

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU**

**Kineziologický náhled na hodnocení hladkého
a překážkového běhu v atletice**

(literární rešerše)

**Kinesiological overview of evaluation methods of sprinting
and hurdling in track and field.**

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

PhDr. Aleš Kaplan, Ph.D.

Zpracovala:

Zuzana Sachová

PRAHA, SRPEN 2014

Abstrakt bakalářské práce

Název závěrečné práce

Kineziologický náhled na hodnocení hladkého a překážkového běhu v atletice.

Zpracovala: Zuzana Sachová

Vedoucí bakalářské práce: PhDr. Aleš Kaplan, Ph.D.

Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bylo prostudovat problematiku možností kineziologického hodnocení pro pochopení hladkého a překážkového běhu v atletice za pomoci literární rešerše, a seznámení s možnostmi kompletního kineziologického hodnocení hladkého i překážkového běhu a následný pokus o kineziologické hodnocení pohybu překážkáře v záměrně vybraném kinogramu.

Metodika práce

V této závěrečné práci se zabývám prostudováním možností kineziologického hodnocení hladkého a překážkového běhu v atletice, pomocí literární rešerše vybrané odborné literatury, týkající se pohybové soustavy člověka, obecné kineziologie a kineziologie segmentu pánve a dolní končetiny, charakteristiky a techniky sprintu, hladkého i překážkového, a speciální kineziologie týkající se hladkého a překážkového běhu. Dále využívám nepřímého pozorování, sledováním videí elitních překážkářů s cílem výběru záměrného kinogramu pro následný pokus o kineziologické hodnocení přeběhu překážky.

Výsledky práce

V této práci jsem skrze literární rešerši, ve které jsem využila 71 literárních a 9 elektronických zdrojů, zjistila, že kineziologické hodnocení hladkého a především překážkového běhu je složité a značně komplikované. Kineziologií hladkého běhu se až do současnosti zabývalo a zabývá mnoho autorů, kteří se převážně ve svých názorech shodují, pouze mají každý nepatrně jiný postup, zaměřující se a upřednostňující jiné aspekty. Totéž však nelze tvrdit o kineziologii překážkového běhu, protože ve světě

nejdou téměř žádné analýzy ani studie, které by tuto problematiku v rámci překážkového běhu řešily. Důvodem je dle poznatků ze studií hladkých sprintů nedostatečná použitelnost EMG na hlubší svaly a rovněž přílišná náročnost, co se týká rychlosti

a krátké době trvání přeběhu překážky. Přesto se všichni autoři zabývající se analýzou zapojení a fungování svalů při hladkém a překážkovém běhu shodují, že nejdůležitějšími svaly jsou m. gluteus maximus, m. iliopsoas a hamstringy. Téměř všichni rovněž upozorňují na důležitost břišních svalů a svalů horních končetin pro rovnováhu těla a souhru paží s pohybem nohou. Přesto se domnívám, že by stálo za pozornost důkladně prostudovat a provést rovněž důkladné kineziologické hodnocení překážkového sprintu.

Klíčová slova

atletika, kineziologie, pohyb, hladký a překážkový běh, 100 m překážek a 110 m překážek

Abstract

Title

Kinesiological overview of evaluation methods of sprinting and hurdling in track and field.

Objectives

The objective of this thesis was to analyse the possibilities of kinesiological evaluation as described in the literature, especially with regard to understand sprinting and hurdling in track and field; to familiarize myself with the possibilities of a complete evaluation of sprinting and hurdling, and then to try to raise a kinesiograph of the movements of a hurdler in intentionally selected photosequences.

Methods

This thesis is focused on the possibilities of kinesiological evaluation of sprinting and hurdling in track and field. It's based on a review of selected scientific publications about human motion system, general kinesiology, kinesiology of pelvis and lower limbs, descriptions and techniques of sprinting and hurdling and special kinesiology of sprinting and hurdling in track and field. Furthermore, indirect observation and watching videos of top hurdlers in motion were also used for the selection of intentional photosequences to attempt a kinesiological evaluation of hurdling.

Results

Through relevant scientific publications – 71 published on print and 9 on electronic media – I realised that kinesiological evaluation of sprinting and especially of hurdling is very difficult and complicated. Many authors, which mostly agree in their opinions, were engaged and are still engaged in the kinesiology of sprinting, they only have slightly different approaches, focusing on and prioritizing other aspects. Therefore cannot be declared the same about the kinesiology of hurdling, because there is almost no known analysis or study

where authors tended to evaluate hurdling regarding its kinesiological aspects. As demonstrated in sprinting studies, EMGs cannot be sufficiently applied on deeper muscles, as well as intense movement and short tract are also perplexing factors. Nevertheless all authors concerned with the analysis of participation and functioning of muscles in sprinting and hurdling agree about the most important muscles that are m. gluteus maximus, m. iliopsoas and hamstrings. Almost each one of them calls attention to the importance of the abdominal muscles and the muscles of the upper limbs that are crucial for the stability of the body and for the interplay of the arms with the movements of the feet. However I think that an extended and solid evaluation of hurdling from kinesiological aspects would be worth of study as well.

Key words

track and field, kinesiology, movement, sprinting and hurdling in track and field

Prohlašuji, že jsem bakalářkou práci „Kineziologický náhled na hodnocení hladkého a překážkového běhu v atletice“ vypracovala pod vedením PhDr. Aleše Kaplana Ph.D. samostatně, na základě vlastních zjištění a za použití všech pramenů uvedených v přehledu použité literatury.

Praha, 27. 8. 2014

.....
podpis

Evidenční list

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

Jméno a příjmení: **Fakulta/katedra:** **Datum vypůjčení:** **Podpis:**

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala PhDr. Aleši Kaplanovi, Ph.D za odborné vedení, za mnoho podnětných informací, cenných rad a připomínek a především bych ráda poděkovala za trpělivost, kterou se mnou měl při zpracování této bakalářské práce.

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíle a úkoly práce.....	13
3	Metody práce.....	14
4	Rešeršní zpracování	16
4.1	Pohybová soustava člověka	16
4.2	Kineziologie	20
4.2.1	Stručná definice kineziologie	20
4.2.2	Obecná kineziologie	22
4.2.3	Fenomenologie pohybu	22
4.2.4	Fyzikální pojetí pohybu	23
4.2.5	Myokinetika.....	24
4.3	Kineziologie jednotlivých segmentů těla důležitých pro hladký a překážkový sprint v atletice	31
4.3.1	Kineziologie pánve a dolní končetiny	31
4.4	Charakteristika a technika hladkého sprinterského běhu	44
4.4.1	Technika hladkého sprinterského běhu	45
4.5	Charakteristika a technika krátkého překážkového běhu.....	51
4.5.1	Technika krátkého překážkového běhu	53
4.6	Speciální kineziologie zaměřená na hladký a překážkový běh v atletice ..	59
4.6.1	Kineziologie sprinterského hladkého běhu.....	60
4.6.1.1	Zapojení svalů ve sprintu podle Paříka, Hojky a Kračmara (2011)	62
4.6.1.2	Zapojení svalů při sprintu podle Tidowa a Wiemana (1995)	65
4.6.1.3	Anatomická analýza podle Hamiltona, Weimara a Luttgense (2012) a Vélého (2006)	68
4.6.2	Kineziologie krátkého překážkového běhu.....	70
4.6.2.1	Analýza překážek podle Scotta (1963)	71
4.6.2.2	Analýza překážek podle Tittela (2003)	72
5	Příklad kineziologického hodnocení.....	75
6	Diskuze	78
7	Závěr	82
8	Přehled použité literatury.....	84
9	Přehled obrázků	91
10	Přehled tabulek	92

Seznam použitých zkratek

m. – musculus, sval

mm. – muscoli, svaly

add. – adductor, adduktor

origo – začátek svalu

insertio – konec, tzv. úpon svalu

EMG – electromyografie

1 Úvod

Atletika nazývaná královnou sportů je již od počátků lidské civilizace známým sportem, který byl, je a bude provozován téměř po celém světě. Běh, jako jeden ze základních druhů lidské lokomoce, je dnes mimo atletickou dráhu určitý styl života, díky kterému lidé podporují svůj zdravý způsob života. Běh je vlastně svojí jednoduchostí, kdy běhat umí vlastně každý z nás, tak unikátní a krásný. Hladký sprint bývá v dnešní době na atletických šampionátech vrcholem, každý chce být tím nejrychlejším mužem či ženou na planetě Zemi. Sprinteři se tak těší ohromného zájmu všech lidí, kteří si ve většině případů rovněž zkusili, jak výjimečné je proběhnout si krátkou rovinku co možná nejrychleji a kdo dnes nezná Usaina Bolta? Téměř každý. Avšak mezi velmi populární disciplíny v atletice se postupem času dostaly rovněž všechny překážkové běhy. Z výpovědí překážkářů vyplývá, že si právě překážky zvolili ze dvou důvodů. Zaprvé nebavilo je pouze běhat, pouhý běh jim přišel až příliš stereotypní činností a zadruhé v překážkách viděli mnohem pestřejší trénink a rozvíjení mnohem většího množství schopností a dovedností. Je faktem, že v překážkových bězích nestačí jen dobře běhat, ale také zvládnout techniku přeběhu překážek a získat dobrý cit pro rytmus přeběhu. V žádném okamžiku na trati si atlet nemůže být ničím jistý, stačí jedna malá nepozornost, chybička při překonávání překážky a všechny ambice mohou být ztraceny a v tom je krása překážkových běhů. V dnešní době tak odborníci hledají stále nové metody a způsoby pozorování, zkoumání a analýzy atletických disciplín, aby dokázali v technice a způsobu provedení konkrétních disciplín využít všech fyziologických možností lidského organismu a naučit atlety takové technice, která se bude blížit „ideálu“. Právě z toho to důvodu, se začínají i v atletice uplatňovat poznatky a metody kineziologické analýzy pohybu.

Kineziologie, jež je vědním oborem zabývající se pohybem člověka, je v současné době jeden z nejvíce se rozvíjejících oborů. Dnes už to není typický obor pouze pro potřeby rehabilitace, ale je běžně využívaným oborem v našem světě. Dovedu tudíž tvrdit, že i ve sportovním světě v posledních letech narůstá a z hlediska výrazné pomoci by mělo narůstat využití právě kineziologie. Nejde jen o zvědavost konkrétně zapojených svalů při činnosti a během určité pohybové sportovní aktivity, ale jde taktéž o to pochopit do hloubky míru souznění mezi prvky pohybové soustavy,

skeletu, svalové soustavy a jejich nervového řízení. Výsledkem určitého kineziologického hodnocení však vždy bude především zapojení konkrétních svalů a jejich míra, kterou se do pohybu zapojují. Tyto informace by pak měli posloužit především všem trenérům s dostatečným vzděláním, aby při tréninku svých svěřenců sprinterů a překážkářů respektovali výsledky a zaměřili například trénink techniky tak, aby se zapojily ty správné svalové partie, či aby správně zaměřili posilování na důležité konkrétní svaly.

Spojením těchto dvou oborů tedy kineziologie a atletiky, konkrétně sprintů jak na hladkých tratích, tak na těch s překážkami, je dle mého názoru velmi důležité a zajímavé, především pro ještě lepší výkony v těchto disciplínách a také pro zdokonalení tréninkových prostředků. Myslím si, že důkladná analýza pohybu tedy jak hladkého sprintu tak toho překážkového, může vést k ještě lepším znalostem týkající se přesného zapojení konkrétních svalů a tím ke zvýšení produktivity tréninku. Cílem mé bakalářské práce bylo rešeršní zpracování problematiky využití kineziologie pro pochopení techniky běhu v hladkém sprintu a v překážkovém běhu pomocí vybraných odborných pojmů a zároveň pokus o hodnocení záměrně vybraného kinogramu překážkáře bez využití EMG. Vzhledem ke svému zájmu v této problematice, bych chtěla v tomto problému pokračovat v rámci diplomové práce. Předběžná představa by se týkala konkrétního výzkumu za pomoci EMG.

2 Cíle a úkoly práce

Cílem této bakalářské práce je prostudovat problematiku kineziologie pomocí odborných pojmů a kategorií, které souvisí s hladkým a překážkovým během v atletice. Pro splnění tohoto cíle bylo použito literární rešerše s následnými kategoriemi pohybová soustava člověka, obecná kineziologie a kineziologie jednotlivých segmentů těla, speciální kineziologie zaměřená na hladký a překážkový běh v atletice a charakteristika a technika hladkého a překážkového běhu v atletice. Následně pak seznámení s možnostmi kineziologického hodnocení hladkého i překážkového běhu s následným pokusem o možnou analýzu kineziologického pohybu překážkáře v záměrně vybraném kinogramu prostřednictvím poznatků z prostudované literatury, bez využití EMG.

Úkoly práce

Pro zpracování této práce jsem si formulovala tyto úkoly práce:

1. Výběr relevantních literárních zdrojů jak české, tak zahraniční literatury.
2. Prostudování vybrané problematiky.
3. Rozdělení literárních zdrojů do jednotlivých kategorií: pohybová soustava člověka, obecná kineziologie, kineziologie jednotlivých segmentů těla, charakteristika a technika hladkého a překážkového běhu a speciální kineziologie zaměřená na hladký a překážkový běh v atletice.
4. Příklad vlastního kineziologického hodnocení přeběhu překážky u záměrně vybraného kinogramu.

3 Metody práce

Pracovní postup

Nejdříve jsem prostudovala vybranou relevantní literaturu, především zahraniční články a publikace, pro obecné informace jsem pak využila českých zdrojů. Následně jsem danou prostudovanou literaturu sepsala s využitím rozdělení na jednotlivé tematické celky jako budoucí kategorie práce charakteru literární rešerše. Nejdříve jsem se obecně zabývala pohybovou soustavou jako základními poznatky důležitými pro ostatní vybrané kategorie. Poté jsem pokračovala dalšími vybranými kategoriemi až k charakteristice, technice a kineziologii hladkého a překážkového běhu. Dále jsem pro potřeby nástinu vlastního kineziologického hodnocení shlédla poskytnutá videa elitních atletů, poté jsem záměrně vybrala kinogram, na kterém jsem se v závěru pokusila nastínit možné kineziologické hodnocení překážkového běhu.

Metodika práce

Bakalářská práce je teoretickou prací charakteru literární rešerše týkající se problematiky kineziologie hladkého a překážkového běhu v atletice. Práci jsem si tedy dle vybraných odborných pojmů rozdělila na jednotlivé kategorie, které jsem pomocí nalezených literárních zdrojů sepsala. Teoretická data jsem vybírala z relevantních zdrojů literatury, především zahraničních článků a publikací, obecné informace jsem pak převzala spíše z českých zdrojů. Při výběru jsem mimo jiné využila databáze zahraničních zdrojů, databáze pubmed, EBSCOhost, sportdiscuss, proquest, scopus, j-story. Klíčovými slovy při vyhledávání cizojazyčných zdrojů byly: kinesiology, hurdling, sprinting, human motion, biomechanical analysis. Pro české zdroje byly klíčovými slovy následující: pohybový systém, kineziologie, hladké a překážkové běhy, sprint, 100 m překážek, 110 m překážek. Především pro obecnější informace jsem využila zahraničních a českých publikací dostupných v knihovně a studovně UK FTVS. V práci jsem také využila metodu nepřímého pozorování, a to formou sledování videí elitních atletů pro potřeby následného pokusu o vlastní kineziologické hodnocení překážkového běhu. Ve videích jsem se zaměřila na sledování čtvrté a páté rytmické jednotky z důvodu správného pochopení překážkového sprintu, proto je podle mého názoru nejvhodnější pozorovat přeběh zhruba uprostřed trati. V začátku totiž překážkář ještě nemá ideální podmínky pro dokonalý přeběh překážky, zejména z důvodu

akcelerace, tudíž ještě nedosahuje maximální rychlosti, technika nemusí být zdaleka ideální ani rytmizace přeběhu nebývá stoprocentní. Naopak v konci trati krátkých překážek už může přicházet únava a znovu ztráta správného rytmu. Následně jsem pak vybrala záměrně jeden kinogram, který jsem se pokusila kineziologicky zhodnotit.

Výzkumné otázky

1. Jak různí autoři člení kineziologii?
2. Sehrávají z hlediska kineziologie důležitou úlohu v hladkém a překážkovém sprintu pouze pánev a dolní končetiny?
3. Zaznamenáváme u různých autorů odlišné názory na techniku hladkého a překážkového sprintu?
4. S jakými názory se setkáváme při kineziologickém hodnocení hladkého a překážkového sprintu?

4 Rešeršní zpracování

Při rešeršním zpracování jsem se nejdříve věnovala pohybové soustavě, jako obecnému základu, pro získání základních odborných pojmů důležitých pro ostatní vybrané kategorie. Rozdělila jsem si pohybovou soustavu na jednotlivé systémy, základní hierarchii dle Dylevského (1996) a následně uvedla základní osy, roviny a směry těla a možné pohyby v jednotlivých kloubech. Dále jsem již pokračovala v problematice kineziologie obecně, vysvětlením tohoto pojmu, rozdělení kineziologie, příčinou a fyzikálnímu pojetí pohybu a v závěru této subkapitoly jsem rozebírala myokinetiku, tedy obecné informace o svalové tkáni, její strukturu, rozdělení, zaměřila jsem se tedy na kosterní svalovinu, popsala možnosti svalové kontrakce a druhy a funkci svalů. Ve třetí subkapitole jsem se snažila popsat principy speciální kineziologie, ve které jsem se zabývala kineziologií jednotlivých částí, segmentů těla, detailně především pánve a dolní končetiny, které jsou hojně zapojené při hladkých a překážkových bězích. Následnou část jsem věnovala charakteristice a technice jak hladkého, tak překážkového běhu, kde jsem se zabývala jednak základní charakteristikou, tak biomechanickým základem běhů tak přímo „ideální“ technikou. Nepoužívala jsem jen obecné popisy techniky, ale rovněž poznatky autorů, kteří vydali články, ve kterých se zabývali výzkumy týkající se techniky hladkých i překážkových běhů u konkrétních elitních atletů. Závěrečná a nejdůležitější část se týkala speciální kineziologie zaměřené na kineziologii hladkého a překážkového běhu v atletice. Zásadními pro mě byly zahraniční publikace či články zabývající se zapojením svalů právě při sprinterských bězích jak hladkých, tak s překážkami. Rovněž v práci využívám uveřejněných obrázků svalového zapojení při konkrétním hladkém běhu či při pohybu překážkáře, nebo záznamů svalové analýzy pomocí EMG.

Dále tedy následuje členění jednotlivých kategorií do subkapitol, uváděných a vysvětlených výše.

4.1 Pohybová soustava člověka

Pohybový systém člověka je jednou z nejrozsáhlejších orgánových systémů lidského těla, protože projevy života u všech složitějších živočichů jsou vždy spojeny s pohybem. (Dylevský, 2007). Pohyb je základem lidského bytí, je prostředníkem mezi člověkem a jeho okolím. Pohybem se člověk lépe orientuje v prostředí, vhodněji reaguje na situace v prostředí, získává pohybové schopnosti, vypracovává si pohybové návyky

a učí se provádět činnosti nutné pro život (Lánik, 1987). Lidské tělo je složitě členěný systém, který je přímo závislý na vlastnostech pohybového aparátu. Můžeme říct, že vlastně život je jedna velká forma pohybu. Trojan a kol. (2001) hovoří v rámci hybného systému o dvou složkách aktivní a pasivní. Za aktivní složku považují kosterní svaly, které jsou zdrojem síly k udržení vzpřímené polohy těla a umožňující pohyb nejen celého těla ale zároveň jednotlivých funkčních segmentů. Naopak pasivní složku představují kosti a kloubní spojení, jež společně tvoří oporu těla, zajišťují přenos síly na principu páky a umožňují vzájemný pohyb částí těla, čímž mění celkový tvar těla. K hybnému systému pak řadí i velkou část nervového systému. K aktivní a pasivní složce přidávají Bernaciková, Kalichová a Beránková (2014)¹ složku řídicí a zásobovací. Dylevský (1996) a Doskočil (1995) se shodují v rozdělení pohybového systému na tři podsystemy:

- opěrný a nosný: kosti, klouby a vazy,
- hybný-efektorový: kosterní svaly,
- řídicí- koordinační: receptory, periferní-centrální nervstvo.

Výchozí tkání pro vývoj pojiv (vaziva, chrupavky a kosti), které jsou považovány za stvořitele obratlovců, je embryonální vazivo, mezenchym. Mezenchym vzniká ze tří zárodečných listů, jež vznikají z vrstvy buněk zárodečného terčíku zvaný epiblast,

dle Dylevského (1996) schematicky znázorněné na obrázku 1 níže.

Obrázek 1
Hierarchie stavby pohybového systému dle Dylevského (1996)



¹ E-learningová učebnice: Bernaciková M., Kalichová M. a Beránková L. Základy sportovní kineziologie, [online]. [cit. 2014-08-07]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/index.html>

Pro kineziologické hodnocení pohybu je tak zásadní znát dopodrobna anatomii celého těla. Od všech pojivových tkání pohybového systému (vazivová, chrupavčitá a kostní), přes svalovou tkáň a tkáň nervovou až po konkrétní kosti, svaly a klouby v lidském těle. Avšak pro potřeby této práce je důležité si ujasnit především svalovou soustavu, tj. myokinetiku, které se blíže věnuji v následující kapitole obecné kineziologie, kam jsem tuto problematiku zahrnula.

Před kineziologickým hodnocením je také dobré si ujasnit jaké základní roviny, osy a směry se u člověka rozdělují.² Protože je tělo trojrozměrný útvar, můžeme jím vést **tři orientační osy**:

- *svislou, vertikální osu* procházející středem těla od temene po kostrč,
- *předozadní osu* jdoucí od plochy tvořené břišní stěnou ke straně zádové (hřbetní),
- *příčnou osu* probíhající z pravé boční plochy těla ke straně levé.

Podobně pak můžeme stanovit **tři základní roviny** (Holibková a Laichman, 1994, Páč a Horáčková, 2009):

- *střední, mediální rovinu* dělící tělo na dvě souměrné poloviny, s níž rovnoběžné jsou sagitální roviny,
- *příčnou, transversální rovinu*, která je kolmá na podélnou osu těla a dělí tělo na horní a dolní část,
- *čelní, frontální rovinu* dělící tělo na část přední a zadní.

Z takto popsaných rovin a os vycházíme při určování směrů na trupu a končetinách.

Směry na trupu a končetinách (Holibková a Laichman, 1994, Páč a Horáčková, 2009):

- **superior** – horní, **inferior** – dolní,
- **cranialis** – směrem k hlavě, **caudalis** – směrem k dolní části trupu, „ocas“,
- **rostralis** – směr „dopředu“ u mozku,
- **anterior** – přední, **posterior** – zadní,
- **medius** (= **intermedius**) – prostřední, nacházející se „mezi“,

² Základní anatomické termíny a názvy, RNDr. Vladimír Blažek, Csc., [online]. [cit. 2014-08-07]. Dostupné z: <http://www.ksa.zcu.cz/podklady/bia1/Anat-nazvy-www+.pdf>

- **ventralis** – směrem k břichu, **dorsalis** – směrem k zádům,
- **internus** – vnitřní, **externus** – vnější, zevní,
- **profundus** – hluboký, **superficialis** - povrchový,
- **medialis** – směr ke střední rovině na trupu + paži a stehně, **lateralis** – směr od střední roviny na trupu + paži a stehně,
- **dexter** – pravý, **sinister** - levý,
- **proximalis** – bližší k trupu, u končetin, **distalis** – vzdálenější od trupu, u končetin,
- **ulnaris** – vnitřní na předloktí a ruce, **radialis** – vnější na předloktí a ruce,
- **palmaris (volaris)** – dlaňový na ruce, **dorsalis** – hřbetní u ruky i nohy,
- **tibialis** – vnitřní na bérce a noze, **fibularis** – vnější na bérce a noze,
- **plantaris** – chodidlový na noze, **dorsalis** – hřbetní.

V neposlední řadě je nutné při kineziologickém hodnocení znát všechny možné pohyby, které se mohou při pohybu v kloubech a jejich svalovému řízení vyskytnout. Zde jsem využila jednak přehled Dylevského (1996), doplněný o poznatky z učební pomůcky RNDr. Vladimíra Blažka z katedry antropologie na Filozofické fakultě Západočeské univerzity v Plzni³.

Tabulka 1
Přehled možných pohybů v kloubech podle Dylevského (2009) a Blažka (2014)

Pohyb	Odvozený pohyb	Popis
Flexe	Plantární flexe končetin Anteverze trupu a hlavy Ventrální flexe	Ohnutí Předklon trupu a hlavy Předpažení, přednožení
Extenze	Dorzální flexe končetin Retroverze trupu a hlavy	Natažení, napnutí Zapažení, zanožení, záklon
Abdukce	Radiální, laterální dukce ruky Inklinace trupu Abdukce končetin	Odtažení Ohnutí ruky na stranu palce Upažení, unožení, úklon trupu Roznožení
Addukce	Ulnární, mediální dukce ruky Addukce končetin Přitažení ruky	Připažení, přinožení Ohnutí na stranu malíku Snožení
Rotace	Pronace předloktí Verze nohy Vnitřní rotace	Vtočení dovnitř Kombinovaný pohyb Vytočení dovnitř
	Supinace předloktí Inverze nohy Zevní rotace	Vytočení ven Kombinovaný pohyb Vytočení zevně

³ Základní anatomické termíny a názvy, RNDr. Vladimír Blažek, Csc., [online]. [cit. 2014-08-07]. Dostupné z: <http://www.ksa.zcu.cz/podklady/bial/Anat-nazvy-www+.pdf>

4.2 Kineziologie

4.2.1 Stručná definice kineziologie

Kineziologie dle Lánika (1990) je nauka o pohybu člověka, která dává podklady pro analýzu, popis a hodnocení jednotlivých způsobů pohybu, a to ve zdraví, při vrozených a získaných anomáliích, při chorobě i po úrazech. Kineziologie se dle Lánika (1990) opírá o poznatky jak systematické tak funkční anatomie pohybových ústrojí, fyziologie, neurofyziologie, teorie o neuroregulaci, o poznatky z biomechaniky, biotechniky, ale taktéž o znalosti psychologické, sociologické a dalších vědních oborů, které se nejrůznějším stylem zabývají otázkami pohybu. Tyto poznatky však v dnešní době autoři zabývající se kineziologií popírají.

