m. obliqu ext. Abdominis, m. obliquus int. Abdominis, m. gluteus max., m. quadriceps femoris – m. vastus medialis, intermedius, lateralis a další extenzory končetin.*

Zjednodušeně lze říci, že fylogeneticky starší systém má globálně sklon ke zkrácení všech svých komponent, obdobně systém mladší má tendenci ke globálnímu oslabení (Kolář, 2001).

Charakter pohybu je určován polohou segmentu vzhledem k působení gravitace a uložení místa opory – punctum fixum.

4.4 Svalové smyčky a řetězce

Svalovou smyčku tvoří skupina dvou svalů upínajících se na dvě vzdálená pevná místa (puncta fixa). Mezi oba svaly je včleněn pohyblivý kostní segment (punctum mobile), jehož poloha je vyvažována tahem obou svalů. Je to volnější druh spojení kostních segmentů než běžný kloub. Svaly ve smyčce působí na vmezeřený pohyblivý segment „dynamicky“ zavěšen, tak ho lze jak fixovat, tak jím cíleně pohybovat ve směru tahu svalů (Véle, 2006).

Véle popisuje pojem funkční řetězec jako dva nebo více svalů, které jsou fyzikálně a funkčně vzájemně svázány, mezi které je včleněna volná nebo pohyblivá kost nebo šlašitý útvar a kde směr průběhu svalových vláken je přibližně shodný. Funkční řetězec spojuje několik samostatných hybných segmentů, které mají v tomto funkčním spojení více pohyblivých možností nežli segmenty samotné. Funkční řetězce mohou působit jak v jednom směru, tak i v protichůdných směrech, takže pak fungují jako otěže. Funkce je programově

řizena z CNS a umožňuje sekvenční zapojování jednotlivých článků podle předem programovaného časového rozvrhu (timing), kterým se pohyb svalů koordinuje a tím se dosahuje přesnosti pohybu při úspoře energie (Véle, 2006).

Spojení jednoduchých řetězců do složitých komplexů umožňují široké ploché fascie, které mají na hrudníku šikmý směr, takže se kříží a vytvářejí tak funkční spojení např. mezi ramením pletencem jedné strany a pánevním pletencem strany druhé. Na trupu můžeme pozorovat dva velké systémy, které mají zkřížený průběh vláken svalů a fascií. Vzadu je to široký pruh začínající na pletenci ramením od m. latissimus dorsi na jedné straně a přecházející do lumbodorsální fascie téže strany. Tato fascie přechází přes processus spinosi na páteři na druhou stranu a pokračuje přes fascii m. gluteus maximus až do fascia lata druhé strany. Na přední straně je podobný útvar vycházející od m. pectoralis major přes hrudník a mm. obliqui externi abdominis do střední čáry a odtud jako mm. Obliqui interni abdominis na ligamentum inguinale a odtud do fascia lata druhé strany. Oba tyto tahy spojují hrudník s dolními končetinami do jednoho funkčního celku (Véle, 1997).

Po stránce funkční mohou svaly ve funkčním řetězci pracovat jako funkční synergisté synchronně (v kontrakci) při udržování určité polohy vřazeného segmentu anebo mohou pracovat jako funkční antagonisté (reciproční inervace) při změně polohy segmentu. Véle potvrzuje, že svaly pracují na základě reciproční inervace pouze do určitého stupně aktivace. Při vyšším úsilí, zejména při udržování určité polohy proti gravitaci, se vedle agonisty aktivuje i antagonist (Véle, 1997).

Jiná možnost je postupná (sekvenční) aktivace řetězců, která probíhá podle stanoveného časového rozvrhu (timing), řízeného programově a korigovaného proprioreceptivní zpětnou vazbou. Aktivace segmentů probíhá jako vlna aktivity postupně od jednoho segmentu k druhému (Véle, 1997).

K řetězení funkcí vzniká podle Véleho (Véle, 1997) pravděpodobně na základě předpokladu, že CNS neřídí jednotlivé svaly, ale jednotlivé pohyby. To podle něj znamená, že různí lidé za různých okolností mohou k provedení stejného úkonu využít jiné kombinace svalů tak, aby to nejlépe vyhovovalo provedení pohybového záměru, tzn. aby byl pohyb pro organismus co nejekonomičtější. Svaly podílející se společně na řízení určitého segmentu vytvářejí uzavřené řetězce, tzv. svalové smyčky. Jednotlivé svalové řetězce se sdružují do komplexních funkčně propojených systémů, které řídí skupiny segmentů a integrují tak celou pohybovou soustavu v jeden funkční celek. V důsledku excitace nebo inhibice uvnitř svalové smyčky vzniká nerovnováha ve svalovém napětí, která vede ke změně klidové polohy segmentu dané smyčky.

Pro správné technické provedení pohybu je určující výchozí postavení odpovídající pohybovému záměru – atituda, ta následně facilituje svalové účastníci se provedení zamýšleného pohybového vzoru, přináší automatický proces pohybu vpřed naprogramovaný v CNS. Tato synergistická funkce se nazývá optimálním a ideálním držením těla a je základem pro fyziologickou lokomoci a cílenou motoriku.

4.4.1 Svalové řetězce v oblasti pletence ramenního podle Véleho

Véle (Véle, 2006) uvádí způsob propojení mezi **trupem a lopatkou** pomocí svalů. Jedná se o čtyři svalové smyčky, které při pohybu spolupracují. Tím je dosažen koordinačně harmonický pohyb horní končetiny. Tyto smyčky se účastní na pohybu lopatky nebo její fixaci (Véle, 2006).

1. obratle – m. rhomboideus – lopatka – m. serratus anterior – žebra
2. hlava – m. trapezius pars superior – lopatka
krční páteř – m. levator scapulae – lopatka
hrudní páteř – m. trapzius pars inferior – lopatka
3. žebra – m. pectoralis minor – lopatka – m. trapezius pars superior – obratle
4. obratle – m. trapezius pars medium – lopatka (Véle, 2006)

Skupinou svalových smyček jsou řetězce svalů mezi **pletencem ramenním a trupem** (Véle, 2006).

1. *spojnice mezi hrudníkem a paží :*
přední část hrudníku – m. pectoralis major – humerus – m. latissimus dorsi – zadní část hrudníku
2. *spojnice mezi humerem a kontralaterálním kolenním kloubem – jdoucí z přední strany:*
humerus jedné strany – m. latissimus dorsi – fascia thoracolumbalis – páteř – crista iliaca kontralaterální – fascia glutea – m. gluteus maximus – fascia lata – m. tensor fasciae latae – koleno druhé strany
3. *spojnice mezi humerem a kontralaterálním kolenním kloubem – jdoucí ze zadní strany:*
humerus jedné strany – m. pectoralis major – fascie přední plochy hrudníku – (přes pochvu přímých břišních svalů na druhou stranu) mm. obliqui abdominis – ligamentum inguinale – fascie stehenní – fascia lata – m. tensor fasciae latae – koleno druhé strany
4. *řetězec pro zpevnění ramenního pletence:*

hrudník – clavícula – m. deltoideus – humerus – m. deltoideus – scapula – svaly lopatkových smyček – hrudník

5. řetězec otevřený:

paže – pletenec ramenní – paže – předloktí

scapula – m. supraspinatus – humerus – m. biceps brachii – předloktí – scapula – m. coracobrachialis – humerus – m. triceps brachii – předloktí

6. řetězec uzavřený:

paže – pletenec ramenní – paže – předloktí

scapula – m. deltoideus – humerus – m. brachialis – ulna

scapula – m. biceps brachii – radius (flexe-supinace)

scapula – m. triceps brachii – ulna (extenze)

humerus – m. triceps brachii – ulna (extenze)

humerus – m. brachiradialis – radius (flexe)

(Véle, 2006)

4.4.2 Svalové řetězce v oblasti pletence ramenního podle Javůrka

Svalové smyčky uváděné Javůrkem (Javůrek, 1986) se podobají těm, které uvádí Véle (2006).

Svalové smyčky spojující hrudník a lopatku

1. m. rhomboideus – m. serratus anterior
2. m. levator scapulae – dolní část m. trapezius
3. m. pectoralis minor – horní část m. trapezius
4. střední část m. trapezius – střední část m. serratus anterior

(Javůrek, 1986)

4.4.3 Fyziologie svalu

Rozlišujeme 3 typy svalů. Kosterní příčně pruhovaný sval, který je tvořen svazkem svalových vláken, srdeční sval – podobný typ vláken tvořící síť – a hladký sval tvořený jednotlivými svalovými buňkami. Každý typ svalu má poněkud odlišné charakteristiky kontrakce, mechanismus je ale podobný. Počet svalových vláken v kosterním svalu je podle velikosti svalu 104 – 106. Každé svalové vlákno se skládá ze svazku asi 1000 myofibril, které jsou tvořeny za sebou řazenými kontraktilními jednotkami nazvanými sarkomera. Každá sarkomera obsahuje vlákna proteinových molekul, jejichž interakce umožňují kontrakci svalu. Jsou to molekuly myozionu tvořící silná filamenta, molekuly aktinu, které formují slabá

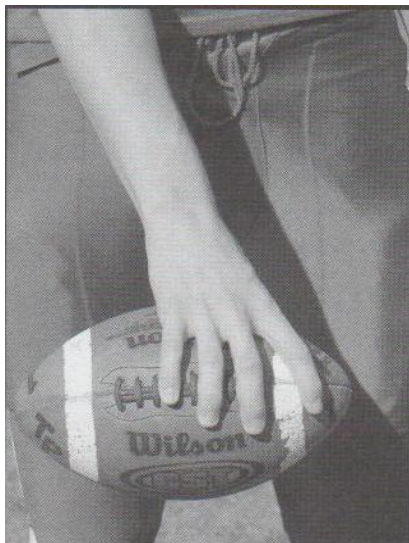
filamenta, molekuly tropomyozinu tvořící řetěz ovinutý kolem vláken aktinu a molekuly troponinu navázané na tropomyozin. Organizace filament je taková, že myozinová jsou umístěna ve střední části sarkomery, aktinová jsou zakotvena v obou koncích sarkomery a zasahují na určitou vzdálenost mezi myozinová vlákna. Struktura je na příčném řezu pravidelná tak, že každé myozinové vlákno má kontakt se 6 aktinovými. Myozin vytváří rozšířené hlavy vyčnívající nad povrch silných vláken, které mají schopnost vázat se za spotřeby energie na aktin. K vazbě může dojít jen při odkrytí vazebných míst na aktinovém vlákně, která jsou v klidu chráněna tropomyozinem. Deformace jeho molekuly je umožněna vazbou kalciových iontů Ca^{2+} na navázané molekuly troponinu. Ca^{2+} ionty se nacházejí v tubulárním systému svalového vlákna. Vzruch po vchlípeninách svalové membrány, nazvaných transversální tubuly, dospěje do blízkosti termálních cisteren – součásti sarkoplazmatického retikula tvořícího tubulární systém sarkomery. Podráždění je přeneseno a způsobí uvolnění Ca^{2+} iontů z tubulů do prostředí myofibril, což vede ke kontrakci svalu. Energii ke kontrakci získává svalová buňka buď cestou aerobní - oxidativními pochody - nebo anaerobní - za účasti enzymu fosforylázy. Podle této enzymatické výbavy se dělí svalová vlákna do typů. Jsou to pomalá červená vlákna a rychlá bílá, která se ještě někdy dělí na podtyp A a B (Dufek, 1995).

