

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu



Analýza hodu vrchním obloukem pomocí povrchové
elektromyografie

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Doc. PhDr. Vladimír Süss, Ph.D.

Zpracovala:

Kristýna Říhová

září 2009

Abstrakt:

- **Název práce:** Analýza hodů vrchním obloukem pomocí povrchové elektromyografie.
- **Cíle práce:** Změřit a popsat strukturu zapojování vybraných svalů hráčky během softballového hodů vrchním obloukem a zjistit na základě porovnání jednotlivých pokusů, zda je technika provedení sledované hráčky stabilní.
- **Metoda:** Povrchová EMG analýza a jednoduchá kinematická analýza.
- **Výsledky:** Na základě analyzovaných výsledků lze hodnotit techniku provedení u sledované hráčky jako stabilní.
- **Klíčová slova:** softball, hod vrchním obloukem, elektromyografická analýza, kinematická analýza

Abstract:

- **Title:** Analysis of overhead throw by means of the surface electromyography.
- **Purposes:** To measure and describe selected muscles of player during softball overhead throw and find out on the basis of comparing single throws, if the technique of performance of choosed player is stability.
- **Methods:** Surface electromyography and simple kinematics analysis.
- **Results:** On the basis of analysed results is possible to evaluate the technique of performance of player as stability.
- **Key words:** softball, overhead throw, surface electromyography, kinematics analysis

Touto cestou bych chtěla poděkovat všem, kteří mi s prací pomohli, zejména
Doc. PhDr. Vladimíru Süsovi, Ph.D. a Doc. PaedDr. Bronislavu Kračmarovi, CSc.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem použila pouze
literaturu uvedenou v seznamu bibliografické citace. Kristína Říhová

Svoluji k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům.

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

Obsah

1. Úvod.....	6
2. Teoretická východiska	7
2.1 Charakteristika softballu	7
2.2 Druhy hodů v softballu	10
2.2.1 Technika hodu vrchním obloukem	11
2.2.2 Biomechanika hodu	14
2.3 Kineziologie.....	15
2.3.1 Struktura a funkce svalu.....	17
2.3.2 Vybrané svaly a jejich funkce.....	19
3. Cíle a úkoly práce	29
4. Metodika práce.....	30
4.1 Charakter výzkumu.....	30
4.2 Charakteristika sledovaného souboru	30
4.3 Charakteristika použitých metod	30
4.4 Metody hodnocení	36
4.5 Organizace výzkumu	36
5. Výsledky a diskuse	38
5.1 Výsledky analýzy EMG.....	41
5.2 Výsledky kinematických analýz	53
5.3 Výsledky korelační analýzy	58
6. Závěr	61
7. Seznam použité literatury	64

1. ÚVOD

Předkládaná diplomová práce se zabývá analýzou softballového hodu vrchním obloukem pomocí povrchové elektromyografie. Elektromyografie patří mezi elektrofyzilogické techniky, které napomáhají hodnocení funkčního stavu motorického systému. Pomocí povrchové elektromyografie lze zachytit elektrický potenciál svalů a zjistit tak jejich aktivitu při různých pohybech. Diplomovou práci jsme směřovali do oblasti softballu. Softball hraji již řadu let a v současné době trénuji mladší žákyně. Proto se moje pozornost stále více soustřeďuje na technickou stránku a provedení jednotlivých dovedností v softballu vzhledem k tomu, že své zkušenosti a naučené dovednosti předávám mladší generaci.

V této práci jsme se ale museli zaměřit na užší okruh, a proto jsme ze softballových dovedností vybrali jednu z nejdůležitějších činností uplatňující se ve hře, kterou musí ovládat každý softballista. Tou je právě hod vrchním obloukem. Umět dobře házet je totiž v softballu velmi důležité, často je však tato dovednost při tréninku zanedbávána.

Diplomová práce se skládá z teoretické a empirické části. Teoretická část se člení do tří tematických okruhů. Prvním je charakteristika softballu. Druhé téma se věnuje tematice týkající se hodů obecně a dále podrobně popisuje biomechaniku hodu a jednotlivé fáze hodu vrchním obloukem. Třetí celek je věnován kineziologii a objasňuje funkci svalů.

Hlavním cílem empirické části je analýza EMG záznamů získaných měřeními a jednoduchá kinematická analýza pohybu. Náplní empirické části bylo provedení funkčního vyšetření a pořízení videozáznamu, následná analýza a rozbor za účelem zjištění zapojování svalů v průběhu pohybu a zjištění, zda je technika hodu sledovaného probanda stabilní.

2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

2.1 Charakteristika softballu

Charakteristika pálkovacích her

Softball je týmová pálkovací hra, kterou Tábořský a kol. (2007) řadí mezi neinvazivní hry. Charakteristickým rysem neinvazivní hry je boj soupeřů o společný předmět střídavě. V hrách pálkovacího typu plní strana, která je v držení společného předmětu (v případě softballu jde o softballový míč), úkoly obranné. Body získávají za přeběhy met do cílového prostoru hráči družstva, které v té chvíli nemá předmět hry. Bránící družstvo je na hrací ploše v plném počtu, útočníci vstupují do hry postupně. Bránící družstvo se snaží útočníky ze hry vyřadit (vyautovat) dříve, než dosáhnou cílové mety, díky čemuž by útočící družstvo získalo bod. Po dosažení určitého počtu vyautovaných soupeřů dochází k výměně obranných a útočných rolí. Tato výměna se označuje jako směna. Trvání utkání je limitováno určeným počtem směn. (Tábořský a kol., 2007)

Charakteristika softballu

Jak jsme již uvedli, softball řadíme mezi neinvazivní pálkovací hry, a to do subkategorie pálkovací hry s běžci. V této hře proti sobě hrají dvě družstva o devíti hráčích. Hráči v útoku (pálkaři) a hráči v obraně (polaři) se ve svých úlohách střídají. Pálkaři nastupují podle předem stanoveného pořadí na pálku a snaží se odpálit soupeřem nadhozený míč do pole tak, aby odpal mohli využít k běhu po metách. Po odpalu se role pálkaře mění v roli běžce. Běžec, který proběhne přes všechny čtyři mety, získává pro své družstvo bod. Polaři se snaží pravidly dovoleným způsobem zamezit postupu soupeřů, znemožnit jim bodování a především je vyřadit (vyautovat). Po vyřazení tří soupeřů (po třech autech) se role polařů a pálkařů vymění (Tábořský a kol., 2007).

Ačkoliv se jedná o hru kolektivní, každý polař v obraně má svou specifickou funkci, která také dává hráči možnost individuálně vyniknout. Z fyzického hlediska jde o sport velice všestranný, jsou zde zapojeny všechny svalové skupiny.

Funkční a metabolická charakteristika sportovního výkonu v softballu

Softball patří do skupiny acyklických neperiodicky prováděných cvičení, kde každý prvek (hod, zpracování míče, odpal) je samostatným a ukončeným dějem. Návaznost jednotlivých akcí není stereotypním dějem, ale je podmíněna okamžitou herní situací, způsobem hry, technikou a taktickou vyspělostí hráčů. Hra je náročná na rychlostní a vytrvalostní schopnosti, neboť průměrná doba utkání v softballu je 1 – 1,5 h.

Softball je sportovní hrou, ve které po každém zatížení následuje odpočinkový interval, při kterém hodnoty zatížení klesají. Intenzita zatížení v utkání značně kolísá nejen v závislosti na průběhu hry, ale je také ovlivněna herní funkcí hráče, která kromě specifického postavení na hřišti vyžaduje plnění specifických dovedností různé intenzity. Zatížení v softballu je tedy intervalového charakteru. Střídají se v něm krátké intervaly zatížení submaximální až maximální intenzity, trvající přibližně 5 až 20 sekund a intervaly, jejichž intenzita je podprůměrná. Nepravidelnost v průběhu hry se odráží v proměnlivé intenzitě metabolismu hráčů, který je adekvátní objemu vykonané práce (Melichna, 1995; Táborský a kol., 2007).

Herní činnost

Jak popisuje Táborský a kol. (2007), obsahem sportovní hry je souhrn všech teoretických herních činností. Herní činnost je individuální, skupinová nebo týmová herní dovednost zaměřená k plnění herních úkolů.

Podle počtu hráčů zúčastněných na plnění konkrétního herního úkolu rozlišujeme herní činnosti jednotlivce, herní kombinace a herní systémy.

V softballu dále rozlišujeme činnosti, které jsou uskutečňovány v útoku nebo v obraně. Podle toho rozlišujeme útočné a obranné činnosti jednotlivce.

V této diplomové práci přiblížíme pouze obranné činnosti jednotlivce, neboť jedna z těchto činností (hod vrchním obloukem) je předmětem diplomové práce.

Obranné činnosti jednotlivce

Táborský a kol. (2007) rozlišuje obranné činnosti jednotlivce (OČJ) s míčem a bez míče:

OČJ s míčem:

- chycení odpalu po zemi
- chycení odpalu v letu
- příhoz – základní OČJ, která následuje po chycení odpalu nebo jiné činnosti (vyautování na metě, chycení nadhozu...) s cílem přihrát míč spoluhráči k vyautování pálkaře či běžce či k zastavení činnosti běžce.

OČJ bez míče:

- výběr postavení v poli
- zabíhání

Základní charakteristika hodu

V této diplomové práci se budeme zabývat hody, proto budeme charakterizovat pouze tuto dovednost.

Zahájení hodu souvisí s předcházející činností. Hod může následovat po chycení příhozu spoluhráče nebo po chycení odpalu. Průběh a výběr způsobu hodu záleží na místě, odkud a na jakou vzdálenost polář přihrazuje. Cílem není co nejrychlejší hod, ale dopravit míč spoluhráči co nejrychleji. Míč by měl tedy letět téměř po přímce.

Z hlediska krytí energetického výdaje se jedná o typickou krátkodobou vysoce intenzivní činnost, kde zdroje energie jsou hrazeny CP a ATP přímo ze zásob ve svalech.

2.2 Druhy hodů v softballu

V softballu rozlišujeme podle způsobu provedení tři základní způsoby hodu:

- hod vrchním obloukem
- hod stranou
- hod spodním obloukem.

Tyto tři způsoby patří mezi nejobvyklejší typy hodů, které by měl zvládnout každý hráč softballu. Kromě těchto způsobů existují další modifikace (pouze jmenovitě: hod v kleku, hod pod rukou, bekhend flip a hod zápěstím), které nebudeme podrobněji popisovat (Süss, 2003).

Hod stranou

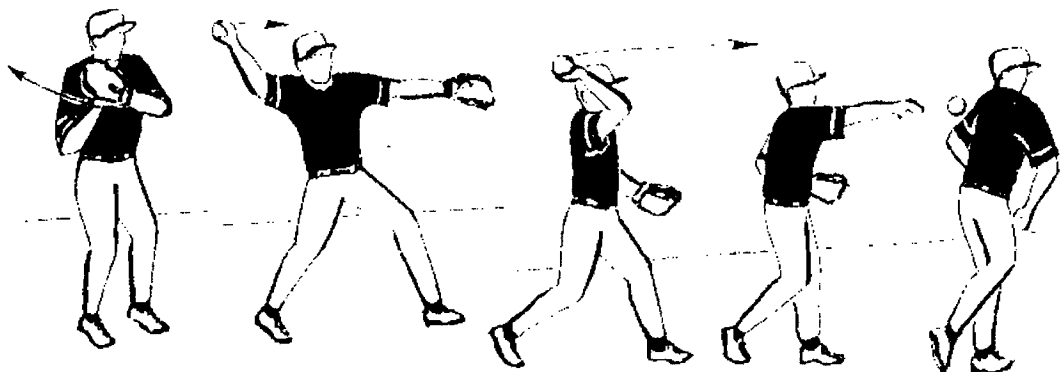
Tento způsob hodu využívají pouze ti vnitřní poláři, kteří přihrávají na střední vzdálenost a musí míč dopravit ke svému spoluhráči co nejrychleji. Jeho charakteristickým znakem je kratší nápřah umožňující rychlejší provedení hodu.

Hod spodním obloukem

Tento způsob provedení používají poláři v případě, že házejí míč na velmi krátkou vzdálenost zhruba 2-4 metrů a míč v případě tohoto hodu letí ke spoluhráči obloukem. Oproti ostatním způsobům chybí fáze nápřahu a během hodu nepracuje zápěstí.

Hod vrchním obloukem

Tento hod je v softballu nejčastěji používaným způsobem hodu. Cílem této herní dovednosti je hodit míč na delší vzdálenost co nejrychleji a nejpřesněji.



Obr. 1: Grafické znázornění hodu vrchním obloukem

2.2.1 Technika hodu vrchním obloukem

Charakteristika pojmu technika

Technikou se rozumí účelný způsob řešení pohybového úkolu, který je v souladu s možnostmi jedince, s biomechanickými zákonitostmi pohybu a uskutečňuje se na základě neurofyziologických mechanismů řízení pohybu. Využívají se přitom i další předpoklady sportovce, především kondiční, somatické a psychické. Technika je především záležitostí řízení motoriky. Cílem je dosažení dokonalé efektivní organizace sportovní činnosti, tj. takového uspořádání pohybu v prostoru a čase, které vede k úspěšnému řešení požadovaného pohybového úkolu. Chápeme-li sportovní dovednosti jako jednotu vnějších projevů motoriky člověka a jejich vnitřních neurofyziologických mechanismů, pak je možné v tomto komplexu rozlišovat „vnější“ a „vnitřní“ techniku.

„***Vnější***“ ***technika*** se projevuje jako organizovaný sled pohybů a operací sdružených v pohybovou činnost, zaměřenou k danému cíli. Obvykle se vyjadřuje kinematickými parametry pohybu těla a jeho částí v prostoru a čase. Tyto biomechanické charakteristiky jsou vizuálně pozorovatelné a většinou prakticky měřitelné. Vyjadřují nejen kvantitativní hledisko techniky, ale podílejí se i na kvalitativních znacích pohybového projevu, jeho přesnosti, plynulosti, stálosti, rytmu.

V některých sportech natolik dominují, že dokonce tvoří významnou součást hodnocení výkonu (např. ve sportovní gymnastice, skocích do vody).

„*Vnitřní*“ *techniku* tvoří neurofyziologické základy sportovních činností. Mají podobu zpevněných a stabilizovaných pohybových vzorců a programů a jim odpovídajících koordinovaných systémů kontrakcí a relaxací svalových skupin (Dovalil, 2005).

Sportovní technika

Sportovní technika, jak uvádí Novák (1970), je určitý způsob řešení daného pohybového úkolu člověkem na základě všeobecných anatomicko-fyziologických a psychologických předpokladů v soulase s mechanickými zákony platnými v průběhu pohybu a v soulase s mezinárodními pravidly v závodění.

Styl

Styl je individuální pojetí určité techniky, vyplývající z anatomicko-fyziologických a psychologických předpokladů určitého jedince a projevující se osobitými znaky v technice, příznačnými jen tomuto jedinci (Novák, 1970).

Technika v různých sportech je ve svých projevech velmi různorodá, často složitá a náročná. Ve struktuře sportovního výkonu se její analýze věnuje odpovídající pozornost. Analýzu „vnější techniky“ umožňují nejrůznější metody kinematických analýz (prováděných z filmových či video záznamů), s jejichž pomocí se registrují parametry průběhu pohybu těla a jeho segmentů v podobě kinogramů, grafů, schémat, číselných charakteristik modelů apod. Výsledky těchto analýz mají zpravidla povahu kvantitativních znaků a postihují celou řadu kvalitativních jevů, které jsou pro poznání obsahu či forem příslušné techniky neméně významné. Poznání a hodnocení těchto jevů je zatím často záležitostí subjektivního vnímání pozorovatelů a závisí především na úrovni jejich vědomostí a odborných zkušeností (Dovalil, 2005).