Tak jako všechny vědní obory i kineziologie má svoje vlastní prostředky pro získávání nových poznatků a rovněž speciální metody poznávání. Úkolem kineziologie je tedy studovat pohyb člověka, navíc pak určovat kdy je tento pohyb normální tzv. fyziologický a kdy se od normy odchyluje případně v jaké míře. Kineziologie jako samostatný vědní obor umožňuje taktéž sledovat, analyzovat a vyhodnocovat pohybové poruchy, rovněž na manuální testování svalů upozorňuje Holdway (1999), a proto má kineziologie ohromný význam pro terapeutů.

Dle Dylevského (2009) je kineziologie typický multidisciplinární vědní obor, který je různě pojímán a tudíž i různě vyučován. Definiuje ji jako vědu o pohybu a jeho řízení a připomíná, že pro potřeby kineziologie jsou nezbytné znalosti z anatomie především pak z anatomie pohybového systému a anatomie a fyziologie nervové soustavy. V jeho doslovné definici, že kineziologie je věda o biologických komponentách, aspektech a atributech pohybu v procesu vývoje a o vlivu pohybu na biologické struktury, je jednoznačně akceptována biologická povaha kineziologie, avšak psychologické, sociobiologické, kulturní, ekologické, pedagogické a další atributy pohybu nejsou brány jako součást kineziologie, popírá tak dřívější definici a tvrzení o kineziologii dle Lánika (1990).

V dnešní době se kineziologie ve velké míře rozvíjí a využívá při sledování lidské lokomoce a pohybu v tomto se shodují Dylevský (2007), Hoffman (2009), Lánik (1990) a Véle (1995). Podstatným přínosem jsou v tomto smyslu neustále se vyvíjející nové poznatky a testovací postupy jak pohyb člověka sledovat analyzovat a vyhodnocovat. Jsou rovněž důležité pro objektivitu hodnocení vlastní pohybové aktivity. Kineziologie se snaží všechny nové poznatky sloučit a použít je na vytvoření

komplexního obrazu o lidské pohybové aktivitě. Podle tohoto Lánik (1990) rozdělil kineziologii na pět základních oblastí:

1. Všeobecná, teoretická kineziologie,
2. Segmentální kineziologie, aj. funkční anatomie,
3. Kineziologie prototypových činností,
4. Kineziologie vývoje pohybové aktivity člověka,
5. Aplikovaná kineziologie.

Rozdělení kineziologie dle Véleho (1995):

1. Vývojová kineziologie,
2. Speciální kineziologie,
3. Patokineziologie,
4. Kineziologie za zvláštních podmínek, tj. pracovní či sportovní kineziologie.

Dále Holdway (1999) mluví o tradiční kineziologii, týkající se studia svalů a pohybů těla, jež je široce užívána právě trenéry a fyzioterapeuty.

Pro potřeby této bakalářské práce, však postačí rozdělení dle Dylevského (2007) pouze na dvě oblasti: obecnou, analytickou kineziologii a speciální, syntetickou kineziologii.

Obecná kineziologie neboli general kinesiology (angl.), který stejně tak používá (Hoffman 2005, 2009), ale v trochu jiném významu, a charakterizuje tak kineziologii jako studium praxe při učení se motoriky a studováním poznatků v tréninku, které vedou k adaptaci organismu v tréninku v rámci fyziologie tělesných aktivit. Obecná kineziologie dle Dylevského (2007) vychází z:

- evoluce struktur a jimi generovaných pohybových aktivit,
- pohybu na molekulární úrovni,
- mikrokineziologie tkání a orgánů.

Naopak definicí speciální kineziologie (Dylevský, 2007) rozumíme to, že analyzuje pohyby jednotlivých tělních segmentů a jejich prostřednictvím dospívá k celostnímu pochopení především prototypových pohybových aktivit. Véle (1995) necharakterizuje speciální kineziologii definicí, ale rozděluje ji na čtyři podtémata.

1. Kineziologie axiálního systému posturálního: popisující funkci páteře, pánve a dolních končetin při udržování vzpřímeného postoje a stabilizaci této polohy při činnosti.
2. Dále vymezuje kineziologii lokomočního systému, která popisuje pohyb a funkci dolních končetin při různých formách lokomoce, jako jsou chůze a běh.

3. Kineziologie systému jemné motoriky: popisující funkci pletence ramenního, horní končetiny a ruky ve vztahu k jemné motorice.
4. Kineziologie komunikačního systému, jež se věnuje funkcím mimického, oko-hybného a artikulačního svalstva.

Pro potřebu této bakalářské práce je tedy důležité se v základní rovině zabývat obecnou kineziologií, především pak částí týkající se svalů, zvaná myokinetika, a poté si blíže popsat speciální kineziologii jednotlivých segmentů těla zapojující se do sledovaného pohybu.

4.2.2 Obecná kineziologie

Obecná kineziologie má především strukturální, morfologický základ, což je všeobecně známé a pochopitelné a je to důsledkem vývoje biomedicínských věd v posledních dvou stoletích jak ve své knize píše Dylevský (2007). Nemá ještě svou nomenklaturu⁴, ale využívá již svou základní terminologii.

4.2.3 Fenomenologie pohybu

Pojmem fenomenologie Dylevský (2007) vystihuje přesné zkoumání pohybu skrze dvě hlavní kapitoly, tj. dynamické a strukturální pohybové změny a fyzikální pojetí pohybu.

Dynamické a strukturální pohybové změny

Dle Dylevského (2007) je pohyb natolik komplikovaný jev, že je zcela nutné respektovat nebo alespoň brát v úvahu i určité obecné chápání pohybu v disciplínách, které obvykle přímo do kineziologie nevstupují, ale které ji přesto ovlivňují. Přístup ke kineziologii by měl být především biologický, tzv. netechnický, ale je třeba vnímat to, že i tzv. filozofie pohybu nám dává jednu obecnou, ale užitečnou představu: Pohyb je výslednicí neboli řešením protikladných sil nebo tendencí. Pak charakter těchto protichůdných sil určují dva základní obecné znaky každého pohybu:

- Pohyb je dynamická změna vycházející z nerovnováhy a z asymetrie.
- Pohyb je vždy provázen strukturální změnou objektu.

Dynamické změny chápeme dle Dylevského (2007) jako dynamickou stránku pohybu, která otevírá obecnou kineziologii pro studium orientovaného toku energie,

⁴ Nomenklatura= vědecké názvosloví jednotlivých biologických taxonů, umožňuje jednoduché a přitom jednoznačné dorozumívání mezi odborníky hovořícími různými jazyky.

látek a informací a chápe biologický objekt tedy organismus jako termodynamický systém. S dynamikou pohybu Dylevský (2007) hovoří o měřitelnosti řídicích procesů a jejich účelovost. Upozorňuje na nesprávnou představu, že proces řízení pohybu biologických objektů, živočichů nelze měřit a že tento typ pohybu je účelově či cílově zaměřený.

Strukturální změna, tzv. anatomická či morfologická, je vlastně pohyb v relativně uzavřeném systému. Informace je změna struktury a změna struktury je změnou informací. Dle Dylevského (2007) uvažovat o funkčních, tj. nestrukturálních nebo předstrukturálních změnách jednotlivých komponent pohybové soustavy je sice v patokineziologickém rozboru možné a z hlediska kinezioterapeutického pohledu i přínosné, ale z obecného hlediska jde pouze o preferenci určité úrovně subjektivního pohledu na pohyb. Jelikož funkční a strukturální změny jsou pouze dvě formy téhož procesu.

4.2.4 Fyzikální pojetí pohybu

Fyzikální pojetí pohybu je konkrétní a pohybuje se v rámci soustavných soustav. Podle Newtona a jeho mechaniky, je pohyb chápán jako určitý stav tělesa, tedy něco, co je tělesům vlastní. Ve své mechanice zkoumal tyto jevy: pohyb, sílu, vlastnosti mechanických strojů, makroskopických objektů pohybujících se nízkou rychlostí (Rosina a kol., 2013). Mechanika živých soustav, biomechanika, přebírala zpočátku jako výchozí předpoklady poznatky klasické mechaniky, a proto také první kineziologické texty vycházely z aplikačních možností mechaniky. Dylevský (2007) však upozorňuje, že dnes je využití klasické mechaniky v biomechanice i v kineziologii limitované. Proto relativistická i kvantová mechanika ovlivnily biologické obory především v chápání pohybu na celulární a subcelulární úrovni a v procesu řízení. Toto chápání proto musíme přenést i do kineziologie.

Pokud tedy začneme vycházet z výše uvedených principů, je tradiční kineziologie popisem zevního projevu pohybu, tak jak jej svými smysly akceptujeme v denním životě. Vlastní pohyb se ovšem odehrává na úrovni molekulových motorů, kde se začínají dle Dylevského (2007) uplatňovat:

- **Elektromagnetické interakce**, které jsou podstatou chemických a biologických vazeb a reaktivity látek.
- **Silné a slabé interakce**, reprezentující vazebné energie atomových jader.
- **Gravitační interakce**, které jsou významné z evolučního pohledu na svět.

Celé toto vymezení je pak podřízeno hlavnímu záměru obecné a speciální kineziologie: analyzovat pohyb z pohledu evoluce a morfogeneze mikropohybu až po celostní pohybové projevy lidského těla a jeho segmentů, Dylevský (2007).

V obecné rovině týkající se kineziologie jsou rovněž důležité termíny, které zmiňuje jak Dylevský (2007) tak rovněž Neumann (2010): osteokinematika, artrokinematika a myokinetika, které spolu ve značné míře souvisí a umožňují vlastně lidskému tělu pohyb. Pro kineziologické hodnocení pohybu je v první řadě potřebná znalost myokinetiky (Dylevský, 2007), vyjadřující studie obecných vlastností a generátoru síly pohybového aparátu, tzv. kosterního svalu. Mnozí další odborníci Trojan a kol. (2003), Páč (2009), Holibková, Laichman (1994), se spíše shodují na termínu myologie, tedy nauky o svalech a o myokinetice jako takové se nezmiňují.

4.2.5 Myokinetika

Svalová tkáň je vysoce specializovaným typem tkáně, která svým zkrácením (smrštěním) vyvolává pohyb nebo jej stabilizuje (Dylevský, 2007). Svalstvo je tudíž hlavním generátorem pohybu na orgánové úrovni výstavby organismu. Z funkčního a morfologického hlediska existují u savců tři typy svalové tkáně dle Dylevského (2007), Riguttiho (2006), Čiháka (2002) a Trojana a kol. (2003):

- Orgánová, hladká svalová tkáň,
- Kosterní, příčně pruhovaná svalová tkáň,
- Srdeční svalová tkáň.

Tabulka 2
Charakteristika svalové tkáně (Dylevský, 2007)

	Typ tkáně		
	Orgánová	Srdeční	Kosterní
Stavební jednotka	vřetenové buňky	těsně spojené buňky	vlákna - syncytium
Rozměry	délka 10-25 μ m průměr 2-12 μ m	délka 100-150 μ m průměr 10-20 μ m	délka 1 mm-30 cm průměr 10-100 μ m
Myofibrily	Hladké	příčně pruhované	příčně pruhované
Původ	Mezenchym	Mezoderm	myotomy+žaberní oblouky
Inervace	Autonomní	systém srdeční automacie	CNS
Kontrakce	Pomalá	rychlá, rytmická	rychlá, volní

Příčemž z hlediska pohybu, který zabezpečuje, je nejdůležitější kosterní, příčně pruhovaná svalová tkáň. Hlavní funkcí kosterních svalů je aktivní podíl a udržování polohy a zprostředkování hybnosti těla a jeho částí píše Merkunová a Orel (2008), kteří rovněž charakterizují činnost kosterních svalů jako reflexní, neúmyslnou a vědomou, volní, úmyslnou, jež je ovlivnitelná vůlí.

Svalová soustava obratlovců je z evolučního hlediska tvořena dvěma svalovými skupinami, dle Dylevského (2007) je to však pouze schematické členění, jelikož končetinové svalstvo je do jisté míry odvozené od axiálního:

- Axiálním svalstvem (svaly trupu a ocasu),
- Končetinovým svalstvem.

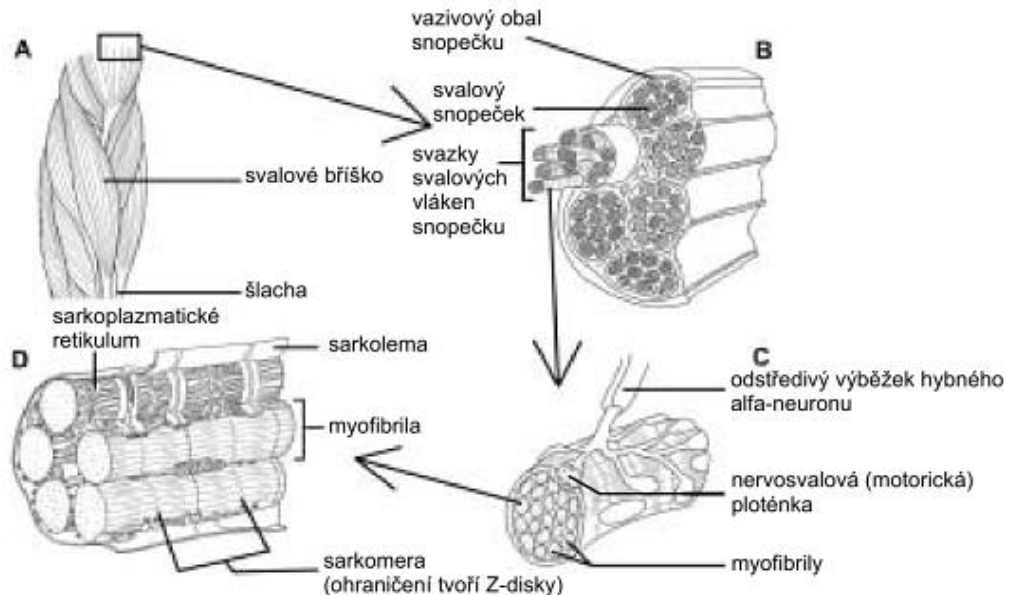
Kosterní svalovina

Kosterní svalovina je základní tkáň orgánů, kterým říkáme kosterní svaly, jež tvoří až 36 – 40% tělesné hmotnosti Trojan a kol. (2003), Páč a Horáčková (2009) pak uvádí okolo 32 – 36 % tělesné váhy. Anatomickými jednotkami kosterních svalů jsou příčně pruhovaná svalová vlákna (myofibrae transversostriatae), jehož převážná část zajišťuje vlastní pohyby neboli schopnost svalu kontrahovat se (Dylevský, 2007). Kromě toho je sval tvořen dvěma konci, ta část, která odstupuje od skeletu a je méně pohyblivá, je označována jako začátek svalu, tzv. origo. Opačná část svalu se většinou připevňuje ke kosti jako úpon, tzv. insertio, která je narozdíl od začátku svalu mnohem pohyblivější. (Páč a Horáčková, 2009, Holibková a Laichman, 1994). Dále pak funkčními a biomechanickými jednotkami svalů jsou motorické jednotky, tj. skupiny svalových vláken inervovaných jedním alfa - motoneuronem (Dylevský, 2007).

Stavba svalového vlákna

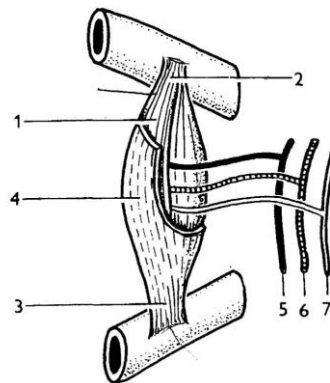
Obrázek 2

Stavba kosterního svalu převzatá z Merkunové, Orla (2008): A - uspořádání svalu, B – svalové snopečky, C – svalové vlákno, D – myofibrila



Obrázek 3

Schéma svalu, Holibková a Laichman (1994): 1 – svalové bříško, 2 – origo, 3 – insertio, 4 – fascia, 5 – nerv, 6 – tepna, 7 - žíla

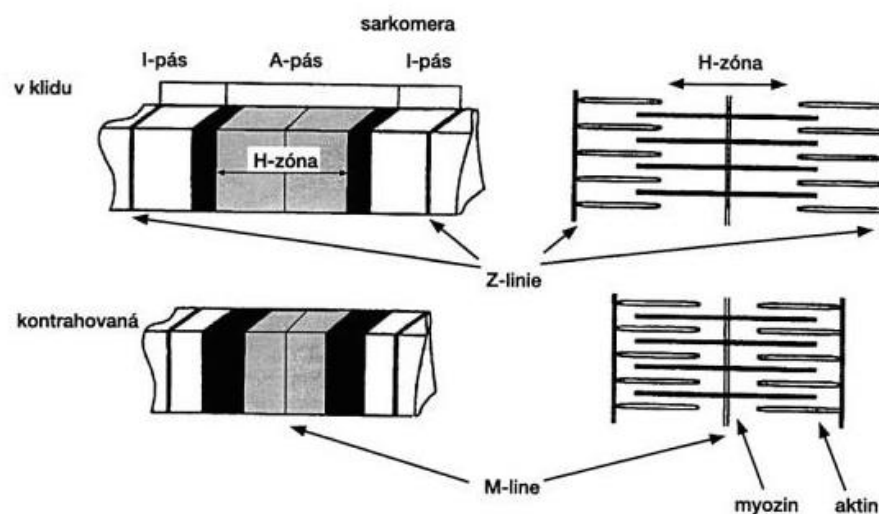


Svalové vlákno (myofibra) je mnohoaderný útvar dlouhý průměrně okolo 1-40 mm, ale najdou se i výjimky například v m. sartorius byla nalezena až 15 cm vlákna, a asi 40 -100 μm silný útvar (Dylevský, 2007). Jednotlivá svalová vlákna se sdružují do tzv. primárních snopců, které se spojují ve snopce vyšších řádů, jež jsou podkladem svalového břicha (Dylevský 1996, Páč a Horáčková 2009). Na povrchu svalových

vláken je buněčná membrána (sarkolema), na jejímž zevním povrchu je také poměrně silná bazální membrána, která je zakotvená do retikulárního vaziva, jež svalová vlákna spojuje dohromady. V sarkoplasmě svalového vlákna jsou mimo desítek jader a dalších buněčných organel uložena podélně orientovaná vlákénka, tzv. myofibrily, tvořící střední část vlákna (Páč a Horáčková, 2009). Kolem myofibril jsou početné systémy podélné i příčně orientovaných trubic endoplazmatického, jinak zvaného sarkoplazmatického retikula, ve kterých je vysoká koncentrace vápenatých a hořečnatých iontů nezbytně podílejících se na realizaci svalové kontrakce. Páč a Horáčková (2009) upozorňují na červenou barvu svalových vláken v důsledku přítomnosti myoglobinu, který se mírně podobá hemoglobinu červených krvinek. Barva však není jednolitá, ve světelném mikroskopu můžeme na myofibrilách pozorovat střídání světlých a tmavých úseků. Důvodem, že je svalové vlákno pod mikroskopem vidět jako žíhané, typicky příčně pruhované jsou světlé izotropní jednolomné úseky označované jako I-úseky, tvořené aktinem, střídající se s tmavými anizotropními dvojlomnými úseky označovanými jako A-úseky myozinu. Jejich středy jsou napříč spojeny bílkovinou, která bývá patrná jako tzv. M-linie. (Trojan a kol., 2003, Dylevský, 2007) Každý izotropní úsek je následně rozdělen tenkou ploténkou (telofragmou) tzv. Z-linií a úsek myofibrily mezi dvěma Z-liniemi označujeme jako sarkoméru, kontraktilní jednotku svalového vlákna.

Obrázek 4

Příčné pruhování vztah tenkých a tlustých filament v klidu a při koncentrické kontrakci převzaté z Trojana a kol. (2003): A – pás = anizotropní proužek myozinu, B – pás = izotropní proužek aktinu



Vlastní kontrakci sarkomery zajišťují dvě bílkoviny, aktin a myozin. Dylevský (2007) dále poukazuje na jiné dvě bílkoviny, titn a nebulin, jež podmiňují pružnost sarkomery a mimo tyto hlavní čtyři bílkoviny zmiňuje ještě další bílkoviny a to fixační (desmin, vimetin, syndesmin) a regulační (tropomyozin, troponin). Stejně tak zmiňují Merkunová a Orel (2008), že miofibrily obsahují 3 typy bílkovin: kontraktilní, aktin a myozin, regulační, troponin a tropomyozin, a strukturální, ke kterým řadí několik bílkovin, které udržují potřebné uspořádání sarkomery a polohu myofibril, vyzdvihují titin. Poměr aktinových a myozinových vláken ve vláknech kosterního svalu uvádí Dylevský (2007) kolem 4:1 až 6:1. Můžeme tedy shrnout, že aktin a myozin jsou základní kontraktilní bílkoviny svalového vlákna, pomocí nichž se sval zkracuje a generuje tah, jehož důsledkem je pohyb. Sval má také schopnost vrátit se do své původní délky, je tedy pružný díky bílkovinám titinu a nebulinu. Molekula titinu tak bývá pro svoji stabilizační roli považována za „molekulárního hráče“ svalové kontrakce dle Dylevského (2007). Již zmiňovaná pružnost neboli elasticita svalu je značně komplexní jev, zajišťovaný především díky titinu, což potvrzuje i Trojan a kol. (2003). Zvláštností je, že v posledních letech bylo zjištěno, že jednotlivé svaly mají různé kritické meze pružnosti „svého“ titinu, vědci dokonce poukázali i na rozdíly v rámci vícesložkových svalů.

Svalová kontrakce

Svalový stah zvaný kontrakce a následné ochabnutí relaxace jsou mechanické projevy svalové činnosti (Merkunová a Orel, 2008).

Dylevský (2007) mluví o určité nejednotnosti a často i nesprávnosti v klasifikaci svalových kontrakcí, avšak dle současných znalostí je opodstatněné rozdělení vycházející z charakteristiky vnější zátěže, směru pohybové akce a rozsahu kontrakce. Podle těchto parametrů se Dylevský (2007) shoduje s Trojanem a kol. (2003) a rozlišují izokinetickou a izometrickou kontrakci. Obdobně svalovou kontrakci rozdělují Merkunová a Orel (2008), ale k těmto základním uvádějí ještě svalové trhnutí jako krátkou odpověď na jediný vzruch a naopak reakci svalu na sérii vzruchů, tzv. tetanický stah, který je typický pro přirozenou svalovou aktivitu.

1. Izokinetická kontrakce

V tomto případě se jedná o stah svalu, při kterém stále probíhá pohyb, přičemž se mění vzdálenost začátku a úponu svalu. Můžeme definovat dva typy:

- *Koncentrické zkrácení svalu* je typické skutečným zkrácením svalu a zvětšením objemu svalového břicha. Sval při tomto typu zkrácení vykonává pozitivní práci a svalová síla působí ve stejném směru jako pohybující se segment těla. Výsledkem koncentrického zkrácení je nejen pohyb prováděný stálou rychlostí, ale možné je i urychlení (akcelerace) pohybu.
- *Excentrické zkrácení svalu* je naopak typické protažením a prodloužením svalu. Svalové úpony se tak při této kontrakci vzdalují a výsledkem je sice pohyb, ale převážně brzdící, decelerační.

2. Izometrická kontrakce

Naopak izometrická kontrakce je stah svalu, při kterém není generován pohyb a vzdálenost začátku a úponu svalu se nemění.

Můžeme však upozornit na jinou interpretaci svalové kontrakce, a to termín svalová činnost, kterou rozlišujeme na:

- činnost statickou, minimální změna délky svalu,
- činnost dynamickou, rytmické střídání kontrakce a relaxace.

Termíny statické a dynamické popisují Perič a Dovalil (2010) ve své publikaci týkající se sportovního tréninku. Kde rozdělují svalovou kontrakci podle změn délky svalu a podle napětí svalu na:

- izometrickou, statickou kontrakci – napětí se zvyšuje, délka se nemění,
- izotonickou, dynamickou – mění se délka svalu, naopak napětí zůstává přibližně stále stejné.

Perič a Dovalil (2010) ještě izotonickou kontrakci rozdělují podle typu pohybu svalu na:

- koncentrickou – sval se zkracuje, napětí se nemění,
- excentrickou, brzdívou – sval se násilím protahuje, napětí se nemění.

Rozdělení svalů a funkce

Kolem kloubů jsou svaly rozděleny do skupin, ve kterých působí v různých směrech na vlastní klouby (Dylevský, 1996, Grim, 2001 a Čihák, 2001):

- Agonisté jsou svaly působící a iniciující pohyb v jednom směru.
- Antagonisté působí protichůdný pohyb.
- Synergisté jsou svaly zúčastněné na provedení určitého typu pohybu.

Dylevský (1996) uvádí, že především souhra agonistů a antagonistů je pro samotný pohyb nesmírně významná, jelikož vyvážené působení těchto protichůdných

svalových skupin stabilizuje určitou polohu těla a jeho jednotlivé segmenty. Příkladem nám může být velká řada agonistů a antagonistů trupu a dolních končetin, tvořící antigravitační svaly stabilizující vzpřímenou polohu těla.

Dále mluvíme u svalů o dvou základních funkcích: fixační a kinetické (Dylevský, 2009 a Čihák, 2001), což je při kineziologickém hodnocení pohybu značně významné. Mluvíme-li o funkci fixační, je v průběhu pohybu obvykle uvolněn jen pohybující se segment těla, naopak zbývající části jsou znehybněny, stabilizovány a fixovány. Tudíž svalům, které toto umožňují, říkáme fixační svaly.

Fixační svaly optimalizují prováděný pohyb, umožňují tedy daný pohyb tím, že zpevní část těla, ze které pohyb vychází (Čihák, 2001). Jako příklad Dylevský (2007) uvádí extenzi v kolenním kloubu, která je sice prováděna čtyřhlavým svaem stehenním, ale bližší analýzou zjistíme, že vlastní natažení zajišťuje v první řadě přímý sval stehenní, jedna z hlav stehenního svalu, zbývající ploché hlavy svalu zmíněné natažení pouze fixují. Z tohoto příkladu je zřejmé, že sval popisovaný jako jedna anatomická jednotka může mít různé funkce, a je třeba je zdůraznit. Příkladem může být i jednodušší dvojhlavý sval pažní, jež flektuje předloktí, ale zároveň provádí také jeho supinaci.

Při popisu pohybu u svalů rozlišujeme funkci hlavní a vedlejší. Určitým typem svalové fixace je také neutralizace. Úkolem těchto neutralizačních svalů je rušit nevhodný směr pohybu. V příkladu uvádí Dylevský (2007) již zmíněný dvojhlavý sval pažní. Chceme-li totiž provést čistou flexi předloktí, musíme potlačit a tedy neutralizovat již zmíněnou supinaci, kterou provádí šikmý úpon šlachy dvojhlavého svalu, neutralizačními svaly se v tomto případě stávají pronátory předloktí, tj. svaly, které jsou antagonisty supinátorů.