5. Technika

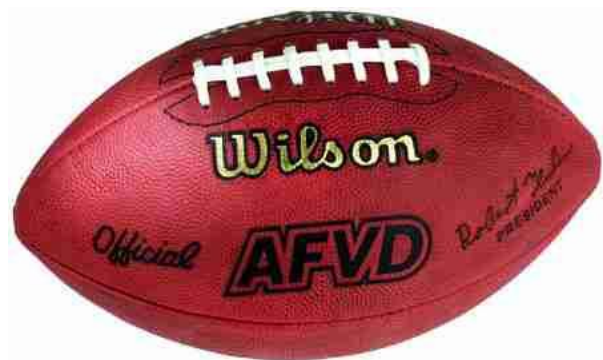
5.1 Držení míče

Velikost ruky quarterbacka musí být v relativitě s úchopem míče, proto existují určitá pravidla, která nejsou zcela fixní. (Koehler, 2000)

Ukazovákem a palcem uchopíme míč v prostoru bílé čáry, (podle velikosti ruky) tak abychom ho byli schopni udržet. Palec je v protisměru od ukazováku. Ukazovák musí tuto bílou čáru křížit směrem ke špičce míče. Prostředník a prsteník je v úchopu přes švy míče a konečky těchto dvou prstů pomáhají svírat míč. Příčné švy tak vytvářejí vzdálenost mezi těmito dvěma prsty od sebe. Malíček pouze doplňuje úchop celé ruky a dosahuje linie švů. Ruka drží míč pouze konečky prstů. Quarterback by měl cítit nejvíce tlaku mezi míčem a odhodovou rukou právě za středem míče v místech úchopu palce a ukazováku. Pokud velikost ruky nevyhovuje úchopu podle popisu, prostředník a prsteník se může posunout po švech míče přes střed míče. Dlaň ruky se nesmí dotýkat míče. Do doby než je quarterback připravený odhodit míč, měl by použít druhou ruku k podpoře držení míče, která je umístěna z druhé strany míče a to jen s lehkým tlakem na míč. (Bass, 1990)



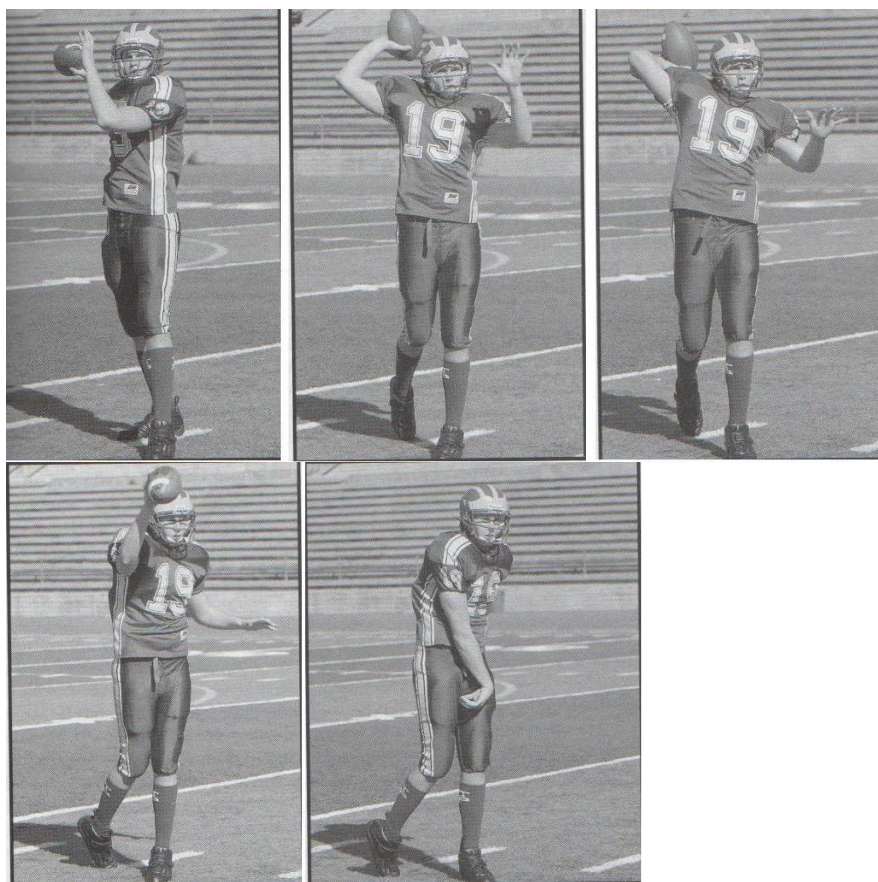
Obr. č. 3 držení míče (Bass, 2004)



Obr. č. 4 míč (Bass, 1990)

5.2 Technika přihrávky obecně

Quarterback nemá plnou kontrolu nad míčem od centra, ale měl by mít plnou kontrolu nad míčem během prvních kroků a musí držet obě ruce na míči. Přihrávka začíná při kroku vpřed opačnou nohou než je odhodová ruka, těžiště je v úrovni špičky nohy. Vykračující noha je velice důležitá- quarterback musí vykročit přesně do směru přihrávky a jeho tělo se tak dostává do správné pozice, právě v tuto chvíli jsou boky a vedoucí noha zaměřeny na cíl. V dobu, kdy vedoucí noha dokončuje pohyb vpřed, neodhodová ruka uvolňuje míč a odhodová ruka s míčem se přesouvá na úroveň ramene. Loket odhodové ruky je svisle pod ramenem a ruka s míčem lehce za úrovní hlavy. Ve chvíli uskutečňování přihrávky se boky a rameno neodhodové ruky přemísťují do směru přihrávky. Poté se odhodová paže přemísťuje nad úroveň ramene, kde je loket v pravém úhlu a začíná pohyb vpřed, ruka s míčem jde přes úroveň hlavy. Ruka vypouští míč při celkové extenzi paže a míč tak dostává spirálovitý pohyb vpřed. Moment odhodu míče záleží na vzdálenosti cíle, ale je vždy prováděn v rozmezí hlavy do úrovně boků. Celá paže pokračuje ve směru cíle přihrávky a ukončuje pohyb na vnitřní straně steh, kde ruka dotáčí pohyb v protisměru doznívání pohybu těla. (Bass, 2004)

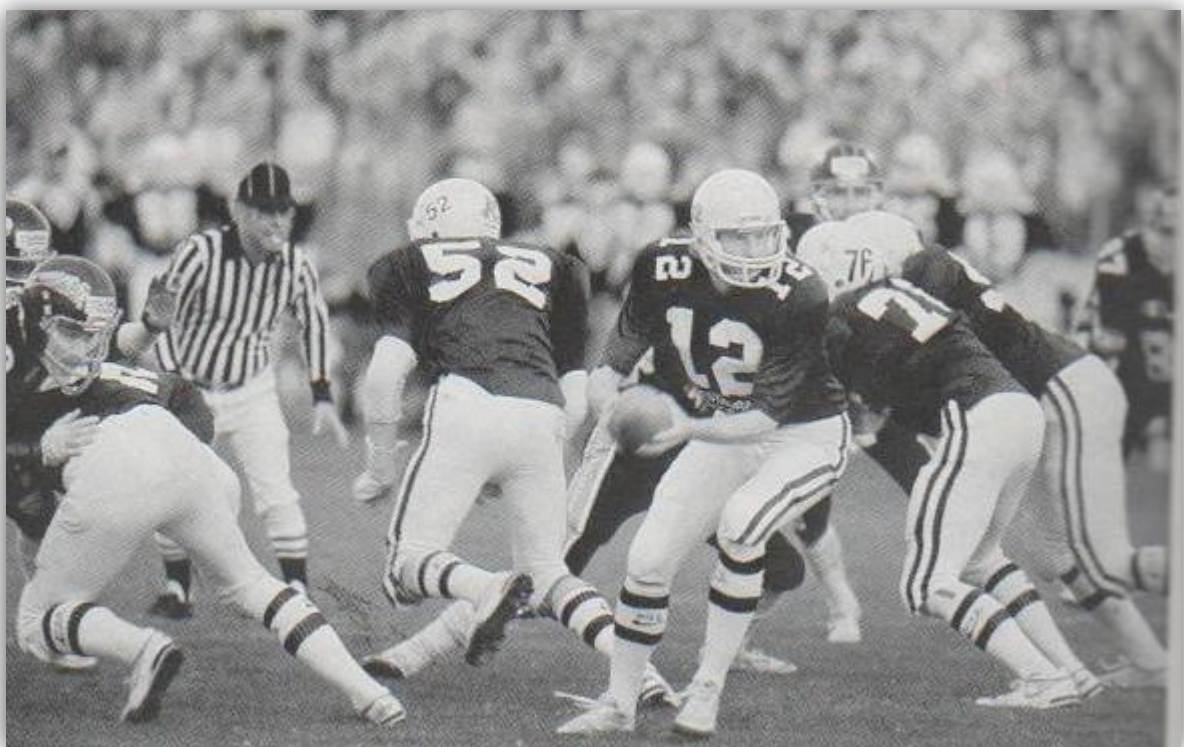


Obr. č. 5 Technika přihrávky (Bass, 2004)

5.3 Druhy přihrávky

Bass (2004) uvádí ve své knize tři druhy přihrávek. První jsou drop back passy, které rozlišuje podle počtu kroků zpět od centra, (tři, pět a sedm). Využívají se u typických přihrávek vpřed podle vzdálenosti cíle. Dále pak play-action passy, které se uskutečňují v běhu a neplatí tak zde stejná práce spodní poloviny těla jako u drop back pasu, přičemž vzniká i rozdílná práce trupu a paží. Tyto přihrávky se trénují bez výkroku. Třetí druh přihrávky uvádí jako pitche, kdy se míč hází oběma rukama bočním obloukem vzad, podobně jako u ragbyového hodu.

Kohler (2000) speciálně pojednává o showel passu. Tento druh přihrávky je ze začátku prováděn stejně jako drop back pass a je tak dokonale maskován do chvíle, kdy neodhodová ruka uvolňuje míč, avšak v tomto případě ruka přebírá míč a uskutečňuje velice krátkou přihrávku vpřed, quarterback pak následně stínuje pohyb jako při drop back passu, aby zmátl obránce.



Obr. č. 6 pitch (Bass, 2004)

6. Cíle a úkoly práce

Cílem této práce je vyhodnotit pomocí EMG měření strukturu zapojování svalů do pohybu při hodu míčem. Dále pak zjistit, jak jsou tyto svaly zatěžovány při vybraných hodech drop back pass a play action pass. Jako důležitý indikátor, zde budou hrát roli fáze zahájení pohybu (modrá osa v grafu), fáze vypuštění míče (červená osa) a fáze dokončení pohybu (žlutá osa), časový úsek jednotlivých pohybových cyklů a také intervaly mezi maximálními hodnotami grafů jednotlivě zapojených svalů, dalšími indikátory jsou rychlost nárůstu elektrického napětí ve svalech a zapojení v pořadí jednotlivých svalů za sebou. To proto, že míra specifčnosti se vztahuje k posloupnosti zapojování určitých svalových skupin, k rychlosti pohybu, k vynakládanému úsilí a k době trvání svalového napětí, k frekvenci pohybu a jeho směru a rozsahu (Dovalil et al., 2002).

Úkoly práce:

- Vybrat vhodného adepta pro měření.
- Vybrat svaly, jejichž činnost při pohybu budeme měřit.
- Vybrat vhodná specifická cvičení.
- Pomocí EMG změřit činnost vybraných svalů při hodech
- Natočit videozáznamy těchto pohybových celků.
- Vyhodnotit a popsat naměřené výsledky.
- Porovnat grafy hodů ve fotbale

7. Metodika práce

7.1 Obecná charakteristika výzkumu

Diplomová práce má charakter pilotní studie popisného charakteru, načasování pohybu a činnosti vybraných svalů při hodů míčem pomocí EMG analýzy a kinematické analýzy.

Kineziologický obsah pohybu vybraných svalů horní končetiny a trupu jsme sledovali formou primární analytické studie inspirované pilotní případovou studií (Kračmar et al., 2006).

EMG je souhrnné označení pro skupinu elektrofyziologických metod, které umožňují vyšetřit stav především periferního nervového systému a kosterního svalstva tak, že zachycují elektrické projevy činnosti nervových a svalových buněk (Dufek, 1995).