Fáze hodu vrchním obloukem

U hodu vrchním obloukem lze z hlediska provedení rozeznat tři základní fáze (techniku hodu popisujeme vždy z pohledu pravorukého hráče):

1) Výkrok a nápřah

Výkrok začíná po chycení míče přenesením hmotnosti těla na pravou nohu se současným uchopením míče spočívajícího v rukavici. Poté hráč vykročí levou nohou směrem ke spoluhráči. Obě spojené ruce pokračují v pohybu směrem k pravému rameni, kde se rozdělí. Pravá paže pokračuje do zapažení pokrčmo tak, aby zůstala ohnuta v lokti téměř v pravém úhlu a ruka s míčem směřovala k opačnému směru než je směr hodu. Levá paže vykonává protipohyb do předpažení, rukavicí ukazuje na cíl hodu. Kontrolní bod: loket pravé paže v nápřahu je výš než pravé rameno.

2) Švih paže (silová fáze)

Tato fáze začíná pohybem boků, které rotují vpřed k cíli. Ihned po zahájení rotace boků pokračuje pohyb rotací ramen se současným pohybem pravé paže. V prvním okamžiku zahájení švihového pohybu je paže vedena loktem vpřed a později pokračuje švihem předloktí vpřed na úrovni hlavy. Celý pohyb pravé paže je zakončen těsně před vypuštěním míče maximálním švihem zápěstí. Levá paže vykonává protipohyb, který slouží jednak k udržení rovnováhy během pohybu, ale také jako impulz k rotaci trupu. Paže při švihů je vedena těsně kolem hlavy. Rotace míče po vypuštění je zpětná.

3) Dokončení hodu

Po vypuštění míče pokračuje paže v pohybu vpřed a dolů. Pohyb se zastavuje u levého kolene. Boky, trup a ramena dokončují rotační pohyb pomalým brzděním. Pohyb po hodu není okamžitě zastaven, pravá ruka jej dokončí u levého kolene (Süss, 2003).

Držení míče

Nedílnou součástí hodu je také správné uchopení míče. Teorie se u různých autorů liší. Jones a Murray (1978) ve své publikaci uvádějí za nejlepší způsob uchopení míče konečky prvního a druhého prstu za šev, třetím a čtvrtým prstem zespona na straně

palce. Mladí hráči nebo hráči s malou rukou mohou držet míč za šev i třetím a čtvrtým prstem. Jiná publikace pro softballové trenéry vyzdvihuje správné uchopení jako důležitý krok k přesnosti, rychlosti hodů a ke zpětné rotaci míče. Ukazuje možnost uchopení míče dvěma, třemi a čtyřmi prsty, podle toho, jak je držení pro hráče pohodlné a přirozené (Waage, 1998).

Učení způsobu techniky držení je jistě v začátcích softballu nedílnou součástí, na níž je třeba se v tréninku také zaměřit. V herním zaujetí je však mnohdy těžké držet míč podle popsaných způsobů. Základem pro hru je především naučit se házet rychle a přesně, bez ohledu na to, jak hráč drží míč v ruce.

2.2.2 Biomechanika hodů

Při hodě dochází k udělení zrychlení pohyblivému předmětu horní končetinou. Tento typ aplikace síly dodává kinetickou energii předmětu, který drží házející v jedné ruce a po udělení kinetické energie je vypuštěn do prostoru. Při hodě vrchním obloukem je kinetická energie udělena předmětu prudkou extenzí, které předchází flexe, se spoluúčastí dolních končetin a svalstva trupu.

Obecně má hod dvě fáze: fázi přípravnou (napřáhnutí) a výkonovou (vlastní hod), a lze ho provést ve třech hlavních verzích, podle pohybu paže, který se při výkonové fázi používá: spodní vzor, stranový vzor a námi sledovaný vrchní vzor.

Vrchní vzor

Převládá rotace v ramenním kloubu. V přípravné fázi je paže v abdukci a zevní rotaci. Ve fázi výkonové rotuje paže mediálně a přechází do ventrální flexe. Během výkonu dochází k mírné flexi v lokti, která je sledována extenzí podle povahy pohybu. Zápěstí je ve flekčním postavení. Pohyb je doprovázen rotací páteře, pánve a rotací v kyčli na opačné straně, což vede ke vnitřní rotaci končetiny v kyčli (Véle, 2006).

Pro cílený hod je důležitá aktivita CNS. Při hodě je důležitá poslední zaměřovací část hodů, která zajišťuje zasažení cíle. Pro efektivnost hodů je důležitý i emotivní náboj házejícího.

2.3 Kineziologie

Kineziologie patří do skupiny vědních oborů, které se zabývají pohybem (Véle, 1995). Zabývá se jeho analýzou jak z hlediska mechanického, tak ideokinetického (Véle, 2006). Kineziologie řeší rovněž otázku pohybu, kde živým objektům přiřazuje schopnost pohyb řídit účelově, vzhledem k vlastním potřebám a stavu vnějšího prostředí (Véle, 1995).

Charakter pohybu

Pohyb je základním projevem života a v důsledku toho dochází ke snaze rozšiřovat poznatky o funkci pohybové soustavy. Proto se u nás objevuje koncepce vědy o lidském pohybovém chování, která byla u nás nazvána kinantropologií, jež se zabývá především pohybem se sportovní tematikou, zejména výkonnostní. Téma pohybu je však velmi široké a nelze ho vymezit pouze na sportovní výkon. Užším požadavkům vyhovuje kineziologie, která spolu s biomechanikou slouží ke studiu lidského pohybu nutného jak k udržení fyzické zdatnosti, tak i k podpoře harmonického vývoje intelektových schopností, a tím vytvoření harmonické osobnosti respektující morální zákony lidského společenství.

Pohyb vyjadřuje děj, ve kterém probíhá změna dané polohy celého těla nebo jeho částí v daném prostoru a definovaném časovém úseku (Véle, 1995). Aktivní pohyb je základním projevem života, probíhá podle fyzikálních zákonů a je účelově řízen nervovou soustavou reagující na podněty z vnitřního i zevního prostředí. Pohyb člověka se liší od pohybu neživých hmotných objektů tím, že má vlastní vnitřní zdroj síly, a že je řízen za účelem dosažení konkrétního zamýšleného cíle. Charakteristickým rysem lidského pohybu je rytmické střídání pohybových fází, např. flexe-extenze (Véle, 2006).

Čelikovský (1979) dělí pohyb z hlediska struktury na cyklický, acyklický a kombinovaný. Hod můžeme podle jeho struktury zařadit mezi acyklický pohyb, během kterého se tytéž struktury pravidelně neopakují. Pohybový úkol skončí provedením dané struktury.

Struktura acyklických pohybů se dělí do tří fází:

- 1) *přípravná* – během této fáze navozujeme podmínky k optimálnímu výchozímu úhlovému postavení pro hlavní úkon, vytváří podmínky k účinnějšímu stahu svalstva.
- 2) *hlavní* – rozhoduje o splnění pohybového úkolu, pro správný hod se musí průběh pohybu blížit ze strukturálního hlediska optimálnímu provedení.
- 3) *doznívající* – přechod z maximálního úsilí do minimálního, dochází k uvolnění.

U softballového hodu jsou všechny tři fáze důležité pro správné vykonání pohybu.

2.3.1 Struktura a funkce svalu

Pohybový systém

Na stavbě pohybového systému se nejvíce podílí pojivová tkáň, svalová tkáň a tkáň nervová. Svalová tkáň je vysoce specializovaným typem tkáně, která svým zkrácením (smrštěním) vyvolává pohyb nebo pohyb realizuje. Z funkčního hlediska existují tři typy svalové tkáně: - *orgánová (hladká) svalová tkáň*

- *kosterní (příčně pruhovaná) svalová tkáň*

- *srdeční (opět příčně pruhovaná) svalová tkáň*

Zajištění běžných pohybových funkcí zabezpečuje především kosterní svalovina, resp. orgány – svaly, jejichž stavby se účastní (Dylevský, 2007).

Kosterní (příčně pruhované) svalstvo

Příčně pruhované svaly jsou složeny z množství svalových vláken, základních stavebních jednotek, tvořených svalovými buňkami. V sarkoplasmě (cytoplasmě) svalového vlákna jsou myofibrily, které jsou vlastním kontraktilním aparátem buňky. Myofibrily jsou tvořeny kontraktilními bílkoviny – aktinem a myozinem. Sval se pomocí těchto bílkovin zkracuje a generuje tah, jehož důsledkem je pohyb (Dylevský, Druga, Mrázková, 2000; Rokyta, 2000).

Základní funkční jednotkou hybného systému je motorická jednotka.

Motorická jednotka

Motorická jednotka se skládá z motoneuronu v předním míšním rohu spojeného neuritem se skupinou kontraktilních vláken ve svalu. Pracovní cyklus motorické jednotky má dvě fáze:

a) *aktivní stav* – dochází v něm ke zkrácení svalových vláken (aktivace – „vše“)

b) *klidový stav* – sval má v této fázi svoji klidovou délku (relaxace – „nic“)

Kosterní svalstvo je podobně jako nervstvo dráždivá tkáň, kde stimulací svalového vlákna v jednom bodě dochází k podráždění celé buňky (Pocock, Richards, 1999). Při kontrakci (zkrácení) svalu postupují vzruchy neuritem až k jeho štěpení a přes něj

k motorickým ploténkám jednotlivých svalových vláken a dále endoplazmatickým retikulem až do nitra svalových vláken ke kontraktilním fibrilám, které se po příchodu vzruchu zkrátí posouváním myozinu po aktinu (Véle, 2006). Výsledkem je zkrácení myofibrily, a tím i zkrácení svalu čili svalový stah (Rokyta, 2000). Kontrakce probíhá jako synchronní záškub všech svalových vláken motorické jednotky. Vzruch probíhající nervovým vláknem vyvolává depolarizaci buněčné membrány svalového vlákna a projevuje se zevně akčním potenciálem motorické jednotky. Akční potenciál spouští proces kontrakce motorické jednotky. Trvání kontrakce závisí na typu motoneuronu zásobujícího svalová vlákna. Tonické (pomalé) motoneurony mají delší trvání záškubu, fázické (rychlé) motoneurony mají kratší trvání záškubu.

Průběh akčního potenciálu lze snímat elektromyograficky a tím evidovat objektivně aktivitu motorických jednotek ve svalu.

Uvolnění (dekontrakce), jakožto pasivní fáze pracovního cyklu motorické jednotky, nastává po skončení záškubu. Je způsobeno chemickým pochodem uvnitř svalových vláken. Dekontrakce přechází v relaxační fázi, během níž dochází k energetické restituci motoneuronu, který svojí aktivitou energii vydal při kontrakci. Relaxace (klidový stav) je výchozím stavem motorické jednotky před příchodem vzruchu i konečným klidovým stavem po odeznění záškubu (Véle, 2006).

Svaly se zkracují přiblížením svých úponů a opět nabývají původní délky. Umožňují udržet jak polohu segmentů proti vlivu zevní síly, tak i provádět pohyb. Většina běžných pohybů probíhá ve více segmentech současně, protože při pohybu působí vždy několik svalů současně a tvoří se tím svalové skupiny se společnou funkcí. Jednotlivé svaly jsou propojeny do širších funkčních celků, jako je např. osový orgán nebo končetiny. Svaly propojující pohyblivý kostní segment se dvěma pevnými strukturami tvoří svalovou smyčku, která přitahuje pohyblivý segment k jednomu či druhému opěrnému bodu nebo fixuje pevně jeho pozici vůči opěrným bodům. Je volnějším druhem spojení kostních segmentů než běžný kloub.

Vzájemnou fyzikální i funkční vazbou několika svalů nebo smyček propojených mezi sebou fasciálními, šlachovými i kostními strukturami do řetězce tvořícího

samostatný složitý útvar vzniká svalový řetězec, jehož funkce je programově řízena z CNS.

Spojení svalů do jednoduchých smyček nebo složitějších řetězců integruje jejich funkci. Zřetěžené svaly nemusí pracovat synchronně ve všech svých člancích a CNS 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.

Funkci svalových řetězců lze analyzovat klinicky i elektromyograficky. Soustředění se na jeden sval v řetězci při jeho testování vyčleňuje sval z celkové souvislosti a pohyb odvozený pouze z jeho úponů je zkreslený, protože nezohledňuje vliv okolních svalů na jeho funkci. Proto je nutno při analýze pohybu vycházet z jednotlivých svalů působících přímo na segment podle svalového testu, ale i ze svalových řetězců působících zároveň na více segmentů určujících konečný průběh pohybu, do kterého je sledovaný sval začleněn. Nicméně i takto získaná data testováním funkce jednoho svalu mohou mít značný orientační informační význam.

2.3.2 Vybrané svaly a jejich funkce

Měřené svaly

Svaly byly vybrány podle funkce, kterou vykonávají a jež se uplatňuje při hodu s vrchním vzorcem, na základě literatury (Brožovský, 2008, Švehla, 2008), ve které se zpravidla hodnotí námi vybrané svaly. Svaly, jež se v uvedené literatuře neshodují se svaly, které jsou měřeny v této práci, byly vybrány na doporučení vedoucího práce a fyzioterapeutky, která se měření zúčastnila.

1. *m. trapezius* (sval trapézový)

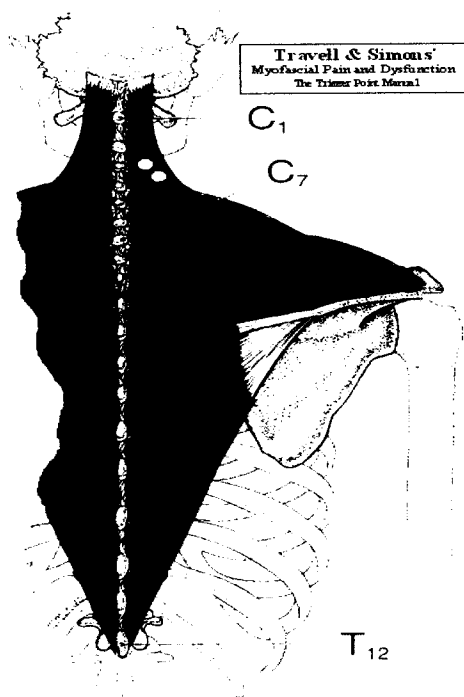
popis:

Sval patří mezi povrchové svaly zádové. Povrchové svaly jsou více rozestřeny do plochy a dělí se na dvě svalové skupiny: svaly spinokostální, směřující od páteře k žebřům a svaly spinohumerální, které odstupují od páteře a připojují se ke kostem horní končetiny v oblasti ramenního kloubu.

M. trapezius patří do systému svalů spinohumerálních. Je rozsáhlým plochým svalem trojúhelníkového tvaru, u nějž rozeznáváme tři funkční části: část sestupnou, část příčnou a část vzestupnou.

funkce:

Sval fixuje a stabilizuje lopatku a umožňuje její přitážení k páteři. Horní část zdvihá lopatku (pletenec pažní), střední část přitahuje lopatku k páteři a dolní část táhne lopatku dolů (kaudálně). Celý sval přitahuje lopatku k páteři (ramena dozadu).