Svaly s kinetickou funkcí Dylevský (1996) rozlišuje podle vztahu ke kloubu, na jednokloubové a vícekloubové. Jednokloubové svaly mají vztah jen ke kloubu, nad nímž procházejí. Při kontrakci působí jednokloubový sval na obě kosti, ke kterým se upíná, takže je-li jedna z kostí fixovaná, přitahuje sval druhou kost. Tudíž vyvolává pohyb vždy pouze v jednom kloubu. Naopak vícekloubové svaly mají ke kloubům, nad kterými procházejí, různý a v průběhu pohybu se měnící se vztah. Kineticky nejvýrazněji se vícekloubové svaly uplatňují v kloubu, jež je nejbližší svalovému úponu a naopak v kloubech, které svaly pouze míjejí, mají převážně pomocné a stabilizační funkce. Vícekloubové svaly však nemohou ve všech kloubech, nad nimiž procházejí, provést současně plný rozsah pohybu jednoho směru např. flexi, jelikož by se musely smrštit o více než 50%, což značně přesahuje fyziologickou schopnost svalu. Tento jev

Dylevský (1996) nazývá aktivní svalová insuficience. Jako příklad uvádí moment, kdy při úplné extenzi v kyčelním kloubu (zanožení) nemůžeme plně flektovat kolenní kloub. Dylevský (2007) rovněž charakterizuje termín pasivní svalová insuficience, znamenající u vícekloubových svalů nemožnost vykonat maximální pohyb v opačném směru. Příkladem je plná extenze kolenního kloubu, která dále nedovoluje zcela flektovat dolní končetinu v kyčelním kloubu.

Pohyb bychom mohli dále analyzovat podle nejrozmanitějších kritérií a hledisek, samotná analýza je totiž pouze prvním stupněm poznání. Pohyb, úmyslný i automatický, je komplexní jev, ve kterém je hlavním integrujícím prvkem inervace svalů a řízení pohybu nervovým systémem Dylevský (2007).

4.3 Kineziologie jednotlivých segmentů těla důležitých pro hladký a překážkový sprint v atletice

Nejdůležitější pro náhled na sprinty jak hladké, tak i překážkové, je z hlediska kineziologie znalost svalů a jejich pohybů především pak segmentu pánve a dolní končetiny, v menší míře rovněž nejdůležitější svaly horní končetiny a části zad a trupu. Z již uvedených důvodů se tedy věnuji detailněji kineziologii pánve a dolní končetiny, případně zmíním i svaly jiných segmentů, o kterých píší autoři při hodnocení aktivity svalů v průběhu hladkého a překážkového běhu.

4.3.1 Kineziologie pánve a dolní končetiny

Dolní končetina je orgánem opory a lokomoce vzpřímeného těla po dvou končetinách. Jestliže tedy srovnáváme dolní končetinu s tou horní, obě mají stejné základní články avšak dolní končetina má robustnější kostru, mohutnější svalové skupiny a také omezenou pohyblivost jednotlivých kloubů následkem větší stability píší Dylevský (2009), Čihák (2001).

Dle Dylevského (2009) znamenalo z hlediska vývoje vzpřimování těla a bipední typ lokomoce především postupnou vertikalizaci páteře, znamenající vznik osového systému, a přesun těžiště těla do roviny kyčelních kloubů. Podmínkou stabilní vertikalizace je fixovaná extenze dolních končetin, která je staticky nejvýhodnější, protože snižuje nároky na činnost antigraavitálních svalů a hlavní zatížení směřuje do vertikálně a rovnoběžně orientovaných kostí dolní končetiny. Nejdůležitější a dominantní funkcí dolních končetin je lokomoce vzpřímeného těla. K přenosu sil a tlaků vertikalizovaného trupu na pohybující se dolní končetiny dochází v pánvi, která

představuje nejen kaudální zakončení páteře, ale je i oporou pro dolní končetiny. Rozhodující pohyb pánve se odehrává především v kyčelních kloubech, odkud je přenášena na bederní páteř, což znamená, že se při pohybu v kyčelních kloubech aktivují četné skupiny zádových svalů. Platí, že se do páteře promítá pohyb kyčelních kloubů, tak i pohyb páteře má velmi výraznou odezvu v kyčelních kloubech. Pro vzpřímenou polohu těla člověka je zásadním statickým problémem postavení pánve, stejně tak je tzv. pánevní sklon důležitý během běžecké lokomoce a přeběhu překážky.

Pánev tvoří s páteří funkční jednotku, proto se z kineziologického hlediska pánev přiřazuje právě k páteři, avšak z didaktických principů je lepší považovat pánev za mezičlánek, tj. pletenec, a jako takový je podle Dylevského (2009) přímo nutné jej přiřadit k dolní končetině. Toto pravidlo je důležité i pro kineziologický náhled pro hladké a překážkové běhy v atletice, kterým se v této práci věnuji.

V lokomočním cyklu je lidská dolní končetina pružný přenosový článek, kterým je propulzní síla bérce expandována na podložku. Pružnost stoje, chůze a následně i běhu je zajištěna zejména příčným a podélným zklenutím nohy. Z kineziologického hlediska má tedy dolní končetina následující tři segmenty (Dylevský 2009, Čihák 2001 a Doskočil 1995):

- Pletenec dolní končetiny a kyčel – tzv. kořenová oblast končetiny,
- Oblast kolena – střední segment, stehno a bérce,
- Hlezno a nohu – akrální segment.

Pletenec dolní končetiny nazývaný rovněž pletenec pánevní (Doskočil, 1995), jenž je poměrně tuhý, neohebný, tvoří dvě pánevní kosti: ossa coxae, zvané kosti pánevní a os sacrum neboli kost křížová. Podle Dylevského (2009) můžeme na samotném pletenci rozlišit pasivní a aktivní komponentu. Pasivní komponentou jsou právě pánevní a křížová kost naopak důležitá z hlediska kineziologického hodnocení je aktivní komponenta tvořená svaly kyčelního kloubu a svaly stehna.

Aktivní komponenty pletence

Dylevský (2009) zdůrazňuje, že pánevní kosti a jejich spoje vytvářejí poměrně pevný a pružný prstenec, který je podepřen hlavicemi stehenních kostí. Doskočil (1995) popisuje pánev jako pevný útvar, nesoucí váhu trupu a přenášející ji prostřednictvím kyčelního kloubu na končetinu. U člověka je pánev skloněná přední částí dolů a dozadu, křížová kost je pak vysunuta šikmo dopředu. V oblasti promontoria⁵ se náhle, téměř

⁵ Promontorium= předhoří, vyklenutí horní části křížové kosti v oblasti vchodu do malé pánve

zlomově, v rozsahu jediného meziobratlového prostoru, mění zakřivení páteře z kyfózy křížové kosti na bederní lordózu. Tímto „zalomením“ se těžiště těla posouvá nad kyčelní klouby.

U pletence rozlišujeme tedy svaly samotného pletence (kyčelní svaly), které blíže popíší níže a svalové dno pánevní, jež však není tak důležité pro potřeby této práce.

Kyčelní kloub je jednoduchý, omezený, kulový kloub spojující stehenní kost s pletencem dolní končetiny (Doskočil, 1995). Zároveň jsou nosnými klouby trupu a balančními klouby udržující rovnováhu trupu, při čemž význam mají zejména vazy, ligamenta kloubního pouzdra.

Svaly kyčelního kloubu

Svaly kyčelního kloubu můžeme například podle Dylevského (2009) rozdělit na vnitřní a zevní kyčelní svaly, dále se však účastní pohybu i svaly uložené na vnitřní straně stehna. Naopak Doskočil (1995) rozděluje svaly na přední a zadní svaly kyčelního kloubu.

Vnitřní kyčelní svaly

Tyto svaly jsou uloženy na přední straně kyčelního kloubu, začínají na pánvi a končí na stehenní kosti. Patří sem komplex **m. iliopsoas**, bedrokyčlostehenní sval, který je složený z části bederní, m. psoas major et minor, a části kyčelní m. iliacus. (Dylevský 2009, Merkunová a Orel 2008, Doskočil, 1995)).

M. psoas major et minor: vřetenovitě protáhlý velký bederní sval a nekonstantní štíhlý sval (Dylevský 2009, Čihák 2001, Doskočil, 1995)

Origo: Začínají na bederních obratlech.

Insertio: Upínají se k malému chocholíku stehenní kosti.

Funkce: M. psoas major provádí flexi bederní páteře, zvětšuje bederní lordózu a účastní se flexe, zevní rotace a addukce stehna (Čihák, 2001, Merkunová a Orel, 2008, Doskočil, 1995). Jednostrannou kontrakcí pak také vyvolává rotaci trupu na opačnou stranu. Je typickým svalem chůze, vykročení a běhu (Dylevský, 2009, Páč a Horáčková, 2009). Dle Dylevského (2009) bývá stejně tak zatížen při stání, také v sedě, a tudíž má tendenci ke zkracování, což vyvolává zvětšení bederní lordózy, bolesti v oblasti bederní páteře a zkrácení kroku, tedy je příčinnou problémů u atletů. m. psoas minor je pak pouhým pomocným flektorem bederní páteře.

M. iliacus: plochý sval ležící na vnitřní ploše lopaty kyčelní kosti

Origo: Začíná na vnitřní ploše kosti kyčelní, z tzv. jámy kosti kyčelní (Páč a Horáčková, 2009, Holibková a Laichman, 1994, Doskočil, 1995).

Insertio: Upíná se rovněž jako předešlá část m. iliopsoas k malému chocholíku kosti kyčelní.

Funkce: Provádí předklon pánve, flexi a addukci stehna, tj. vytočení zevním směrem. Jednostrannou kontrakcí vyvolává rotaci pánve na opačnou stranu. (Čihák 2001, Merkunová a Orel 2008, Dylevský 2009).

Zevní kyčelní svaly

Zevní kyčelní svaly jsou početnější a jsou uloženy na vnější straně pánve ve třech vrstvách. V povrchové vrstvě je pouze m. gluteus maximus, ve střední vrstvě leží m. gluteus medius a v hluboké pak m. gluteus minimus a tzv. pelvitrochanterické svaly – m. piriformis, m. obturatorius internus, m. gemellus superior et inferior a m. quadratus femoris.

M. gluteus maximus: masivní čtyřúhelníkový sval s hrubými svalovými snopci, je uložen nejvýše (Čihák 2001, Páč a Horáčková 2009)

Origo: Odstupuje od zevní plochy lopaty kosti kyčelní, od kraje křížové a kostrční kosti. (Dylevský 2009, Merkunová a Orel, 2008, Doskočil 1995).

Insertio: Upíná se v oblasti velkého chocholíku kosti stehenní.

Funkce: Provádí především extenzi v kyčelním kloubu neboli zanožení. Dále dolní končetinu addukuje a převádí ji do zevní rotace (Dylevský, 2009, Merkunová a Orel, 2008). Snopce jdoucí do stehenní fascie abdukuje dolní končetinu v kyčli a extendují ji v kolenním kloubu. Bez tohoto svalu není možná chůze do kopce, schodů a v terénu, protože hýžďový sval při těchto pohybech fixuje stojnou nohu, nelze ani provést výskok (Doskočil, 1995).

M. gluteus medius et minimus: plochý trojúhelníkový sval, plochý sval s vějířovitě upravenými svalovými snopci (Dylevský, 2009, Čihák, 2001)

Origo: Začínají na zevní ploše lopaty kyčelní kosti.

Insertio: Upínají se k velkému chocholíku kosti stehenní.

Funkce: Vyvolávají abdukcii stehna, unožení, rovněž naklání pánev na stejnou stranu a přispívají tak k její stabilitě. Dále provádějí extenzi v kyčelním kloubu, obě rotace jak zevní tak vnitřní. Zajišťují chůzi po rovině a jsou výrazně aktivovány při úzkém postoji a postoji na jedné noze. Jak zmiňuje Dylevský (2009), oba svaly mají téměř totožnou funkci, ale m. gluteus minimus samotný pohyb generuje s podstatně menší silou.

Doskočil (1995) mimo jiné zdůrazňuje, že vstupují-li do funkce postupně jednotlivé části svalů, dochází ke krouživému pohybu ve stehnu, tzv. cirkumdukci.

Pelvitrochanterické svaly (Dylevský, 2009, Čihák, 2001): m. piriformis, m. obturatorius internus, m. gemellus superior et inferior a m. quadratus femoris

Origo: Všechny svaly začínají buď na jednotlivých částech kosti pánevní, nebo na kosti křížové.

Insertio: Upínají se na velký chocholík nebo v jeho okolí.

Funkce: Společně provádí zevní rotaci stehna a proti odporu abdukuje flektované stehno (Čihák, 2001, Dylevský, 2009, Merkunová a Orel, 2008, Doskočil, 1995).

Svaly vnitřní strany stehna

Ačkoliv jsou svým uložením a polohou stehenními svaly, kam je také řadí Páč a Horáčková (2009), Čihák (2001), Doskočil (1995) a další. Dylevský (2009) je pro potřeby kineziologie pohybu člověka funkčně řadí ke kyčelnímu kloubu. Na rozdíl od svalů předního a zadního stehenního svalu, jež Dylevský (2009) v rámci kineziologie přiřazuje ke kloubu kolennímu, jelikož jejich hlavní funkce s tímto kloubem souvisí, pouze vedlejší funkce jsou spojeny s kloubem kyčelním. Skupina svalů vnitřní strany stehna probíhají od pánve ke stehenní kosti a jsou proto především adduktory stehna, tzv. přitahovače stehna (Čihák, 2001). Opět tvoří mohutné svalové komplexy uložené ve třech vrstvách – povrchové: m. pectineus, m. adductor longus a m. gracialis, střední: m. adductor brevis a hluboké: m. adductor magnus a m. obturatorius externus.

M. pectineus: plochý, přibližně obdélníkový sval kryjící přední stranu kyčelního kloubu (Čihák, 2001)

Origo: Začíná na hraně stydké kosti.

Insertio: Upíná se na stehenní kost.

Funkce: Provádí addukci, flexi a zevní rotaci stehna (Doskočil, 1995).

M. adductor longus, brevis a magnus: m. add. longus dlouhý plochý sval, přibližně trojúhelníkovitého tvaru, m. add. brevis trojúhelníkový plochý sval a m. add. magnus trojúhelníkový masivní sval vyplňující prostor vymezený skeletem pánve, stehenní kostí a vnitřním okrajem stehna (Dylevský, 2009, Čihák, 2001, Páč a Horáčková, 2009)

Origo: Odstupují z různých míst kosti stydké.

Insertio: Upínají se na určitých místech stehenní kosti.

Funkce: Kromě m. add. magnus, jehož hluboké snopce provádějí i extenzi stehna, provádí společně addukci, flexi a zevní rotaci stehna (Dylevský, 2009, Čihák, 2001, Merkunová a Orel, 2008 a Doskočil, 1995).

M. gracialis: plochý, dlouhý a útlý sval, který jde podél mediálního okraje svalů adduktorové skupiny a je nejpovrchněji uložen (Páč a Horáčková 2009)

Origo: Začíná na stydké kosti.

Insertio: Upíná se na vnitřním kondylu holenní kosti.

Funkce: Addukuje stehno a flektuje bérce, který rotuje dovnitř (Dylevský, 2009, Čihák, 2001).

M. obturatorius externus: plochý trojúhelníkovitý sval uložený nejhluběji ze svalů vnitřní strany stehna (Čihák, 2001), tvoří vnitřní obrys stehna (Doskočil, 1995)

Origo: Začátek je na zevní ploše membrana obturatoria a na kostěném obvodu foramen obturatum.

Insertio: Probíhá šikmo dorzolaterálně pod pouzdro kyčelního kloubu, kde se upíná do fossa trochanterica.

Funkce: Zevní rotace, addukce a flexe stehna (Dylevský, 2009, Doskočil, 1995), Páč a Horáčková (2009) ještě připisuje tomuto svalu supinaci v kyčelním kloubu.

Přehled pohybů v kyčelním kloubu podle Dylevského (2009), Doskočila (1995) a Čiháka (2001):

- **Flexe:** asi do 120° (zvětšuje se při současné abdukci)
flexi provádějí: m. iliopsoas, m. rectus femoris, m. pectineus
pomocné svaly: m. sartorius, m. tensor fasciae latae, m. gluteus medius et minimus, mm. adductores a m. gracilis,
pohyb stabilizují: břišní svaly, m. erector trunci,
neutralizační svaly: m. pectineus, m. tensor fasciae latae, mm. glutei, mm. adductores.
- **Extenze:** jen asi do 13°
extenzi provádějí: m. gluteus maximus, m. biceps femoris (caput longum), m. semitendinosus a m. semimembranosus,
pomocné svaly: m. adductor magnus, m. gluteus medius (zadní část) a m. gluteus minimus,
pohyb stabilizují: břišní svaly, m. erector trunci,
neutralizační svaly: m. gluteus medius a mm. adductores.
- **Abdukce:** do 40° (zvětšuje se při současné flexi)
- **Addukce:** do 10°

Addukci provádějí: m. adductor magnus, longus et brevis a m. gracialis,

Pomocné svaly: m. gluteus maximus, m. obturatorius externus, m. quadratus femoris, m. ilipsoas a m. pectineus,

Pohyb stabilizují: svaly fixující pánev,

Neutralizační svaly: m. gluteus medius et minimus.

- **Zevní rotace:** 15°

Zevní rotaci provádějí: m. quadratus femoris, m. piriformis, m. gemellus superior et inferior, m. obturatorius internus et externus a m. gluteus maximus,

Pomocné svaly: mm. Adductores, m. pectineus, m. gluteus medius, m. biceps femoris (caput longum) a m. sartorius,

Pohyb stabilizují: m. quadratus lumborum, břišní svaly a m. erector trunci.

- **Vnitřní rotace:** do 35° (obě rotace se zvětšují při současné flexi)

Vnitřní rotaci provádějí: m. gluteus minimus a m. tensor fasciae latae,

Pomocné svaly: m. gluteus medius, m. gracialis, m. semitendinosus a m. semimembranosus,

Pohyb stabilizují: m. quadratus lumborum, břišní svaly a m. erector trunci

Neutralizační sval: m. adductor magnus.

Kinetika a kinematika stehna a bérce

Volná dolní končetina má tři základní články (Dylevský 2009, Doskočil 1995):

- Stehno – femur,
- Bérec – crus,
- Nohu – pes.

Stehenní kost, jak píše Dylevský (2009), Čihák (2001) a Doskočil (1995), je nejdelší a nejmohutnější rourovitá kost v těle. „Stehno“ je především nosnou částí dolní končetiny, která je bezprostředně zatížena hmotností trupu. Stehenní kost má nejen své mechanické funkce, ale taktéž má klíčový význam při chůzi a běhu.

Bérec, který je středním článkem dolní končetiny, je tvořen dvěma paralelně uloženými kostmi – kostí holenní a lýtkovou, a také je zde podstatná nepárová česka (Dylevský, 2009, a Doskočil, 1995). Bérec je tedy mnohem kratší než stehno, a přestože jej tedy tvoří dvě kosti, skutečnou nosnou kostí je pouze kost holenní, která také jako jediná artikuluje s femurem, jak upozorňuje Dylevský (2009) a Doskočil (1995). Funkcí bérce je obdobně jako u předloktí zkracování délky dolní končetiny. Při chůzi jde

o pouhou změnu délky, proto i možnost vzájemného pohybu obou bérceových kostí je minimalizovaná a elastickým článkem dolní končetiny je až noha. Důležitou kostí je česka (patella) jež je považována za sezamskou kost v úponové šlaše čtyřhlavého stehenního svalu, která je v kontaktu pouze se stehenní kostí, tvrdí Dylevský (2009) a Čihák (2001). Česka není pouze zpevněním přední plochy kolenního pouzdra, ale je velmi dynamizujícím prvem extenzorového aparátu kolenního kloubu. Česka je nazývána kladkou, na které dochází ke změně směru tahu čtyřhlavého svalu, jelikož je zavzata do úponové šlachy m. quadriceps femoris (Doskočil, 1995). Čím větší je tedy změna úhlu tahu čtyřhlavého svalu, tzn. čím více je ohnuté koleno, tím větší je síla, která tlačí česku proti přední ploše stehenní kosti. Proto také při abnormální zátěži ve dřepu či kleku dochází k poškození právě česky připomínají Dylevský (2009) a Čihák (2001).

Distálním článkem dolní končetiny je pak noha, jež by měla mít základní uspořádání jako ruka, ale v důsledku své funkce, při vzpřímeném stoji, chůzi a běhu, můžeme pozorovat značné rozdíly již na skeletu nohy, pro který je typická redukce neboli zkrácení prstových článků, zesílení zánártních kostí a zmenšení pohyblivosti mezi jednotlivými segmenty (Dylevský, 2009). Pohyblivost nohy je zajištěna dvěma klouby: horním a dolním zánártním hlezenním kloubem.

Svaly kolenního kloubu

Kolenní kloub je složený kloub, největší v těle, jež je složen ze tří kostí – stehenní, holenní a česky (Doskočil, 1995). Svaly kolenního kloubu jsou jednak uloženy na přední straně stehna: m. sartorius a m. quadriceps femoris, dále na jeho zadní straně: m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus a m. popliteus, ačkoliv již leží zejména na bérce, stejně jako m. gastrocnemius.

M. sartorius, zvaný krejčovský: nejdelší sval v těle, má tvar 4 – 5 cm široké stuhy jdoucí šikmo přes celé stehno (Merkunová a Orel 2008, Čihák 2001)

Origo: Začíná krátkou šlachou na trnu kosti kyčelní.

Insertio: Upíná se společně s m. gracialis a m. semimembranosus ve střední části holenní kosti.

Funkce: Provádí flexi, abdukci a zevní rotaci stehna a rovněž flektuje a vyvolává vnitřní rotaci bérce (Doskočil, 1995). Avšak Dylevský (2009) tvrdí, že jeho podíl na lokomoci není velký.

M. quadriceps femoris: mohutný sval, který obaluje téměř celou stehenní kost. Má čtyři hlavy: m. rectus femoris, m. vastus lateralis, m. vastus medialis a m. vastus intermedius (Dylevský, 2009, Čihák, 2001, Páč a Horáčková, 2009, Doskočil, 1995).

Origo: Jediný m. rectus femoris začíná od horního okraje jamky kyčelního kloubu. Ostatní hlavy odstupují od stehenní kosti.

Insertio: Všechna čtyři bříška sestupují a sbíhají se nad patelou ve společnou trojúhelníkovitou šlachu, která se upevňuje na boční stranu česky a jako ligamentum patellae neboli vaz se upíná na drsnatině kosti holenní (Doskočil, 1995).

Funkce: Hlavní funkcí celého svalu je extenze v kolenním kloubu, čtyřhlavý sval stehenní vlastně působí proti hmotnosti celého těla. M. rectus femoris také flektuje kyčelní kloub (Páč a Horáčková, 2009, Holibková a Laichman, 1994, Dylevský, 2009).

M. biceps femoris: vřetenovitý sval uložený na zadní laterální straně stehna. Sval má dvě hlavy – caput longum a caput breve (Páč a Horáčková, 2009, Čihák, 2001, Doskočil, 1995).

Origo: Dlouhá hlava, caput longum, začíná od kosti sedací. Krátká hlava, caput breve, odstupuje od horní části kosti stehenní.

Insertio: Po spojení obou hlav kříží sval zevní hlavu m. gastrocnemius a silnou šlachou se upíná na zevní hrbol kosti holenní a hlavicí kosti lýtkové.

Funkce: Dlouhá hlava je dvoukloubový sval, který provádí extenzi a addukci stehna. Obě hlavy flektují bérce a ohnutý bérce rotují zevně (Dylevský, 2009, Čihák, 2001, Doskočil, 1995).

M. semitendinosus, zvaný pološlašitý: dlouhý vřetenovitý sval, jehož celá distální část je tvořena šlachou (Čihák, 2001, Páč a Horáčková, 2009, Dylevský, 2009)

Origo: Odstupuje od kosti sedací.

Insertio: Míří k mediální straně kolenního kloubu, kde se upíná na vnitřním kondylu kosti holenní.

Funkce: Zajišťuje extenzi a addukci stehna, flektuje bérce, a je-li bérce ohnut, rotuje jej dovnitř (Dylevský, 2009 a Doskočil, 1995).

M. semimembranosus, česky poloblantý: dlouhý, objemný sval s blanitou počáteční šlachou (Dylevský, 2009, Páč a Horáčková, 2009)

Origo: Začíná na kosti sedací, kříží mediální bříško m. gastrocnemius a za vnitřním kondylem stehenní kosti se rozpadá ve tři části.

Insertio: Přední část svalu se upíná na mediální kondyl kosti holenní, střední část do pouzdra kolenního kloubu, jako lig. popliteum obliquum, a zadní část přechází do fascie m. popliteus (Dylevský, 2009).

Funkce: Je stejná jako u m. semitendinosus.

M. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus bývají jako typické flexory kolenního kloubu označovány jako **hamstringy** (Dylevský, 2009, Čihák, 2001), hojně využívaný termín právě ve sportu. Jejich flekční síla je závislá na postavení pánve, se stoupající flexí pánve, aktivita a síla hamstringů roste.

M. popliteus: plochý sval trojúhelníkovitého tvaru, který se přikládá na zadní stranu kolenního kloubu, kde tvoří spodinu zákolenní jámy (Dylevský, 2009).

Origo: Začíná na laterálním kondylu stehenní kosti.

Insertio: Značně široké břicho se upíná na zadní straně holenní kosti.

Funkce: Sval flektuje bérec, přičemž flektovaný bérec sval rotuje dovnitř. Uvolňuje „zámek kolena“ a je maximálně aktivizován při natažení zadního zkříženého vazy, svým tahem vlastně vaz chrání (Dylevský, 2009, Čihák, 2001).

Přehled pohybů v kolenním kloubu podle Dylevského (2009), Doskočila (1995) a Čiháka (2001):

- **Flexe:** v rozsahu 130-160°

Flexi provádějí: m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus,

Pomocné svaly: m. gracialis, m. sartorius, m. gastrocnemius a m. popliteus,

Pohyb stabilizují: m. iliopsoas, m. pectineus a m. rectus femoris,

Neutralizační svaly: m. biceps jedné strany, m. semimembranosus a m. semitendinosus druhé strany.