7.2 Charakteristika sledovaného souboru

Pro měření jsme použili vrcholového hráče amerického fotbalu. Adept disponuje vysokou mírou koordinace a pevnou fixací pohybového stereotypu při všech druzích hodů. Sledovaný sportovec nebyl ničím omezen (pohlavím/věkem), avšak podmínkou bylo jedna odehraná sezona na pozici Quarterbacka. Jedná se o 23 letého hráče, 180 cm a 83kg, který hrál tuto pozici ve své poslední juniorské sezoně. Vítěz České juniorské ligy 2004 a MVP 2004. Jedinec nebyl v době měření ničím indisponován a byl zcela zdrav.

7.3 Charakteristika použitých metod

7.3.1 Povrchová elektromyografie

Elektromyografie (EMG) je vyšetřovací metoda, která je založena na snímání povrchové nebo intramuskulární svalové aktivity. Povrchovou svalovou aktivitu měříme pomocí povrchové elektromyografie (SEMG), intramuskulární svalovou aktivitu pomocí jehlové elektromyografie.

Hlavním předmětem měření jsou vzájemné časové vztahy mezi činnostmi několika svalů. Tato metoda je vhodná k hodnocení tzv. svalových vzorců projevujících se při jednotlivých pohybech, např. chůzi, LTV, aj. Umožňuje rozpoznat nesprávné vzorce a přecvičovat je na vzorce správné. Využívá se v rehabilitačním lékařství či sportovní medicíně (Trojan, 2001).

Povrchová elektromyografie umožňuje snímání povrchové elektrické aktivity svalů pomocí povrchových elektrod. Povrchové elektrody snímají změny elektrického potenciálu, ke kterým dochází při svalové činnosti. Zaznamenávání je neinvazivní a nebolestivé. (Kasman, 2002).

Zdrojem EMG signálu je transmembránový proud na úrovni sarkolemy (Novotný, 2003). Prvotním zdrojem změny elektrického potenciálu uvnitř svalu je depolarizace a následná repolarizace povrchové membrány svalového vlákna. Při depolarizaci membrány dochází k pohybu iontů a generování elektrického pole v blízkosti svalového vlákna. „*EMG signál je výsledkem sledu akčních potenciálů motorických jednotek, které jsou detekovány povrchovou elektrodou v blízkosti kontrahovaných svalových vláken. Akční potenciál prochází při měření povrchového EMG přes přilehlé svalové tkáně, hlavně tuk a kůži, na jejímž povrchu je detekován.*“ (Sedliská, 2007, str.39)

Záznam se označuje jako elektromyogram (Novotný, 2003). Většinou se podobá vyjádření interferenčního vzorce vzniklého překrytím sumačních potenciálů z většího počtu motorických jednotek. „Nejedná se o prostou sumaci elektrického napětí v daném okamžiku, ale o výsledek jejich interferencí v prostorovém vodiči - sval, kůže, elektrody.“ (Rodová et al., 2001)

Při snímání záznamů pomocí povrchových elektrod je potřeba snížit odpor kůže na minimum. Kůže musí být suchá, doporučuje se ji předem odmastit tukovým rozpouštědlem a případně skarifikovat speciální abrazivní pastou. Uložení aktivní snímací elektrody je nad svalovým bříškem co nejbližší motorickému bodu, referenční snímací elektroda je umístěna nad šlachou. Mezi elektrodou a kůží se aplikuje vodivý gel. Doporučují se miskové elektrody a dobré připevnění elektrod ke kůži (např. leukoplastí či použít samolepící elektrody) (Kadaňka et al., 1994).

De Luca píše jako optimální aplikaci elektrod do vzdálenosti 10 mm, velikost elektrody s délkou 10 mm a šířkou 1 mm. Obvykle se elektrody lokalizují do střední linie svalu přes největší svalové bříško nebo mezi motorický bod a šlachu. (De Luca, 1993).

Maximální výskyt signálu se nachází ve frekvenčním pásmu 50-150 Hz (De Luca, 1993). Zpracování EMG signálu se uskutečňuje pomocí frekvenční filtrace a případně

matematickou úpravou – rektifikací. Při měření je užito frekvenčních filtrů pro snížení vlivu arteficiálního šumu, který vzniká zejména v důsledku pohybu kabelů či při nedostatečné fixaci elektrod (Rodová et al., 2001).

„Kineziologická SEMG se zabývá především vyšetřením svalové funkce během selektovaného i komplexního pohybu, sleduje koordinaci činnosti svalů, pozoruje speciální vliv a efekt tréninkových metod, terapeutických prvků, vztah velikosti elektromyografického signálu k síle, i únavě a vliv interakce zátěže či nástroje a svalové funkce.“ (Rodová et al., 2001)

K pozitivům patří snadný přístup k fyziologickým procesům, které přímo souvisí se vznikem pohybu a produkováním síly (De Luca, 1993), neinvazivnost a relativně jednoduchý postup provedení detekce (Rodová et al., 2001).

Vyšetření povrchovou elektrodou však nemůže nahradit invazivní vyšetření jehlové. Povrchová elektroda je schopna registrovat potenciály ze svalových vláken do hloubky jen 20mm (Keller, 1999).

Povrchový EMG záznam nás informuje o průběhu rozdílů napětí na elektrodách umístěných na povrchu kůže, ale neposkytuje žádnou bližší informaci o elektrické aktivitě jednotlivých přilehlých motorických jednotek. Nevýhodou použití povrchové EMG jsou nepřesně definovatelné polohy povrchových elektrod vůči aktivním MJ jednotlivých svalů. Obecně je doporučována vzdálenost elektrod 10mm ve stopě střední linie svalu v oblasti největšího bříska svalu (De Luca, 1993). Při práci v terénu se prakticky nevyhneme náboru artefaktů, jejichž objektivní odstranění ze získaných dat je velmi problematické. Odchytky mohou být způsobeny elektrickými rušivými vlivy z okolí, mechanickými vlivy (proměnná velikost přechodového napětí mezi elektrodou a kůží), záznamem napětí z jiného svalu.

Po získání kvalitního EMG záznamu je nutné přesné optimální nastavení přístrojů, věrné zesílení průběhu rozdílů potenciálu na elektrodách (bipolární svod), zabránění artefaktům a stanovení vhodných snímacích bodů na svalu. Povrchová EMG je využívána v mnoha vědních oborech: v neurologii, neurofyziologii, fyzioterapii, ortopedii, sportovní medicíně, biomechanice, ergonomii, zoologii a dalších oborech. V biomechanice dominují tři aplikace při používání povrchového EMG: ukazatel zahájení svalové aktivace udává informace o silových přírůstcích vyvolaných jednotlivými svaly nebo skupinou svalů. V oblasti kineziologických studií se povrchové EMG využívá při vyšetřování aktivity jednotlivých svalů, timingu, tzn. aktivace konkrétního svalu v čase. EMG signál umožňuje zjistit, zda je sval aktivní či nikoli, popř. míru svalové aktivity. Dále slouží k pozorování koaktivace svalů v průběhu komplexního i selektovaného pohybu, vliv zátěže na svalovou

funkci. Umožňuje zhodnotit průběh terapeutického procesu nebo efektivitu tréninku. Pomocí povrchového EMG lze při vyšetřování komplexních pohybových vzorů sledovat okamžik a rychlost nástupu svalové aktivity vybraných svalů i relativní poměr jejich zapojení. Metodika povrchového měření EMG je uznávána jako vhodný prostředek vyšetření pro kineziologickou analýzu lidského pohybu včetně vyšetření chůze a postury (Rodová, Mayer, Vaňura, 2001).

Dlouho nebyly známy případy EMG měření v terénu pomocí neseného EMG přístroje s vlastní pamětí pro ukládání dat. Sledování bývala prováděna v laboratořích s drátovým spojením elektrod s EMG přístrojem nebo v terénu s telemetrickým přenosem informací zatíženým množstvím elektromagnetických poruch. Záznam býval znehodnocen množstvím artefaktů. Až vytvoření přenosného EMG přístroje panem Zelenkou na FTVS UK umožnilo provádět terénní měření, aniž by bylo omezeno dlouhou kabeláží. (Švehla, 2008)

7.3.2 Metodologická poznámka

Elektromyografie je metodou používající se k objektivizaci svalových funkcí, názory na ni jsou však mnohdy sporné. „Primárně je nutné se smířit s faktem, že neměříme svalovou sílu. Neměříme práci svalu. Ale měříme elektrický potenciál, který jako fenomén existuje při svalové aktivaci a který tuto aktivaci nejvěrněji ilustruje na topicky přesně vymezeném místě svalu živého organismu. Z elektrického potenciálu usuzujeme na aktivitu motorické jednotky a z té na práci svalu.“ (Kračmar et al., 2006)

Dále je nutné si uvědomit zejména:

1. Kvantitativně můžeme srovnávat pouze výsledky měření na jedné osobě bez přelepování elektrod a bez velké časové pauzy mezi měřeními (pocení, odlepení elektrody). Nevýhodou je minimální možnost zobecnění výsledků.
2. Při analýze pohybové aktivity je vhodné vybrat probanda s vysokou mírou koordinace pohybu a s pevně fixovaným hybným stereotypem.
3. Zapojení velkého počtu motorických jednotek způsobuje vzájemnou interferenci signálu, která deformuje křivku. Přibližně od zapojení 50% motorických jednotek nestoupá křivka dále lineárně, není možné poměrné posouzení svalové práce. Můžeme však konstatovat, jestli se svalová práce u jednoho svalu zvětšila nebo zmenšila mezi dvěma různými činnostmi.
4. Poměrné posouzení svalové práce mezi dvěma různými svaly není možné. Do hry vstupuje různá vodivost kůže na různých místech těla, odlišná síla podkožního tuku, různá velikost motorických jednotek (např. okohybné svaly vs. m. gluteus maximus).

5. Lokalizace elektrod je možná pouze do jednoho určitého místa svalu. Popisujeme-li aktivaci svalu, popisujeme vlastně aktivaci pouze místa svalu, kde jsou lokalizovány elektrody. Předpokládáme-li zřetězení svalových funkcí, pak při změně úhlu v kloubu se může posunout řetězec největšího zatížení v samotném svalu a znehodnotit tak výsledky měření. Východiskem je expertní vyhledání místa největší svalové kontrakce pro lokalizaci elektrod. Je samozřejmě nutné simulovat pohyb co nejvěrněji – tvar pohybu i charakteristika práce svalů ve smyslu kontrakce koncentrická vs. excentrická.“ (Kračmar et al., 2006)

7.3.3 Popis místa měření a použitého vybavení

Měření probíhalo v areálu FTVS UK ve Vokovicích v Praze 6 ve sportovní hale. Byl použit obvyklý fotbalový míč, který je schválen NCAA (National College Athletics Association) a využíván v soutěžích. Na sportovce byl připevněn mobilní přístroj EMG. Pohyb sportovce byl zaznamenán na digitální videokameru Canon HDV 1080i Sony a data z obou dvou přístrojů byla zpracována pomocí programu Dartfish.

7.3.3.1 Mobilní přístroj EMG

V experimentu bylo pro snímání elektrické aktivity svalů použito přenosného EMG zařízení KaZe05 (obr. č. 7), které bylo vyvinuto na FTVS UK v Praze. Tento přístroj disponuje 7 kanály pro přenos EMG potenciálů ze svalů a osmým kanálem pro synchronizaci EMG záznamu s videokamerou.

technické specifikace přístroje:

výrobce a autor: Karel Zelenka, UK FTVS v Praze

charakteristika: nezávislý polyelektromyografický mobilní přístroj pro snímání elektrického potenciálu svalů

počet měřících kanálů: 8 (7 kanálů pro EMG měření potenciálů svalových skupin, 1 kanál pro synchronizaci s videozáznamem)

vzorkování: 200Hz

frekvence: 30 – 1200 Hz při 3dB/kanál

stupeň citlivosti: nastavitelný v rozmezí 6 – 0,05 mV



Obr. č.7 – Ilustrační foto - Přenosné EMG zařízení KaZe05

7.3.3.2 Videokamera – technické specifikace

digitální videokamera CANON HDV 1080i SONY

rozlišení: 3,1 megapixely

frekvence snímání obrázků: 50 obr/sec.