Obr2: *m. trapezius* (TRAVELL a SIMONS, 1999)

2. m. biceps brachii (dvojhlavý sval pažní)

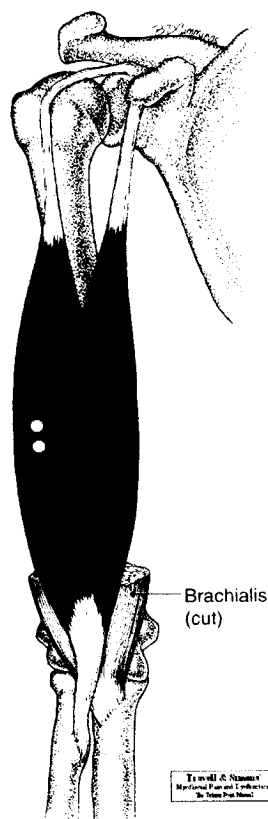
popis:

Sval patří mezi svaly pažní, do skupiny flexorové. Sval se skládá ze dvou hlav, které začínají na lopatce v blízkosti ramenního kloubu: caput breve (hlava krátká) a caput longum (hlava dlouhá).

funkce:

M. biceps brachii je sval dvoukloubový. V ramenním kloubu působí caput longum při abdukci (odtažení, upažení), caput breve provádí addukci (přitažení, připažení) a ventrální flexi předloktí. Navíc působí caput breve při předpažení.

V loketním kloubu je m. biceps brachii flexorem, z krajní supinace pronátorem, z krajní pronace supinátorem, vždy do polohy předloktí palcem nahoru.



Obr.3: m. biceps brachii (TRAVELL a SIMONS, 1999)

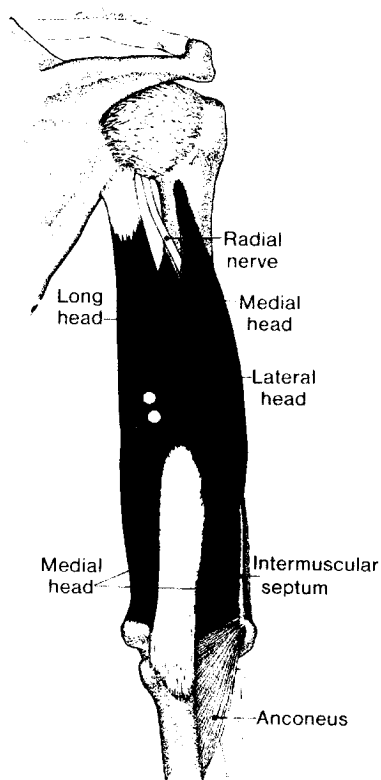
3. *m. triceps brachii* (trojhlavý sval pažní)

popis:

Sval patří mezi svaly pažní, do skupiny extenzorové. Sval se skládá ze tří hlav: *caput longum* (hlava dlouhá), *caput laterale* (hlava zevní) a *caput mediale* (hlava vnitřní).

funkce:

Sval provádí extenzi v kloubu loketním, je jediným extenzorem v kloubu loketním. *Caput longum*, jakožto dvoukloubový sval umožňuje addukci (přitažení, připažení) a extenzi (natažení) v ramenním kloubu.



Obr. 4: *m. triceps brachii* (TRAVELL a SIMONS, 1999)

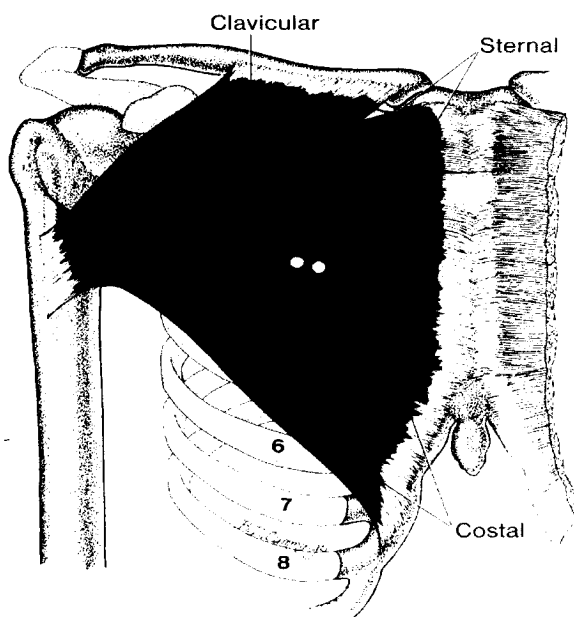
4. *m. pectoralis major* (velký sval prsní)

popis:

Sval patří mezi povrchové svaly hrudníku. Je mohutným svalem, pokrývající přední stranu hrudníku, který se dělí na tři části: pars clavicularis (část klíčková), pars sternocostalis (část sternální) a pars abdominalis (část břišní). Při úponu se jednotlivé tři části vějířovitě překrývají. *M. pectoralis major* spojuje humerus s klavikulou, sternem a žeberními chrupavkami 2. - 7.

funkce:

Při fixovaném hrudníku addukuje končetinu, pomáhá při předpažení a vnitřní rotaci paže. Nejvíce působí při abdukci horních končetin. Pars sternocostalis táhne rameno dolů (kaudálně).



Obr.5: *m. pectoralis major* (TRAVELL a SIMONS, 1999)

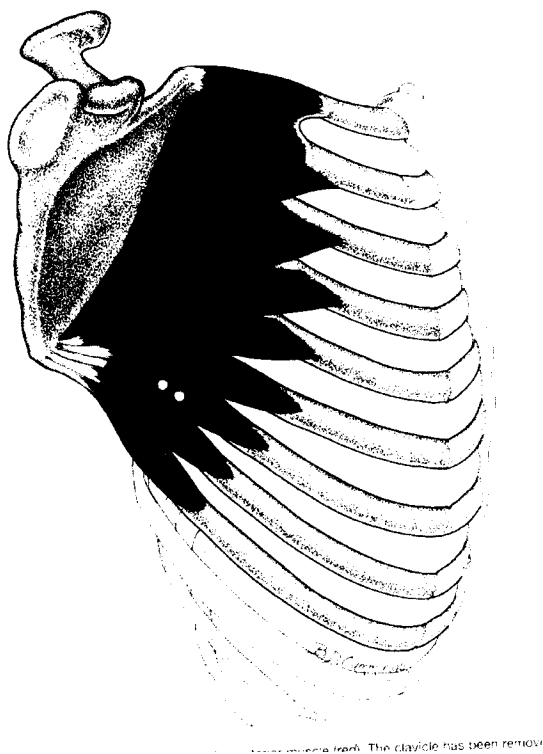
5. *m. serratus anterior* (pilovitý sval přední)

popis:

Sval patří mezi povrchové svaly hrudníku. Kryje zevní stranu hrudníku. Spojuje lopatku s 1. – 9. žebrem.

funkce:

Sval přitahuje lopatku k hrudníku, táhne ji zevně. Napomáhá tak při předpažení a vzpažení nad horizontálu. Je činný při vdechu.



Obr.6: *m. serratus anterior* (TRAVELL a SIMONS, 1999)

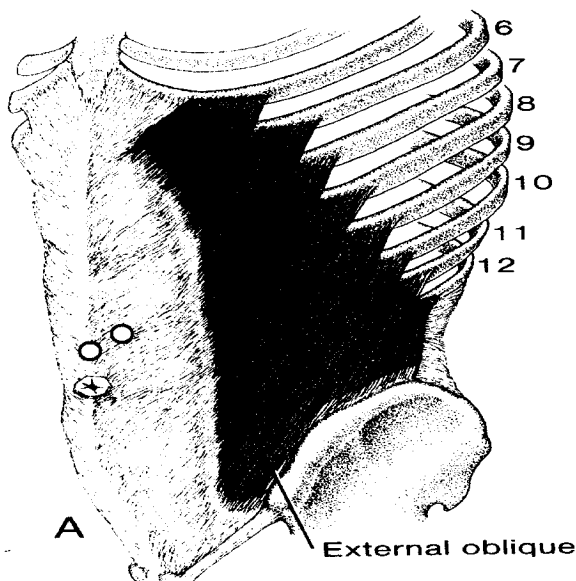
6. *m. obliquus externus abdominis* (zevní šikmý sval břišní)

popis:

Sval patří mezi svaly břišní. U svalů břišních rozeznáváme tři skupiny: skupina dorzální, ventrální a laterální. *M. m. obliquus externus abdominis* řadíme do skupiny laterální. Je rozsáhlým plochým svalem. Spojuje 5. – 12. žebro s linea alba a s pánví.

funkce:

Oboustranná činnost předklání trup nebo otáčí trup na svou stranu, uklání páteř na svou stranu. Při jednostranné činnosti se trup otáčí na stranu opačnou a uklání páteř na stranu kontrahovaného svalu.



Obr. 7: *m. obliquus externus abdominis* (TRAVELL a SIMONS, 1999)

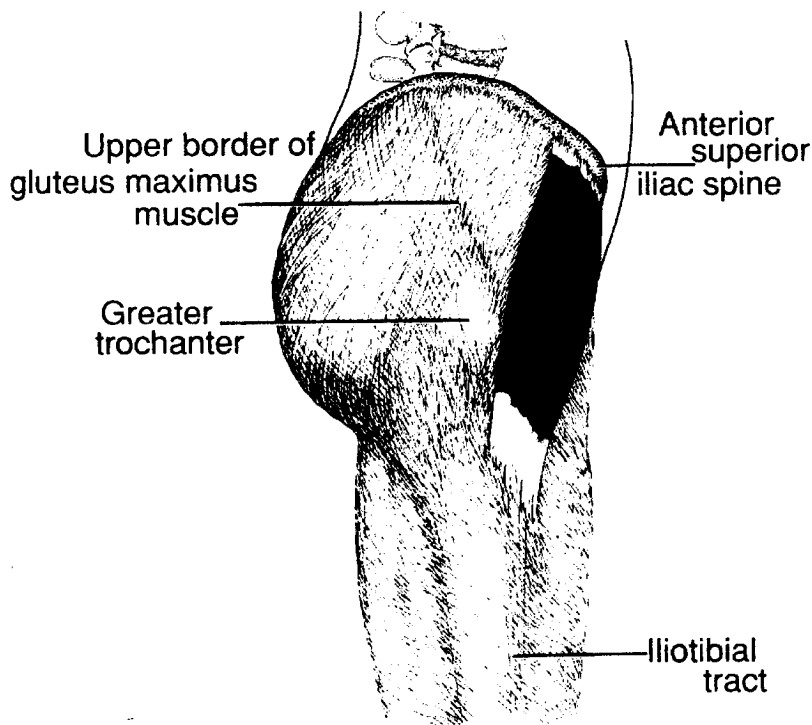
7. **m. tensor fasciae latae** (napínač povázky stehenní)

popis:

Tento sval patří mezi svaly dolní končetiny a to do zadní skupiny, která se dále dělí na podskupiny: hlubší skupina tzv. zevních rotátorů a povrchnější skupina svalů hýžd'ových, do které patří *m. tensor fasciae latae*. Spojuje os ilium s tibií.

funkce:

Pomáhá při flexi a abdukci a vnitřní rotaci v kloubu kyčelním. Účastní se na závěrečné rotaci kolena a zajišťuje stabilitu kolenního kloubu při jeho extenzi.



Obr.8: *m. tensor fasciae latae* (TRAVELL a SIMONS, 1999)

Popis a funkci svalů jsme provedli na základě jmenované literatury:

Grim, Druga (2001); Linc, Doubková (1993); Dylevský, Druga, Mrázková (2000); Doskočil (1995); Čihák (2001), Vele (1995).

Umístění elektrod na těle měřeného probanda:



Obr.9: m. obliquus externus abdominis, m. tensor fasciae latae



Obr.10: m. trapezius pars superior, m. triceps brachii



Obr.11: m. pectoralis major, m. biceps brachii, m. serratus anterior

3. CÍLE A ÚKOLY PRÁCE

Cílem této práce je popsat zapojení vybraných svalů během hodu vrchním obloukem na základě EMG měření a jednoduché kinematické analýzy. Budeme porovnávat pořadí zapojovaných svalů a intenzitu jejich aktivace. Dále chceme analyzovat, jak jsou tyto svaly zatěžovány po vypuštění míče, tedy ve fázi dokončení hodu.

Úkoly práce:

- Vybrat vhodného probanda pro měření.
- Vybrat svaly, jež budou objektem měření a analýzy.
- Pomocí povrchové EMG změřit činnost vybraných svalů během hodu.
- Pořídit videozáznam pohybu probanda během měření.
- Zpracovat, vyhodnotit a popsat naměřené hodnoty a grafy.
- Na základě EMG křivek porovnat jednotlivé hody.

4. METODIKA PRÁCE

4.1 Charakter výzkumu

Jedná se o případovou studii popisného charakteru relativního načasování pohybu a činnosti vybraných svalů při softballovém hodu vrchním obloukem pomocí EMG analýzy a kinematické analýzy. V případové studii na rozdíl od statistického šetření sbíráme velké množství dat od jednoho nebo od několika málo jedinců, u kterých se předpokládá, že důkladným prozkoumáním malého množství případů lépe porozumíme jiným případům podobným.

4.2 Charakteristika sledovaného souboru

Pro případovou studii jsme vybrali pětadvacetiletou hráčku, jež je pravákem. V současné době hraje českou extraligu, většinou na postu zadáka nebo spojky. Softball hraje 15 let. V době měření byla její váha 58 kg a výška 168 cm. Hráčka byla v době měření zcela zdravá a nebyla omezena žádnou indispozicí.

Poznámka:

Úmyslně jsme nevybírali hráčku s nejlepší technikou, jelikož cílem analýzy je i zjistit a porovnat odchylky, které se mohou v technice hodu vrchním obloukem vyskytnout. Hráčka se zúčastnila měření dobrovolně a souhlasí s uvedením výsledků v diplomové práci.

4.3 Charakteristika použitých metod

Vyšetřovací metodou, již jsme zvolili pro tuto práci, je povrchová elektromyografie, díky které provedeme povrchové měření vybraných svalů. Zjistíme tak aktivitu jednotlivých svalů v průběhu pohybu a tyto poznatky doplníme o jednoduchou kinematickou analýzu pomocí časové analýzy videozáznamu. Tímto způsobem naměříme více pokusů, abychom mohli ověřit stabilitu techniky hodu v dílčích provedeníh.

Elektromyografie (EMG)

Pomocí elektromyografie se zaznamenává činnost svalů na základě snímání akčních potenciálů, vznikajících při svalovém stahu (Novák, 1970).

Existuje několik typů elektromyografie: např. elektromyografie analytická (analyzuje stav jednoho svalu), elektromyografie jehlová nebo polyelektromyografie. Pro výzkum v diplomové práci jsme zvolili metodu polyelektromyografie.

Polyelektromyografie (PEMG)

Na rozdíl od ostatních metod EMG lze během PEMG zaznamenat současně potenciály několika svalů. Akční potenciál je snímán pomocí elektrod, které jsou nalepeny na měřených svalech sledovaného probanda a snímají a zaznamenávají aktivitu svalů v průběhu pohybu.

Elektrody se dělí podle konstrukčního typu na povrchové, jehlové, registrační, stimulační a zemnicí. V našem případě během měření využíváme elektrody povrchové.