- **Extenze** (základní postavení kloubu)

Extenzi provádí: m. quadriceps femoris,

Pomocné svaly: m. tensor fasciae latae a m. gluteus maximus,

Pohyb stabilizují: břišní svaly, m. erector trunci a m. quadratus lumborum,

Neutralizační svaly: m. gluteus maximus, m. biceps femoris (caput longum), m. semitendinosus a m. semimembranosus.

- **Vnitřní rotace:** 5-7°

Vnitřní rotaci provádějí pouze ve flexi: m. biceps femoris a m. tensor fasciae latae.

- **Zevní rotace:** 21^a

Zevní rotaci provádějí (opět pouze ve flexi): m. semitendinosus a m. semimembranosus,

Pomocné svaly: m.sartorius, m.gracialis a m.popliteus.

Podmínkou flexe kolenního kloubu popisuje Dylevský (2009) jako tzv. odemknutí kolena, které je vyvoláno malou rotací, při které se uvolňují postranní vazy a lig. cruciatum anterius. Z důvodu geometrického tvaru kloubních ploch, tvaru menisků a úpravě vazů se ke dvěma základním pohybům flexi a extenzi přidávají pohyby rotační. Protože kolenní kloub nemá stálou osu pohybu, mění se dle stupně flexe, rotaci je tak možné provádět pouze při současné flexi. Dle Dylevského (2009) mluvíme o tzv. instantním rotačním centru.

O extenzi kolenního kloubu Dylevský (2009) mluví obdobně, jen celý proces probíhá opačně až k závěrečné rotaci opačného směru, která extendovaný kloub opět uzamkne. Statickými stabilizátory kolene jsou tvary kloubních ploch, vazy, kloubní pouzdro a menisky. Naopak dynamickými stabilizátory jsou svaly kolenního kloubu.

Hlezenní kloub

Horní zánártní, hlezenní kloub je složený kloub, ve kterém se spojují obě bércevé kosti, kost holenní a lýtková, jež tvoří jamku tohoto kloubu s hlavicí představovanou kladkou hlezenní kosti. Dylevský (2009) a Doskočil (1995) upozorňují, že pohyb v horním hlezenním kloubu není „čistý“, jelikož tvarem kloubních ploch je dáno, že při plantární flexi dochází zároveň k inverzi nohy a při dorzální flexi k everzi. Hlezenní kost se díky šroubovitému tvaru kladky stáčí při flexi do supinace a při extenzi se pohybuje opačně. Dolní zánártní, hlezenní kloub je funkční jednotka na spodní straně hlezenní kosti a na horní ploše patní kosti. Pohyb v tomto kloubu je kombinovaný, plantární flexe se uskutečňuje s addukcí a inverzí, naopak dorzální flexi doprovází abdukce a everze nohy.

Dlouhé svaly nohy

Jsou jednak uloženy na ventrální straně bérce: m. tibialis anterior, na jeho dorzální straně: m. triceps surae, m. plantaris, m. tibialis posterior a na straně laterální: mm. peronei.

M. tibialis anterior: mohutný a dlouhý sval

Origo: Začíná na horní části kosti holenní.

Insertio: Upíná se k zánártí a na bázi 1. nártní kosti, tzv. metatarzální (Doskočil, 1995).

Funkce: Provádí extenzi neboli dorzální flexi a flexi, supinaci nohy a udržuje podélnou klenbu nohy (Dylevský, 2009, Čihák, 2001, Páč a Horáčková, 2009).

M. triceps surae: objemný sval tvořící lýtko, je uložen nejvýše a je složen ze dvou částí: povrchový m. gastrocnemius, známý jako dvojhlavý sval lýtkový a hluboký m. soleus, zvaný šikmý sval lýtkový (Dylevský, 2009, Čihák, 2001, Merkunová a Orel, 2008 a Doskočil, 1995).

Origo: Dvojhlavý sval lýtkový začíná na kondylech kosti stehenní a pouzdře kolenního kloubu. Šikmý sval lýtkový odstupuje od holenní i lýtkové kosti.

Insertio: Všechny tři hlavy se zhruba uprostřed bérce spojují v pevnou šlachu, známou pod pojmem Achillova šlacha (Dylevský, 2009, Čihák, 2001 a Doskočil, 1995), jež se upíná na hrbol kosti patní.

Funkce: Dochází k plantární flexi v hlezenním kloubu, dále ohýbá kolenní kloub a je nezbytný při chůzi, stojí na špičkách a výponech (Doskočil, 1995).

M. plantaris: štíhlý rudimentární sval (Dylevský, 2009)

Origo: Odstupuje od kondylu stehenní kosti.

Insertio: Rovněž se upíná prostřednictvím Achillovy šlachy na hrbol kosti patní.

Funkce: je stejná jako m. gastrocnemius.

M. tibialis posterior:

Origo: Začíná na obou kostech bérce a mezikostní membráně.

Insertio: Upíná se na člunkovou kost, na klínové kosti a na báze metatarzů.

Funkce: Funkcí je slabá plantární flexe a silná addukce s inverzí, tedy supinace + addukce nohy (Dylevský, 2009, Čihák, 2001, Doskočil, 1995).

M. peroneus longus et brevis: komplikovaně probíhající vřetenovitý sval a plochý sval, jež je tím předchozím zakryt (Doskočil, 1995).

Origo: Začínají od hlavice a těla kosti lýtkové.

Insertio: M. peroneus longus přechází v dlouhou šlachu zahýbající za zevní kotník až ke svému úponu na bázi prvního metatarzu a na první klínové kosti.

Funkce: Oba svaly provádí flexi a everzi, tedy i pronaci a abdukci nohy, společně se rovněž silně aktivují při naklonění těla vpřed (Dylevský, 2009, Čihák, 2001).

Přehled pohybů v hlezenním kloubu dle Dylevského (2009) a Čiháka (2001):

- **Flexe v horním hlezenním kloubu**

Flexi provádí: m. triceps surae,

Pomocné svaly: m. tibialis posterior, m. flexor digitorum, m. flexor hallucis longus a m. peroneus longus et brevis,

Pohyb stabilizují: svaly fixující kolenní a kyčelní kloub,

Neutralizační svaly: všechny bérce svaly rušící supinační a pronační vlivy v kloubu.

- **Extenzi v horním hlezenním kloubu**

Extenzi provádí: m. tibialis anterior,

Pomocné svaly: m. tibialis posterior, m. flexor digitorum longus, m. flexor hallucis longus a mm. peronei,

Pohyb stabilizují: opět svaly fixující kolenní a kyčelní kloub,

Neutralizační svaly: ostatní bérce svaly rušící supinaci a pronaci v kloubu.

- **Inverzi v dolním hlezenním kloubu**

Inverzi provádí: m. tibialis posterior, m. flexor digitorum longus a m. flexor hallucis longus,

Pomocné svaly: m. triceps surae,

Pohyb stabilizují: svaly fixující kolenní a kyčelní kloub.

- **Everzi v dolním hlezenním kloubu**

Everzi provádí: m. peroneus longus et brevis,

Pomocné svaly: m. extensor digitorum longus,

Pohyb stabilizují: svaly fixující kolenní a kyčelní kloub.

Další svaly, které se při běhu zapojují a odborníci je považují za důležité a zmiňují se o nich ve svých analýzách:

M. rectus abdominis: přímý sval břišní je uložený v podobě dlouhého a plochého pásu ventrálně při střední čáře trupu (Dylevský, 2009, Čihák, 2001).

Origo: Odstupuje od chrupavek 5 – 7 žebra.

Insertio: Upíná se krátkou silnou šlachou na stydkou kost.

Funkce: Sval stahuje žebra kaudálně, jde tedy o výdechový sval, předklání trup a při fixaci trupu zdvihá pánev (Dylevský, 2009, Čihák, 2001, Páč a Horáčková, 2009).

Rovněž svaly umožňující pohyb horní končetiny při běhu, hladkém a především jsou aktivní při tom překážkovém: m. anterior deltoideus, m. upper pectoralis major, m. biceps brachii, m. coracobrachialis, m. posterior deltoideus, m. teres major et minor a m. infraspinatus, jež umožňují pohyb v ramenním kloubu. V loketním kloubu jsou aktivními především m. brachialis anticus, m. biceps brachii a m. pronator teres.

4.4 Charakteristika a technika hladkého sprinterského běhu

Běh dle Tvrzníka a Soumara (2012) je přirozený lokomoční projev člověka, který patří mezi nejstarší základní tělesná cvičení. Pro svoji velkou přístupnost a materiální nenáročnost, vždyť běhat může prostě každý a kdekoliv, je masově využíván pro udržení a zlepšení zdravotního stavu a fyzické kondice. Je také prokázáno, že běh výrazně podporuje psychiku člověka a je dokonalou cestou jak se zbavit přílišného stresu. Véle (1995) rovněž píše o principu běžecké lokomoce, tedy běžeckém kroku takto: Přední končetina, bránící pádu, se při běhu dotýká na konci švihové oporné fáze nohy před průmětem těžiště. Při rychlejším běhu se tato vzdálenost ještě více zkracuje až do místa průmětu těžiště. Následně, po dotyku s opornou bází se stává švihová končetina končetinou bránící pádu i končetinou opornou a zároveň propulzní. Obě končetiny se v této funkci vzájemně střídají.

Krátké hladké běhy patří do skupiny cyklických tělesných cvičení vykonávaných maximální intenzitou s cílem absolvovat celou trať v co nejkratším čase (Millerová, 2002). Běh je, jak jsem již zmínila, cyklický pohyb, jehož základním pohybovým cyklem je běžecký dvojkrok jak uvádí Luža (1995), avšak Hamilton, Weimar, Luttgens (2012) pochybují, zda může být běh v nejvyšší rychlosti právě takto klasifikován. Jako nejvýznamnější odlišností či faktorem rozdílnosti chůze od běhu označují periodu dvojí opory, který je tak charakteristická pro chůzi, ale není zastoupena při běhu a naopak periodu bez opory, tzv. letovou fázi popisují Hamilton, Weimar a Luttgens (2012) jako „a sailing through the air period“, která je nedílnou součástí běžeckého kroku a chybí v chůzi. Stejně tak Véle (2006) mluví o běhu jako o cyklickém lokomočním pohybu s hlavním rozdílem oproti chůzi chybějící fází dvojí opory. Člověk je tedy v jednom krátkém okamžiku zcela bez kontaktu s opornou bází, pohybuje se v prostoru dopředu a má tendenci padat směrem k zemi. Avšak oproti Hamiltonovi, Weimarovi a Luttgensovi (2012) zdůrazňuje, že existují pouze dvě fáze: švihová a oporná. Také Soumar, Soulek a Tvrzník (2004) se zabývají technikou běhu, zaměřují se na jeho základní jednotku, tedy běžecký krok. Rozdíl od chůze stejně jako Hamilton, Weimar a Luttgens (2012) uvádějí v letové fázi, při které běžec není v kontaktu se zemí, což je v momentě po odrazu a před došlapem na zem. Dále rozdělují běžecký cyklus na 3 základní fáze: aktivní oporová fáze, letová fáze a pasivní oporová fáze. Hamilton, Weimar a Luttgens (2012), kteří se shodují s Andersonem

(2013), uvádějí ve své anatomické analýze pouze letovou, tzv. „swing phase“ a oporovou fázi, „support phase“.

Všeobecně je sportovní výkon u krátkých hladkých běhů determinován hlavně vysokou úrovní rychlostních a silových schopností (Millerová, 2002). O výsledném čase ve sprinterských hladkých bězích rozhoduje podle Millerové (2002) a Vaculy, Dostála a Vomáčka (1983) startovní reakce, akcelerace, maximální běžecká rychlost a speciální rychlostní vytrvalost. Pro rychlost běhu je rozhodující vzájemný poměr dvou důležitých složek běžeckého kroku, a to délky kroku a frekvence kroků. Určení jejich vzájemného poměru je hlavním úkolem nácviku techniky běhu a metodiky běžeckého tréninku. Velikost obou složek je individuální a závislá na mnoha faktorech. Uvádím tedy hodnoty prezentované v prostudované literatuře. Hlína a Moravec (1989, 1990, in Millerová, 2002) uvádějí, že délka kroku u běhu na 100 m se postupně prodlužuje a v závěru tratě dosahují sprinteři hodnot až 275 cm a sprinterky cca 245 cm. U frekvence kroků poukazují na závislost pohyblivosti dějů v CNS, detailněji na schopnosti nervových buněk rychle střídát podráždění a útlum. S těchto poznatků pak vyplývá, že při běhu na 100 m dosahují závodníci v průměru 4,5 kroků za sekundu, nejvyšší hodnota frekvence kroků na deseti metrovém úseku 5,12 kroků za sekundu jak zjistili Hlína a Moravec (1990, in Millerová, 2002).

4.4.1 Technika hladkého sprinterského běhu

Shrneme-li všechny předešlé poznatky a informace tykající se sprinterského běhu, můžeme konstatovat, že na dráhu a rychlost těžiště těla při sprintu můžeme působit pouze v oporové fázi, v letové fázi se běžcovo tělo pohybuje setrvačností jak tvrdí Dostál (1985) a připomíná, že všechna dílčí kritéria techniky jsou ve sprintu podřízena hledisku rychlosti. Správná technika běhu je však velmi důležitá z hlediska ekonomiky běhu a maximálního využití funkčních a morfologických schopností běžce. V běžeckém cyklu se střídá oporová a letová fáze, jak jsem se již zmínila výše (Hamilton, Weimar a Luttgens 2012, Anderson 2013, Soumar, Soulek a Tvrzník, 2004). Jebavý, Hojka a Kaplan (2014) rozlišují u jednoho běžeckého cyklu, tzv. běžeckého dvojkroku tyto fáze: oporovou/brzdnou fázi, oporovou/propulsní, nazývanou rovněž urychlovací, fázi složení končetiny, fázi přenosu končetiny vpřed a fázi přípravy na odraz. Naopak při rozboru a popisu techniky rozlišujeme podle Dostála (1985), který se přiklání k rozdělení pouze na oporovou a letovou fázi, ještě následující podfáze:

- odraz,
- let,
- dokrok,
- moment vertikály.

Při samotném rozboru či analýze hladkého běhu rozeznáváme dvě základní způsoby běhu: tj. šlapavý a švihový způsob běhu (Prukner a Machová, 2011, Luža, 1995).

Šlapavý způsob běhu slouží k rozvinutí rychlosti od startu zdůrazňováním odrazové fáze, přičemž je charakterizován jako prudký odraz z přední části chodidla za svislou těžnicí (Dostál, 1985, Prukner a Machová, 2011). Jebavý, Hojka a Kaplan (2014) tvrdí, že šlapavý běh je charakteristický minimální brzdou fází a snahou o produkci co nejvyššího přírůstku rychlosti pohybu během opory, proto se provádí dokrok pod až za těžiště a pro krátké trvání oporové fáze na přední části chodidla, přičemž špička je přitažena k bérce. Dostál (1985), Prukner a Machová (2011) uvádějí i další znaky šlapavého způsobu běhu:

- běh je prováděn po přední části chodidla, bez tzv. dvojité práci kotníku,
- výrazný a na pohled znatelný náklon těla vpřed ve směru běhu, jež je kompenzován velkým rozsahem práce paží,
- dochází k dokroku za těžištěm těla nikoliv před svislou těžnicí, tudíž nedochází k momentu vertikály,
- postupně dochází ke zvyšování frekvence a prodlužování délky kroku,
- svaly pracují usilovně a nepřetržitě, dochází k značné spotřebě energie.

Švihový způsob běhu slouží k ekonomickému udržování vyvinuté rychlosti po celé trati i s využitím setrvačnosti pohybu (Luža, 1995), k čemuž dochází, dovede-li běžec ekonomicky a harmonicky pracovat příslušnými svalovými skupinami svého těla dle Pruknera a Machové (2011). Základní znakem je aktivní pružné došlápnutí chodidla před svislou těžnicí, proto zde při popisu mluvíme o momentu vertikály. Shodují se s Jebavým, Hojkou a Kaplanem (2014), jež švihový běh popisují jako způsob běhu, při němž dochází k výskytu brzdě fáze, kdy vlivem předkročení před těžiště dochází k působení síly proti směru pohybu. Dalšími znaky podle (Dostála, 1985 a Pruknera a Machové, 2011) jsou:

- odvíjení chodidla, které je ovlivněno způsobem došlápnutí, jež je charakteristické tzv. dvojistou prací v kotníku, kdy se noha při došlápnutí na vnější část chodidla nejprve zhoupne na patu a pak se znovu zvedá a končí rychlým napnutím hlezenního kloubu,
- trup je vzpřímen s tendencí pohybu kupředu a tvoří s odrazovou tzv. „běžecký luk“
- stálá délka a frekvence kroku bez větších výkyvů,
- uvolněnost svalstva a ekonomické využívání setrvačnosti pohybu v letové fázi běžeckého kroku.

Při popisu techniky sprinterského běhu je třeba rovněž upozornit na skutečnost, že samotný běh na krátké tratě začíná nízkým startem ze startovních bloků. Pro popis ideálního sprinterského startovního postavení se stále uvádí, jako výhodné, výsledky dle výzkumů prezentovaných Borzovem (1978, in Millerová, 2002). V poloze „pozor“ uvádí, že by měl být úhel kolene přední odrazové nohy mezi 92° - 105° a v koleně zadní švihové nohy 115° - 139° , tyto čísla se mírně mění u různých odborníků, například Dostál a Velebil (1992) uvádí úhel přední nohy 90° - 100° a u zadní dokonce rozmezí 130° - 150° . U Pruknera a Machové (2011) najdeme u zadní nohy hodnotu 129° a u přední nohy pak 94° .

Komplexní sprinterský výkon je technicky velmi složitý pohyb, v němž mají jednotlivé technické komponenty pro výsledný výkon velmi důležitý význam. Podle odborníků zabývající se sprinterským pojetím běhu by měla být současná technika vrcholového sprintera charakterizována typickým provedením, které se poněkud odlišuje od tradičního provedení Vonstein (1996). Proto nejdříve uvádím velmi stručný přehled tradičního pojetí techniky podle Dostála (1985) a následně spíše rozebírám změny, které se v průběhu let udály v možnostech techniky sprinterského běhu.

Oporová fáze

Dokroková fáze neboli dokrok začíná v okamžiku, kdy se chodidlo, vnější hranou s osou chodidla ve směru běhu, dotkne podložky a dále by měl být uskutečněn v blízkosti průmětu svislé těžnice těla. Dostál (1985) upozorňuje, že pokud dojde k vytočení nohy, výsledné síly nepůsobí ve směru běhu, dochází ke ztrátě pohybové energie a rovněž k poklesu rychlosti běhu. V průběhu amortizace dokroku se noha pokrčuje a vytváří se svalové přepětí, jež přispívá ke zvýšení účinnosti následujícího odrazu.

Jestliže se běžec dostane do momentu vertikály, je oporová noha v koleně výrazně pokrčena, podle Dostála (1985) v úhlu 130° - 140° , čímž dosáhne snížení polohy

těžiště a možnosti ostřejšího úhlu odrazu. Čím ostřejší je odrazový úhel, tím je větší horizontální složka výsledné odrazové síly a převyšuje nežádoucí složku vertikální. Díky tomu je běh ekonomičtější a hlavně rychlejší.

Odrazová fáze neboli odraz začíná momentem vertikály a končí v momentě, kdy se chodidlo odrazí od podložky. Odraz by měl být prováděn rychlým náponem v hlezenním, kolenním a kyčelním kloubu, s náklonem trupu vpřed nikoliv v záklonu a pro lepší účinnost odrazu napomáhají svým pohybem jednak rychlý švih složené švihové nohy a švih paží pokrčených zhruba do pravého úhlu. Občas se tedy říká, že běh je tak rychlý, jak rychlý je pohyb paží. Výslednicí odrazových sil je v optimálním případě maximální a má působit pod co nejostřejším úhlem.

Letová fáze

Nastává, jak jsem již zmínila výše po ztrátě kontaktu se zemí, kdy se odrazová noha po doznění odrazu stává švihovou a Dostál (1985) u ní rozlišuje švihovou fázi před tělem a za tělem. V letové fázi následuje po maximálním roznožení (úhel 90 - 105°) aktivní střih, kdy se přední noha pohybuje dolů a vzad, naopak zadní noha míří aktivně vpřed a vzhůru. Z tohoto důvodu Dostál (1985) nepovažuje letovou fázi za pasivní odpočinkovou fázi.

Švihová fáze za tělem začíná odtržením chodidla od podložky po odraze a končí v momentě, kdy se stehno této nohy dostává do úrovně stehna oporové nohy a následuje švih stehnem vpřed. Z důvodu uvolněnosti této nohy dochází k vykývnutí bérce vpřed, čímž se zkracuje kyvadlo nohy a zlepšují se tak podmínky pro rychlý přenos nohy vpřed. Švihová fáze nohy před tělem začíná momentem vertikály a končí v okamžiku došlapu chodidla na podložku, s úkolem švihu a přípravy na dokrok. Stehno švihové nohy se dostává téměř do horizontální polohy a svírá s bérce ostrý úhel. Následně je stehno vedeno aktivně dolů a bérce se díky uvolnění vykývne vpřed až do úplné extenze, avšak těsně před dokrokem se znovu bérce pohybuje vzad proti směru běhu.

Ukázalo se však, že názory na techniku sprintu při maximální rychlosti se během posledních let nepatrně změnily. Hess (1991) je toho názoru, že v analýze výkonnostního vzestupu posledních let, faktor techniky získal na důležitosti. Výkon v běhu na 100 m je podle něj závislý z 65 % na maximální rychlosti, 30 % na akcelerační rychlosti a zbývajících 5 % připadá na rychlostní vytrvalost, méně než 1% pak připadá na reakční dobu. Všichni odborníci, však potvrdí, že krátký sprint není jen o fyzických schopnostech, ale rovněž o tom, osvojit si správnou techniku sprinterského běhu.

V následující části mé práce uvádím hlavní odlišnosti nového typického pojetí sprintu od klasického tradičního pojetí. V tradičním pojetí (Dostál, 1985, Vonstein, 1996) je kladen největší důraz na odrazovou fázi za těžištěm těla, kdy při extenzi odrazové nohy v kyčelním, kolenním a hlezenním kloubu je sprinter tlačěn vpřed. Rychlost běžce je tedy jasně limitována silou svalstva na dolních končetinách, přičemž hlavním extenzorem je quadriceps femoris. Za pomoci funkčně-anatomických analýz byly však zjištěny nové poznatky, které mění tradiční pohled na úspěšnou techniku sprintu (Vonstein, 1996). Podle těchto analýz je nejdůležitější, pro dosažení maximální rychlosti, fáze před těžištěm těla, která je obvykle, ale nesprávně nazývána jako „brzdící“ síla. Detailní analýza techniky sprintu ve fázi maximální rychlosti ukázala, že rozdíl oproti tradičnímu pojetí je zejména v následujících technických prvcích. Jak jej uvedl Vonstein (1996) dle podrobných analýz techniky sprintu (Tidow a Wiemann, 1994, in Vonstein, 1996), následovně:

- trup je téměř ve svislé poloze, sprinter působí dojmem „velmi vysoké postavy“,
- po relativně vysokém zdvihu kolena následuje velmi aktivní „zahrábnutí“ nohy k došlapu chodidla,
- extenze odrazové nohy je neúplná a v koleni nedochází k úplnému náponu, naopak k tomuto úplnému náponu dochází v hlezenním a zvláště pak v kyčelním kloubu.

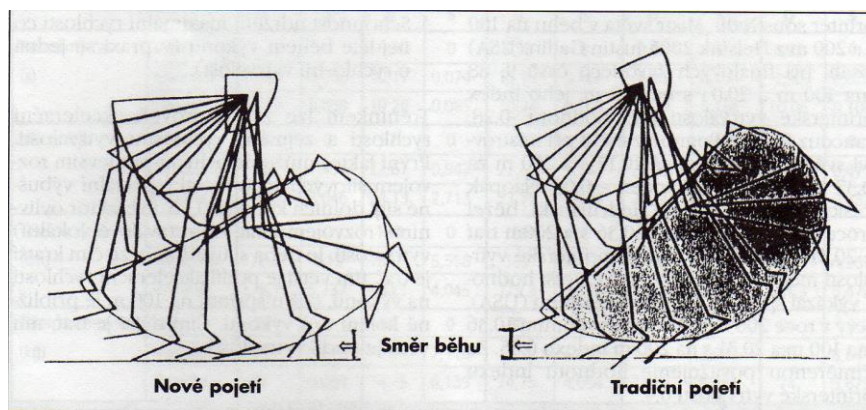
Tato technika se například v anglické literatuře nazývá „sprint lift“ (Dick, 1987, in Vonstein 1996). Novější podoba techniky sprintu je více frekvenční, důležitost odborníci kladou především na zrychlení odrazu a následné zkrácení doby letu. Právě díky eliminaci vykývnutí bérce dle tradičních postojů na techniku běhu, se zkrátí ona doba letu, během níž klesá rychlost běhu. I když upozorňují na nepatrné zkrácení délky kroku díky této odlišnosti, dokládají taktéž z výsledků podrobných analýz důkazy, jež svědčí o výhodnosti této techniky. Rovněž je kladen větší důraz na fázi před těžištěm těla, ve které se více uplatňují hamstringy ve formě aktivního zahrábnutí pod sebe.