8. Sledované svaly

Svaly, jejichž činnosti jsme pomocí EMG sledovali a měřili, byly vybrány na základě jejich funkce, jak je uvádí Čihák (Čihák, 2001), Janda (Janda, 1996), Javůrek (Javůrek, 1986) a Véle (Véle, 2006).

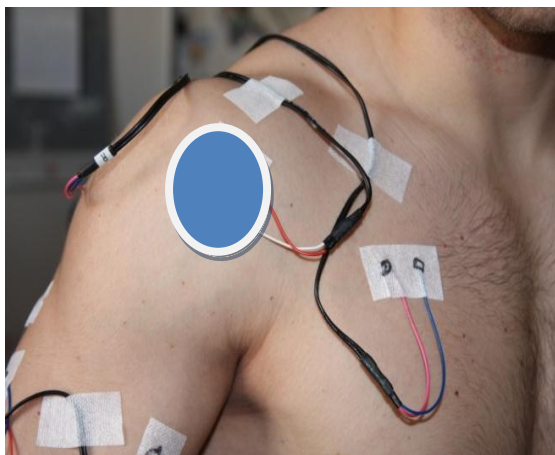
Skupinu sledovaných svalů tvořily tyto svaly:

7. musculus deltoideus pars clavicularis
8. musculus deltoideus pars spinalis
9. musculus triceps brachii
10. musculus biceps brachii
11. musculus serratus anterior
12. musculus trapezius medialis
13. musculus pectoralis major

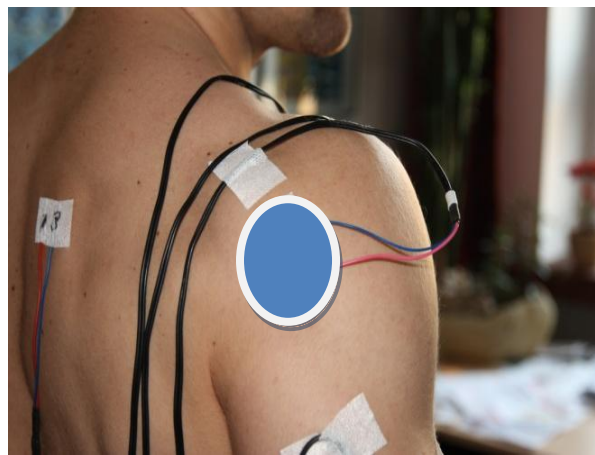
M. deltoideus: spojuje klíční kost s lopatkou a s humerem. Má tři funkčně odlišné části. Přední část provádí ventrální flexi paže (předpažení), působí při horizontální addukci, antevertzi ramene, abdukci a vnitřní rotaci paže. Střední část provádí abdukci paže. Zadní část provádí horizontální extenzi, podporuje extenzi a zevní rotaci paže. Tonus tohoto svalu přispívá k udržení hlavice glenoidálního kloubu v kloubní jamce a tím přispívá ke stabilizaci ramenního kloubu. (Véle, 2006). EMG byla použita na m.deltoideus pars clavicularis a pars spinalis.



Obr. č.8 *m.deltoideus* (Travell, Simons, 1999)

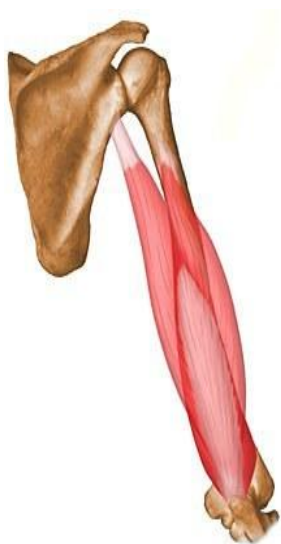


Obr. č.9 ilustrační foto, umístění na *m.deltoideus pars clavicularis*

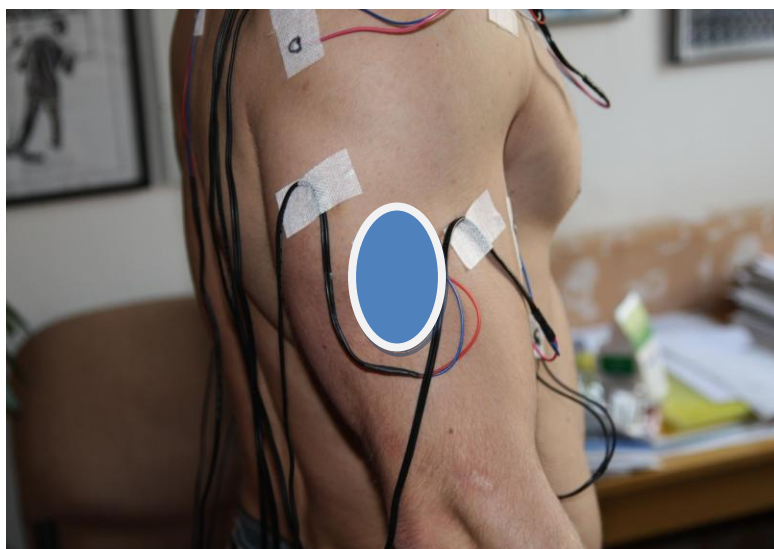


Obr. č.10 ilustrační foto, umístění na *m. deltoideus pars spinalis*

M. triceps brachii: jeho všechny tři hlavy končí na ulně a spojují s ní přes caput longum lopatku, přes caput mediale humerus a přes caput laterale rovněž humerus. Je to extenzor v lokti a caput longum se podílí i na abdukci a extenzi v ramenním kloubu. (Véle, 2006). Měřili jsme EMG m. triceps brachii caput longum.



*Obr.č.11 m. triceps
(Travell, Simons, 1999)*

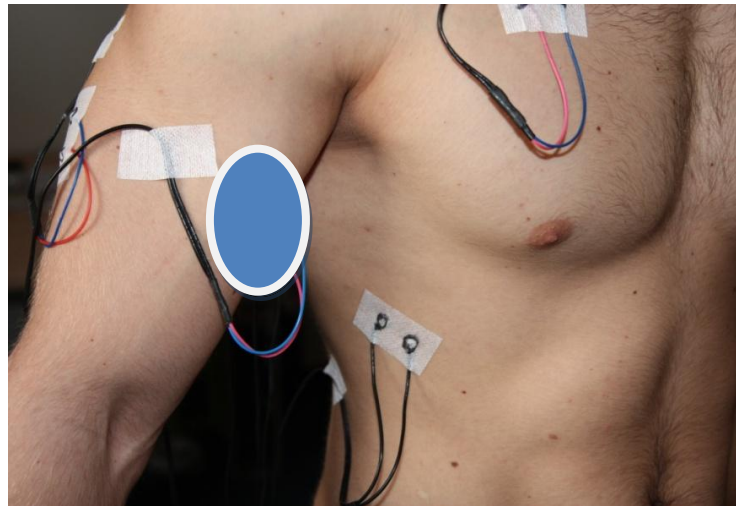


Obr. č 12 ilustrační foto, umístění elektrod

M. biceps brachii: je to dvoukloubý sval. Caput longum spojuje lopatku s radiem, caput breve spojuje rovněž lopatku s radiem. Sval působí jednak na rameno, kde caput longum provádí abdukci a caput breve addukci paže, jednak na loketní kloub, kde provádí flexi v lokti se značným supinačním účinkem. (Véle, 2006).

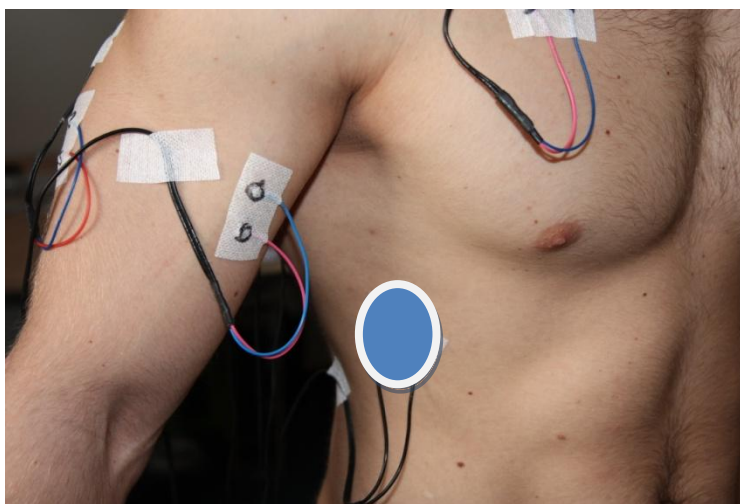
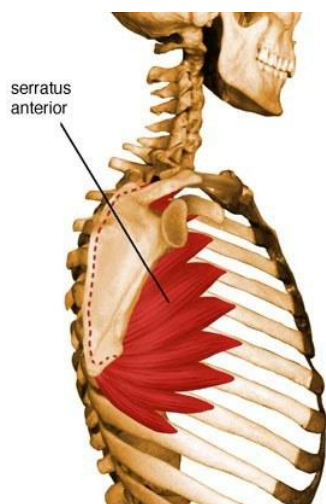


*Obr.č.13 m. biceps brachii
(Travell, Simons, 1999)*



Obr. č.14 ilustrační foto, umístění elektrod

M. serratus anterior: spojuje žebra 1-9 s lopatkou. Podílí se na abdukci paže, umožňuje vzpažení, fixuje a stáčí lopatku dolním úhlem laterálně. Horní část zvedá horní úhel lopatky, střední část je antagonistou transverzálních snopců m. trapezius a dolní část umožňuje vzpažení nad horizontálu. (Véle, 2006)

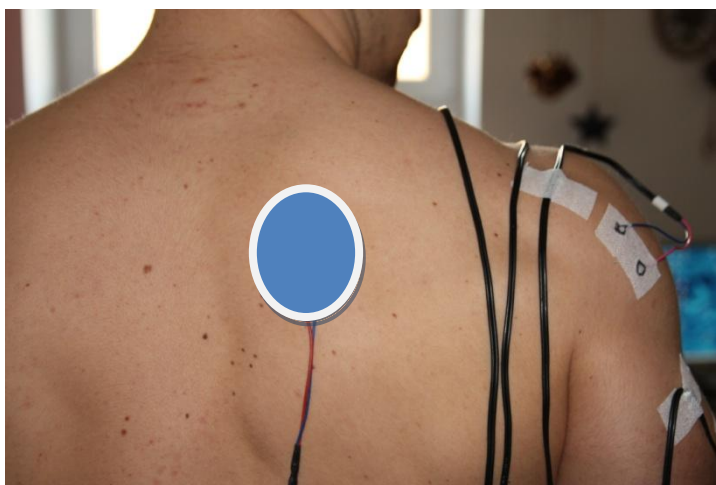


*Obr.č. 15 m. serratus anterior Obr. č.16 ilustrační foto, umístění elektrod
(Travell, Simons, 1999)*

M. trapezius: propojuje hlavu s osovým orgánem (obratle, lopatka, klíční kost). Dělí se na tři hlavní funkční části. Horní část elevuje ramenní pletenec, extenduje hlavu proti šíji a rotuje ji kontralaterálně. Střední část addukuje lopatku a posouvá rameno dozadu. Dolní část provádí depresi lopatky a ramene. Jako celek přitlačuje m. trapezius obě lopatky ke hrudníku pro zpevnění ramenního pletence při nesení těžšího břemene. U rozsáhlého plochého svalu je schopen každý jednotlivý úsek svalu pracovat jako by šlo o samostatnou hlavu svalu, a proto někteří rozdělují sval na více částí. (Véle, 2006).