Povrchové elektrody nejsou vhodné pro vyšetření akčních potenciálů jednotlivých motorických jednotek, protože zachycují potenciály z větší plochy, takže se zaznamenává aktivita z více motorických jednotek. Povrchový EMG záznam nás informuje o průběhu rozdílů napětí na elektrodách umístěných na povrchu kůže. EMG signál získaný pomocí povrchových elektrod umožňuje globálnější posouzení elektrické aktivity svalu díky větší ploše, ze které je záznam získáván. Rovněž je snadněji použitelný při různých pohybových aktivitách (Cibulčík, Šóth, 1998; Keller, 1999; Kadaňka, Bednařík, Vohánka, 1994; Dufek, 1995). Elektrody je třeba přikládat na předem očištěnou a odmaštěnou pokožku, aby byl kožní odpor co nejmenší (Keller, 1999).

V tomto případě se používá povrchových elektrod, protože nás nezajímá jen přesný tvar akčních potenciálů, ale vzájemné časové vztahy mezi činnostmi několika svalů. Obecně se provádí záznam ze čtyř, osmi, případně šestnácti svalů. Pro účely měření během hodů vrchním obloukem a vzhledem k omezené kapacitě použitého přístroje jsme vybrali sedm svalů.

Touto metodou hodnotíme tzv. svalové vzorce, jak se projevují při jednotlivých pohybech. PEMG je díky modernímu vybavení metoda poměrně jednoduchá a dostupná. Nelze z ní však získat veškeré informace, které nás při studiu pohybového

ústrojů zajímaví. Proto se provádí, převážně pro výzkumné účely, snímání a záznam řady dalších fyzikálních veličin, které pohybové ústrojí charakterizují: např. měření svalové síly (dynamometrie), úhlů v jednotlivých kloubech (goniometrie) apod. Zaznamenáváme-li tyto funkce současně s PEMG, mluvíme o polygrafii. Zcela samotné vyšetření umožňuje určovat polohu jednotlivých částí těla v průběhu pohybu. Provádí se snímání videokamerou – kinematické vyšetření. Přitom se zaznamenávané hodnoty nejprve kalibrují, takže lze v záznamu přesně měřit délku a postavení jednotlivých částí těla a získané údaje počítačově zpracovávat (Trojan, 2001).

Pro diplomovou práci jsme využili níže popsané přístroje.

Charakteristika EMG přístroje:

Jedná se o nezávislý mobilní EMG přístroj s doplňujícím vybavením, které tvoří náhradní zdroje s nabíječkou, speciálně vytvořený software pro ukládání dat, přenos dat do PC, grafické zobrazení a zpracování a přenosný PC pro ukládání a zpracování dat.

Mobilní EMG přístroj dokáže měřit EMG potenciály sedmi svalů snímaných elektrodami nalepenými na těle probanda. Je opatřen jedním synchronizovaným kanálem pro synchronizaci videozáznamu a lokalizaci orientačních značek do záznamu se zvukovou signalizací pro probanda. Max. doba záznamu je 5 minut.

Výsledek je přenesen do přenosného PC a EMG přístroj s plnou kapacitou paměti je během cca 2 min připraven k dalšímu měření.

Specifikace přístroje:

- Nezávislý mobilní EMG přístroj
- *Autor a výrobce:* Karel Zelenka, UK FTVS v Praze
- *Určení přístroje:* nezávislý mobilní EMG přístroj pro terénní snímání el. potenciálů svalových skupin povrchovými elektrodami, upravený pro transport na těle probanda. Přenos naměřených dat do přenosného PC.
- *Charakteristika přístroje:* Polyelektromyografický mobilní přístroj s vlastní pamětí 8 měřících kanálů, z toho 7 kanálů pro měření EMG potenciálů z svalových skupin, jeden kanál je pracovní pro synchronizaci s videozáznamem,

pro orientační značkování přímo v záznamu generované probandem, akustickou informací ohraničující čas měření apod.

- *Charakteristiky měření:* Doba měření v 6 nastavitelných stupních od 2,5s do 327s (tedy přibližně 5min).
- *Vzorkování:* 200Hz, tj. 5ms .
- *Frekvence:* 30 -1200 Hz při -3dB pro každý kanál. Je zaznamenávána absolutní hodnota EMG signálu s integrací. Křivka (obálka jednotlivých vrcholů) je vyhlazena s časovou konstantou od 14 do 125ms. Stupeň citlivosti je možno nastavovat v řadě od 50 do 2000V.
- *Napájení:* 3 samostatné akumulátory NiMH.
- *Rozměry přístroje s akumulátory:* 185x140x42 mm.
- *Hmotnost s akumulátory:* do 1,3kg.

Charakteristika videokamery:

Jedná se o digitální videokameru SONY HDV - handycan 1080i, s rozlišením 4 megapixely a s frekvencí snímání 25 obrázků za sekundu.

Kinematická analýza

Pro zpracování kinematických veličin jsme vybrali 2D kinematickou analýzu zpracovanou pomocí software „Dartfish“.

Časování pohybu provádíme podle vybraných kritických míst, které jsme vybrali na základě kritických míst v hodů jednoruč vrchním obloukem. Kritická místa hodů jednoruč vrchním obloukem se obecně definují jako:

Počátek výkroku, dokončení výkroku a náprahu, vypuštění míče a dokončení pohybu (Süss, 2006). Vzhledem ke specifičnosti způsobu provedení hodů u sledované hráčky jsme dokončení výkroku a náprahu ještě rozdělili na dvě části, které se pravidelně opakovaly. Hráčka vždy nejprve dokračovala na patu výkročné nohy a teprve poté dokročila na celé chodidlo. Tedy sledovaná kritická místa byla definována následujícím způsobem:

1. dokrok na patu – okamžik, kdy se poprvé dotkne výkročná noha (levá) země při výkroku.

2. dokrok na celé chodidlo – moment, kdy se země dotýká i špička nohy při výkroku.

3. odhod – okamžik, ve kterém je míč poprvé vypuštěn celý z ruky.

4. dokončení pohybu – místo, které jsme definovali jako 10 obrázků po vypuštění míče. Toto kritické místo sloužilo pouze ke stanovení konce hodů a tím i k ukončení EMG záznamu.

V uvedených kritických místech jsme sledovali následující proměnné:

1. kritické místo – dokrok na patu výkročné nohy

zde jsme měřili:

a) výšku lokte pravé ruky – vzdálenost proměnné od země

b) výška míče – vzdálenost proměnné od země

c) výška pravého ramene – vzdálenost proměnné od země

d) výška levého ramene – vzdálenost proměnné od země

e) úhel, který svírá stehenní a lýtková kost u levé (výkročné) dolní končetiny

f) úhel mezi trupem a loktem levé ruky

g) úhel v lokti pravé ruky

2. kritické místo - dokrok na celé chodidlo

zde jsme měřili:

a) délku výkroku – vzdálenost mezi pravou a levou špičkou pravé a levé nohy

b) výška lokte pravé ruky – vzdálenost proměnné od země

c) výška míče – vzdálenost proměnné od země

d) výška pravého ramene – vzdálenost proměnné od země

e) výška levého ramene – vzdálenost proměnné od země

- f) úhel, který svírá stehenní a lýtková kost u levé (výkročné) dolní končetiny
- g) úhel, který svírá stehenní a lýtková kost u pravé (stojné) dolní končetiny
- h) úhel v lokti pravé ruky

3. kritické místo – odhod

zde jsme měřili:

- a) délku výkroku – vzdálenost mezi pravou a levou špičkou pravé a levé nohy
- b) výška lokte pravé ruky – vzdálenost proměnné od země
- c) výška míče – vzdálenost proměnné od země
- d) výška pravého ramene – vzdálenost proměnné od země

- e) úhel, který svírá pravé rameno, pravý bok a pravé koleno
- f) úhel, který svírá stehenní a lýtková kost u levé (výkročné) dolní končetiny
- g) úhel, který svírá stehenní a lýtková kost u pravé (stojné) dolní končetiny

Poznámka: sledované kinematické veličiny slouží pro popis poloh v jednotlivých kritických místech, vzhledem k omezení pro plošnou analýzu pro rotační pohyby nesledujeme jejich průběh.

Sledované svaly

Při opakovaných pokusech byla sledována polyelektromyograficky aktivita následujících svalů:

- 1) m. trapezius pars superior dx.
- 2) m. biceps brachii dx.
- 3) m. triceps brachii dx.
- 4) m. pectoralis major dx.
- 5) m. serratus anterior dx.
- 6) m. obliquus abdominis externus sin.
- 7) m. tensor fasciae latae sin.

4.4 Metody hodnocení

1. Kinematická data

Pro popis poloh segmentů těla v kritických místech a pro jejich porovnání jsme použili popisné statistiky. Pro stanovení věcného významu rozdílů jsme stanovili rozdíl ve velikosti úhlů 10° a v naměřených vzdálenostech 5 cm na základě expertního posouzení.

2. Korelační analýza

Analýzu koaktivace svalů jsme provedli na základě analýzy korelačního koeficientu. K výpočtu byl použit Spearmanův korelační koeficient. Z korelačních koeficientů mezi výsledky EMG aktivity svalů v jednotlivých pokusech byla vypočítána průměrná korelace ze všech 15 pokusů.

3. Popis průběhu intenzity zapojení svalů

K popisu zapojení svalů v průběhu pohybu jsme využili principů kvalitativní analýzy na základě stanovení kritických míst, která jsme předem definovali pomocí rozboru literatury. Na jejich základě a porovnáním s grafickým záznamem EMG intenzity vybraných svalů jsme vytvořili popis aktivity svalů v průběhu pohybu. Synchronizaci EMG záznamů jsme provedli grafickým posunutím grafů podle 2. kritického místa.

4.5 Organizace výzkumu

Měření probíhalo v areálu loděnice Trója na Praze 7, ve víceúčelové tělocvičně dne 15.6.2009 dopoledne, za přítomnosti vedoucího práce, odborného konzultanta, dvou fyzioterapeutek, autora této práce a probanda. Pro měření byl vybrán hod vrchním obloukem. Během měření bylo použito obvyklé softballové vybavení (softballová rukavice, softballový míč), které je schváleno ISF (International Softball Federation) a využíváno v soutěžích.

Po důkladném rozcvičení před zahájením měření, po seznámení probanda s postupem měření a po nalepení elektrod na tělo probanda, probíhalo kontrolní měření

pro správné nastavení přístroje EMG. Synchronizace videozáznamu se snímáním EMG potenciálů byla provedena pomocí klapky s optickým spínačem. Přesnost synchronizace je tedy limitována frekvencí snímků videozáznamu – 50 pulsů za sekundu, tedy v intervalu 0,02 sec. Podobně viz Süß (2006).

Proband házel na vzdálenost 20 metrů. Celkem jsme provedli 10 měření s 5 pokusy. Přenosný EMG přístroj byl umístěn na bedrech zkoumané osoby ve sportovní ledvince tak, aby umožňoval obsluhu pro zapojení startovací klapky a pohodlné snímání dat do přenosného PC mezi jednotlivými pokusy. Z toho prvních sedm měření (celkem tedy 35 pokusů) bylo zkušebních, během nichž byla správně nastavena videokamera a citlivost jednotlivých kanálů pro každý sval. Citlivost jednotlivých kanálů pro každý sval byla nastavena v rozmezí 0,1mV až 0,5mV, v závislosti na intenzitě zapojení jednotlivých svalů. Konkrétní nastavení citlivostí jednotlivých svalů:

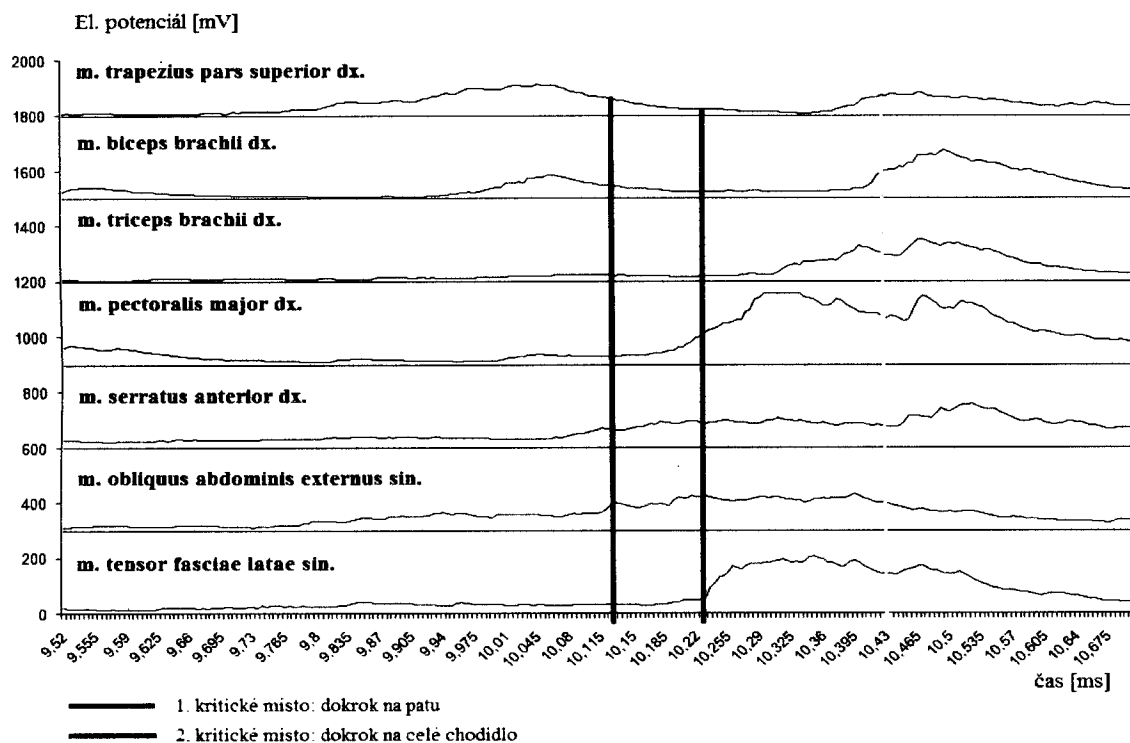
- m. trapezius pars superior dx. (0,5mV)
- m. biceps brachii dx. (0,2mV)
- m. triceps brachii dx. (0,1mV)
- m. pectoralis major dx. (0,1mV)
- m. serratus anterior dx. (2mV)
- m. obliquus abdominis externus sin. (0,2mV)
- m. tensor fasciae latae sin. (0,1mV)

Plošné elektrody byly umístěny do míst největší svalové hmoty podle Travell, Simons, (1999)

Po zpracování byla data z 8., 9. a 10. měření (celkem 15 pokusů) zaznamenávána pro účely využití a zpracování těchto dat v diplomové práci. Činnost byla zároveň snímána videokamerou umístěnou 10m kolmo na směr hodů a pro kalibraci roviny byla použita 1m dlouhá tyč umístěná v místě základního postoje a položená do směru hodů.

5. VÝSLEDKY A DISKUSE

Jedním z cílů diplomové práce bylo zjistit, zda jsou měřené hody u probanda stabilní a proto jsme vycházeli z EMG záznamů pořízených pomocí povrchové elektromyografie. Měřením jsme získali grafy znázorňující zapojování všech sedmi sledovaných svalů během každého pokusu. Díky synchronizaci EMG přístroje s videokamerou jsme měli možnost zjistit přesné časy sledovaných kritických míst a na základě získaných časů tyto kritická místa hodu vyznačit v grafu. Kritická místa jsme v grafu vyznačili pomocí svislých čar, jak je blíže popsáno v legendě modelového grafu (obr. 12).