Joch (1992, in Vonstein, 1996) uvádí, že nohy a především chodidla představují důležité články, které zajišťují při běhu součinnost mezi tělem a podložkou. Pohybuje-li se tělo vpřed, ze subjektivního pocitu se zdá, že se dráha pohybuje v opačném směru, pak se podle Jocha (1992, in Vonstein, 1996) podařilo sprinterovi synchronizovat rychlost a směr pohybu nohy a chodidla vzhledem k podložce a k „rychlosti dráhy“. To závisí na rychlosti, kterou se systém noha – chodidlo pohybuje ve směru dolů a vzad k došlapu vzhledem k tělu a podložce, proto dále Joch (1992, in Vonstein, 1996)

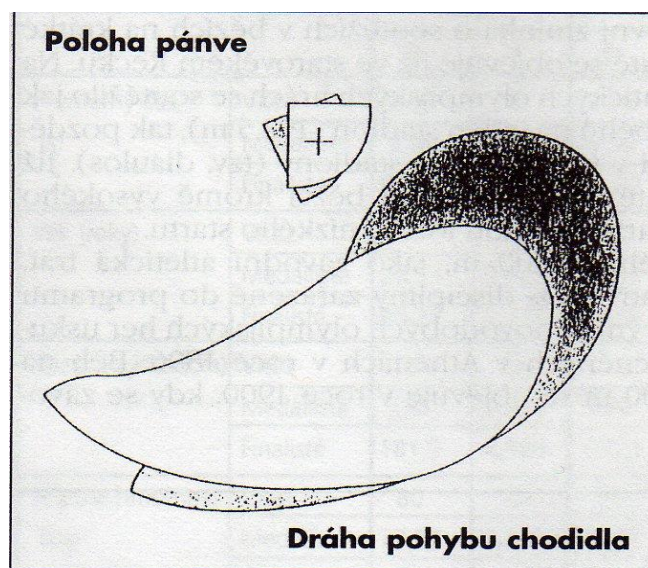
popisuje optimální pohyb chodidla a upozorňuje na jeho trajektorii připomínající tvar fazole, značící na následujícím obrázku 5. Na obrázku sledujeme trajektorii pohybu kotníku sprintera, přičemž tradiční pojetí sprinterské techniky vpravo představuje dokrok ve větší vzdálenosti před svislou těžnicí. Naopak nové pojetí techniky sprinterského běhu je charakterizováno změnou trajektorie pohybu kotníku, kdy dochází k aktivnímu dokroku blíže ke svislé těžnici. Popisovaný pohyb nohy je umožněn díky vzpřímenější poloze trupu a změnou polohy pánve, což následně vede k vyšší poloze kolene švihové nohy, proto Joch (1992, in Vostein, 1996) konstatuje, že pohyb chodidla (křivka i směr) má velmi úzký vztah k poloze těla, jež záleží na poloze a stabilitě pánve. Je-li poloha pánve skloněna vzad, brání maximálnímu sprintu a má výrazný vliv na pohyb nohy a chodidla, což můžeme sledovat na dalším obrázku 6 převzatého od Jocha (1992, in Vonstein, 1996), kde se snažil znázornit trajektorii chodidla při různém postavení pánve, neboli při tradičním (bílá plocha) a novém pojetí (tmavá plocha) sprinterské techniky běhu.

Obrázek 5

Dráha pohybu chodidla při sprinterském běhu podle Jocha (1992, in Vonstein, 1996).



Obrázek 6
Porovnání polohy pánve a dráhy pohybu chodidla při sprinterském běhu podle Jocha (1992, in Vonstein, 1996).



4.5 Charakteristika a technika krátkého překážkového běhu

Překážkové běhy mužů na 110 m a žen na 100 m patří mezi krátké sprinty, jež jsou řazeny mezi rychlostně – silové atletické disciplíny prováděné submaximální intenzitou (Millerová, 2002). Výkon na 100 či 110 m překážek je krátkodobý prováděný co možná nejvyšší, maximální intenzitou. Jedná se o pohyb kombinovaný, cyklický běh je přerušován acyklickým pohybem při přeběhu každé překážky (Čoh a Iskra, 2012). Dle Millerové (2002) se nejedná o čistý cyklický druh pohybu ani při náběhu, běhu mezi překážkami a doběhu, jelikož jednotlivé běžecké kroky se od sebe odlišují rozdílnou délkou, frekvencí a rychlostí. Cykličnost se projevuje při opakování pohybu v devíti rytmických jednotkách⁶ a spolu s náběhem a doběhem nám dává jedenáct úseků, které musí atleti a atletky překonat nežli se dostanou do cíle, jež uvádí většina současných autorů. Požadavky na techniku v jednotlivých úsecích závodní tratě jsou vysoce náročné, jak píše Vacula a kol. (1983). Krátké překážkové běhy kladou vysoké nároky na nervosvalový aparát. Rychlost běhu lze zlepšit pouze zvýšením frekvence běžeckých a překážkových kroků (Vacula a kol., 1983). Frekvence kroků závisí na pohyblivosti procesů v centrální nervové soustavě, ta se projevuje ve schopnosti nervových buněk rychle střídat podráždění a útlum. Rychlost svalové kontrakce je

⁶ rytmická jednotka=obsahuje 3 kroky běhu mezi překážkami a přeběh následující překážky

závislá na morfologické a chemické struktuře svalových vláken (Hanzlová, Hemza, 2004).

Krátké překážkové běhy jsou mimo jiné považovány za technicko-sprinterské disciplíny (Millerová, 2002, Arnold, 1992, Prukner a Machová, 2011, Kněnický, 1977), ve kterých se na výsledném výkonu a čase podílí technika překážkového běhu na celé trati a sportovní forma v hladkém sprintu na 100 m. Technika je tedy jedním z nejdůležitějších faktorů výkonu v daných disciplínách (Čoh a Iskra, 2012, Ackland et al., 2009), proto je důležité nejen si techniku celý život osvojovat a zdokonalovat, ale také by mělo být žádoucí pomocí kineziologického hodnocení zjistit a dosáhnout absolutního a správného využití konkrétních svalových skupin a vyvarovat se zapojení nesprávných spíše kontraproduktivních svalů.

Stručný popis překážkového běhu z biomechanického hlediska

Běh přes překážky je složitou kombinací běžecké a skokanské kinematiky. Cílem je proběhnout danou trať s překážkami v co nejkratším čase, tudíž je známo, že klíčem k dobrému výsledku v překážkovém běhu je udržení horizontální rychlosti během přeběhu překážky (Kněnický, 1977, Prukner a Machová, 2011). V kinematice překážkového běhu av udržení horizontální rychlosti při přeběhu překážky hrají hlavní roli čtyři faktory, jak píše ve své práci Bollsweiler (2008), tj. úhel vzletu při odraze na překážku, poloha těla během překážkového kroku, náběhová rychlost, rozmístění kroků (step placement, angl.). Neboli pro správnou techniku přeběhu překážky je nejdůležitějším sledovaným údajem plochost dráhy těžiště při jejím přeběhu. Horizontální a vertikální výkyvy těžiště by měly být při přeběhu překážky co nejmenší, let přes překážku co nejkratší a rychlost pohybu vpřed při dokroku za překážkou co nejplynulejší (Prukner a Machová, 2011). Za nejúčinnější můžeme považovat takový přeběh překážky, při kterém se dráha těžiště co nejvíce přiblíží dráze těžiště při hladkém běhu.

Dráha těžiště je určena velikostí počáteční rychlosti letu a úhlu vzletu, samotná dráha bude tedy tím plošší, čím větší bude rychlost pohybu těžiště, čím vyšší bude poloha těžiště v okamžiku odrazu a čím vzdálenější bude místo odrazu od překážky (Janura, Zahálka, 2004). To znamená, že jsou zvýhodněni překážkáři vyšší postavy s výše položeným těžištěm. Náběhová rychlost a rozmístění kroků mají taktéž významný účinek na kinematiku přeběhu překážky. Jestliže totiž zvýším náběhovou rychlost spolu se zvětšením vzdálenosti odrazu na překážku, úměrně zmenším vzdálenost dopadu za překážku, zároveň dosáhnou vrcholu zdvihu těžiště před překážkou

a sníží velikost volného prostoru mezi překážkou a překážkářem (Vacátková, 1990).

4.5.1 Technika krátkého překážkového běhu

“Ideální” technika by měla být účelná, využívající individuálních předností a předpokladů svěřence. Vždy je samozřejmě třeba dbát na individuální potřeby svěřence, přesto je dána určitá předepsaná technika, které se snaží každý překážkář přiblížit. Technikou se tedy rozumí ucelený způsob řešení pohybového úkolu, který je v souladu s možnostmi jednotlivce a biomechanickými zákonitostmi pohybu. Využívají se při tom i další předpoklady sportovce, především kondiční, somatické i psychické (Dovalil, 2009).

V závodech na 100 respektive 110 m překážek atleti překonávají následujících 11 úseků, tj. náběh a přeběh první překážky, dále 9 rytmických jednotek (běh mezi překážkami a přeběh překážky) a doběh.

Náběh

Při náběhu, který začíná startem z bloků, by měl atlet dosáhnout, co možná nejvyšší běžecké rychlosti, dokročit na optimální místo pro odraz v dostatečné vzdálenosti před překážkou a zajistit tak co nejmenší ztráty horizontální rychlosti během následujícího přeběhu. Postavení bloků je ve velké míře dosti individuální, zvláště u překážek to s nastavením bloků nebývá jednoduché, a proto se odborníci ptou o tom, jak by mělo postavení překážkářů vypadat. Již řadu let se považuje za ideální postavení, i když uváděné pro sprintery, které prezentoval dle výsledků výzkumů Borzov (1978, in Millerová, 2002), které jsem popsala již v kapitole 4.4.1 Technika hladkého sprinterského běhu. Po startu z bloků následuje náběh na první překážku, kterou elitní překážkáři zdolávají osmi případně sedmi běžeckými kroky, velkou nevýhodou zdánlivě rychlejších sedmi kroků je nucená změna rytmu běhu při náběhu. V náběhu se využívá šlapavého způsobu běhu, který je stupňovaný v náklonu po přední části chodidel, délka kroků se prodlužuje, frekvence a rychlost kroků se zvyšuje. Avšak jak píše Kněnický (1977) v tak krátkém náběhu na první překážku, nemůže žádný překážkář ještě dosáhnout své maximální rychlosti. Dle Millerové (2002) by první dva kroky měly být běženy zcela stejně jako u hladkého sprintu krátké a vysoce frekvenční, směrem vpřed, kdy se trup téměř nenarovnává. V dalších krocích se trup napřimuje, aby v šestém kroku bylo dobře vidět na překážku. Pouze poslední krok by měl být

zkrácen pro dosažení lepšího a účinnějšího odrazu. Názory odborníků na délku jednotlivých kroků v náběhu se různí. Z výpovědí trenérů elitních překážkářů pak vyplývá, že překážkáři vyššího věku se snaží náběhové kroky násilně zkracovat, jestliže běhávají osmi krokovým náběhem, ale vždy u každého překážkáře by mělo dojít ke zkrácení posledního kroku před odrazem.

Přeběh první překážky

Přeběh první překážky je značně odlišný od ostatních přeběhů překážek, jelikož atleti na začátku celé trati ještě nedosáhli maximální rychlosti, tudíž je menší vzdálenost odrazu od překážky i překážkový krok (Millerová, 2002). Cílem je tak překonání první překážky s co možná nejmenší ztrátou rychlosti a vytvoření dobrých předpokladů pro plynulé navázání běhu mezi překážkami jak tvrdí Millerová (2002). Také popisuje důležitost vysoké polohy těžiště a náklon trupu při odraze a ještě vyšší poloha těžiště při dokroku za překážkou. Stejně jako Coh (2003) zdůrazňuje, že stěžejní při přeběhu překážky je dosažení co nejmenšího vertikálního zdvihu těžiště, aktivní dokrok švihové nohy s těžištěm nad dokračující špičkou bez dotyku paty (jinak dochází k oslabení lýtkového svalu) s dráhou a následný rychlý odraz do letové fáze 1. kroku běhu mezi překážkami.

Devět rytmický jednotek

Následuje devět rytmických jednotek cyklicky se opakujících. Každá rytmická jednotka se skládá z běhu mezi překážkami, tj. tří krokový rytmus a z následné fáze přeběhu překážky (Millerová, 2002, Dostál a Velebil, 1992), která je z hlediska technického velmi složitá.

Běh mezi překážkami

Běh mezi překážkami atlet zdolává pomocí tříkrokového rytmu sprinterskou běžeckou technikou. Pro rychlý přeběh překážky je rozhodující stupňovaný rytmus běhu mezi překážkami a třetí krok, který by měl být nejrychlejší a proti druhému kroku zkrácený. Zkrácením třetího kroku překážkář zajistí dokročení nohy v oporové fázi před překážku co nejbližší k svislé těžnici, tím docílí, aby oporová fáze trvala krátce a odraz byl co nejúčinnější (Millerová, 2002).

Přeběh překážky

Podmínky pro zdařilý a správný přeběh překážky si atlet připravuje již v době běhu mezi překážkami, a to stupňovaným rytmem běhu s nejrychlejším třetím krokem, který by měl být, jak jsem již zmínila výše zkrácen. Samotný překážkový krok se skládá

z oporové letové fáze. Dle Millerové (2002) je u mužů překážkový krok dlouhý cca 340 – 370 cm a u žen o něco kratší 300 – 330 cm, dále pak uvádí, že procentuální poměr vzdálenosti odrazu před překážkou ku vzdálenosti dokroku za překážkou by měl být přibližně 57 -62 %: 43 – 38 % u mužů a 63 – 68 %: 37 – 32 % u žen. Tyto čísla nejsou úplně přesná, ale zhruba by měla odpovídat technice a přeběhu konkrétních atletů. Podle studií La Fortune, 1991, Mc Lean, 1994, Jarver, 1997, Salo and Grimshaw, 1997, Kampmiller a kol., 1999, in Vanderka, Novovosád, 2009) je optimální poměr mezi vzdálenostmi odrazu a dokroku 60%: 40%. Jiní autoři udávají spíše poměr odrazu a dokroku 3:2. Tento poměr je specifický pro každého překážkáře a závisí především na jeho antropometrických charakteristikách, na úhlu odrazu a krokovém rytmu mezi překážkami (Vanderka a Novovosád, 2009). Například Coh (2003), který zkoumal přeběh Collina Jacksona, tehdejšího držitele světového rekordu, zjistil, že celková délka překážkového kroku, tj. od odrazu, přes přechod až k došlapu za překážkou a počátku následujícího běžeckého kroku byla u Jacksona 3,67 metrů. Vzdálenost místa odrazu od překážky 2,09 metrů, což představuje 56,9% z celkové délky tohoto kroku a délka došlapu za překážkou byla 1,58 metru, což představuje 43,1% z celkové délky kroku. Díky těmto výsledkům Coh (2003) poukazyval na Jacksonem téměř dokonalé zvládnutí zmíněných parametrů, jako udržení těžiště těla v rovnoměrné křivce při průběhu celého přechodu přes překážku, velmi malé ztráty horizontální rychlosti těžiště po celý průběh přeběhu a rychlý pohyb švihové nohy při došlapu směrem k zemi za překážkou. Je také zřejmé, že pro rychlý přeběh překážky je zcela rozhodující počáteční rychlost těžiště, se kterou se překážkář dostává do letové fáze. Rychlost je totiž na překážkách snižována jak při odraze vlivem jeho vertikální složky, tak amortizací při dokroku za překážkou. Millerová (2002) pak ve své knize uvádí, že minimální vertikální rychlost dle Grimshawa (1995, in Millerová, 2002) by měla být 1,7 m/s a u žen 1,4 m/s.

Oporová fáze překážkového kroku

Oporová fáze překážkového běhu začíná dokrokem, který by měl překážkář provést předpětím svalů na přední části chodidla. U nejlepších překážkářů svírá těžiště těla s místem dokroku a běžeckou dráhou úhel dokroku 90-100° (Kněnický, 1977), na tyto hodnoty odkazuje také Millerová na Mero, Luthanen (1986, in Millerová, 2002), u překážkářek se však tyto hodnoty odlišují 110 - 115° poukázaných ve zdrojích Coh (1996) a Kousal (1998, in Millerová 2002). Při dokroku tvoří chodidlo odrazové nohy vůči bérce otevřený úhel, v momentu vertikály se úhel mírně zavírá a ve fázi odrazu

dochází v hlezenním kloubu k plantární flexi. Ve fázi dokroku dochází k mírnému ohnutí v kolenním kloubu oporové končetiny, které se v momentu vertikály zvětšuje a ve fázi odrazu se koleno napíná. Naopak koleno překážkářovi švihové nohy se ve fázi dokroku ohýbá v ostrém úhlu a v momentu vertikály by se mělo nacházet na úrovni či lépe před kolenem nohy oporové. Millerová (2002) uvádí, že čím je úhel ohnutí v koleně ostřejší, tedy menší, tím rychleji lze provést pohyb švihové nohy vpřed a vzhůru. Chodidlo švihové nohy svírá vůči bérci úhel větší než 90° , při tom bérce by měl být rovnoběžný s odrazovou končetinou. Což značí, že při dokroku by mělo být místo opory před těžnicí, při odrazu za těžnicí. Osy ramen a kyčlí jsou kolmé na směr běhu a rovnoběžné s příčkou překážky (Kněnický, 1977). Při dokroku se paže sbíhají k rovině trupu, v momentu vertikály by měly být lokty na úrovni trupu. Ve fázi odrazu se vedoucí paže pohybuje s pokrčeným loktem vpřed, druhá paže se při střídnopažném způsobu blokuje u těla v rovině trupu nebo se pohybuje běžecky vzad, při soupažném způsobu práce paží se vedoucí paže pohybuje vpřed a druhá také vpřed.

Nejdůležitější fází překážkového kroku je tedy odraz, na kterém závisí tvar dráhy letu těžiště a rychlost přeběhu překážky (Millerová, 2002). Aby byl přeběh co nejrychlejší, musí být parabola, po které se těžiště těla překážkáře pohybuje, plochá a přiměřeně dlouhá. Až příliš dlouhá dráha letu by pro překážkáře znamenala ztrátu rychlosti a v podstatě nový start pro přeběh následující překážky. Avšak atlet může dráhu letu těžiště upravit tím, že zmenší úhel vzletu. V praxi to znamená, že překážkář musí mít v okamžiku odrazu co největší sklon celého těla vpřed (Vacula, 1983). Dalším důležitým faktorem, který překážkáři umožňuje plochou dráhu těžiště a tím pádem dokonalejší technické provedení, je odraz z dostatečné vzdálenosti od překážky. Avšak jen ve velké rychlosti může atlet zajistit odraz z dostatečné vzdálenosti před překážkou, jestliže je běh příliš pomalý následuje chybný odraz, příliš blízko překážky (Dostál a Velebil, 1992). Dle Vaculy a kol. (1983) se v praxi vzdálenost odrazu na vysokou překážku pohybuje v rozmezí 210 - 230 cm, které podporuje s minimální odchylkou i Cohova analýza Jacksonovy techniky, vzdálenosti odrazu 209 cm, přičemž úhel sklonu těla vpřed při odrazu je $58 - 70^\circ$ u mužů, u žen je to $68 - 72^\circ$. Nesmíme však zapomenout, že optimální vzdálenost odrazu na překážku má každý překážkář individuální a záleží na mnoha faktorech, jakými jsou tělesná výška, rychlost běhu, ohebnost, koordinace a odrazová síla a na aktuálním fyzickém a psychickém stavu překážkáře. Dle Millerové (2002) pak ještě můžeme uvést přibližné hodnoty úhlu odrazu svírající těžiště těla s místem opory v dokončené fázi odrazu u mužů $65 - 75^\circ$

a u žen 60 - 70°. Přičemž dokončení odrazu by mělo probíhat postupně extenzí kyčelního, kolenního a hlezenního kloubu až do špiček prstů.

Letová fáze překážkového kroku

Letová fáze překážkového kroku začíná po posledním kontaktu atletovi odrazové nohy s dráhou. Úkolem letové fáze je co nejúčelnější překonání překážky, usměrnění rotačního momentu z odrazu na překážku a připravení vhodných podmínek pro dokrok za překážkou (Millerová, 2002). Dle všeobecných tvrzení skrze názory atletických odborníků je hlavním požadavkem v letové fázi, co nejmenší úhel vzletu a taktéž vertikální zdvih těžiště. Úhel vzletu je takový úhel, pod kterým se těžiště překážkáře dostává do letové fáze, u mužů je to 16 - 25°, u žen 10 - 20° (Millerová 2002, Vacula 1983). Odrazová, tedy přetahová, noha je vedena nejdříve běžecky, po dobu doznění odrazu, a poté vedena ohnutým kolenem stranou vzhůru k překážce. Bérec švihové nohy se pohybuje vpřed vzhůru k překážce téměř do výše stehna švihové nohy. Největší úhel v koleně má švihová noha v okamžiku, kdy se chodidlo dostane na úroveň překážkové příčky nebo těsně předtím, jak píše Dostál (1992) a rovněž Razumovskij (1996, in Millerová, 2002). Stejně tak ve své publikaci uvádí Dostál a Velebil (1992) a Vacátková (1990), že překážkář je v největším bočním rozštěpu v momentě, kdy vztyčené chodidlo švihové nohy dosáhne úrovně překážky.

Náklon trupu dosahuje v letové fázi přibližně 30-40° u mužů, pokud je překážkář nižší postavy, dochází někdy i k nalehnutí trupu na švihovou nohu (Kněnický, 1977), u žen pak 55 – 65°. Osy kyčlí a ramen by měly být kolmé na směr běhu a rovnoběžné s příčkou překážky, to znamená, že by se překážkář neměl při přeběhu překážky přetáčet.

Přesto jsou nejčastější příčinnou nežádoucí rotace pohyby paží, jež mají kompenzovat pohyby nohou a být s nimi sladěny. Vedoucí paže se pohybuje vpřed rovnoběžně s přímočarým pohybem švihové nohy. Druhá paže pokračuje v pohybu podle zvoleného způsobu práce paží již na odrazu na překážku (Millerová, 2002). Při přeběhu překážky je výhodné, aby hlava byla ve stejné výši jako při běhu mezi překážkami, tj. mírně skloněna dolů v přirozeném pokračování linie zad, pohled směřuje na další překážku. Někteří překážkáři po odrazu hlavu sklánějí, což napomáhá předklonu, ale zhoršuje pocit rovnováhy, zrakovou kontrolu vzdálenosti k další překážce a přehled o stavu závodu (Vacula, 1983). Těžiště těla se pohybuje při přeběhu překážky po dráze paraboly, kulminační bod by měl být určitě před překážkou jak tvrdí

Tošnar, Šťastný (1963, in Millerová, 2002), Razumovskij (1996, in Millerová, 2002). Kvalita překonání překážky koreluje s výškou těžiště při odrazové fázi. Z biomechanického aspektu je efektivní takový běh přes překážky, při kterém je vertikální oscilace těžiště co možná nejmenší (Schluter, 1981, Dapena, 1991, Mcfarlene, 1994, Salo and Grimshaw, 1997, Kampmiller a kol., 1999, in Vanderka, Novosád, 2009). Stehno přetahové nohy svírá s trupem pravý úhel v okamžiku, kdy se dostane na úroveň kyčle. Při přeběhu překážky je bérce přitažen ke stehnu, chodidlo minimálně uprostřed mezi kolenem a kyčlí a špička přitažena k bérce. Pokud by špička zůstala volně svěšena dolů, hrozilo by její zaháknutí za příčku překážky. Let na překážku končí v momentě, kdy těžiště dosáhlo vrcholu před vertikální rovinou překážky a ve chvíli, kdy to povolí poloha švihové nohy vzhledem k překážce, začíná aktivní pohyb obou nohou (Dostál a Velebil, 1992). A dále současný aktivní pohyb obou dolních končetin proti sobě nazývají stříhem. V průběhu stříhu se švihová noha pohybuje za překážku dolů a zpět k překážce a přetahová noha kolenem stranou přes překážku vpřed. Pokrčením kolene nad příčkou překážky se vytváří lepší předpoklad pro rychlý pohyb švihové nohy k dokroku za překážkou. Koleno přetahové nohy je pokrčeno a zvednuto tak, aby vedlo stehno vpřed těsně nad překážkovou příčkou. Od překážky se koleno pohybuje vpřed vzhůru do směru běhu.

Dokrok za překážkou je vlastně již součástí oporové fáze prvního kroku běhu mezi překážkami a také uzavírá každou rytmickou jednotku. Hlavním požadavkem pro dokrok za překážkou je, aby překážkář nenarušil rytmus běhu, zbrzdil co nejméně postupnou rychlost, udržel si rovnovážnou běžeckou polohu, co nejdříve pokračoval v pohybu vpřed a měl první krok za překážkou dostatečně dlouhý (Millerová, 2002, Dostál a Velebil, 1992). Aby se překážkář nedostal za překážkou do záklonu a poklesnutí těžiště, provádí dokrok na přední část chodidla a po celou dobu oporové fáze se jeho chodidlo nedostane na patu. Čím menší je vzdálenost místa dokroku za překážkou, tím lepší je technika přeběhu. Dokrokem by překážkář neměl narušit rytmus běhu ani zbrzdit rychlost pohybu a plynule navázat tříkrokový rytmus běhu mezi překážkami.

Doběh

Úsek od dokroku za poslední překážkou do cíle nazýváme doběh. Je to jediný úsek tratě, ve kterém mohou překážkáři a překážkářky uplatnit jak frekvenci, tak délku kroku. Při dokroku za poslední překážkou stupňují rychlost do maxima a na cílové čáře

nakloní trup výrazně vpřed.

4.6 Speciální kineziologie zaměřená na hladký a překážkový běh v atletice

Anatomické aspekty běhu

Běh je sérií anatomických rotací, které umožňují tělu pohyb. Je to tzv. kinetický řetězec kostí, které zvládají účinky sil při dokroku a při odrazu a ovlivňují tělo od páteře po chodidlo a jsou spojeny třemi hlavními klouby, kyčelním, kolenním a hlezenním (Martin, Coe, 1997). Komplexita struktury dolní končetiny a její mechanika by měly být oceňovány hlavně při běhu. Svaly, šlachy, vazy, kosti a klouby pracují dohromady na rozložení a usměrnění rotačních, úhlových a tlakových sil, které nastávají během běžeckého kroku.

Běh tedy i sprint je výsledkem spolupráce a koordinační souhry řady svalů. Mezi nejdůležitější svaly řadí Tvrzník a Soumar (2012) samozřejmě svaly dolních končetin, ale rovněž upozorňují na specifickou roli svalů trupu a horních končetin. Svaly jsou zvláště důležité, protože jsou iniciátorem pohybu, stabilizují kosti a tlumí pohybové síly, které jsou výsledkem náhlého nárazu celé váhy lidského těla na zem. Svalová únava omezuje tyto ochranné funkce, zvyšuje riziko zranění i jiných tkání v pohybovém řetězci (Wessinghage, 1999). Svaly dolních končetin pracují v oporové fázi v uzavřeném řetězci a vykonávají v tomto případě hlavní práci. Vlastní síla svalů vyvolává lokomoční pohyb prostřednictvím reakční síly okolí. Ve fázi švihové, svaly pracují podobně jako svaly trupu a horních končetin v otevřeném řetězci a jejich příspěvek spočívá opět pouze v udělení zrychlení volným segmentům. Tím sice nepřispívají k udělení momentu hybnosti společnému těžišti těla, ale ovlivňují například frekvenci kroků, podílejí se významně na rovnovážných reakcích. Svalové skupiny vykonávající skutečnou lokomoční práci v uzavřeném řetězci při oporové fázi krokového cyklu jsou především plantární flexory v hlezenním kloubu (Vařeka, Vařeková, 2009).