Obr.č.17 m. trapezius
(Travell, Simons, 1999)

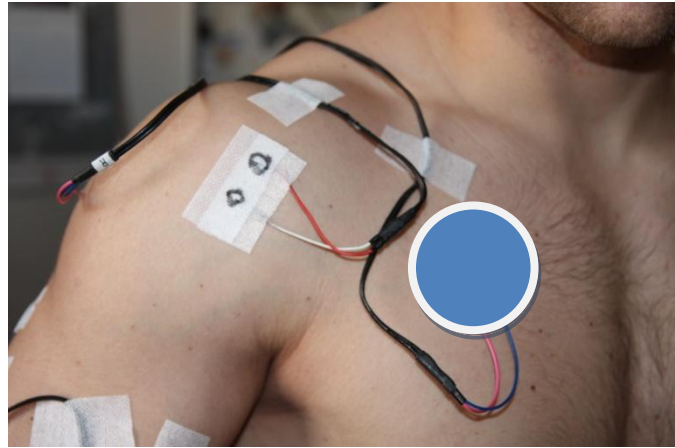


Obr. č.18 ilustrační foto, umístění elektrod

M. pectoralis major: má tři části – pars clavicularis, pars sternocostalis a pars abdominalis. Pars clavicularis působí ventrální a horizontální flexi a účastní se na addukci a vnitřní rotaci paže. Pars sternalis et abdominalis provádějí extenzi, addukci, horizontální flexi a spolupůsobí při vnitřní rotaci paže. (Véle, 2006)



Obr.č.19 *m. pectoralis*
(Travell, Simons, 1991)



Obr. č.20 ilustrační foto, umístění elektrod

8.1 Stanovení významných začátků a ukončení aktivace svalů

Kombinace kvalitativně – kvantitativního posouzení se bude týkat především průběhu EMG křivky.

Při evaluaci křivky vycházíme z 10% hodnoty na ose y. Jako 100% je stanovena výška amplitudy tzv. maximálního relativního „peaku“ (lokálního maxima). Tímto postupem snižujeme chybu způsobenou zápisem EMG potenciálů a přítomného šumu, omezujeme i vliv stálého, snad posturálního, EMG potenciálu.

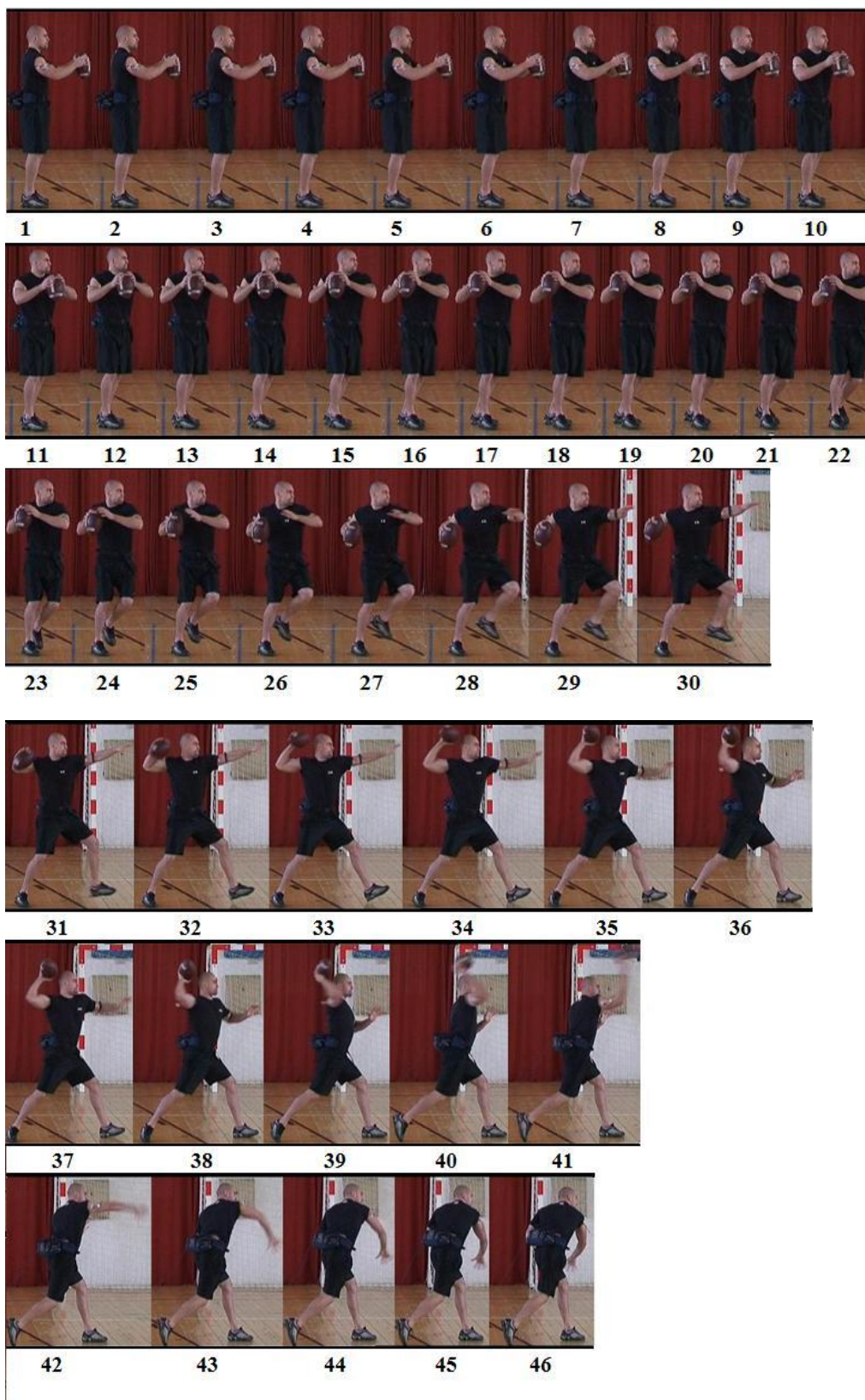
Na základě takto stanovených významných začátků a ukončení aktivace jsme schopni posoudit timing nástupu a odeznění aktivace mezi jednotlivými svaly. Z této skutečnosti plyne výhodnost použití povrchového EMG in vivo pouze při intraindividuálním sledování, tedy i při srovnávací analýze, kterou náš výzkum je (Véle, 2005).



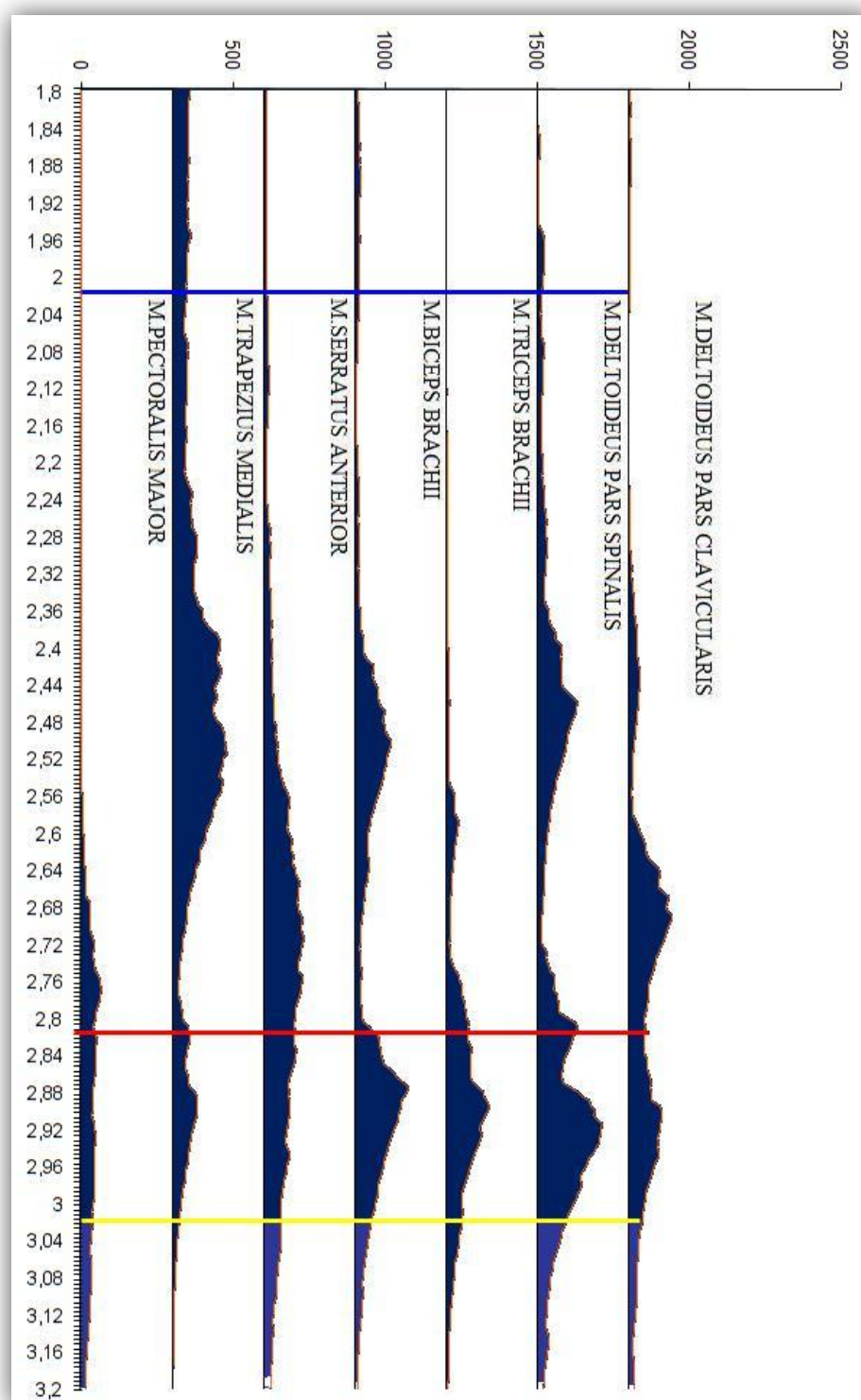
Obr. č.21 - Kombinace kvalitativně – kvantitativního vyhodnocení dat

9. Výsledková část

9.1 Drop back pass / Přihrávka s výkrokem



Obr.č.22 kinogram drop back pass

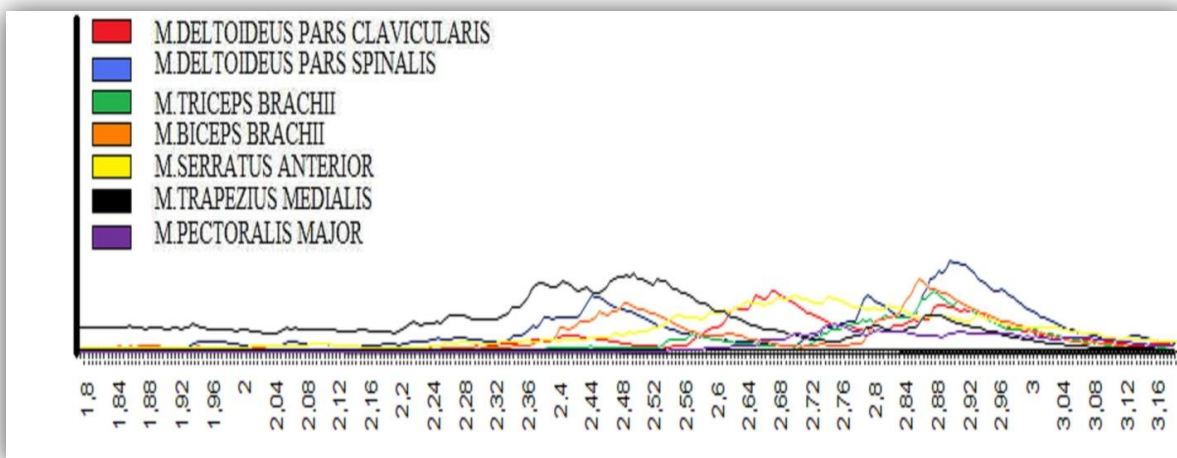


Legenda *modrá osa – zahájení pohybu*
červená osa – vypuštění míče
žlutá osa – dokončení pohybu