Obr. 12: Graf znázorňující kritická místa hodu

Pro srovnání grafů pro nás byla důležitá doba trvání jednotlivých hodů.

Srovnávali jsme hody, které se pohybovaly kolem stejného časového údaje, tzn. hody s podobnou délkou trvání. Grafy jsme synchronizovali posunutím grafu pomocí 2. kritického místa, zhodnotili podobnost a posloupnost aktivace jednotlivých svalů. Již podle grafů lze říci, že jsou hody relativně stabilní.

V grafech jsou vyznačeny svislými čarami tři kritická místa pohybu:

1. kritické místo: **dokrok na patu** (*obr.13*)
2. kritické místo: **dokrok na celé chodidlo** (*obr.14*)
3. kritické místo: **odhod** (vypuštění míče) (*obr.15*)



Obr.13: Dokrok na patu Obr.14: Dokrok na celé chodidlo Obr.15: Odhod

Při výše popsaném postupu porovnávání grafů, podobných délkou trvání, jsme grafy srovnali podle 2. kritického místa (dokrok na celé chodidlo).

hod vrchním obloukem						
hod č.	nápřah	dokrok pata	dokrok celé chodidlo	odhod	dokončení pohybu	doba trvání (s)
1.	1,06	1,64	1,72	1,92	2,12	1,06
2.	5,28	5,74	5,9	6,08	6,28	
3.	9,52	10,12	10,22	10,42	10,62	1,1
4.	14,12	14,66	14,8	14,98	15,18	1,06
5.	18,3	18,82	18,94	19,12	19,32	
6.	0,88	1,54	1,64	1,86	2,06	1,18
7.	5,16	5,62	5,72	5,94	6,14	
8.	9,1	9,78	9,88	10,1	10,3	1,2
9.	13,38	14,02	14,12	14,32	14,52	
10.	17,52	18,08	18,18	18,4	18,6	1,08
11.	1,02	1,66	1,78	1,98	2,18	
12.	5,16	5,7	5,78	5,98	6,18	
13.	9,24	9,84	9,94	10,16	10,36	
14.	13,66	14,18	14,28	14,5	14,7	1,04
15.	17,8	18,36	18,48	18,68	18,88	1,08

Tabulka 1: Výsledky hodu vrchním obloukem

Poznámka1:

- V tabulce jsou uvedeny všechny měřené hody a jejich časové údaje,
 - čas počátku (nápřah),
 - čas naměřený v 1. kritickém místě (dokrok pata),
 - čas naměřený v 2. kritickém místě (dokrok celé chodidlo),
 - čas naměřený v 3. kritickém místě (odhod),
 - čas ukončení pohybu (dokončení pohybu),
 - celkovou dobu trvání jednotlivých pokusů (doba trvání).

Poznámka2:

- Doba trvání u naměřených hodů je v tabulce barevně rozlišena z důvodu přehledu o tom, které pokusy jsme navzájem porovnávali mezi sebou. Jako příklad uvádíme následující srovnání: navzájem jsme porovnávali hody, u nichž je zvýrazněna doba trvání zeleně, tedy hod č.1,4,10,15.

Poznámka3: Hod č.3 a 14 jsme z důvodu odlišného trvání neporovnávali.

5.1 Výsledky analýzy EMG

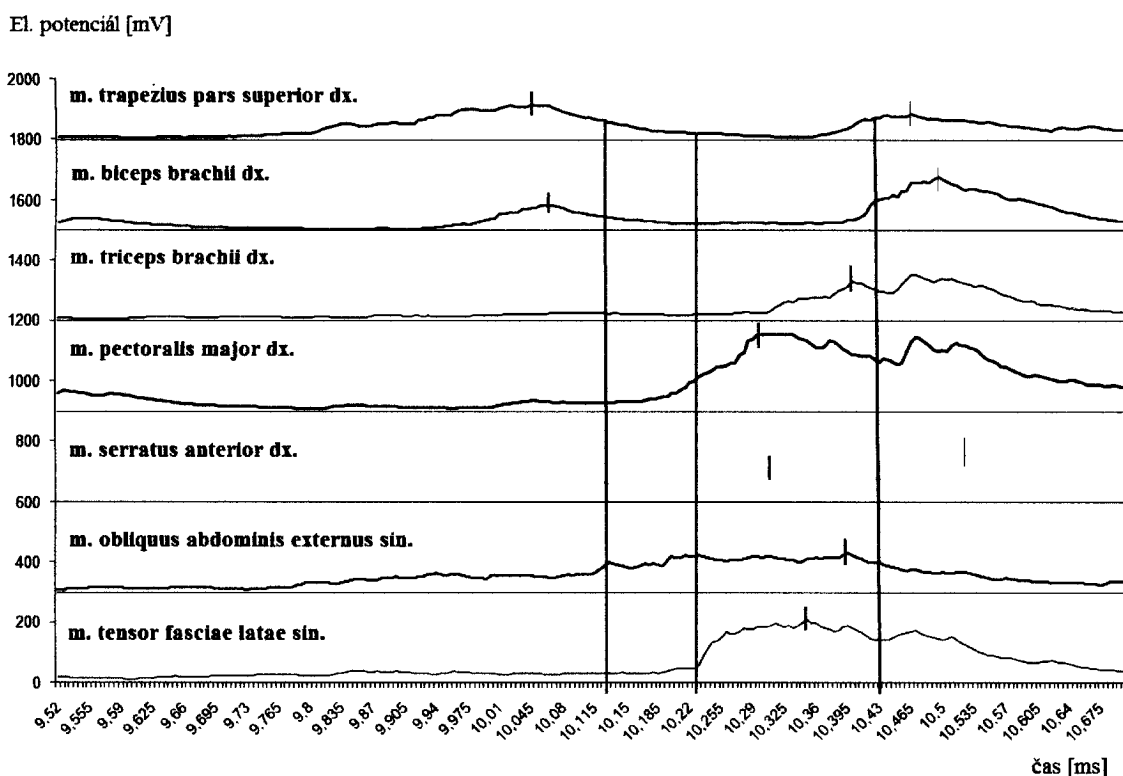
Doba provedení celého pohybu u jednotlivých pokusů se pohybovala v rozmezí od 0,98s do 1,20s.

Jako začátek celého pohybu jsme zvolili okamžik, kdy odhodová ruka hráčky začíná pohyb směrem vzad do nápřahu.

Jako ukončení pohybu jsme pro snadnější a přesnější vyhodnocování jednotlivých hodů zvolili dobu 0,2s po vypuštění míče. Doba fáze dokončení hodu je tedy vždy stejná.

Podle grafů získaných měření pomocí povrchové EMG a podle vypočtených korelačních koeficientů můžeme obecně popsat zapojování jednotlivých svalů v průběhu hodu následujícím způsobem.

Hod vrchním obloukem



Obr.16: EMG záznam znázorňující zapojování svalů a lokální maxima těchto svalů v průběhu pohybu (hod č.3)

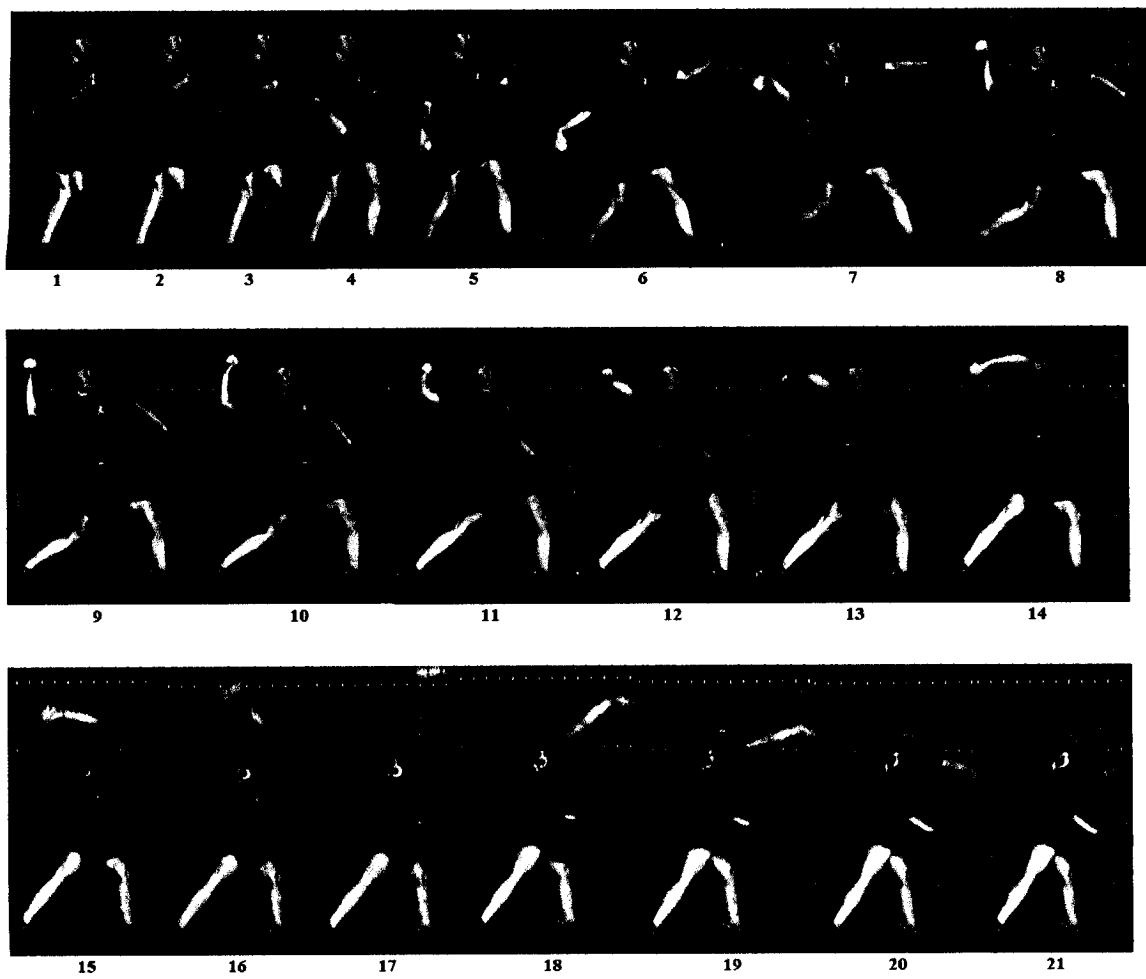
První svaly, které dosáhnou svých lokálních maxim, jsou *m. trapezius* a *m. biceps brachii* a to již ve fázi nápřahu (obr.17, pozice 6), ještě před došlápnutím na celé chodidlo. Tyto svaly jsou ve vzájemné koaktivaci a podle výpočtů korelačního koeficientu je mezi těmito dvěma svaly střední korelace. Oba svaly poté znovu dosahují svého druhého lokálního maxima po vypuštění míče, ve fázi dokončení hodu.

Dále u svalů *m. pectoralis major*, *m. obliquus externus abdominis* a *m. tensor fasciae latae* můžeme pozorovat počátek zvyšování aktivační úrovně ve fázi výkroku a nápřahu, z důvodu zvedání pravé paže během nápřahu, před dokrokem na celé chodidlo. Po dokroku (obr.17, pozice 10) se jejich aktivace zvyšuje a před vypuštěním míče (obr.17, pozice 13) dosahují tyto svaly svých prvních lokálního maxima. Mezi těmito svaly je podle našich výpočtů vysoký korelační koeficient a tudíž vysoká míra koaktivace.

U zbývajících dvou svalů, *m. triceps brachii* a *m. serratus anterior* můžeme na grafu pozorovat pozvolné zvyšování aktivační úrovně již od první fáze hodu a její nárůst až do lokálního maxima u *m. triceps brachii* ještě před odhodem, kdy tento sval umožňuje extenzi v kloubu loketním.

U *m. serratus anterior* se pak vyšší aktivační úroveň objevuje také před odhodem, neboť sval napomáhá při předpažení a vzpažení nad horizontálu.

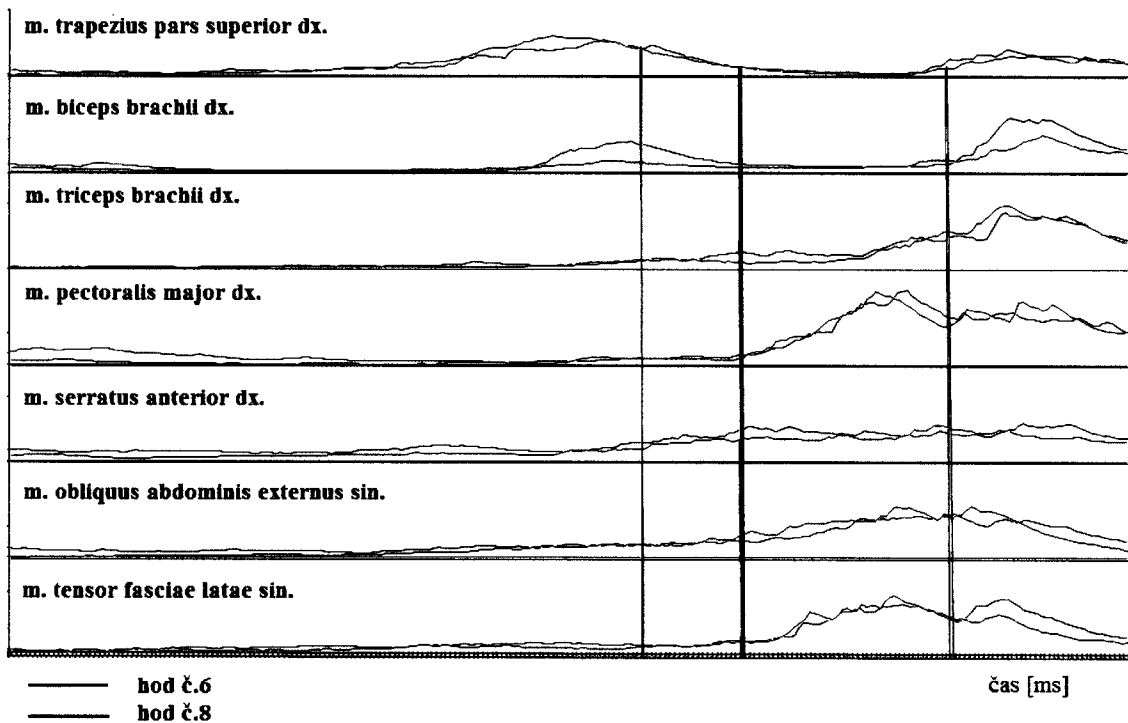
Ve fázi dokončení hodu (obr.17, pozice 20), se pak u obou svalů aktivační úroveň ještě zvyšuje. Již z grafu je vidět, že tyto dva svaly mají v prvních dvou fázích hodu velice podobný průběh a i hodnota korelačního koeficientu, která je vysoká, nám potvrzuje, že svaly jsou na sobě vzájemně závislé a vykonávají společnou práci.