Při pohybech v kyčelním kloubu je nutné počítat i s aktivitou vzdálených svalů trupových a končetinových, protože jsou propojeny velkými fasciemi a tvoří mechanicky i funkčně propojené celky (Véle, 2006). Svaly pletence pánevního i svaly stehenní jsou svázány se svalstvem trupovým. Vzhledem ke skutečnosti, že člověk běhá po dvou dolních končetinách se vzpřímeným trupem, může svaly trupu a horních končetin využít pro lokomoci pouze omezeně. Segmenty trupu a horních končetin se pohybují pouze v otevřeném řetězci a k lokomoci přispívají pouze svojí setrvačností,

bez kontaktu s okolím, ale nemohou svojí prací udělit celému segmentovému systému těla kinetickou energii, nutnou ke změně polohy v prostoru. Mohou pouze udělit akceleraci jednotlivým segmentům (Vařeka, Vařeková, 2009).

4.6.1 Kineziologie sprinterského hladkého běhu

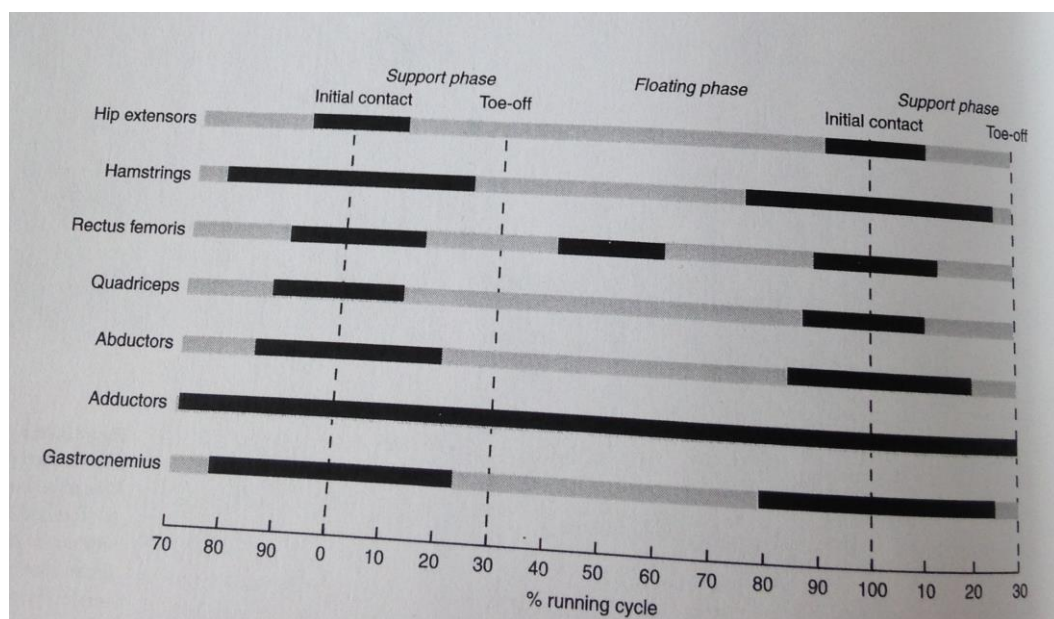
Pro kineziologické hodnocení se v dnešní době v praxi využívá zařízení EMG. EMG popisují Bosch a Klomp (2005), jako zařízení, které může měřit svalovou aktivitu. Při běhu tak zaznamenává aktivitu svalové motorické jednotky, jednotlivých svalů, které jsou monitorovány pomocí elektrod připevněných na těle sledovaného člověka. Upozorňují však na prozatímní nevýhodu tohoto měření, například pro m. iliopsoas, který leží hluboko v těle a je tedy obtížně zjištělný pouze částečně přes speciální kožní elektrody. V závislosti pak různé měření EMG ukazují různé vzory vytvořené činnosti a nečinnosti, jelikož svalová vlákna se nekontrahují ani pouze jednotlivě ani současně skrze celý sval, ale podle určitého vzoru. Z tohoto důvodu je zřejmě velký rozdíl, kam přesně jsou elektrody podél svalu umístěny, jak uvádějí ve svých studiích Mann et al 1986, McClay et al 1990, in Bosch a Klomp (2005). Proto také dodávají, že EMG není schopno podat zcela kompletní přehled o tom, co se vlastně odehrává ve svalech během běhu a u přeběhu překážek je to ještě složitější. Přesto je však smysl EMG záznamu velmi kvalitní pomůckou pro samotný trénink. EMG dobře zaznamená aktivitu svalů, jestliže běh není v až příliš vysoké rychlosti. Tvrdí, že jestliže se rychlost změní, rozsah, ve kterém je aktivní určitá svalová skupina v rámci probíhající fáze, se také posune. Jako příklad uvádí hamstringy jež se při zvýšení rychlosti aktivují v letové fázi dříve a tudíž jsou aktivované pro delší část běžeckého cyklu. Při studiu záznamu EMG, který byl pořízen v průběhu běhu, je okamžitě zřejmé, že nejdůležitější skupiny svalů kyčle a nohy již dlouze nevykazují jakékoliv elektrické aktivity v momentě dokončení odrazu. To platí nejen pro svaly zodpovědné za důležitou zpětnou flexi v kyčelním kloubu, ale Bosch a Klomp (2005) nalézají i kolenní extenzory, které jsou také elektricky neaktivní v konci odrazové fáze. Z tohoto pozorování je zřejmé, že sportovec by se neměl snažit, aby dával extra odrazovou sílu v konci oporové fáze. Také Bosch a Klomp (2005) upozorňují, že aktivity všech hlav čtyřhlavého svalu stehenního jsou na konci této fáze výrazně omezeny, tudíž lze tvrdit, že všechny tyto svaly jsou aktivovány a hrají důležitou roli pouze v počátečním momentu oporové fáze. Naopak na konci letové fáze je aktivita pozorována v mnoha

svalech a následně je tak pata přední nohy při prvním kontaktu se zemí již ve velkém svalovém napětí. Údaje získané z EMG mají význam, aby zabránili nepříznivé rotaci kolem podélné osy těla, vyvinutím síly na konci oporové fáze.

Ve své publikaci přikládají záznam EMG z Novacheck (1995, in Bosch a Klomp, 2005) viz. obrázek 7, kde byly na probandovy dolní končetiny připevněny na určených předpokládaných nejvíce se zapojujících svalůch elektrody, které snímali aktivitu těchto svalů během oporové i letové fáze běžecského kroku. Snímanými svaly během běžecského kroku byli extenzory kyčle, hamstringy, přímý sval stehenní „m. rectus femoris“, čtyřhlavý sval stehenní „m. quadriceps femoris“, adduktory a abduktory a dlouhý sval lýtkový „m. gastrocnemius“.

Obrázek 7

Záznam z EMG při běhu – nejdůležitější svaly zapojené v průběhu oporové i letové fáze běžecského kroku (EMG záznam z Novacheck 1995, in Bosch a Klomp 2005)



V této práci se tedy zabývám třemi publikacemi autorů, jež zaměřili svůj výzkum, nebo své studie na analýzu běhu pomocí záznamů z EMG. Již výše jsem zmínila Bosche a Klompa (2005), jež píše více teoreticky o principu záznamů EMG, možných nedostatcích těchto záznamů a stručně popisují zapojení svalů, které dokládají převzatým záznamem z EMG. Druhým zdrojem je výzkumný článek autorů Paříka, Hojky a Kračmara (2011), kteří se zabývali srovnáním aktivace svalů během sprintu a zakopávání. Tudíž jsem využila jejich část týkající se zapojení svalů během sprinterského běhu. Posledním takovýmto zdrojem je pak článek Tidowa a Wiemana (1996) týkající se primárně relativní aktivací kolenních a kyčelních extenzorů při

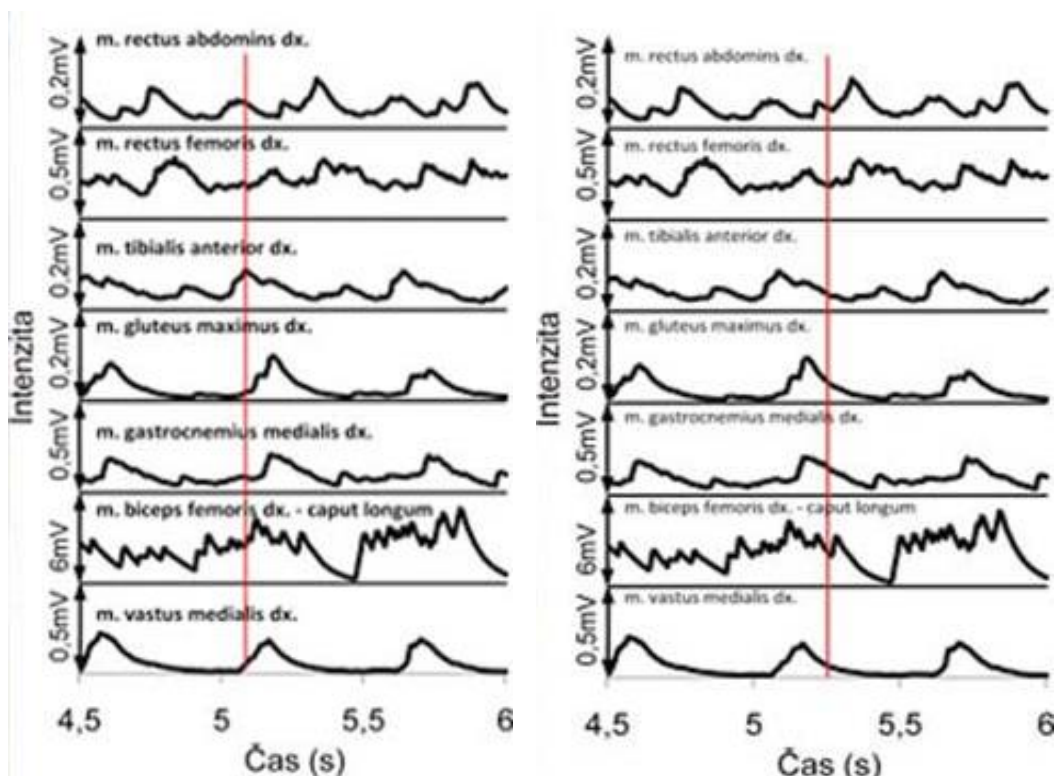
sprintu, ale i oni tento výzkum dokládají záznamem z EMG vybraných svalů v průběhu jak oporové tak letové fáze běžecského kroku. V závěru ještě uvádím anatomickou analýzu běhu podle Hamiltona, Weimar a Luttgens (2012) a Véleho (2006).

4.6.1.1 Zapojení svalů ve sprintu podle Paříka, Hojky a Kračmara (2011)

Hlavními svaly, které se při sprintu zapojují podle Paříka, Hojky a Kračmara (2011), jsou přímý břišní sval “m. rectus abdominis”, velký sval hýžděový “m. gluteus maximus”, čtyřhlavý sval stehenní “m. quadriceps femoris” – převážně pak přímý sval stehenní “m. rectus femoris” a vnitřní hlava čtyřhlavého stehenního svalu “m. vastus medialis”, dvojhlavý sval stehenní “m. biceps femoris”, dvojhlavý sval lýtkový “m. gastrocnemius”, přední holenní sval “m. tibialis anterior” a šikmý lýtkový sval “m. soleus”.

Obrázek 8

Okamžik dokroku (levá část) a odrazu ve sprintu, převzato od Pařík, Hojka a Kračmar (2011)



Pařík, Hojka a Kračmar (2011), využívající záznamů EMG v okamžiku dokroku a odrazu, popisují právě na nich přesné zapojení svalů ve sprintu takto:

- *M. rectus abdominis*, má jeden vrchol aktivace před okamžikem dokroku pravé končetiny, kdy je na celou končetinu vyvíjeno velké zatížení a sval se skrze

svoji aktivaci snaží zachovat dynamickou rovnováhu celého trupu. Nejvíce je pak tento sval aktivován při přenášení pravé švihové končetiny během opory levé dolní končetiny. To je podle Paříka, Hojky a Kračmara (2011) relativně správně, jelikož břišní svalstvo pomáhá běžci při zdvihu švihového kolena, avšak dále je zdvih dokončen díky setrvačnosti, jež byla nabrána během složení končetiny pod tělo a během samotného švihů zvýšením obvodové rychlosti dolní končetiny. Přesto upozorňují, že by bylo vhodnější, kdyby se sval aktivoval o něco později a pomohl tak ještě více ke zdvihu švihového kolena.

- *M. rectus femoris* pracuje v podstatě po celou dobu běhu. Nejsou zde vidět velké rozdíly mezi kontrakcí a relaxací. Vrcholy aktivace můžeme nalézt při zakopnutí pravé dolní končetiny, kdy je sval v největším protažení a v momentě vertikály.
- *M. tibialis anterior*, vykazuje největší aktivitu v okamžiku dokroku, jelikož právě tento sval provádí tzv. aktivní práci chodidla, charakterizovanou dorzální flexí chodidla a následnou aktivní plantární flexí před okamžikem dokroku. Jak však můžeme vidět na obou obrázcích, sval vyvíjí rovněž velkou aktivitu těsně před a po dokroku, o čemž Pařík, Hojka a Kračmar (2011) tvrdí, že je to důkaz připravenosti atleta na sprinterskou trať a velmi dobrou techniku dokroku. Na EMG křivce vidíme opět dva vrcholy, přičemž ten druhý značí aktivitu *m. tibialis anterior* právě při flexi v kolenním kloubu, při zakopnutí, a přenášení pravé dolní končetiny švihovým způsobem pod tělo. Podle Paříka, Hojky a Kračmara (2011) je v tomto momentě tato aktivita důležitá pro rychlejší přenos dolní končetiny, kdy dorzální flexe urychluje švih dolní končetiny a chodidlo je vlivem dorzální flexe blíže středu otáčení, proto je obvodová rychlost větší.
- U *m. gluteus maximus* se výrazně dle obrázků střídají fáze kontrakce a následné relaxace v průběhu sprinterského běhu. Nejvyšší aktivita pak nastává těsně před okamžikem odrazu, v momentě kdy dochází k extenzi kyčelního kloubu a následně rovněž začátku extenze v kloubu kolenním, přes ještě přetrvávající mírnou flexi jak zmiňují Pařík, Hojka a Kračmar (2011).
- *M. gastrocnemius*, *caput medialis* největší aktivitu vykazuje těsně před okamžikem odrazu, kdy také postupně dochází k plné extenzi v hlezenním kloubu a sval se zkracuje.
- *M. biceps femoris* se aktivuje, jak můžeme na obou obrázcích vidět těsně před dokrokem a končí chvíli po odrazu, je tedy zřejmé, že sval působí hlavně ve fázi

opory, kdy jeho aktivní práci dochází ke zvýšení horizontální rychlosti. Jako velké puls uvádějí Pařík, Hojka a Kračmar (2011), že sval je zaprvé relaxován v letové fázi a za druhé, je uvolněn v momentě, kdy dochází k flexi kolene, jelikož se takto uskutečňuje švihovým způsobem. Dle obrázků rovněž Pařík, Hojka a Kračmar (2011) upozorňují, že sval je aktivní po dlouhou dobu a tudíž se více unavuje, z čehož plynou častá zranění sprinterů právě tohoto svalu v důsledku zanedbávání či nedostatečné rozvíjení svalu *m. biceps femoris*.

- Aktivace *m. vastus medialis* stoupá při přípravě na dokrok a dosahuje maxima při největším zatížení, tedy v momentu vertikály a následně klesá až do okamžiku odrazu. Dále autoři připomínají, že spolu s *musculus gluteus maximus* je na jejich křivce z EMG nejvíce patrné střídání práce svalu, kdy se sval zbytečně neunavuje v průběhu jiné činnosti.

Hojka pak se svými kolegy Jebavým a Kaplanem (2014) stručně shrnují ve své knize „Rozcvičení ve sportu“ nejdůležitější znaky jednotlivých fází běžecského dvojroku, ne tolik z hlediska konkrétních svalů, ale spíše jejich kontrakcí, typem a způsobem provedení, jak jsem již zmínila, rozdělují ho na tyto fáze: oporovou fázi brzdovou a propulsní, fáze složení a přenosu končetiny a fáze přípravy na dokrok. Míra předkročení, úroveň extenze v jednotlivých kloubech oporové končetiny vyjmenovávají Jebavý, Hojka a Kaplan (2014) důvody pro uskutečnění brzdové fáze, kterou můžeme zkrátit aktivním dokrokem na podložku s minimální mírou předkročení. Vlastní propulsní fáze je dána schopností rychlé koncentrické kontrakce a částečně i reaktivně – silovými dispozicemi jedince. Z pohledu techniky běhu je nezbytné minimalizovat excentrickou fázi během opory v jednotlivých kloubech, naopak z hlediska motoriky je dokrok realizován na chodidlo ve vysokém stupni flexe v kotníku, nepropnuté koleno v případě, že všechny svaly jsou preaktivovány a ve vzájemné součinnosti naprogramovány na optimální kloubní tuhosti. Za hrubou chybu pak považují dvojitou práci v kotníku, excentrickou a koncentrickou, jelikož tento jev prodlužuje oporovou fázi a nedochází tak k nárůstu celkového impulsu síly. Po dokončení odrazu pohyb doznívá, zatímco pokračuje extenze končetiny, jelikož už však není v kontaktu s podložkou, nemá další napínání hlubší smysl. Naopak by se měla končetina co nejrychleji skrčit, aby ve fázi přenesení došlo k působení síly flexorů kyčle na co nejnižší moment setrvačnosti dolní končetiny, čímž dojde k vyšší rychlosti otáčení v kyčli. Za dílčí úkol této fáze Jebavý, Hojka a Kaplan (2014) považují schopnost složit patu k hýždím v co nejkratším čase a zároveň zahájit ohyb v kyčelním kloubu.

Dominujícím pohybem je flexe v kolenním kloubu, proto je velmi důležité správně zapojit všechny potřebné svaly, které se jí i jako pomocné svaly mohou zúčastnit, kromě hamstringů jsou to rovněž obě dlouhé hlavy lýtkového tricepsu, které se na ohybu kolene podílejí pouze, je-li špička chodidla přitažena k bérce. Pro následnou fázi přenosu je důležitá koordinace s druhou oporovou končetinou, pak při ideální součinnosti dochází ke švihovému pohybu, kdy je končetina vedena vpřed se současným aktivním sešlápnutím opačné nohy. V této fázi se nejrazantněji rozhoduje o délce kroku, je třeba všechny potřebné pohyby provádět ve velkém rozsahu. Začátek fáze je charakterizován maximálním ohybem kolene a konec, maximálním ohybem kyčle vedené končetiny. Na správné provedení má mimo jiné vliv pozice pánve, je-li podsazená, umožňuje provést ohyb kyčle ve vyšším rozsahu s nižší námahou, naopak je-li vysazená, má za následek nižší rozsah pohybu a současně vyšší energetickou náročnost, jelikož se hýžďové svaly přetahují s flexory kyčle. Pak koncovou polohu fáze přenosu při správném provedení Jebavý, Hojka a Kaplan (2014) charakterizují vysokým stupněm ohybu v kyčli i koleni a nemělo by docházet k předčasné extenzi kolena, aby nedošlo ke snížení efektivity v následující fázi. Fáze přípravy na dokrok začíná maximálním ohybem v kyčli a končí dokrokem na podložku podle Jebavého, Hojky a Kaplana (2014). Provedení pohybů v této fázi má zásadní vliv na délku trvání a efektivitu oporové fáze a úkolem tak je, produkce co nejvyšší rychlosti extenze kyčle, přesněji pak co nejvyšší kinetické energie rotace v kyčli, spolu s precizním provedením dokroku. Tato energie může být díky svalové pružnosti krátkodobě akumulována a v propulsní fázi může dojít ke zpětnému využití. Dokrok by měl být proveden na tzv. zamknuté chodidlo, kdy je celé chodidlo položeno na zem v jednom okamžiku přibližně 20 cm před těžiště těla. Takovýto dokrok na celé chodidlo provádíme ze dvou důvodů podle Jebavého, Hojky a Kaplana (2014): při dokroku na přední část je kotník v příliš velké extenzi a na odrazu se podílí minimálně, musí dojít k jeho flexi a tím se prodlužuje doba opory, naopak při dokroku na celé chodidlo dochází k lepšímu využití svalové elasticity díky lepším podmínkám pro stabilizaci kotníku.

4.6.1.2 Zapojení svalů při sprintu podle Tidowa a Wiemana (1995)

Podle Tidowa a Wiemana (1995) mají ve sprintu svaly sportovce dvě základní funkce:

- musí urychlit tělo a pohánět jej v horizontálním směru k cíli,
- musí působit proti gravitační síle, působící ve svislém směru.

Mechanicky, bez ohledu na dobu trvání aktivace svalů, obou úkolů může být dosaženo pouze tehdy, pokud sportovec má kontakt se zemí, tedy v průběhu oporové fáze. Pokud se však člověk snaží identifikovat svaly v oblasti kyčelního a kolenního kloubu, které pohání tělo vpřed, jak je uvedeno v prvním bodě, například akce, při které se "táhne" noha dozadu od přední opory do polohy zadní opory, je konfrontován s mnoha výhradami a omezeními týkající se extenzorů kyčle (m. gluteus maximus a hamstringy), a také extenzorů kolenního kloubu (mm. vasti). Aby bylo možné odhadnout relativní účast těchto svalů v průběhu sprinterské jednotky, byla jejich činnost zaznamenávána pomocí EMG v průběhu jednoho běžecského kroku a srovnána s dalším běžecským krokem. Dle výsledků těchto záznamů a analýzy byly shledány závěry pro sprinterský trénink, shrnují Tidow a Wieman (1995).

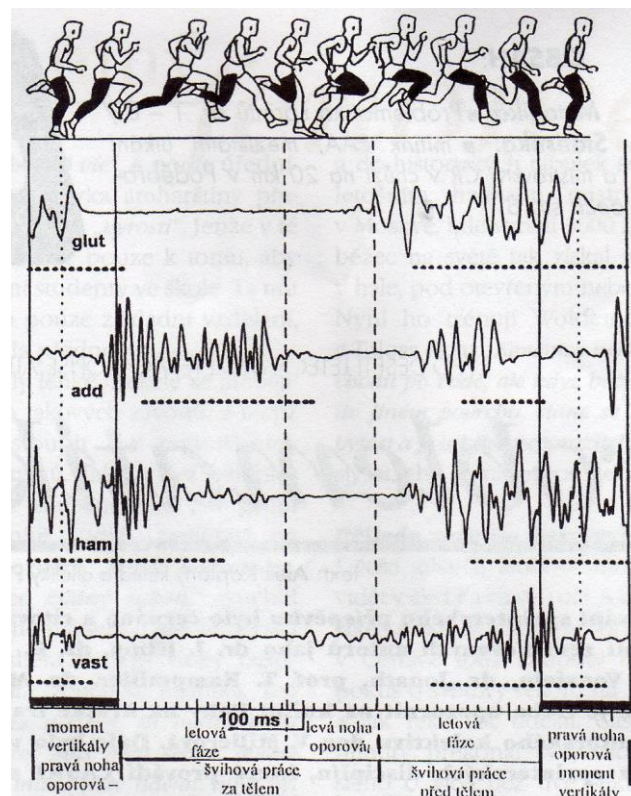
Z funkčního hlediska se podle Tidowa a Wiemana (1995) při sprinterském běhu periodicky recipročně aktivují flexory a extenzory dolních končetin, při kontrakci agonistů je pak inhibována činnost antagonistů a naopak. Díky tomuto tvrzení pak popisují práci svalů během sprinterského běžecského kroku následovně. Po odrazu v oporové fázi následuje fáze letová, kdy po určitou dobu není tělo běžce v kontaktu s podložkou. Na odrazu oporové nohy se podílí extenzory kyčle (m. gluteus maximus a mm. ischiocrurales), extenzory kolena (m. quadriceps femoris) a plantární flexory (m. triceps surae). Naopak flexi kyčelního kloubu švihové nohy provádí m. rectus femoris, m. iliopsoas a m. tensor fasciae latae. Aby byla délka kroku co největší, uplatňuje se během sprintu aktivní „zahrábnutí“ bérce prováděné m. quadriceps femoris. Dále je pro běžce, který se snaží dosáhnout maximální rychlosti, důležitá především extenze v kyčelním kloubu v rozsahu až 50°. Vzhledem k tomuto úhlu, kterým prochází noha při maximální rychlosti, odpovídají za extenzi v kyčelním kloubu tyto svaly: hýžd'ový sval (m. gluteus maximus), přitahovač nohy (musculus adductor magnus) jako protiklad činnosti hýžd'ových svalů a zadní strany stehna v komplexu hamstringů (tedy m. biceps femoris, m. caput longum, m. semitendinosus, m. semimebranosus). Tidow a Wieman (1995) shrnují, že i když jsou hýžd'ové svaly silnými extenzory kyčelního kloubu, není jejich působení na horizontální rychlost příliš velké. Podle nich je to v důsledku toho, že v okamžiku dokroku je úhel v kyčelním kloubu příliš tupý na to, aby hýžd'ové svaly mohly výrazně přispět k rozvoji této rychlosti. Naopak autoři přikládají velkou váhu při extenzi kyčelního kloubu svalům na zadní straně stehna, tzv. hamstringům, jež dokládají záznamem z EMG na obrázku 9, pořízeného během sprintu a potvrzují

skutečnost, že tyto svaly mají hlavní podíl na produkci horizontální rychlosti při maximálním sprintu.

Na záznamu z EMG zkoumali Tidow a Wieman (1995) aktivaci svalů na pravé noze v průběhu sprinterského běžeckého kroku. Na obrázku 9 vidíme, že v momentě, kdy levá noha zaujímá oporovou fázi, dochází k přenosu pravé švihové nohy díky aktivaci m. gluteus maximus, neboť má z extenzorů kyčle v tuto chvíli nejvýhodnější pozici. Hamstringy mají totiž oproti němu zpoždění a začínají se aktivovat, až když se kolenní kloub dostává do výhodnějšího úhlu pro práci těchto svalů, ale jsou pak aktivní po celou dobu, kdy je v oporové fázi pravá noha. Práci musculus gluteus maximus kompenzuje svou aktivitou musculus adductor magnus, tzv. velký přitahovač a stabilizuje tím kloub kyčelní. Dále tento sval zvyšuje svou aktivitu po doznění odrazu ve švihové práci za tělem, kdy přitahuje dolní končetinu. Posledním zkoumaným svalem je vnitřní hlava čtyřhlavého svalu, m. vastus medialis, který je aktivní před vlastním dokrokem, kdy natahuje kolenní kloub.