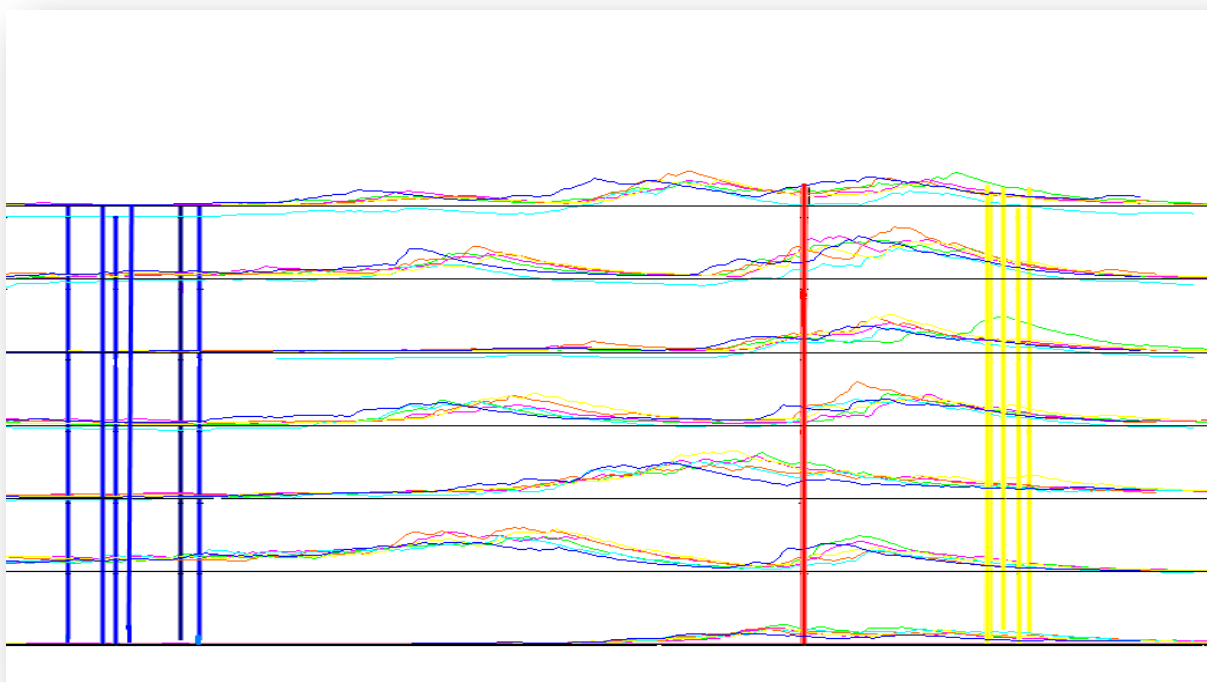
Graf č.1 EMG drop back pass

9.1.1 Popis intenzity EMG

Při drop back passu se jako první nejvíce zapojuje m.trapezius medialis, který si konstantně udržuje míru aktivace od prvního pohybu měření (modrá osa), po čase 2,2s začne lehce narůstat, avšak poté stále drží konstantní hodnoty až do 2,36s, kdy stupňovitě vzroste do dalších konstantních hodnot, zde dosahuje svého lokálního maxima 2,5s, které se drží relativně dlouho do 2,56s a posléze upadávají až do doby vypuštění míče (červená osa), ve které minimálně oproti ostatním měřeným svalům vzroste a opět stupňovitě minimálně narůstá až do 2,92s. Tento druhý stupňovitý nárůst dosahuje přibližně stejných hodnot jako při začátku pohybu. V čase 3,02s zcela aktivace svalu mizí. Musculus serratus anterior je od začátku jen nevýrazně aktivován, avšak v době 2,5s se začíná jeho aktivace zvětšovat a v 2,72s dosahuje svého lokálního maxima. Jelikož je to antagonist, maximum se nachází v době, kdy m.trapezius medialis ve své aktivitě upadá. Při vypuštění míče m. serratus anterior již nedosahuje svého maxima a posoupně upadá až do dokončení pohybu. Musculus deltoideus pars clavicularis se aktivuje velice nevýrazně od 2,3s do 2,5s v 2,6s prudce vzrůstá jeho křivka, v 2,68 dosahuje svého maxima. Ve chvíli odhodu míče dosahuje aktivace svalu zhruba polovičních hodnot. Druhé lokální maximum dosahuje svého maxima 2,90s, to však nedosahuje stejných hodnot jako první maximum. Musculus deltoideus pars spinalis se aktivuje dříve než pars clavicularis a to už v době 2,36s, vrchol prvního lokálního maxima nastává v 2,46s a posléze pomalu klesá do nulových hodnot. Druhé lokální maximum začíná v 2,72s a má dva vrcholy. První dosahuje maxima téměř v době vypuštění míče a druhý v čase 2,92. Musculus biceps brachii se aktivuje v čase 2,4s a svého lokálního maxima v 2,5s, ustálení v blízkosti nulové aktivace trvá až do doby vypuštění míče, kdy prudce vzroste do svého maxima v čase 2,88s. Musculus triceps brachii se zanedbatelně aktivuje 2,56s až 2,6s, hlavní vrchol narůstá dříve než u m.biceps brachii v 2,78s a to před vypuštěním míče a svého maxima dosahuje téměř v polovině rozmezí linie vypuštění a dokončení pohybu, čas 2,9s. Musculus pectoralis major se jeví jako nejméně vytížený sval, svého zanedbatelného lokálního maxima dosahuje v 2,77s krátce před vypuštěním míče a upadá velmi pozvolna až do dokončení pohybu.



Graf č.2 srovnání zapojení jednotlivých svalů při pohybu



Graf č.3 stálost provedení

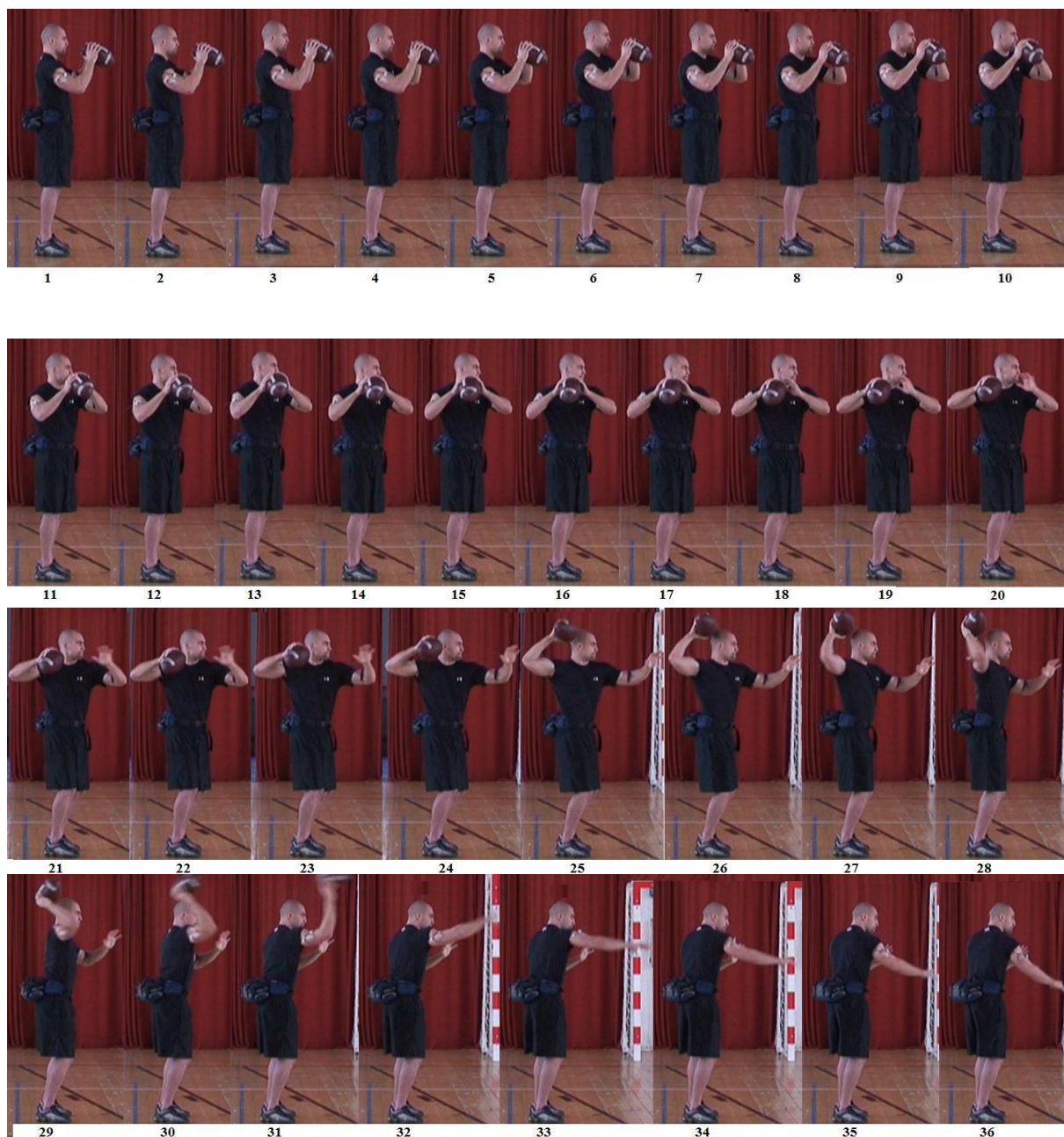
9.1.2 Diskuse

Od začátku pohybu, který je vyznačen modrou linií, jasně vede ve své aktivaci musculus trapezius medialis, jeho peak nevzrůstá ani neklesá zcela strmě, dovolili bychom si tvrdit, že od začátku měření až po náprah paže s míčem k rameni se aktivuje nejvíce ze všech měřených svalů. Aktivita klesá v momentě, kdy loket přechází v první fázi horního oblouku vpřed a energii pohybu vynakládá jako antagonistu musculus serratus anterior. M. trapezius medialis se minimálně zapojuje až do chvíle odhození míče, po které svoji činnost obnovuje spíše jako stabilizaci ve směru pohybu.