Obr.17: Kinogram hodu vrchním obloukem (hod č.3)

Srovnání hodu č. 6 a 8

El. potenciál [mV]



Obr. 18: EMG záznamy hodu č. 6 a 8

Délka trvání hodu: 1,18 – 1,2s

Délka 1.fáze – výkrok, nápřah (došlápnutí na celé chodidlo): 0,76 – 0,78s (obr. 22, pozice 1-17)

Délka 2.fáze – dokrok – odhod: 0,22s (obr. 22, pozice 17-24)

Posloupnost zapojování svalů:

m. trapezius – k počátku aktivace svalu dochází již ve fázi výkroku a nápřahu, v této fázi dosahuje i svého prvního lokálního maxima, a to ze všech svalů nejdříve. Před dokrokem se jeho aktivace dostává na minimum a druhého lokálního maxima dosahuje ve fázi dokončení hodu. Takto aktivovaný setrvává až do dokončení odhodové fáze.

m. biceps brachii – tento sval se začíná aktivovat ve fázi výkroku a nápřahu hned po *m. trapezius pars superior* a ještě před dokrokem stačí dosáhnout svého prvního

lokálního maxima a opět se jeho aktivita dostává k nejnižším hodnotám. Aktivita se opět zvyšuje těsně před vypuštěním míče a poté vystupuje až na své druhé lokální maximum, ze kterého pozvolna jeho aktivita klesá.

m. triceps brachii – minimální aktivace se projevuje již v první fázi, postupně roste po dokroku a před odhodem se rovnoměrně zvyšuje, až dosáhne v poslední fázi hodu (dokončení hodu) svého druhého lokálního maxima. Podle grafu můžeme říci, že pracuje současně s *m. biceps brachii*, avšak působí antagonisticky (*m. biceps brachii* – umožňuje předpažení, flexi a supinaci; *m. triceps brachii* – extenze předloktí, addukce a extenze ramenního kloubu).

m. pectoralis major – jeho aktivita začíná strmě narůstat po první fázi hodu, po dokroku a před odhodem dosahuje svého lokálního maxima, které se kolísavě udržuje až do fáze dokončení odhodu. V polovině této fáze pak začíná jeho činnost pozvolna klesat až na minimum. Pomáhá během pohybu při předpažení a při vnitřní rotaci paže.

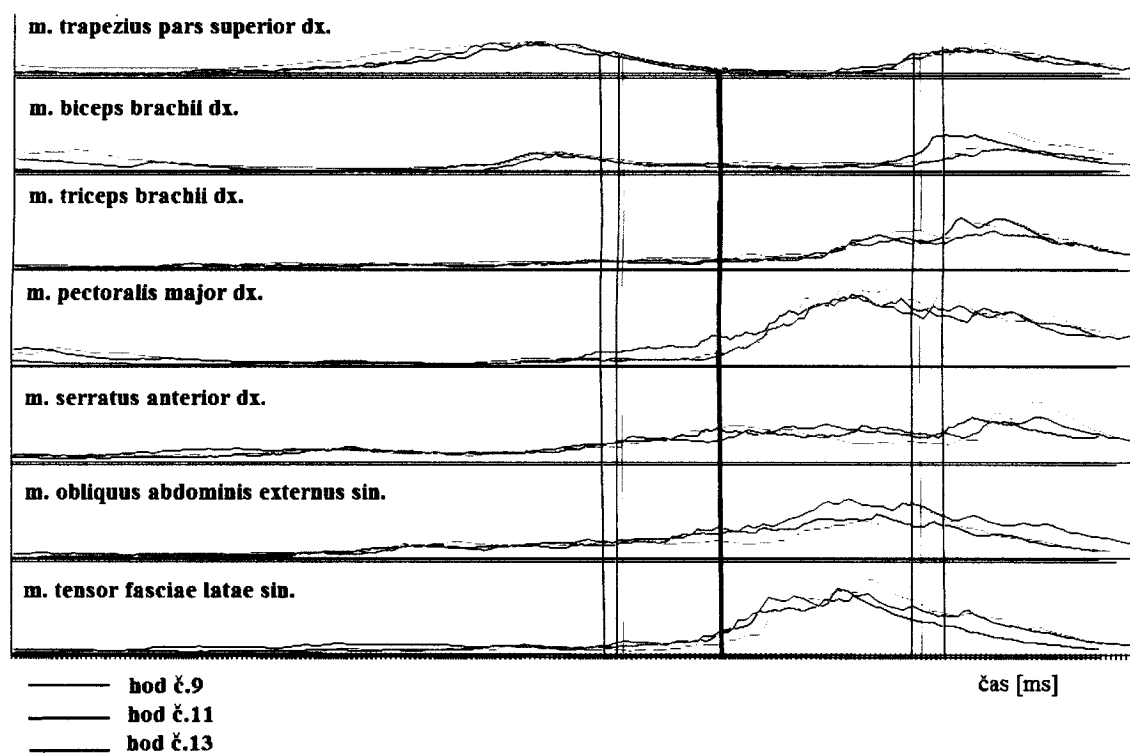
m. serratus anterior – podle grafu lze říci, že je svaelem, který se začíná aktivovat jako první spolu s *m. tensor fasciae latae*. Jeho aktivita se začíná výrazněji zvyšovat po dokroku a poté pozvolna stoupá až do svého lokálního maxima, jehož je dosaženo ve fázi dokončování odhodu, poté se pozvolna dostává do klidové fáze.

m. obliquus abdominis externus – tento sval zajišťuje při jednostranné kontrakci otáčení trupu na opačnou stranu, úklon páteře na svou stranu, při oboustranné kontrakci předklon. Činnost svalů dosahuje vyšších hodnot již na počátku dokroku a takto setrvává až do začátku fáze dokončení hodu, kde je podle grafu jeho aktivita nejvyšší a poté se pozvolna opět dostává do klidové fáze.

m. tensor fasciae latae – zajišťuje stabilitu kolenního kloubu při jeho extenzi, proto můžeme jeho aktivitu zaznamenat již na počátku měření. Po dokroku na celé chodidlo jeho akční potenciál prudce stoupá a dostává se do svého lokálního maxima, ve kterém částečně setrvává i po odhodu. Již na konci poslední fáze hodu můžeme zaznamenat jen lehce zvýšenou aktivitu.

Srovnání hodu č. 9,11,13

El. potenciál [mV]



Obr.19: EMG záznamy hodu č. 9,11,13

Délka trvání hodu: 1,12 - 1,16s

Délka 1.fáze – výkrok, nápřah (došlápnutí na celé chodidlo): 0,70 – 0,76s (obr.22, pozice 1-17)

Délka 2.fáze – dokrok – odhod: 0,2 – 0,22s (obr.22, pozice 17-24)

Posloupnost zapojování svalů:

U těchto grafů je nástup akčního potenciálu svalů téměř podobný jako u předcházejících hodů, které byly srovnávány.

m. trapezius – průběh křivek znázorňujících zapojování svalů do pohybu je velice stabilní u všech třech zde porovnávaných pokusů. Ze všech sledovaných svalů dosahuje i v tomto případě svého lokálního maxima jako první. Nepozorujeme žádné odchylky.

m. biceps brachii – na začátku náprahu zvýšená aktivita, k níž dochází na základě počátečního pohybu odhodové ruky s míčem. Další činnost svalu probíhá podobně jako u *m. trapezius*, avšak dosahuje nižších hodnot.

m. triceps brachii – nevýrazná činnost v průběhu náprahu, na počátku silové fáze se v závislosti na pohybu ruky vpřed činnost zvyšuje a setrvává i po odhodu, kde podle grafu dosahuje prvního lokálního maxima. Nepozorujeme žádné odchylky mezi porovnávanými hody.

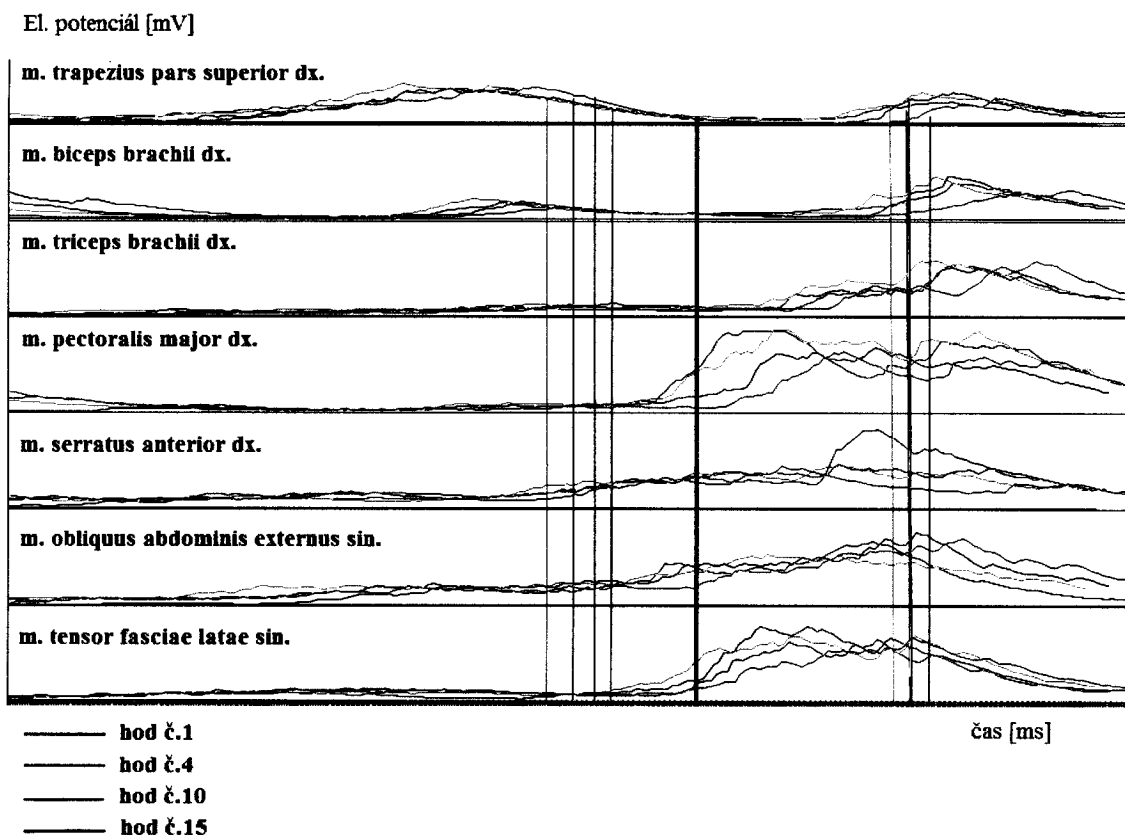
m. pectoralis major – nepatrná činnost na počátku fáze náprahu, po dokroku prudce stoupá, dosahuje lokálního maxima v rámci silové fáze a poté pozvolna činnost klesá, avšak ve fázi dokončení hodu stále setrvává lehce zvýšená aktivita.

m. serratus anterior – do vypuštění míče je aktivita srovnávaných pokusů stabilní, ve fázi dokončení hodu pozorujeme menší odchylky mezi jednotlivými pokusy ve výši lokálních maxim, kterých v této fázi sval dosahuje.

m. obliquus abdominis externus – jednotlivé pokusy můžeme podle křivek hodnotit jako navzájem podobné. Nepozorujeme výrazné odchylky.

m. tensor fasciae latae – sval se výrazně aktivuje až během švihů paže, kde dosahuje lokálního maxima, nejspíše v závislosti přenesené váhy těla na levou dolní končetinu. Ještě před odhodem začíná jeho činnost pozvolna klesat až do poslední fáze hodu, kde vykazuje minimální hodnoty.

Srovnání hodu č. 1,4,10,15



Obr.20: EMG záznamy hodu č. 1,4,10,15

Délka trvání hodu: 1,06 - 1,08s

Délka 1.fáze – výkrok, nápřah (došlápnutí na celé chodidlo): 0,66 – 0,68s (obr.22, pozice 1-17)

Délka 2.fáze – dokrok – odhod: 0,2 – 0,22s (obr.22, pozice 17-24)

Posloupnost zapojování svalů:

m. trapezius – zapojuje se od začátku pohybu. Opět dosahuje dvou lokálních maxim, a to ještě před dokrokem na patu. Ve 2. kritickém místě, kdy hráčka došlapuje na celé chodidlo je již jeho aktivační úroveň minimální a začíná stoupat před samotným odhodem. Po odhodu dosahuje druhého lokálního maxima. Při srovnání s předešlými grafy nepozorujeme v průběhu zapojování tohoto svalu téměř žádný rozdíl.

m. biceps brachii – zvýšenou aktivaci můžeme na grafu sledovat již v počátku pohybu. Poté jeho aktivita podle křivek v grafu klesá. U tohoto svalu můžeme

pozorovat podobný průběh jako u *m. trapezius*, avšak s menším zpožděním a nižší aktivační úrovní.

m. triceps brachii – zapojení tohoto svalu je minimální v první fázi hodu u všech pokusů srovnávaných na tomto grafu. Začíná se zapojovat až na konci této první fáze hodu a svého prvního lokálního maxima dosahuje až ve 3. fázi hodu (dokončení hodu).

Můžeme pozorovat odchylky v čase v momentě, kdy hráčka došlápla poprvé na patu (svislé čáry označující 1. kritické místo). Mnohem podstatnější je však pro nás 3. kritické místo odhodu, které se nepatrně liší (hodnoceno podle svislých čar ukazujících 3. kritické místo) a tím pádem si můžeme všimnout i časového posunutí křivek znázorňující jednotlivé hody (postupně: hod č. 4,1,15,10). Obecně lze říci, že je průběh shodný s pokusy porovnávanými v jiných grafech.

m. pectoralis major – v počátku je zapojení toho svalu do pohybu velmi slabé, po dokroku na celé chodidlo se výrazně aktivita zvyšuje u 1. a 4. hodu, u zbývajících dvou hodů se začíná zvyšovat až po dokroku na celé chodidlo a nárůst není tak rychlý jako u 1. a 4. pokusu. Prvního lokálního maxima je dosaženo u všech čtyřech porovnávaných pokusů v silové fázi, ještě před vypuštěním míče. Po dosažení lokálního maxima je na grafu vidět setrvání ve zvýšené aktivitě svalu až do dokončení hodu.