Obrázek 9

Přibližné křivky EMG m. gluteus maximus (velký hýžd'ový sval), m. adductor magnus (velký přitahovač), hamstringů (svalů zadní strany stehna) a m. vastus medialis (vnitřní hlava čtyřhlavého svalu stehenního) pravé nohy v průběhu sprinterského běhu, převzato od Tidowa a Wiemana (1996)



4.6.1.3 Anatomická analýza podle Hamiltona, Weimara a Luttgense (2012) a Véleho (2006)

Hamilton, Weimar a Luttgens (2012) ve své anatomické analýze popisují, že rozdílnosti mezi kloubními pohyby při chůzi a běhu jsou především otázkou míry zatížení a taktéž koordinace. Kloubní pohyby jsou v podstatě stejné, ale rozsah pohybů při běhu je výrazně větší. Naopak rozdílnosti v koordinaci u běhu vidí především ve fázi bez opory a chybějící fázi dvojí opory.

Letová fáze („Swing phase“)

Letovou fází Hamilton, Weimar a Luttgens (2012) vymezují od opuštění prstů chodidla od země až po kontakt chodidla se zemí druhé nohy. Ve srovnání s Tvrzníkem, Soumarem a Soulkem (2004), kteří hovoří o letové fázi ve chvíli, kdy běžec není v kontaktu se zemí a dále připomíná, že tato fáze končí v momentě, kdy bėrec přední nohy, tj. švihové nohy, který se energeticky pohybuje vpřed s následným aktivním došlápnutím na zem, před samotným dokrokem, se tedy danou fází zabývají důkladněji. Tato fáze je tudíž charakteristická větší svalovou prací než pouhým principem kyvadla a taktéž je mnohem delší než samotná fáze opory. Přední noha ve flexi v této fázi přenáší velkou část hmotnosti nohy blíže ke kyčli, čímž snižuje moment setrvačnosti a zvyšuje úhlovou rychlost švihu nohy a tím dochází k vykývnutí stehna dopředu, která pak posouvá těžiště těla vpřed (Hamilton, Weimar a Luttgens, 2012, Véle, 1995). Při rychlém běhu je kontakt před opuštěním země či při došlapu možný přes „polštářky“ pod posledním článkem prstů na chodidle, tzv. bříška metatarzů a prstce, jak doplňuje Véle (1995), při velmi pomalém běhu je kontakt se zemí veden přes patu či celé chodidlo. Dále pak viz. tabulka 3 shrnují letovou fází dle kloubů, jejich pohybu, který způsobuje pohyb určitého segmentu nohy skrze zdroj síly, tj. spád či přímo svaly a druh kontrakce.

Tabulka 3
Anatomický rozbor „swing phase“, letové fáze běžeckého kroku (Hamilton a kol., 2012)

Kloub	Pohyb v kloubu	Pohybující se segment	Síla pro pohyb	Aktivní svaly	Druh kontrakce
Kotník	dorzální flexe	chodidla	sval	- tibialis interior	koncentrická
				- extensor digitorum longus	
Koleno	Flexe (rychle, první 2/3 fáze)	bérec	sval	- reflex action and momentum	/
	extenze (poslední 1/3 fáze)	stehno	spád	- hamstringy	excentrická
Kyčel	flexe	stehno	sval	- iliopsoas - rectus femoris	koncentrická

Oporová fáze („Support phase“)

Tvrzník, Soumar a Soulek (2004) rozlišují tuto fázi na aktivní a pasivní. V průběhu aktivní oporové fáze je běžec v kontaktu se zemí a provádí odraz do následujícího běžeckého kroku. Začátek této fáze pak zapadá do chvíle, kdy se těžiště těla nachází nad středem došlapující nohy. Důležité pro kineziologii je jejich upozornění, že v rámci správné techniky běhu je nezbytný mírný náklon vpřed s podsazenou pánví. Zatímco Hamilton, Weimar a Luttgens (2012) uvádí, že fáze začíná v okamžiku kontaktu (dokroku) přední nohy se zemí a končí odrazem z přední části chodidla, kdy se dostává tělo do vzduchu. Během této akce se koleno a kotník dostávají do flexe a poté do extenze jako tělo, které se dostává před chodidlo oporové nohy a následně je uvedeno po odraze do vzduchu. Také upozorňují na skutečnost, že vyšší je rychlost běhu, tím se snižuje čas oporové fáze v průběhu běžeckého kroku. V následující tabulce opět shrnují dle anatomického rozboru, co se děje v průběhu této fáze, tj. jaké pohyby v kloubech, proč a jakým způsobem se do něj zapojují jednotlivé svaly.

Tabulka 4
Anatomický rozbor „support phase“, oporové fáze běžecského kroku (Hamilton a kol., 2012)

Kloub	Pohyb v kloubu	Pohybující se segment	Síla pro pohyb	Aktivní svaly	Druh kontrakce
Kotník	plantární flexe	bérec	Sval	- gastrocnemius - soleus	koncentrická
Koleno	Flexe (počátek fáze)	stehno	gravitace	- quadriceps femoris	excentrická
	extenze (moment odrazu)	stehno	sval	- quadriceps femoris	excentrická
Kyčel	Flexe	trup	gravitace	- gluteus maximus - hamstringy	excentrická
	extenze	trup	sval	- quadriceps femoris	koncentrická

Podobnou analýzou se také zabýval Véle (1995), a proto uvádím pro doplnění jeho variantu. V oporné fázi se zabývá nejdříve pohyby pánví a páteří, u kterých konstatuje podobné pohyby, jako při chůzi, ale v mnohem větším rozsahu, potvrzuje tak Hamiltonovo konstatování. Dále pokračuje v opačném pořadí jednotlivých kloubů než Hamilton a kol. (2012), ale v obsahu se víceméně shoduje. Dle Véleho (2006), v kyčelním kloubu dochází k flexi, která poté přechází až v extenzi. Aktivními svaly pro vykonání těchto pohybů jsou m. gluteus maximus, jež je především aktivní při dopadu nohy a m. quadriceps femoris spolu s flektory kolene, které mají na starost stabilizaci pánve. Kolenním kloub se vzrůstající rychlostí přechází ze vzrůstající flexe do extenze, která následně klesá s rychlostí běhu. M. rectus femoris a oba mm. vasti se aktivují právě během počáteční flexe (excentricky) a dosahují svého maxima při extenzi, jelikož se koncentricky aktivují při odvíjení paty. Protože se musí zvednout těžiště proti gravitaci poměrně rychle, je nutno překonat silovou váhu těla zvětšenou až o 20% v závislosti na rychlosti propulzního impulsu, propulzní síla je tudíž značná. U kotníků a nohy pak vzniká dorziflexe a plantární flexe. M. soleus a mm. gastrocnemius pracují během celé fáze opory i propulze s maximem při odvíjení prstců. Také zde se podle něj uplatňují vnitřní svaly nohy, které spolupracují při adaptaci na terén, po kterém se běží.

4.6.2 Kineziologie krátkého překážkového běhu

Pro kineziologii krátkého překážkového běhu jsem v této práci vycházela z trochu skromnějších dat, jelikož v minulosti až do současné doby není příliš studií ani

odborníků, kteří by se kineziologií překážkového běhu zabývali. Vlastně přemýšlím proč, když by tyto výzkumy mohly přinést nový pohled na tyto disciplíny a nalézt nové nebo vylepšit dosavadní tréninkové prostředky. Při studiu kineziologických analýz přes EMG zabývajících se během jsem došla k závěru, že jedním z důvodů proč se ještě nikdo pořádně nezabýval záznamem EMG nad překážkami, je jeho nedostatečná použitelnost na hlubší svaly a také problém s tím, že přeběh je až příliš náročný na to, aby v jediném momentu došlo ke kvalitnímu zaznamenání aktivujících se svalů v tak krátké chvíli trvajících se přeběhu. Nejprve tedy zmíním poznatky svalové analýzy překážkového běhu, které již v roce 1963 zjistil a sepsal Myrtle Gladys Scott, ve své publikaci *Analysis of human motion: a textbook in kinesiology*, kde se dle mého pátrání zmínil jako jeden z prvních o svalech zapojujících se v průběhu přeběhu překážek v atletice. Druhým zdrojem pak bude analýza svalů během přeběhu překážky, o které píše Kurt Tittel (2003).

4.6.2.1 Analýza překážek podle Scotta (1963)

Scott (1963) zprvu připomíná, že pokud chce atlet překonat překážku, musí celou svou švihovou nohu zvednout výše, tedy musí dojít k větší flexi v kyčelním kloubu oproti hladkému běhu a dává v momentě přechodu vzestupný pohon vpřed celému tělu. Paže pracují energicky v opozici s nohami. Po odrazu a ztrátě kontaktu s podložkou se zadní noha dostává do flexe a abdukce a zároveň je i kolenní kloub ve flexi. V této poloze zavěšení tělo tzv. “pluje” přes překážku dle Scotta (1963). Poté přední noha prudce sešlapuje dolu za překážku a je připravena pro další běžecký krok. Následně již popisuje svalovou aktivitu v průběhu přeběhu překážky takto:

Odras

Přední noha je ve flexi, kterou zajišťují v téměř plném rozsahu m. iliopsoas, m. rectus femoris, m. pectineus a m. tensor fasciae latae. Tyto svaly rovněž pomáhají k tomu, aby se trup dostal mírně vpřed, což primárně zajišťují břišní svaly, které fixují pánev tak, aby byli flexory kyčelního kloubu během tohoto pohybu účinnější při zdvihu přední nohy nad překážku. Spolu s páteří zasahují břišní svaly do náklonu trupu vpřed do jeho typické polohy nad překážkou. Na přední noze pak m. vastus medialis pomáhá m. rectus femoris k extenzi kolenního kloubu. Pohon pro zadní nohu, jež je v extenzi, přichází jako silný vzruch ve všech kloubních spojení svalů, jež jsou aktivní. Vlastně flexe trupu vpřed je dostatečný podnět k maximální aktivaci m. gluteus maximus pro extenzi v kyčelním kloubu.

Let přes překážku

Pohyb přední paže v rameni při přeběhu je prováděn m. anterior deltoid, m. upper pectoralis major, m. biceps brachii a m. coracobrachialis. Následuje loket, který je nepatrně ohnut prostřednictvím m. brachialis anticus a pomocnými svaly jsou rovněž m. biceps brachii a m. pronator teres, jež jsou aktivovány v závislosti na tom, zda je ruka částečně či zcela v pronaci. Zadní paže jde pohybem v rameni dozadu prací m. posterior deltoid, m. teres major et minor a m. infraspinatus, v lokti je pak v tomto momentě obvykle relaxována.

Zadní noha je rychle přitahována abdukci m. gluteus medius et minimus a m. tensor fasciae latae, avšak je stejně tak ve flexi za pomoci m. iliopsoas a m. pectineus, kteří spolu s menšími rotátory rotují nohu zevně. Noha je ještě ohnuta v koleni hlavně díky napětí hamstringů a setrvačnosti bérce, v této téměř vodorovné poloze noha přechází překážku.

Dokrok za překážkou

Přední noha se začíná natahovat pomocí hamstringů ve chvíli, kdy se těžiště těla blíží k překážce. Koleno a kotník konají extenzi k tomu, aby chodidlo dosáhlo podložky, a následuje mírná relaxace extenzorů, aby se předešlo nárazu do podložky. Dokrok se provádí ve chvíli, kde je váha těla nad touto nohou a když je noha připravena zahájit další krok. Následně se tělo atleta vrací do běžecského kroku, než se přiblíží k další překážce.

4.6.2.2 Analýza překážek podle Tittela (2003)

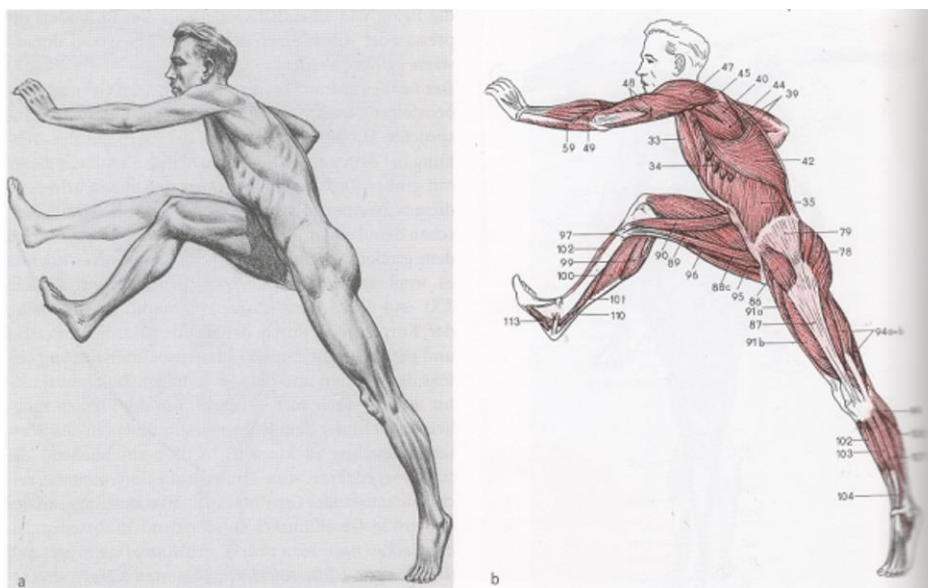
Tittel (2003) ve své publikaci nepopisuje přeběh překážek podle jednotlivých fází, ale zabývá se především obecně prací flexorů a extenzorů dolních končetin a poté odkazuje na příklady sportovních pohybových aktivit, kde se tato práce svalů uplatňuje a je více méně obdobná. Jedním z příkladů je i přeběh překážky v atletice, kde podle anatomického obrázku popisuje především moment odrazu před překážkou, avšak doplňuje jej i o popis dokroku za překážkou a důležitou roli trupu a horních končetin v průběhu přeběhu překážky.

Tittel (2003) tvrdí, že při zatížení celého pohybového aparátu klouby dolních končetin pracují díky souhře agonistů a antagonistů, ve většině případech tedy flexorů a extenzorů. Pokud jsou tedy maximálně aktivovány flexory jedním směrem, jejich antagonisté druhým. Souhra antagonistů s agonisty kyčelního a kolenního kloubu nebo kolenního a hlezenního kloubu má velmi praktický význam mimo jiné pro průběh

pohybů v gymnastice, ve skocích a překážkových bězích v atletice, tedy pro disciplíny rychlostně – silového charakteru, kde je hlavním znakem rychlý, explozivní odraz jak tvrdí Tittel (2003). Flexory kyčelního kloubu rovněž souvisejí s břišními svaly, které jsou na ně funkčně napojeny a například společně při přeběhu překážky zajišťují náklon trupu vpřed.

Obrázek 10

Anatomický obrázek fáze odrazu před překážkou, převzato z Tittela (2003)



Překážkový běh Tittel (2003) charakterizuje jako rychlostně silovou disciplínu, ale klade také značný význam na určité koordinační schopnosti, aby překážkář dovedl udržet stálý rytmus při přechodu z cyklického běhu do acyklického přechodu překážky a zpět. Důležitost klade na optimálně dlouhý překážkový krok a plynulé navázání běhu po dokroku za překážkou, ideálně bez větších ztrát rychlosti. Podle obrázku 10 pak Tittel (2003) popisuje zapojení svalů v momentě odrazu před překážkou takto: V momentě odrazu se pravá přední noha dostává díky aktivaci m. iliopsoas do flexe v kyčelním kloubu, tzv. dochází ke zdvihu kolene švihové nohy vpřed a vzhůru. M. iliopsoas umožňuje tento rychlý zdvih za obrovské síly, díky své velikosti a tomu, jak je rozlehlý, kdy vede od bederní části zad, přes kyčelní kloub až ke stehnu. Pro tento sval je dle Tittela (2003) mnohem lepší, přitahovat nohu k trupu, než pohyb trupu ke končetině. Pravá noha je tedy při odraze ve flexi v kyčelním kloubu, zatímco v kolenním kloubu nedochází za těchto podmínek k úplné extenzi, jak můžeme vidět na levé části tohoto obrázku (Obrázek 10), ale je mírně pokrčeno a v této poloze přebíhá přes překážku až do okamžiku, kdy se těžiště těla dostane nad překážku a přední noha okamžitě klesá k podložce. Důvodem toho, že koleno nejde do úplné extenze, jak

můžeme sledovat u modelu v levé části obrázku (Obrázek 10), je především to, že při maximální flexi v kyčelním kloubu by úplná extenze v kolenní znamenal spíše nebezpečnou „hrozbu“ svalového poškození, přílišné přepětí ve svalech dolní končetiny. Levá tedy odrazová noha dává tělu impuls v pohybu vpřed díky maximální extenzi ve všech kloubech, jež především zajišťuje silnou kontrakcí m. gluteus maximus. Tittel (2003) zde upozorňuje na důležitost posílení břišních svalů, které zamezují disbalancím v části bederní páteře, a rovněž upozorňuje na nutnost využití odpovídajícího strečinku. Nápon zadní nohy zajišťuje tedy pohyb vpřed s náklonem a nalehnutím trupu na švihovou nohu, pro plynulý přeběh překážky bez větších změn výšky těžiště. V momentě, kdy se dostává těžiště překážkáře nad překážku, přední švihová noha přechází z flexe do extenze kyčelního kloubu a tudíž díky principu systému agonista/antagonista se i maximálně projevuje extenze v kolenním kloubu a přichází aktivní zášlap za překážkou. Tittel (2003) zmiňuje, že křivka těžiště těla by měla v průběhu přeběhu překážky probíhat co nejvíce paralelně s běžeckou, mimo jiné by mělo být místo odrazu před překážkou co nejdále a místo dokroku za překážkou co nejbližší k překážce. Tittel (2003) rovněž dodává, že je důležitá poloha trupu, kdy se trup „skládá, či naléhává“ na přední nohu. U překážkáře je rovněž vyžadována správná práce paží, kyvadlově podél těla v mírné flexi v loketním kloubu, díky které je tělo v rovnováze. Následně Tittel (2003) shrnuje základní flexory a extenzory dolních končetin ve vztahu k jednotlivým kloubům, které se mohou zapojit při přeběhu překážky viz. tabulka 5.

Tabulka 5
Přehled extenzorů a flexorů kloubů dolních končetin podle Tittela (2003)

Kloub	Svaly
Kyčelní kloub	M. rectus femoris, m. tensor fasciae latae, m. sartorius, m. gluteus minimus, m. adductor longus et brevis.
Kolenní kloub	M. semimembranosus, m. semitendinosus, m. biceps femoris.
Hlezenní kloub	M. tibialis anterior, m. extensor hallucis longus, m. extensor digitorum longus.

5 Příklad kineziologického hodnocení

Pro pokus o kineziologické hodnocení jsem si záměrně vybrala kinogram Collina Jacksona, jež byl ve své době držitelem světového rekordu na 110 m překážek (12,91 s), dovolím si tvrdit, že byl jedním z nejlepších překážkářů na světě. Jackson měl velmi dobrou techniku a obrázek kinogramu, který jsem převzala od Arnolda (1992), jenž byl Jacksonův trenér, ukazuje zřetelný přeběh překážky, na kterém vidíme přesně pohyby, které ve svých analýzách týkající se zapojení svalů zmiňují výše zmínění autoři. Arnold (1992) však ve své publikaci neuvádí, kde byl kinogram pořízen, pouze na něm dokládá výbornou Collinsovu techniku. Můj pokus je tedy pouhým kineziologickým náhledem díky prostudované literatuře, bohužel bez využití EMG. Jak jsem již zmínila, zatím v současnosti nejsou příliš obsáhlé studie či výzkumy, které by se právě kineziologií překážkových běhů zabývaly, proto se domnívám, že by stálo za pozornost důkladně prostudovat a provést samotné kineziologické hodnocení.

Obrázek 11
Přeběh překážky Collina Jacksona, převzato od Arnolda (1992)



Převzatý kinogram, tedy obrázek 11, jsem si rozdělila na osm menších částí/obrázků, dále již jen obrázků.

Na prvním obrázku můžeme tedy vidět překážkáře při přípravě na dokrok u posledního běžeckého kroku mezi překážkami a tedy v momentě kdy, se chystá levá noha na odraz před následnou překážkou. Je zde tedy vidět, že před dokrokem dochází k propnutí tzv. extenzi levé nohy v kolenním kloubu, která bývá způsobena aktivací m. vastus medialis, zatímco pravá noha se začíná ohýbat pod tělo díky aktivaci m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus, tedy hamstringů a z předešlé extenze kyčelního kloubu se postupně mění při pohybu vpřed na flexi, přičemž koleno zůstává ve flexi až do doby, kdy se těžiště dostane nad překážku.

Na druhém obrázku již můžeme vidět levou nohu v oporové fázi na celém chodidle, naopak pravá noha je již plně složena pod tělem a v přechodu z tohoto obrázku na další, je jasně vidět, že pravá noha je zdvižena vpřed nad překážku, jež zabezpečují svaly flektující kyčelní kloub m. iliopsoas, m. rectus femoris, m. pectineus a m. tensor fasciae latae, pomocným svalem je pak rovněž m. rectus abdominis. Zadní noha se dostává po odraze do ostré extenze ve všech kloubech za pomoci toho, že trup překážkáře se po odraze posouvá vpřed prací m. rectus abdominis a flexorů kyčelního kloubu: m. iliopsoas, m. rectus femoris, m. pectineus a m. tensor fasciae latae, což je dostatečně velký podnět především pro maximální aktivaci m. gluteus maximus, konající právě extenzi kyčelního kloubu. Je zde také vidět pohyb levé paže vpřed, jež v ramenním kloubu zabezpečují m. anterior deltoid, m. upper pectoralis major, m. biceps brachii a m. coracobrachialis, naopak na lokti můžeme ve stejném okamžiku pozorovat mírnou flexi způsobenou m. brachialis anticus s dalšími pomocnými svaly jako jsou m. biceps brachii a m. pronator teres, u kterých však nemůžeme potvrdit, že se tak skutečně děje, jelikož na obrázku nemůžeme přesně nalézt, zda je ruka v pronaci, což je podmínka jejich aktivace.

Na čtvrtém obrázku v pořadí již dozněl odraz a překážkář tak přechází do letové fáze, při níž přední noha pokračuje ve vzletu nad překážku při flexi v kyčelním kloubu, rozdíl je však v pohybu v kolenním kloubu, jež se začíná z flexe dostávat do extenze, která vrcholí na dalším tedy pátém obrázku, kdy se těžiště překážkáře dostává nad úroveň překážky. Pro tuto extenzi v kolenním kloubu je důležitá práce m. quadriceps femoris s pomocnými m. tensor fasciae latae a m. gluteus maximus, vidíme rovněž mírnou plantární flexi v hlezenním kloubu nohy, jež zajišťuje m. triceps surae, kterému pomáhá rovněž m. tibialis posterior. Zadní noha se při přechodu čtvrtého a pátého

obrázku rychle přitahuje abdukci m. gluteus medius et minimus a m. tensor fasciae latae a zároveň flexí v kyčli skrze aktivaci m. iliopsoas a m. pectineus, spolu s menšími rotátory rotují nohu zevně. Také koleno zadní nohy dosahuje flexe díky napětí hamstringů a setrvačnosti bérce, k němuž je prací m. triceps surae přitaženo chodidlo. V této pozici zadní noha přechází překážku, jak můžeme vidět i na šestém obrázku, těsně před zahájením dokroku za překážkou. Na tomto obrázku je přední noha rovněž stále ve flexi kyčle a v mírné extenzi kolene tak jako téměř po celou dobu letu nad překážkou.

Na posledních dvou obrázcích vidíme aktivní zášlap přední nohy za překážkou, kdy poté co se těžiště dostane na úroveň příčky překážky, přední noha se začíná již v kyčli natahovat díky napětí hamstringů, ale rovněž má svoji roli i m. gluteus maximus a silná extenze kolene a kotníku pomáhá chodidlu dosáhnout podložky, tedy dokročit na podložku nejlépe na přední část chodidla. Paže naopak při tomto pohybu mění svou pozici, dosavadní pravá ruka se ze zadní polohy pohybuje vpřed před tělo, mírně ohnutá v lokti, naopak levá ruka se pohybuje směrem vzad výrazně za tělo pomocí m. posterior deltoid, m. teres major et minor a m. infraspinatus, v lokti vypadá jako by mohla být relaxována, jak se zmiňují výše v analýzách překážkového běhu. Pravá noha se z polohy flectované nohy, rotované zevně dostává vpřed ostrým kolenem a připravuje se na další krok mezi překážkami. V tomto momentě přenosu vpřed dochází k addukci, přinožení a pohybu vpřed „ostrým kolenem“ díky aktivaci m. adductor magnus, longus et brevis a m. gracialis spolu s pomocí m. gluteus maximus, m. obturatorius externus, m. quadratus femoris, m. iliopsoas a m. pectineus. V tomto momentě překážkář dokončil přeběh překážky a je připraven na další krok, který je součástí tříkrokového rytmu běhu mezi překážkami.

6 Diskuze

Svoji práci jsem zaměřila skrze teoretický náhled na kineziologické hodnocení sprintů, hladkých i překážkových. V následující diskuzní části formuluji odpovědi na zpočátku vytyčené výzkumné otázky této bakalářské práce.

Již na počátku této práce jsem se pozastavila nad otázkou toho, jak autoři vůbec kineziologií rozdělují, zdali se shodují či mají různé názory a také mě zajímalo, zdali autoři mluví konkrétně o speciální kineziologii, která by se zabývala sportovními pohybovými aktivitami, či zdali vůbec mají tendenci se takto pohybem ve sportu zabývat. Odpovědi mi bylo hned několik zdrojů od autorů zabývajících se kineziologií, z nichž povětšinu každý měl trochu jiný pohled na základní rozdělení. Například Dylevský (2007) rozdělil kineziologii velmi jednoduše na obecnou a speciální, ke které přiřadil kineziologii jednotlivých segmentů těla, avšak nekonkretizuje kineziologii, která by se zabývala do hloubky pohybovou aktivitou jako celku. Toto rozdělení rozšiřují Lánik (1990) a Véle (1995). Lánik (1990) mluví o kineziologii prototypových činností, vývoji pohybové aktivity člověka a aplikované kineziologii, jež můžeme brát jako velmi podstatné ke vztahu k sportovní pohybové činnosti. Stejně tak Véle (1995) přiřazuje k těmto základním druhům tzv. kineziologii za zvláštních podmínek a upřesňuje ji použitím názvů jako pracovní či sportovní kineziologie, rovněž však speciální kineziologie blíže charakterizuje a nezabývá se zde jen a pouze kineziologií jednotlivých segmentů těla jako Dylevský (2007), ale rozšiřuje jí o jednotlivé poddruhy kineziologie: axiálního posturálního systému, lokomočního systému, systému jemné motoriky a komunikačního systému. I v zahraniční literatuře můžeme nalézt určité názory, například Holdway (1999), jež charakterizoval tradiční kineziologii zabývajících se studiem svalů a pohybů těla, které široce využívají nejen fyzioterapeuti ale rovněž trenéři, nebo Hoffman (2005, 2009), který pojednával o kineziologii jako o studiu praxe při učení se motoriky a poznatků v tréninku.