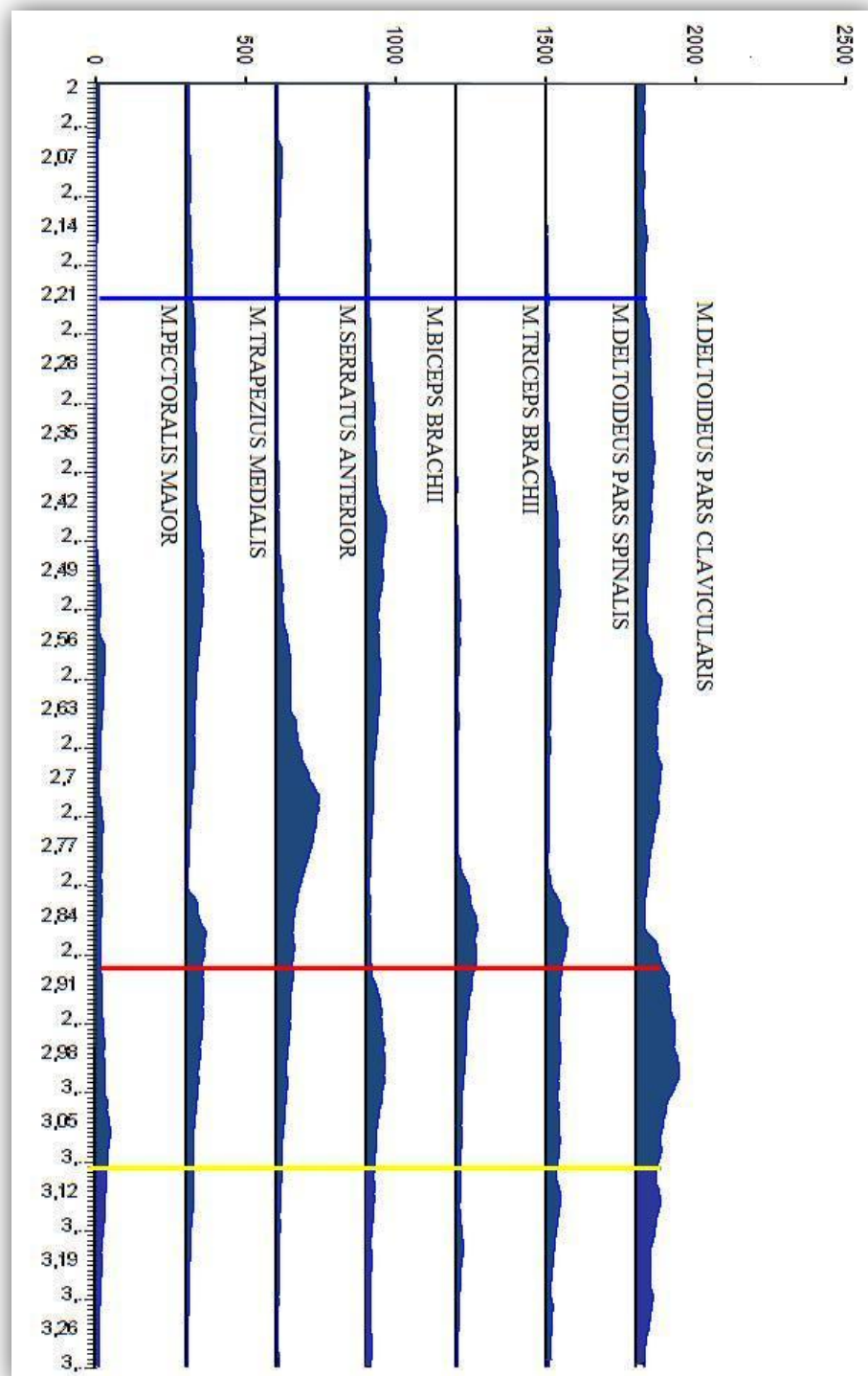
Nejméně aktivovaný sval je musculus pectoralis major, jeho nejvyšší lokální maxima jsou téměř před vypuštěním míče, což napovídá, že se podílí na poslední korekci směru odhodu a spirálovité rotaci míče. Jako nejvíce diferenciovaný sval vyhlíží musculus deltoideus, u kterého jsme měřili přední část pars clavicularis a zadní pars spinalis. Zadní část se aktivuje dříve než přední, což bychom přisuzovali k pohybu paže vzad jako první část náprahu.

Přední část se poprvé aktivuje v 2. fázi po náprahu lokte do pravého úhlu k boku těla, kde se hromadí energie ke švihů. V tento moment se vrcholy aktivace sinusoidně střídají. Změna nastane ve chvíli odhodu míče, kdy strmě vzroste jeden z dvou vrcholů pars spinalis. Pars clavicularis prakticky nezměňuje podíl v dosavadním pohybu. Podle grafu pak můžeme porovnat zapojení obou částí svalu a konstatovat větší zapojení pars spinalis po vypuštění míče až do dokončení pohybu. Musculus biceps brachii svojí aktivitu projevuje již před začátkem náprahu a to od roztržení rukou od míče až po samotný náprah k rameni, kde jeho aktivace klesá a nastupuje vyšší aktivace musculus triceps brachii, který tvoří extenzi paže, avšak během pohybu se paže dostává do rotace, tudíž se biceps a triceps dělí o společnou práci. Ke konci pohybu převládá aktivace bicepsu.

9.2 Play-action pass / Přihrávka bez výkroku



Obr.č. 23 kinogram play-action pass



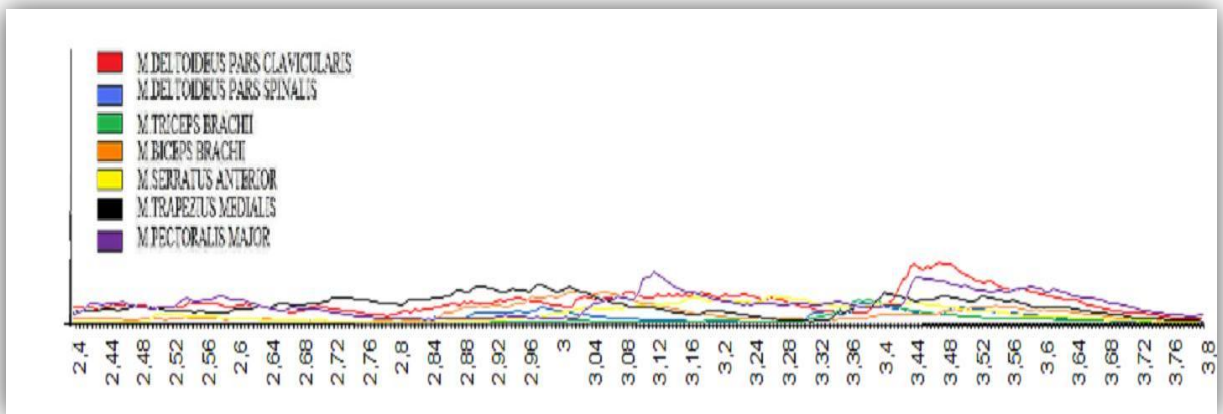
Graf č.4 EMG play-action pass

9.2.1 Popis intenzity EMG

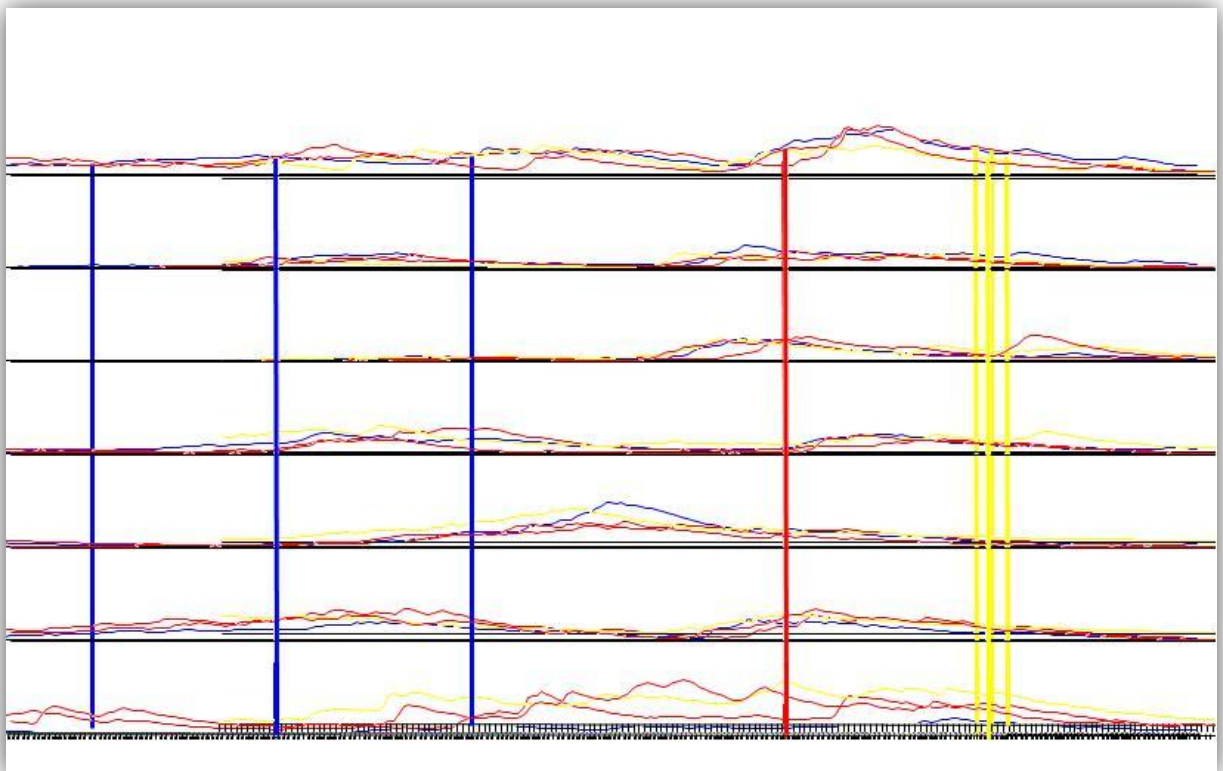
Musculus deltoideus pars clavicularis převyšuje ve svém využití všechny ostatní měřené svaly. Od začátku měření pohybu se silně aktivuje a v 2,56s ještě lehce narůstá. Před vypuštěním míče klesá, avšak v čase 2,84 prudce vzroste a v navyšování hodnot pokračuje přes červenou lini. Vysoké hodnoty klesají pozvolna do doby ukončení pohybu v 3,0 s. Zadní strana deltoidea má malou pozvolnou aktivaci od 2,4s do 2,6s. V době klesání přední strany se pars spinalis aktivuje asi nejvíce v 2,9s dosahuje svého lokálního maxima a pozvolna klesá přes vypuštění míče až po dokončení pohybu.

Musculus triceps brachii se aktivuje téměř ve stejnou dobu jako zadní strana deltoidea, avšak jeho útlum přichází rychleji a končí ještě před dokončením celého pohybu. Musculus biceps brachii se pozvolna začíná zapojovat už na začátku pohybu v 2,28s a svého lokálního maxima dosáhne v 2,45s posléze pozvolna upadá až do červené linie, kdy začíná jeho další vrchol. Druhý vrchol nemá strmý nástup ani ústup a svého relativního lokálního maxima dosahuje v 2,99s. Musculus serratus anterior se aktivuje v 2,49s a jako jediný sval ve svém zapojení strmě narůstá a svého vrcholu dosahuje v 2,76s, stejně tak upadá přes linie vypuštění míče a dokončení pohybu.

První vrchol musculus trapezia medialis je velice rozsáhlý v čase, ale nedosahuje takových hodnot jako m.serratus anterior. Aktivace začíná v zahájení pohybu 2,21s, vrchol lokálního maxima se nachází 2,5s a téměř se vytrácí v 2,78s. Nástup druhého vrcholu, který dosahuje vyšších hodnot než první, je v 2,81s a v 2,85s svého lokálního maxima, po kterém klesá až do dokončení pohybu. Musculus pectoralis major je očividně nejméně zapojený sval, nicméně svoji slabou aktivaci si drží od 2,48s až do dokončení pohybu 3,1s.