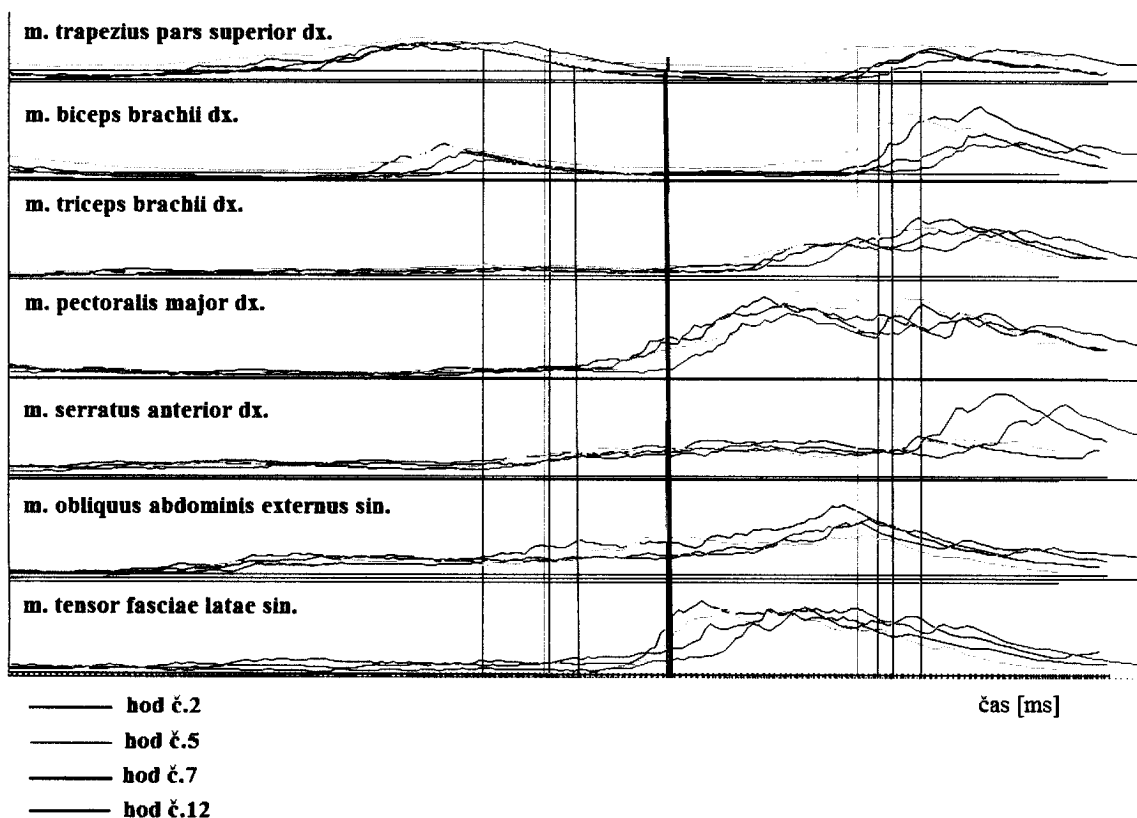
m. serratus anterior – aktivace svalu je stejná jako u předchozích grafů. Odchylku můžeme pozorovat u hodu č.1, kdy se oproti dalším pokusům křivka prvního hodu výrazně zvyšuje a strmě stoupá až do svého prvního lokálního maxima těsně před samotným odhodem. Může to být zapříčiněno delším výkrokem, který je znatelný na videozáznamu.

m. obliquus abdominis externus – zvýšená aktivita při dokroku na celé chodidlo, poté vzrůstá až do svého prvního lokálního maxima, kterého dosahuje během odhodu nebo těsně po něm. Výrazněji se liší pouze hod č. 10, u kterého můžeme popsat průběh zapojování svalů stejně jako u zbývajících třech pokusů, avšak s časovým posunem.

m. tensor fasciae latae – průběh zapojování tohoto svalu je podobný jako u *m. pectoralis major*, kdy také dosahuje svého lokálního maxima ještě před odhodem, liší se však jeho aktivita po odhodu, neboť klesá dříve.

Srovnání hodu č. 2,5,7,12

El. potenciál [mV]



Obr. 21: EMG záznamy hodu č. 2,5,7,12

Délka trvání hodu: 0,98 - 1,02s

Délka 1.fáze – výkrok, nápřah (došlápnutí na celé chodidlo): 0,56 – 0,64s (obr. 22, pozice 1-17)

Délka 2.fáze – dokrok – odhod: 0,18 – 0,22s (obr. 22, pozice 17-24)

Posloupnost zapojování svalů:

m. trapezius – podle grafu lze říci, že zapojení tohoto svalu je shodné u všech sledovaných pokusů. Sval nabývá opět dvou lokálních maxim a to spolu s *m. biceps*

brachii ještě před dokrokem na celé chodidlo. K žádným výraznějším změnám v aktivaci u tohoto svalu nedochází. Můžeme pouze sledovat rozdílný průběh křivky u hodu č. 5, ve fázi dokončení hodu.

m. biceps brachii – průběh zapojení svalu je téměř shodný u všech pokusů. Opět tento sval dosahuje dvou lokálních maxim. Ve druhém lokálním maximu ve švihové fázi se výrazněji liší druhý a pátý pokus, u kterých je aktivita vyšší nežli u pokusů zbývajících, avšak průběh zapojení svalů se jeví shodný.

m. triceps brachii – činnost tohoto svalu je patrná až na konci první fáze hodu a lokálního maxima dosahuje opět po vypuštění míče, jak bylo již popsáno u předchozích grafů. Činnost svalu u pokusů srovnávaných v tomto grafu je relativně stabilní.

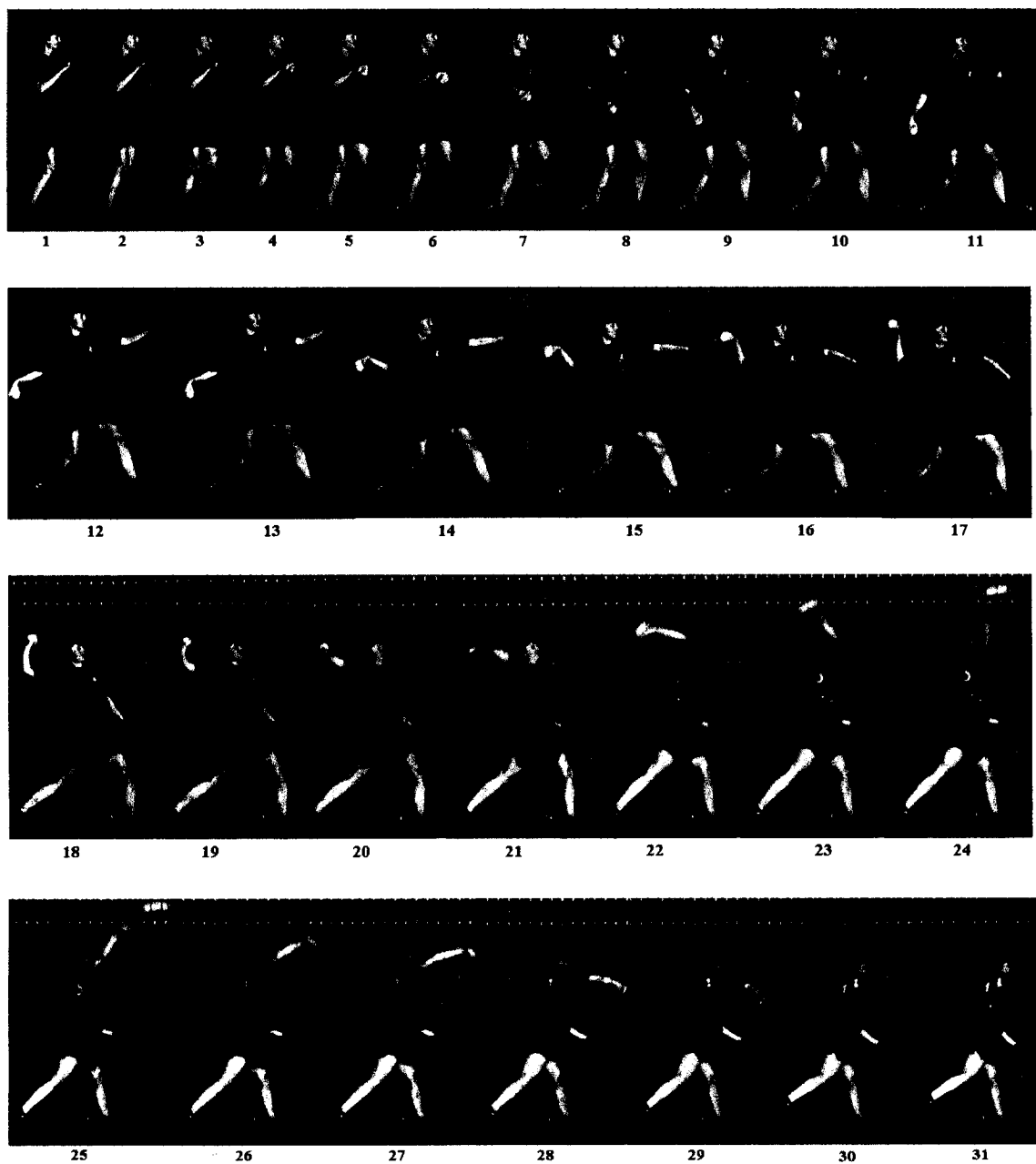
m. pectoralis major – činnost svalu je v porovnávaných pokusech shodná, činnost svalu v jednotlivých pokusech můžeme hodnotit jako stabilní. Průběh zapojení svalu je shodný s již s výše popisovanými grafy.

m. serratus anterior – zapojen již od počátku pohybu. U druhého a pátého hodu je zapojení svalu od 1. kritického místa stabilní až do ukončení pohybu. Rozdílné zapojení pozorujeme u hodu č. 7 a 12, u nichž se výrazně zvyšuje činnost po odhodu, v tento moment dosahuje i svého maxima. U těchto hodů nastává mírný časový posun, neboť z vyznačeného 3. kritického místa svislými čarami (červená a fialová) vidíme, že u hodu č. 12 dochází k odhodu dříve než u hodu č. 7, proto na grafu pozorujeme zvyšování aktivity u hodu č. 7 později než u hodu č. 12.

m. obliquus abdominis externus – jednotlivé křivky zachycující činnost tohoto svalu mají shodný průběh. Činnost tohoto svalu vykazuje ve všech hodech přibližně stejné hodnoty. Maximální úsilí vykazuje před vypuštěním míče.

m. tensor fasciae latae – v těchto pokusech nepozorujeme žádné výrazné odchylky. Sval u všech pokusů dosahuje přibližně stejných lokálních maxim, avšak s lehkým časovým posunem.

Kinogram hodu vrchním obloukem



Obr.22: Kinogram softballového hodu

5.2 Výsledky kinematických analýz

Z jednotlivých hodů jsme vypočítali výškové a úhlové průměry z hodnot naměřených v kritických místech. Veškeré hodnoty (výšky, úhly) jsou měřeny ve výše zmíněných kritických místech z videozáznamu pořízeného během měření hodů. Získání těchto údajů bylo umožněno pomocí počítačového programu Dartfish Connect, který umožňuje popsat sekvenci natočeného pohybu.

1. kritické místo – dokrok na patu výkročné nohy

- a) výška lokte pravé ruky – průměrná výška lokte všech měřených hodů je 1,22cm
- b) výška míče – průměrná výška míče všech měřených hodů je 1,40cm
- c) výška pravého ramene – 1,40cm
- d) výška levého ramene – 1,49cm

- e) úhel, který svírá stehenní a lýtková kost u levé (výkročné) dolní končetiny – $158^{\circ} 62'$
- f) úhel mezi trupem a loktem levé ruky - $72^{\circ} 83'$
- g) úhel v lokti pravé ruky - $86^{\circ} 37'$

Uvedené průměrné hodnoty jsou vypočítány z hodnot jednotlivých pokusů, jak ukazujeme v tabulce 2.

1. kritické místo – dokrok na patu výkročné nohy							
hod č.	výška (m)				úhel		
	a	b	c	d	e	f	g
	loket P	míč	rameno P	rameno L	DK výkročná -L	trup, loket L	loket P
1.	1,25	1,57	1,41	1,47	155,5	68,7	78,3
2.	1,29	1,34	1,54	1,61	160,6	83,4	98,8
3.	1,2	1,43	1,39	1,47	157,1	76,9	77,8
4.	1,18	1,39	1,37	1,47	160,4	77,8	81,5
5.	1,26	1,52	1,41	1,52	153,5	67,6	80,2
6.	1,17	1,3	1,36	1,45	161,9	71,6	96,3
7.	1,18	1,32	1,38	1,46	161,4	77,4	84,8
8.	1,17	1,24	1,39	1,48	161,8	71,4	96,5
9.	1,27	1,52	1,42	1,52	149,5	69,8	80,5
10.	1,24	1,35	1,44	1,52	160,4	76,4	83,7
11.	1,22	1,39	1,39	1,45	162,5	69,8	89,2
12.	1,29	1,57	1,4	1,48	154,4	65,2	95,8
13.	1,19	1,35	1,37	1,46	161,5	73	77,5
14.	1,22	1,4	1,38	1,47	157,3	65,4	89,1
15.	1,16	1,3	1,37	1,47	161,5	78,1	85,5
průměr	1,22	1,4	1,4	1,49	158,6	72,8	86,4
SD	0,04		0,04	0,04	3,89	5,31	7,48

Tabulka 2: Výsledky kinematické analýzy v kritickém místě 1.

2. kritické místo - dokrok na celé chodidlo

a) délku výkroku – 1,1cm

b) výška lokte pravé ruky – 1,33cm

c) výška míče – 1,69cm

d) výška pravého ramene – 1,37cm

e) výška levého ramene – 1,46cm

f) úhel, který svírá stehenní a lýtková kost u levé (výkročné) dolní končetiny - 144° 78'

g) úhel, který svírá stehenní a lýtková kost u pravé (stojné) dolní končetiny - 138° 47'

h) úhel v lokti pravé ruky - 88° 64'

Uvedené průměrné hodnoty jsou vypočítány z hodnot jednotlivých pokusů, jak ukazujeme v tabulce 3.

2. kritické místo - dokrok na celé chodidlo								
hod č.	výška (m)					úhel		
	a	b	c	d	e	f	g	h
	výkrok	loket P	míč	rameno P	rameno L	DK výkročná-L	DK stojná-P	loket P
1.	1,12	1,35	1,73	1,4	1,47	151,9	136,2	84,8
2.	1,13	1,33	1,69	1,39	1,43	152,3	146	89,2
3.	1,08	1,32	1,68	1,35	1,43	145,9	134,8	91,6
4.	1,07	1,38	1,69	1,38	1,45	143,3	144,3	92,1
5.	1,08	1,42	1,75	1,4	1,5	141,2	139,6	94,7
6.	1,04	1,27	1,64	1,36	1,44	142,8	131,5	86
7.	1,1	1,3	1,69	1,37	1,46	139,9	142,6	85,6
8.	1,16	1,25	1,61	1,34	1,45	140,1	137,2	81,5
9.	1,17	1,4	1,76	1,41	1,51	144,6	146	99,4
10.	1,09	1,32	1,68	1,39	1,49	142,5	136,4	85,6
11.	1,08	1,34	1,71	1,36	1,45	139,7	136,5	94,7
12.	1,15	1,38	1,73	1,38	1,48	148,7	139,1	96,5
13.	1,09	1,3	1,65	1,34	1,41	141,5	137,4	81,7
14.	0,98	1,33	1,71	1,37	1,45	148,5	132,1	83,7
15.	1,1	1,3	1,66	1,35	1,43	148,8	137,3	82,5
průměr	1,1	1,33	1,69	1,37	1,46	144,8	138,5	88,6
SD	0,05	0,05	0,04	0,023	0,03	4,31	4,52	5,82

Tabulka 3: Výsledky kinematické analýzy v kritickém místě 2.

3. kritické místo – odhod

a) délku výkroku – 0,97cm

b) výška lokte pravé ruky – 1,69cm

c) výška míče – 2,11cm

d) výška pravého ramene – 1,51cm

e) úhel, který svírá pravé rameno, pravý bok a pravé koleno – 162° 99'

f) úhel, který svírá stehenní a lýtková kost u levé (výkročné) dolní končetiny – 160° 67'

g) úhel, který svírá stehenní a lýtková kost u pravé (stojné) dolní končetiny – 156° 06´

Uvedené průměrné hodnoty jsou vypočítány z hodnot jednotlivých pokusů, jak ukazujeme v tabulce 4.

3. kritické místo – vypuštění míče							
hod č.	výška (m)				úhel		
	a	b	c	d	e	f	g
	výkrok	loket P	míč	rameno P	rameno-bok-koleno	DK výkročná P	DK stojná L
1.	1,01	1,7	2,16	1,54	171,2	153,5	163,9
2.	0,97	1,72	2,16	1,5	166,4	158,3	157,9
3.	0,96	1,67	2,08	1,5	160,3	167,9	151,7
4.	0,95	1,72	2,17	1,52	158,8	163,3	161,9
5.	0,97	1,73	2,18	1,52	162,2	163,8	157,3
6.	0,94	1,68	2,05	1,51	159,4	162,8	157,3
7.	1,02	1,66	2,07	1,48	162,4	163,2	154
8.	0,99	1,69	2,05	1,49	158,4	157,9	148,9
9.	1,02	1,73	2,16	1,53	160,5	156,2	152,1
10.	0,98	1,67	2,06	1,52	167,8	160,6	146,6
11.	0,99	1,67	2,09	1,5	160,3	158,6	154,5
12.	0,98	1,68	2,11	1,53	167	156,6	155,7
13.	0,94	1,63	2,09	1,51	163,4	164,5	153,5
14.	0,94	1,69	2,12	1,52	165,6	160,5	168,8
15.	0,95	1,66	2,07	1,53	161,1	162,3	156,8
průměr	0,97	1,69	2,11	1,51	163	160,7	156,1
SD	0,028	0,03	0,05	0,02	3,8	3,81	5,69

Tabulka 4: Výsledky kinematické analýzy v kritickém místě 3.

Cílem kinematické analýzy bylo změřit stanovené proměnné v námi určených kritických místech. Na základě takto získaných hodnot jsme se pokusili určit, zda jsou měřené pokusy u sledované hračky stabilní co do provedení pohybu.

Hodnocení průměrů

Podle vypočítaných průměrů jsme našli extrémy u jednotlivých proměnných.

Za vysoký extrém považujeme hodnoty, jež se liší od průměru o více jak 0,05m u naměřených výšek a délek, a o více jak 10° u naměřených úhlů (extrémní hodnoty jsou vyznačeny v tabulkách 2,3,4 zelenou barvou).

Za nízký extrém považujeme hodnoty, jež se liší od průměru o více jak 0,05m u naměřených výšek a vzdáleností a o více jak 10° u naměřených úhlů (extrémní hodnoty jsou vyznačeny v tabulkách 2,3,4 modrou barvou).

Hodnocení SD

Podle vypočítaných směrodatných odchylek (SD) jsme stabilitu provedení hodu klasifikovali následovně:

- SD v rozmezí od 0 do 0,05 ukazuje, že naměřené hody jsou stabilní.

příklad: SD nabývající hodnoty 0,02 vypočítaná ze všech patnácti hodů u dané proměnné, je ekvivalentní rozdílu dvou centimetrů. Hod můžeme považovat za stabilní.

- SD nabývající hodnoty od 0,05 ukazuje, že naměřené hody jsou málo stabilní.

příklad: SD nabývající hodnoty 0,1 vypočítaná ze všech patnácti hodů u dané proměnné, je ekvivalentní rozdílu deseti centimetrů. Hod můžeme považovat za nestabilní.

Podle těchto kritérií lze říci, že hody jsou stabilní v 2. a 3. kritickém místě.

V 1. kritickém místě je podle tabulky 2 zjevná nestabilita ve výšce míče. Z tabulky je patrné, že se naměřené hodnoty liší od průměru o více jak +/- 5cm v devíti pokusech z celkových patnácti pokusů. Hodnota SD má u měřené vzdálenosti míče od země hodnotu 0,1.

Naměřené hodnoty mohou být částečně zkreslené chybami v měření vzdáleností a úhlů, tudíž může být ovlivněn i výpočet extrémů. Z celkového pohledu lze však hod měřené hráčky hodnotit jako relativně stabilní.

5.3 Výsledky korelační analýzy

Agonista a antagonist tvoří partnerskou dvojici, ve které existuje vztah reciproční inhibice (agonista inhibuje antagonistu). To platí s určitým omezením pro fázický pohyb. Při vyšší aktivitě agonisty je vždy v antagonistovi určité napětí. Současná aktivita obou partnerů se nazývá kokontrakce nebo koaktivace. (Véle, str.45)

Pomocí korelačních koeficientů lze zjistit, zda jsou svaly ve vzájemné koaktivaci. Zjišťujeme, kde je korelace mezi svaly vysoká a kde naopak nízká. Tím můžeme vyjádřit, v jakém vzájemném vztahu jsou svaly, zda pracují podobně. Pokud je korelační koeficient vysoký, svaly jsou na sobě vzájemně závislé a vykonávají společnou práci (koaktivace svalů). Je-li však korelační koeficient nízký, znamená to, že svaly na sobě nejsou závislé a nepracují společně.

Vztah korelačních závislostí u sledovaných svalů lze ve stručnosti vyjádřit takto:

Nulová korelace mezi svaly

m. trapezius - m. tensor fasciae latae (-0,14)

m. trapezius - m. pectoralis major (-0,10)

Nízká korelace mezi svaly (cca 0,3)

m. trapezius - m. serratus anterior (0,0275)

m. trapezius - m. obliquus abdominis externus (0,0739)

m. trapezius - m. triceps brachii (0,248)

m. biceps brachii - m. tensor fasciae latae (0,2576)

Střední korelace mezi svaly (0,3 až 0,6)

m. biceps brachii - m. obliquus abdominis externus (0,318)

m. biceps brachii - m. trapezius (0,448)

m. biceps brachii - m. pectoralis major (0,507)

m. biceps brachii - m. serratus anterior (0,526)

Vysoká korelace mezi svaly (0,6 až 1)

- m. triceps brachii - m. tensor fasciae latae (0,63)
- m. serratus anterior - m. tensor fasciae latae (0,658)
- m. triceps brachii - m. obliquus abdominis externus (0,66)
- m. serratus anterior - m. obliquus abdominis externus (0,713)
- m. triceps brachii - m. serratus anterior (0,730)
- m. pectoralis major - m. serratus anterior (0,734)
- m. triceps brachii - m. biceps brachii (0,777)
- m. triceps brachii - m. pectoralis major (0,80)
- m. pectoralis major - m. obliquus abdominis externus (0,803)
- m. tensor fasciae latae - m. obliquus abdominis externus (0,870)
- m. pectoralis major - m. tensor fasciae latae (0,889)

Popis korelačních závislostí u jednotlivých svalů

1) m. trapezius

Střední korelace se projevuje pouze s *m. biceps brachii*, což můžeme vidět na grafu znázorňujícím zapojování jednotlivých svalů. Tyto dva svaly dosahují svého prvního lokálního maxima ještě před dokrokem na patu a druhého lokálního maxima po odhodu (obr.16).

Se zbývajícími svaly je korelace nízká až nulová.

2) m. pectoralis major

Nejvyšší koaktivace probíhá s *m. triceps brachii*, *m. serratus anterior*, *m. obliquus abdominis externus* a *m. tensor fasciae latae*.

Středně pracuje po boku *m. biceps brachii*, nulovou spoluprací můžeme sledovat s *m. trapezius*, který vykazuje, jak již bylo výše uvedeno, nejnižší koaktivaci ze sledovaných svalů se svaly ostatními.

3) m. tensor fasciae latae

Tento sval převážně vykazuje vysokou korelaci. A to se svaly *m. obliquus abdominis*, *m. serratus anterior*, *m. pectoralis major* a *m. triceps brachii*.

Velmi nízká spolupráce je s *m. biceps brachii* a nulovou spoluprací vykazuje s *m. trapezius*.

4) *m. serratus anterior*

Vysoce koaktivuje s *m. triceps brachii*, *m. pectoralis major*, *m. obliquus abdominis externus* a s *m. tensor fasciae*. Střední koaktivace probíhá s *m. biceps brachii*, nízká pak s *m. trapezius*.

5) *m. obliquus abdominis externus*

Vysoce spolupracuje s *m. triceps brachii*, *m. pectoralis major*, *m. tensor fasciae latae*, *m. serratus anterior*. Středně koaktivuje s *m. triceps brachii*, avšak tato koaktivace je na hranici nízké korelace. Nejnižší koaktivace je s *m. trapezius*.

6) *m. triceps brachii*

Vysokou koaktivaci můžeme pozorovat se všemi sledovanými svaly vyjma *m. trapezius*.

7) *m. biceps brachii*

Vysoká spolupráce se ukazuje s *m. triceps brachii*. Střední koaktivaci sledujeme s *m. serratus anterior*, *m. obliquus abdominis externus*, *m. pectoralis major* a s *m. trapezius*. Nízkou spoluprací podle výsledků vykazuje s *m. tensor fasciae latae*.

6. ZÁVĚR

Po zpracování dat a jejich vyhodnocení jsme dospěli k následujícím zjištěním:

1) Prostřednictvím kvantitativní analýzy jsme zjišťovali úhly v kloubech, úhly mezi jednotlivými segmenty těla a vzdálenosti. Došli jsme k závěrům, že technika hodů vrchem je stabilní ve sledovaném 2. a 3. kritickém místě. Odchyly v provedení hodů u měřené hráčky jsme na základě měření analyzovali ve sledovaném 1. kritickém místě, kde se lišila výrazněji naměřená výška míče (měřena vzdálenost míče od země) v momentě dokroku na patu (*tabulka 2*).

2) Ve srovnání s teorií provedení hodů vrchním obloukem jsme na základě kinematických analýz našli následující odlišnosti v technice provedení u sledované hráčky:

1. fáze: výkrok a nápřah

U sledované hráčky jsme pozorovali problém v časování během fáze výkroku a nápřahu. Hráčka provádí při výkroku nejprve došlap na patu (*Obr.22, pozice 14*), až poté dokrok na celé chodidlo (*Obr.22, pozice 17*). Proto jsme museli této odlišnosti přizpůsobit i měřená kritická místa.

Kontrolním bodem, který sledujeme v nápřahu, je loket pravé paže výš než pravé rameno, což bychom měli pozorovat na kinogramu ještě před zahájením druhé fáze hodů (*obr.22, pozice 17*). U měřené hráčky je viditelná odlišnost v tomto kontrolním bodě, jelikož je pravý loket níže než pravé rameno.

Odlišnost od správné techniky hodů vrchním obloukem můžeme pozorovat u levé paže, která by správně měla vykonávat v této fázi hodů pohyb do předpažení a rukavicí ukazovat na cíl hodů v okamžiku konce 1. fáze hodů. Ruka však tento pohyb vykoná předčasně (*obr.22, pozice 15*).

2. fáze: švih paže – silová fáze

Tato silová fáze začíná pohybem boků, které rotují vpřed k cíli. Ihned po zahájení rotace boků pokračuje pohyb rotací ramen se současným pohybem pravé paže. V prvním okamžiku zahájení švihového pohybu je paže vedena loktem vpřed. Tyto body jsou v technice sledované hráčky splněny.

Na počátku silové fáze by měla levá ruka ukazovat směrem k cíli hodu, hráčka však tento pohyb vykoná již v první fázi hodu (*obr.22, pozice 15*). V této fázi by měla levá paže vykonávat protipohyb, který slouží k udržení rovnováhy a jako impulz k rotaci trupu. Tento protipohyb však hráčka začíná již ve fázi výkroku a nápřahu a v silové fázi ruka předčasně klesá (*obr.22, pozice 18*).

3. fázi hodu (dokončení hodu) jsme nevyhodnocovali, byla důležitá pouze pro stanovení konce měřeného pohybu.

Na základě naměřených dat pomocí EMG, z výsledků vzájemného porovnání EMG záznamů jednotlivých hodů mezi sebou a z výsledku kinematických analýz můžeme techniku hodu vrchním obloukem, již jsme u hráčky měřili, považovat za relativně stabilní.

Doporučení pro změny v technice u sledované hráčky:

- hráčka by měla směřovat dokrok na špičku
- ve fázi výkroku a nápřahu by měla udržet loket výš než rameno
- hráčka by se měla soustředit na udržení levé ruky v předpažení až do začátku silové fáze a více tak využít protipohybu

Doporučení pro praxi:

Metoda je použitelná pro analýzu techniky pohybu, zejména podle stability EMG záznamů se dá určit stabilita provedení.

2D kinematická analýza je jednoduchou technikou, pro jejíž využití není třeba speciálních znalostí, jako u měření EMG. Je však důležité využít vhodného softwaru

pro zpracování. Na základě zpracování diplomové práce doporučujeme software Dartfish. 2D kinematická analýza může být vhodná pro trenéry, kteří tak mohou provést rozbor techniky svých svěřenců a na základě toho vybrat např. vhodné cvičení pro odstranění viditelných chyb v technice.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BROŽOVSKÝ, M. *Evaluace squashového forehandu a backhandu pomocí povrchové elektromyografie*. Diplomová práce, FTVS UK Praha 2008
2. CIBULČÍK, F., ŠÓTH, J. *Základná príručka elektromyografických technik: EMG Atlas*. Martin: Osveta, 1998
3. ČELIKOVSKÝ, S. *Antropomotorika*. Praha: SPN, 1979
4. ČIHÁK, R. *Anatomie 1*. Praha: Grada, 2001
5. DOSKOČIL, M. *Systematická, topografická a klinická Anatomie II. Pohybový aparát končetin*. Praha: Karolinum, 1995
6. DOVALIL, J. a kol. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2005
7. DUFEK, J. *Elektromyografie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995
8. DYLEVSKÝ, I. *Obecná kineziologie*. Praha: Grada, 2007
9. DYLEVSKÝ, I., DRUGA, I., MRÁZKOVÁ, O. *Funkční anatomie člověka*. Praha: Grada, 2000
10. GRIM, M., DRUGA, R. *Základy anatomie, 1. obecná anatomie a pohybový systém*. Univerzita Karlova v Praze, 2001
11. JONES, B. J., MURRAY, M. J. *Softball: Concepts for Coaches and Teachers*. Iowa: Wm. C. Brown Copany Publishers, 1978
12. KADAŇKA, Z., BEDNAŘÍK, J., VOHÁŇKA, S. *Praktická elektromyografie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1994
13. KELLER, O. *Obecná elektromyografie*. Praha: Triton, 1999
14. LINC, R., DOUBKOVÁ, A. *Anatomie hybnosti*. 2. vyd. Jinočany: H & H, 1993
15. MELICHNA, J. *Fyziologie tělesné zátěže II: 2. díl, Speciální část*, 1. vyd. Praha: Karolinum, 1995

16. NOVÁK, A. *Biomechanika tělesných cvičení: základy obecné biomechaniky*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1970
17. POCOCK, G., RICHARDS, CH. D. *Human physiology: The Basic sof Medicine*. New York: Oxford University Press Inc., 1999
18. ROKYTA, R. a kol. *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV, 2000
19. SÜSS, V. *softball a baseball*. Praha: Grada, 2003
20. ŠVEHLA, P. *Kineziologická analýza činnosti vybraných svalových skupin při hodu vrchním a spodním obloukem v softbalu* Diplomová práce FTVS UK Praha 2008
21. TÁBORSKÝ, F. a kol. *Základy teorie sportovních her, učební text pro bakalářské studium*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2007
22. TRAVELL, J., G., SIMONS, S., D., G. *Myofascial pain and dysfunction: the triggerpoint manual*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1999
23. TROJAN, S., DRUGA, R., PFEIFFER, J., VOTAVA, J. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka, druhé, přepracované a rozšířené vydání*. Praha: Grada, 2001
24. VALENTA, J., KONVIČKOVÁ, S., VALERIÁN, D. *Biomechanika kosterního a hladkého svalstva člověka*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998
25. VÉLE, F. *Kineziologie posturálního systému*. Praha: Karolinum, 1995
26. VÉLE, F. *Kineziologie*. 2. vyd. Praha : Triton, 2006
27. WAAGE, M. a G. *Příručka pro softbalové trenéry, úroveň 1*. Praha: trenérsko-metodická komise České softballové asociace, 1998