Graf č.5 srovnání zapojení jednotlivých svalů při pohybu



Graf č.6 stálost provedení pohybu v grafu

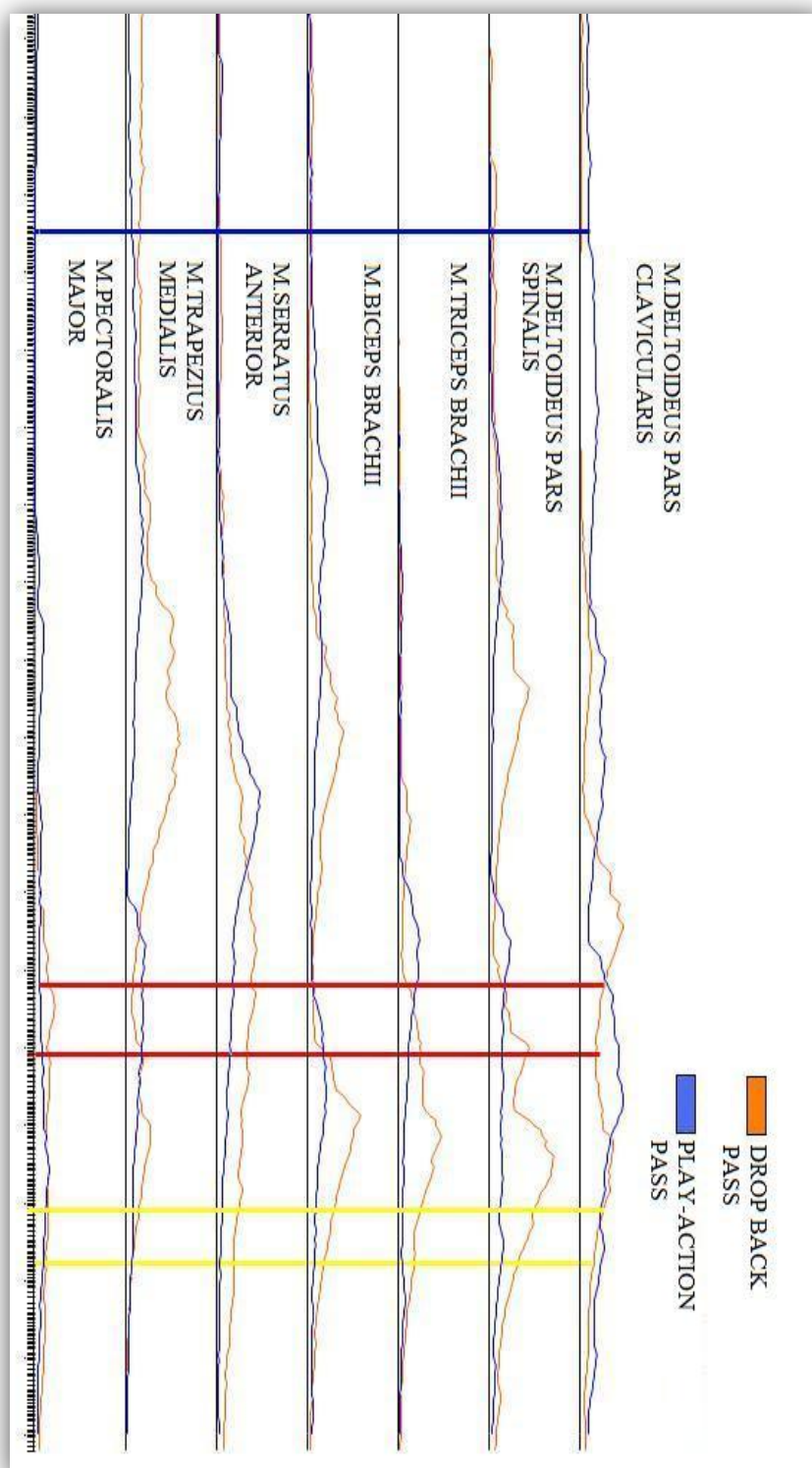
9.2.2 Diskuse

Při play-action passu je podle grafu nejvytíženějším svalem musculus deltoideus pars clavicularis, který se z velké části aktivuje už při samém začátku pohybu a svého vrcholu dosáhne po odhození míče a zároveň dokončování pohybu. Tuto skutečnost bychom přikládali k rozložení smyčky hodu, která je poměrně krátká a tak se ve větší míře o práci nedělí s ostatními pomocnými svaly.

Velký nárůst aktivace po odhození způsobuje předpažení paže, které dopomáhá k zacílení odhodu. Podle aktivace m. deltoideus pars spinalis usuzujeme, že se sval podílí spíše jako stabilizátor pohybu v rameni. Musculus triceps brachii svou aktivitu projevuje při vypouštění míče, tudíž při extenzi paže do předpažení. Musculus biceps brachii se lehce zapojuje od začátku pohybu, domníváme se, že je to indikátor stabilizace míče i moment roztržení rukou od míče až po začátek nápřahu k rameni. Dále se projevuje při rotaci paže, kdy přebírá práci za m. triceps brachii. Musculus serratus anterior se jeví jako hlavní hnací síla při odhodu, což dokazuje, strmý nástup aktivace v grafu. Musculus trapezius medialis se zapojuje po celou dobu pohybu, nejvyšší hodnoty se projevují u vypuštění míče, kdy trapez přitahuje rameno a paži v úrovni hlavy.

Musculus pectoralis major je nejméně využitým svalem, ve funkčnosti se projevuje spíše jako stabilizátor pohybu i jako usměrňovač spirální rotace míče.

9.3 Srovnání drop back pass a play action pass



Graf č.7 srovnání grafů drop back pass a play-action pass

9.3.1 Diskuse

Při drop back passu jsou hlavními svaly vedoucí pohyb musculus trapezius medialis, musculus serratus anterior a musculus deltoideus, který si předává zapojení od zadní části k přední. Oproti tomu při play-action passu větší míru přebírá musculus deltoideus pars clavicularis a musculus serratus anterior. Po vypuštění míče je větší míra aktivace svalů u drop back passu než u druhého způsobu hodů, což napovídá o větší nahromaděné energii pohybu, u play-action passu svaly spíše doznívají. Největší rozdíl asi tvoří m.deltoideus pars spinalis, při drop back passu po vypuštění míče vytvoří křivku v grafu se dvěma vrcholy a při play-action passu aktivita jen klesá.

Po porovnání grafů lze usoudit, že drop back pass je výhodnější pro využití delších či rychlejších přihrávek. Na druhou stranu při play-action passu hráč nepotřebuje posloupné zapojení všech svalů a zvládne krátkou přihrávku, o kterou se dělí ve větší míře m. serratus anterior a m. deltoideus pars clavicularis, která je vhodná v časově omezených situacích.

10. Závěr

Dle kinogramů můžeme tvrdit, že pohyb je velice podobný, avšak grafy jasně ukazují, že aktivace je zcela odlišná, tudíž se hody liší.

Nemůžeme tedy předpokládat, že k naučení jedné dovednosti dojde k ovlivnění druhé dovednosti.

Po srovnání grafů jednotlivých pokusů stejných druhů hodů se ukazuje podoba provedení, tato podobnost poukazuje na zvládnutí dovednosti u sledovaného sportovce, což jsme očekávali, protože se jedná o hráče, který má dlouhodobé zkušenosti.

Podle výsledků práce je povrchová elektromyografie vhodná k popisu typu hodů vrchním obloukem.

11. Literatura

1. BASS, T., *Football skills and drills*. Illinois: Champaign, 2004. 201s. ISBN 0-7360-5456-1.
2. BASS, T., *Play football the nfl way*. New York: ST.Martin's Griffin, 1990. 413s. ISBN 0-312-05947-7.
3. BARTLETT, R., *Sport biomechanics: Reducing Injury and Improving Performance*. New York: E & FN Spon, 1999.
4. BOWY, E., *American football: vom kick-off zum touchdown*. Berlin: Weinmann, 2002. 228s. ISBN 3-87892-054-7.
5. ČIHÁK, R., *Anatomie I*. 2. vyd. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-7169-970-5.
6. DOBRÝ, L., SEMIGINOVSKÝ, B. (1988). *Sportovní hry: Výkon a trénink*. Praha: Olympia.
7. DOVALIL, J., A KOL. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2002. 336 s.
8. DUFEK, J., *Elektromyografie*. Brno : Idvpz, 1995. ISBN 80-7013-208-6.
9. DE LUCA, CJ., *The use of Surface Electromyography in Biomechanics. The international Society for Biomechanics* (online). 1993. Dostupné z: <http://www.delsys.com/> .
10. HUGHES, M., BARLETT, R., (2002). *The use of performance indicators in performance analysis. J. Sports Science*, roč. 20, č. 5, s. 739-754. ISSN 0264-0414.
11. JANDA, V., *Funkční svalový test*. Praha: Grada Publishing, 1996. ISBN 80-7169-208-5.
12. JAVŮREK, J., *Vybrané kapitoly z klinické kineziologie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1986.
13. KADAŇKA, Z., BEDNAŘÍK, J., VOHÁŇKA, S. *Praktická elektromyografie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1994. ISBN 80-7013-181-0.
14. KASMAN, G., *Using surface elctromyography*. [on-line]. © 2008 [cit. 29.11.2007]. Dostupné na www.: <http://www.rehabpub.com/ltrehab/12002/5.asp> .
15. KELLER, O., *Obecná elektromyografie*. Praha: Triton, 1999. ISBN 80-7254-047-5.
16. KOEHLER, M., *Complete book of drills for winning football*. New Jersey: Paramus, 2000. 377s. ISBN 0-13-087046-3.
17. KOLÁŘ, P., *Systematizace svalových dysbalancí z pohledu vývojové kineziologie. Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2001, č. 4, s. 152 – 164.

18. KOLÁŘ, P., *Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů – diagnostika. Rehabilitace a fyzikální lékařství* 2006, č. 4, s. 155-170.
19. KRAČMAR, B., *Kineziologická analýza sportovního pohybu*. Praha: Triton, 2002. ISBN 80-7254-282-3.
20. NOVOTNÝ, P. O., *Současné možnosti využití povrchové elektromyografie pro potřeby funkční a zátěžové diagnostiky* [on-line]. © 2003 [cit. 11.11.2007]. Dostupné na www.: <http://www.ftvs.cuni.cz/eknihy/sborniky/2003-11-20/rtf/P4-009%20-%20Novotny4p-e.rtf> .
21. RODOVÁ, D., MAYER, M., JANURA, M. *Současné možnosti využití povrchové elektromyografie. Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2001. č. 4, s. 173 – 177 .
22. SCHMIDT, R., CRAIG, W. *Motor learning and performance. From principles to practice*. Champaign : Human Kinetics, 1991. 301 s.
23. SUCHOMEL, T., *Stabilita v pohybovém systému a hluboký stabilizační systém – podstata a klinická východiska. Rehabil. fyz. Lék.* 2006, č. 3, s 112-124.
24. SÜSS, V., ZAHÁLKA, F. *Diagnostika herních dovedností jako součást kvalitativní analýzy. In Pedagogická kinantropologie ' 98. Sborník z vědeckého semináře. Praha, 1999. s. 83 – 85.*
25. SÜSS, V., *Význam indikátorů herního výkonu tréninkového procesu. Vědecká monografie Praha: Karolinum, 2006. s. 173, ISBN 80-246-1162-7.*
26. SÜSS, V., PRAVEČKOVÁ, P., KRAČMAR, B., *Příklad využití povrchové elektromyografie pro evaluaci hodů v softballu. In. HOLIENKA, M., MAČURA, P. (Ed) Zborník vedeckých prác katedry hier FTVŠ Bratislava č. 6 Bratislava: FTVŠ UK 2006 s. 91-97.*
27. TRAVELL, J., G., SIMONS, S., D., G. *Myofascial pain and dysfunction: the triggerpoint manual*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1999.
28. TROJAN, S., DRUGA, R., PFEIFFER, J., VOTAVA, J. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-2470-031-X.
29. VÉLE, F., *Kineziologie*. 2. vyd. Praha : Triton, 2006.
30. VÉLE, F., *Ústní sdělení*. Praha: Univerzita Karlova, FTVS, 2005.
31. VÉLE, F., *Ústní sdělení*. Praha: Univerzita Karlova, FTVS, 2004.
32. VÉLE, F., *Kinesiologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-256-5.
33. VÉLE, F., *Kinesiologie posturálního systému*. Praha: Univerzita Karlova, 1995. ISBN 80-7184-100-5.

34. VOJTA, V., *Mozkové hybné poruchy v kojeneckém věku: včasná diagnóza a terapie*. Praha: Grada, 1993. ISBN 80-85424-98-3.
35. VOJTA, V., PETERS, A. *Vojtův princip*. Praha: Grada, 1995. s. 25, 39, 95. ISBN 80-7169-044-X.

Diplomové práce

SEDLISKÁ, V., *Analýza aktivity vybraných svalů dolních končetin při zatáčení na carvingových lyžích a porovnání s jejich aktivitou při volné bipedální chůzi*.

Diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova, FTVS, 2007.

ŠVEHLA, P., *Kineziologická analýza činnosti vybraných svalových skupin při hodu vrchním a spodním obloukem v softbalu*. Diplomová práce. Praha: Univerzita

Karlova, FTVS, 2008.

Elektronické zdroje

URL: < <http://www.americanyouthfootball.com/images/huddlepix.jpg> > [cit. 26. 8. 2009]

URL: <http://www.caaf.cz/images/tisk/sport_20030626_1.jpg> [cit. 19.4. 2007]

URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_American_football> [cit. 14. 6. 2009]

URL: <<http://praguelions.webz.cz/Historie.html>> [cit. 7.4.2007]