Následně jsem se snažila zjistit, jak velkou roli hrají při hladkém a překážkovém běhu segmenty pánve a dolní končetiny a zdali jsou to jediné segmenty těla, které hrají důležitou roli právě při běhu. Odpovědi však nejsou jednoznačné. Autoři, zabývajících se studii a výzkumy, týkající se zapojení svalů v hladkém a překážkovém běhu, se zmiňují především o svalech a svalových skupinách dolních končetin a pánve, jelikož tvrdí, že to je hlavní hnací síla při běhu až jako pomocné uvádějí svaly trupu a horních

končetin, které jsou zapojovány v závislosti na svaly kyčelního kloubu (Véle, 2006, Vařeka, Vařeková, 2009). Například Pařík, Hojka a Kračmar (2011) však přikládají velký význam při sprintu přímému svalu břišnímu, tedy m. rectus femoris, jež je aktivován těsně před okamžikem dokroku, kdy je na celou končetinu vyvíjeno velké zatížení a břišní sval zachovává dynamickou rovnováhu celého trupu. Největší aktivací pak prochází během přenášení švihové končetiny během opory druhé končetiny. Scott (1963) zase u překážkového běhu vidí značný vliv břišních svalů během přeběhu překážky, jelikož za pomoci kyčelních svalů zajišťují předklon trupu, který je tak typický pro přechod překážky. Dále mluví o pomocných pohybech paží, které však jsou při přeběhu překážky potřeba, a tak i svaly, o kterých mluví, mají svůj podíl na pohybovém celku a bez nich by celý pohyb fungovat nemohl. Je tedy třeba potvrdit, že nejdůležitějšími segmenty v hladkém i překážkovém běhu jsou segmenty dolních končetin a pánve. Jako pomocné se však při běhu, hladkém i překážkovém, zapojují rovněž svaly segmentů horních končetin a trupu. Nemůžeme tedy tvrdit, že by se při hladkém a překážkovém běhu, zapojovaly pouze segmenty dolních končetin a pánve, jde totiž o ucelený pohyb, jež by bez horních končetin a především trupu nemohl fungovat.

V technice hladkého a vlastně i překážkového sprintu, můžeme vzhledem k přibývajícím rokům vývoje, nových metod a lepších materiálů, najít rozdíly již pouhým okem. Dle literatury, kterou jsem prostudovala to tak ovšem je i z hlediska odborných studií a výzkumů. Co se týče hladkého sprintu je v této práci přímo zdůrazněné tradiční pojetí, prezentované Dostálem (1985) a nové pojetí, které ve svých publikacích a článcích prezentují především Vonstein (1996) a Joch (1992). Ti shrnují rozdíl od tradičního pojetí do tří nejdůležitějších bodů. Kdy hovoří o trupu, který je téměř ve svislé poloze a sprinter tudíž působí dojemem „velmi vysoké postavy“. Druhý bod, kdy popisují, že po relativně vysokém zdvihu kolene následuje velmi aktivní „zahrábnutí“ nohy, jež vede k došlapu chodidla, a u třetího bodu uvádějí, že extenze odrazové nohy je neúplná a v koleni nedochází k úplnému náponu, naopak k tomuto úplnému náponu dochází v hlezenním a zvláště pak v kyčelním kloubu. V překážkovém běhu naopak takovéto rapidní rozdělení na tradiční a nové pojetí neexistuje. Většina autorů se v popisu techniky shoduje, pouze můžeme nalézt rozdíl v konkrétních číslech, kdy se autoři zabývají přeběhem konkrétního překážkáře a přesně studují daný jev na některém z elitních překážkářů. Například dle všeobecných poznatků Millerová (2002) uvádí jako délku překážkového kroku u mužů cca 340 – 370 cm s procentuálním

poměrem vzdáleností odrazu a dokroku za překážkou přibližně 57 - 62 % ku 43 – 38 %, což potvrzují studie (La Fortune, 1991, Mc Lean, 1994, Jarver, 1997, Salo and Grimshaw, 1997, Kampmiller a kol., 1999, in Vanderka, Novovosád, 2009), kde prezentují jako optimální poměr odrazu ku dokroku 60 % ku 40 %. Například Coh (2003), který zkoumal přeběh Collina Jacksona, zjistil, že celková délka překážkového kroku, tj. od odrazu, přes přechod až k došlapu za překážkou a počátku následujícího běžeckého kroku byla u Jacksona 3,67 metrů. Vzdálenost místa odrazu od překážky 2,09 metrů, což představuje 56,9% z celkové délky tohoto kroku a délka došlapu za překážkou byla 1,58 metru, což představuje 43,1% z celkové délky kroku. Je tedy zcela jasné, že určitý „všeobecný“ základ zůstává stále stejný, ale použitím nejmodernější techniky, lidé znalý v tomto oboru nalézají nové a nové podněty, jak změnit techniku tak, aby se zvýšil výkon v těchto krátkých sprintech jak hladkých tak s překážkami.

V závěru jsem pak zkoumala to nejdůležitější tedy kineziologii hladkých a překážkových běhů, kde jsem získala mnoho zdrojů, ať už z publikací nebo článků. Jak jsem však již zmínila bohužel mnohem více informací je k dostání o kineziologii a zkoumání svalového zapojení u hladkého sprintu, o překážkách se příliš autorů nezmiňuje. Přesto dle získaných poznatků můžeme konstatovat, že autoři ve svých studiích a analýzách velmi podobně popisují tento pohyb, avšak každý má mírně odlišný postup zaměřující se a upřednostňující jiné aspekty. Proto v práci zmiňuji analýzy zvláště podle každého autora či skupiny autorů, jak oni konkrétně buď hladký či překážkový běh charakterizují a hodnotí.

V hladkém běhu, kde jsem mohla prostudovat velké množství zdrojů, jsou velké shody vlastně u všech autorů, rozdíl je v tom, že například Pařík, Hojka a Kračmar (2011) prezentují nejdůležitější zapojující se svaly ve sprintu a každý sval a hlavně jeho aktivaci pak popisují dle křivky z vlastního EMG záznamu. Naopak Tidow a Wieman (1995) se primárně zaměřují na práci flexorů a extenzorů dolních končetin a skrze ně, pak hodnotí sprint rovněž z vlastního EMG záznamu. Hamilton, Weimar a Lutgens (2012) se shodují s Vélem (2006), když se zabývají dvěma celky: letovou a oporovou fází. Postupují však od pohybu v kloubu, přes zapojený sval až k typu jeho kontrakce. Všichni se ovšem shodují na tom, že nejdůležitějšími svaly zapojujícími se při sprintu jsou m. gluteus maximus, m. quadriceps femoris, nebo tzv. hamstringy.

V překážkovém běhu jsem použila analýzy od dvou autorů, Scotta (1963) a Tittela (2003), jež se v podstatě ve svém studiu téměř shodují a oba potvrzují, že pro

pohyb dolních končetin při přeběhu překážky hraje největší roli m. iliopsoas na přední švihové noze, který napomáhá zdvihu nohy nad překážku a taktéž pomáhá m. rectus abdominis k posunutí trupu vpřed, a m. gluteus maximus, který naopak zabezpečuje, že zadní odrazová noha je v okamžiku odrazu v extenzi. Oba pak zdůrazňují významnou roli především břišních svalů pro posunutí a udržení náklonu trupu vpřed, jež dopomáhá správnému přeběhu, a rovněž přisuzují značnou roli svalům horních končetin, jejichž „kyvadlovou“ prací udržují rovnováhu těla a zabraňují nežádoucím rotacím. Jedinou odlišností je, že Tittel (2003) se nejdříve věnuje značně obecnému principu fungování flexorů a extenzorů, adduktorů a abduktorů a vlastně tvrdí že jejich činnost je v podstatě ve všech disciplínách rychlostně – silových, kde jde o rychlý výbušný odraz, obdobná.

V této práci jsem tedy zjistila, že autoři kineziologii rozdělují značně rozdílným způsobem, někteří se tak více někteří méně věnují i kineziologii sportovních pohybových aktivit. Při hladkých a překážkových sprintech se nezapojují pouze a jediné segmenty pánve a dolních končetin a tedy i svaly zde aktivní, ale značnou roli mají rovněž svaly trupu, především svaly břišní, které jsou funkčně propojeny se svaly kyčelního kloubu. Pomocnou funkci při sprintech plní i svaly horních končetin, jež udržují rovnováhu těla, zabraňují nežádoucím rotacím a v překážkovém běhu mají také značný vliv při přechodu překážky. Co se týče techniky obou sprintů, jsou vidět především u hladkého běhu rozdílnosti dané vývojem techniky a metod používaných pro stále podrobnější analýzy a tudíž získání nových a lepších technických prvků sprintu. Naopak u překážkového běhu se neustále používá technika, která je známá již řadu let a je neustále potvrzována i novými výzkumy, poukazuje tedy na její velmi kvalitní zpracování v letech minulých. V této práci jsem zjistila, že o kineziologii hladkého běhu je ve světě mnoho známo a autoři velmi podrobně o zapojení svalů píší, včetně výzkumů uskutečněných pomocí záznamů EMG, které ke svým pracím přikládají. Naopak o překážkových sprintech se do současné doby téměř nikdo nezmiňuje, jsou to pouze analýzy Scotta (1963) a Tittela (2003), které však ani nedokládají například záznamy z EMG pouze anatomickými obrázky. Po sepsání této práce se přesto domnívám, že by stálo za pozornost se více do hloubky kineziologií překážkového běhu zabývat a provést analýzu přes EMG.

7 Závěr

V této bakalářské práci jsem vytvořila jakýsi teoretický náhled na kineziologické hodnocení hladkého a překážkového běhu v atletice. Pouze teoretický, prozatím bez využití výzkumu přes EMG, jelikož jsem chtěla zjistit současný stav tohoto bádání, tedy jak moc je v této problematice známo, kolik autorů a v jakém rozsahu se kineziologií hladkého a překážkového sprintu zabývalo a zdali by mohla právě metoda kineziologické analýzy v budoucnu znamenat zlepšení výkonů dosažených na těchto sprinterských tratích. Jak co se týče možného zdokonalení techniky, tak zlepšení tréninkových prostředků, či rovněž zdali by znamenala lepší pochopení těchto sprinterských tratí. Tuto problematiku jsem řešila pomocí literární rešerše vybraných odborných pojmů a kategorií. Zaměřila jsem se tedy zpočátku na základní obecné pojmy, abych následně zvládla pochopit konkrétní pohledy na kineziologické hodnocení hladkého a překážkového běhu v atletice. Výsledky, jež byly formulovány již během vzniku této práce, mě velmi překvapily, ať už pozitivně tak negativně. Obecný vhlad do problematiky kineziologie byl pro mě velkou novinkou a musím říct, že velmi zajímavou, což mě utvrdilo v tom, že je to pro mě obor, o kterém bych se v budoucnu chtěla více zajímat. K mému překvapení i další poznatky týkající se popisu techniky sprinterských tratí, hladkých i s překážkami pro mě byly v mnohém nové a poučné, jelikož jsem narazila na mnoho nových názorů na jednotlivé provedení těchto běhů, podložených konkrétními studii. Při studiu kineziologických hodnocení či analýz zapojení svalů v hladkém i překážkovém sprinterském běhu jsem však byla postavena před zajímavou situací, zatímco problematikou zapojení svalů při sprintu se zabývalo hned několik publikací a především autorů vědeckých článků, ve kterých jsem našla studie nebo výzkumy charakterizující jak se tělo při sprintu chová a jaké svaly se v daném pohybu zapojují, tak problematiku překážkových běhů až do současnosti příliš autorů skrze své obsáhlé studie či výzkumy neřešilo. V závěru práce jsem díky studiím sprintu pochopila možné důvody, proč se nikdo ještě pořádně nezabýval záznamem EMG nad překážkami. Jedním z nich je právě jeho nedostatečná použitelnost na hlubší svaly a také problém s tím, že přeběh je až příliš náročný na to, aby v jediném momentu došlo ke kvalitnímu zaznamenání aktivujících se svalů v tak krátké chvíli trvajících přeběhu. Přesto se domnívám, že by stálo za pozornost důkladně prostudovat a provést samotné kineziologické hodnocení jak hladkého, tak právě i překážkového sprintu. I přes všechny tyto skutečnosti jsem se v závěru této práce, vzhledem ke svému zájmu

v této problematice, pokusila vytvořit nástin kineziologického hodnocení pohybu překážkáře ze záměrně vybraného kinogramu bez použití EMG.

8 Přehled použité literatury

1. ACKLAND, T. R., ELLIOTT, B., BLOOMFIELD, J. *Applied anatomy and biomechanics in sport*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2009. 366 s. ISBN 9780736063388.
2. ANDERSON, O. *Running science*. Ilustrované vydání. Champaign, IL: Human Kinetics, 2013. 596 pages. ISBN 07-360-7418-X.
3. ARNOLD, M. *Hurdling*. Birmingham: British Athletic Federation, 1992. 71 s. ISBN 0851341071.
4. BORZOV, V. *Optimalnaja startovnaja poza*. In MILLEROVÁ, V., aj. *Běhy na krátké tratě: trénink disciplín*. 1. vyd. Praha: Olympia, 2002. 57 s. ISBN 807033570x.
5. BOSCH, F., KLOMP, R.,. *Running: biomechanics and exercise physiology applied in practice*. Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone, 2005. 413 s. ISBN 0443074410.
6. ČIHÁK, R. *Anatomie I*. Praha: Grada Publishing, 2001. ISBN 80-7169-970-5.
7. DAPENA, J. *Hurdle clearance technique*. In VANDERKA, M., NOVOSÁD, A. *Biomechanická analýza překážkového behu u vybraných překážkarov*. In *Atletika 2009*. Banská Bystrica, 2009. 14 s.
8. DICK, F. *Sprints and relays*. In VONSTEIN, W. *Some reflections on maximum speed sprinting technique*. *New Studies in Athletics*, 1996. 12(2-3), 162 s.
9. DOSKOČIL, M. *Systematická, topografická a klinická anatomie: pohybový aparát končetina*. 1 vyd. Praha: Univerzita Karlova – Vydavatelství Karolinum, 1995. 179 s. ISBN 8071841102.
10. DOSTÁL, E. *Sprinty*. 1.vyd. Praha : Olympia, 1985. 155 s. ISBN 27-035-85.
11. DOSTÁL, E., VELEBIL, V. *Didaktika školní atletiky*. Praha: Univerzita Karlova, 1992. 260 s. ISBN 8070662573.
12. DOVALIL, J. *Výkon a trénink ve sportu*. 3. vyd. Praha: Olympia, 2009. 331 s. ISBN 978-80-7376-130-1.
13. DYLEVSKÝ, I. *Kineziologie: základy strukturální kineziologie*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2009. 235 s. ISBN 9788073873240.
14. DYLEVSKÝ, I. *Speciální kineziologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. 180 s. ISBN 9788024716480.

15. DYLEVSKÝ, I. *Obecná kineziologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007. 190 s. ISBN 9788024716497.
16. DYLEVSKÝ, I. *Funkční anatomie pohybového systému: obecná anatomie*. [1. vyd.]. Praha: Karolinum, 1996. 170 str. ISBN 8071842230.
17. DYLEVSKÝ, I. *Základy funkční anatomie člověka*. 1. vyd. Praha: Manus, 2007. 194 s. ISBN 978-80-86571-10-2.
18. GRIM, M., DRUGA, R. *Základy anatomie*. 1. vyd. Praha: Galén, 2001. 159 s. ISBN 80-726-2111-4.
19. GRIMSHAW, P. *Biomechanical Analysis of Sprint Hurdles*. In MILLEROVÁ, V., aj. *Běhy na krátké tratě: trénink disciplín*. 1. vyd. Praha: Olympia, 2002, 58 s. ISBN 807033570x.
20. HAMILTON, N.P., WEIMAR, W., LUTTGENS, K. *Kinesiology: Scientific Basis of Human Motion*. 12, ilustrované vydání. McGraw-Hill, 2012. str. 464-489, ISBN 97800710864.
21. HANZLOVÁ, J., HEMZA, J. *Základy anatomie pohybového ústrojí*. 1. vyd. Brno: Masarykova Univerzita, 2004. 94 s.
22. HESS, W., D. *Leichtathletik: Sprint, Lauf, Gehen*. Berlin, Sportverlag 1991. 138 s. ISBN 3-328-00455-6.
23. HLÍNA, J., MORAVEC, P. *Analýza běhu na 100 metrů: mistrovství světa – Řím*. In MILLEROVÁ, V., aj. *Běhy na krátké tratě: trénink disciplín*. 1. vyd. Praha: Olympia, 2002. 11 s. ISBN 807033570x.
24. HLÍNA, J., MORAVEC, P. *Analýza běhu na 100 metrů: olympijské hry - Soul 1988*. In MILLEROVÁ, V., aj. *Běhy na krátké tratě: trénink disciplín*. 1. vyd. Praha: Olympia, 2002. 11 s. ISBN 807033570x.
25. HOLDWAY, Ann. *Kineziologie: testováním svalů a vyrovnáváním energie ke zdraví a dobré pohodě*. Praha: Pragma, 1999. 147 s. ISBN 8072056719.
26. HOLIBKOVÁ, A., LAICHMAN, S. *Přehled anatomie člověka*. [1. vyd.]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 1994. 140 s. ISBN 80-7067-389-3.
27. HOFFMAN, S. J. *Introduction to kinesiology: studying physical activity*. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2009. 550 s. ISBN 9780736076135.
28. HOFFMAN, S. J. *Introduction to kinesiology: studying physical activity*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2005. 597 s. ISBN 9780736055895.
29. JANURA, M., ZAHÁLKA, F. *Kinematická analýza pohybu člověka*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2004. 209 s. ISBN 8024409305.

30. JARVER, J. *The hurdles – Contemporary theory, technique and training*. In VANDERKA, M., NOVOSÁD, A. *Biomechanická analýza překážkového behu u vybraných překážkarov*. In *Atletika 2009*. Banská Bystrica, 2009. 11 s.
31. JEBAVÝ, R., HOJKA, V., KAPLAN, A. *Rozcvičení ve sportu*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. 215 s. ISBN 978-80-247-4525-1.
32. JOCH, W. (Hrsg.). *Rahmentrainingsplan für das Aufbautraining – Sprint*. In VONSTEIN, W. *Some reflections on maximum speed sprinting technique*. *New Studies in Athletics*. 1996, 12(2-3). 161-165 s.
33. KAMPMILLER, T. a kol. *Comparative biomechanical analysis of 110 m hurdles of Igor Kovač and Peter Nedelicky*. In VANDERKA, M., NOVOSÁD, A. *Biomechanická analýza překážkového behu u vybraných překážkarov*. In *Atletika 2009*. Banská Bystrica, 2009. 11 a 14 s.
34. KNĚNICKÝ, K. *Technika lehkootletických disciplín*. 3. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1977. 276 s.
35. KOUSAL, P. *Analýza soutěžních výkonů reprezentantek ČR v běhu na 100 m překážek*. In MILLEROVÁ, V., aj. *Běhy na krátké tratě: trénink disciplín*. 1. vyd. Praha: Olympia, 2002. 61 s. ISBN 807033570x.
36. LA FORTUNE, M.A. *Biomechanical analysis of 110 m hurdles*. In VANDERKA, M., NOVOSÁD, A. *Biomechanická analýza překážkového behu u vybraných překážkarov*. In *Atletika 2009*. Banská Bystrica: 2009. 11.
37. LÁNIK, V. *Kineziologie*. [1. vyd.]. Martin: Osveta, 1990. 242 s. ISBN 8021701366.
38. LÁNIK, V. a kol. *Léčebná tělesná výchova II*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1987. 410 s.
39. LUŽA, J., LANGER, F. *Technika atletických disciplín*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 199. 78 s. ISBN 80-210-1127-0.
40. MANN, R. A biomechanical analysis of sprinting. In BOSCH, F., KLOMP, R., *Running: biomechanics and exercise physiology applied in practice*. Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone, 2005. 127 s. ISBN 0443074410.
41. MARTIN, D. E., COE, P. N. *Better training for Distance Runners*. 2nd edition. Human Kinetics Publishers, Inc., 1997. 434 s. ISBN 0-88011-530-0.
42. Mc CLAY, I.S. et al. Muscle activity in running. In BOSCH, F., KLOMP, R., *Running: biomechanics and exercise physiology applied in practice*. Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone, 2005. 127s. ISBN 0443074410.

43. Mc FARLANE B. *Hurdles: a basic and advanced technical model*. In VANDERKA, M., NOVOSÁD, A. *Biomechanická analýza překážkového behu u vybraných překážkarov*. In *Atletika 2009*. Banská Bystrica, 2009. 14 s.
44. McLEAN, B *The biomechanics of hurdling: Force plate analysis to assess hurdling technique*. In VANDERKA, M., NOVOSÁD, A. *Biomechanická analýza překážkového behu u vybraných překážkarov*. In *Atletika 2009*. Banská Bystrica, 2009. 11 s.
45. MERO, A., LUTHANEN, P. *Biomechanische Untersuchung des Hürdenlaufs während der Wermeisterschaften in Helsinki*. In MILLEROVÁ, V., aj. *Běhy na krátké tratě: trénink disciplín*. 1. vyd. Praha Olympia, 2002. 61 s. ISBN 807033570x.
46. MERKUNOVÁ, A., OREL, M. *Anatomie a fyziologie člověka: pro humanitní obory*. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing, 2008. 302 s. ISBN 978-80-247-1521-6.
47. MILLEROVÁ, V., aj. *Běhy na krátké tratě: trénink disciplín*. 1. vyd. Praha: Olympia, 2002. 283 s. ISBN 807033570x.
48. NEUMANN, D. A. *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation*. 2nd ed. St. Louis, Mo.: Mosby/Elsevier, 2010. 3 -27 s. ISBN 978-0-323-03989-5.
49. NOVACHECK, T. F. *Walking, running and sprinting. A three dimensional analysis of kinematics and kinetics*. In BOSCH, F., KLOMP, R., *Running: biomechanics and exercise physiology applied in practice*. Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone, 2005. 126 s. ISBN 0443074410.
50. PÁČ, L., HORÁČKOVÁ, L. *Anatomie pohybového systému člověka* 1. vyd. — Brno Masarykova univerzita, 2009. 146 s. ISBN 978-80-210-4953-6.
51. PERIČ, T., DOVALIL, J. *Sportovní trénink*. 1. Vyd. Praha Grada, 2010. 157 s. ISBN 978-80-247-2118-7.
52. RAZUMOVSKIJ, J. *Faktory progressa: sorevnovatel`naja dejatel`nost` - modeli, charakteristiki, orientiry*. In MILLEROVÁ, V., aj. *Běhy na krátké tratě: trénink disciplín*. 1. vyd. Praha: Olympia, 2002. 61 - 62, s. ISBN 807033570x.
53. ROSINA, J., VRÁNOVÁ, J., KOLÁŘOVÁ, H., STANEK, J. *Biofyzika: pro zdravotnické a biomedicínské obory*. Vyd. 1. Editor Jozef Rosina. Praha: Grada, 2013. 224 s. ISBN 978-802-4742-373.
54. RIGUTTI, A. *Ilustrovaný atlas anatomie*. přeložili ze španělštiny: Kaslová Z., Petrošová K. 1. vyd., Praha: Sun, 2006. 239 s. ISBN 80-737-1142-7.

55. SALO, A., GIMSHAW P. 3 – *D biomechanical analysis of sprint hurdles at different competitive level*. In VANDERKA, M., NOVOSÁD, A. *Biomechanická analýza překážkového behu u vybraných překážkarov*. In Atletika 2009. Banská Bystrica 2009, 11 a 14 s.
56. SCHLUTER, W. Kinematische Merkmale der 110-m Hurdentechnik. In VANDERKA, M., NOVOSÁD, A. *Biomechanická analýza překážkového behu u vybraných překážkarov*. In Atletika 2009. Banská Bystrica 2009, 14 s.
57. SCOTT, M. *Analysis of human motion: a textbook in kinesiology*. 2nd. ed. New York: Appleton, 1963. 443 s.
58. TIDOW, G., WIEMANN, K. *The optimization of sprinting – aspects of movement analysis*. In VONSTEIN, W. *Some reflections on maximum speed sprinting technique*. New Studies in Athletics, 1996. 12(2-3). 162 s.
59. TITTEL, K. *Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen*. 14., völlig überarb. und erw. Aufl. München [u.a.]: Urban, 2003. ISBN 978-343-7461-514.
60. TOŠNAR, M., ŠŤASTNÝ, O. *Překážkové běhy*. In MILLEROVÁ, V., aj. *Běhy na krátké tratě: trénink disciplín*. 1. vyd. Praha: Olympia 2002, 283 s. ISBN 807033570x.
61. TROJAN, S. a kol. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*. 2. vyd. Praha: Grada, 2001. 228 s. ISBN 80-2470-031-X.
62. TROJAN, S. *Lékařská fyziologie*. Vyd. 4., přepracované a doplněné. Praha: Grada, 2003. 771 s. ISBN 80-247-0512-5.
63. TVRZNÍK, A., SOUMAR, L. *Běhání*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-3934-2.
64. TVRZNÍK, A., SOUMAR, L., SOULEK, I. *Běhání*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 80-247-0715-2.
65. VACÁTKOVÁ, K. a kol. *Trenér atletiky*. Praha: Metodické oddělení ČÚV ČSTV, 1990. 55 s.
66. VACULA, J., DOSTÁL, E., VOMÁČKA, V. *Abeceda atletického tréninku*. Praha: Olympia, 1983.
67. VACULA, J. a kol. *Trénink atletických disciplín*. 3. změněné vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1983. 404 s.
68. VAŘEKA, I., VAŘEKOVÁ, R. *Kineziologie nohy*. 1. vyd. Olomouc : Univerzita Palackého, 2009. 124 s. ISBN 978-80-244-2432-3.
69. VÉLE, F. *Kineziologie posturálního systému*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1995.

85 s. ISBN 8071842974.

70. VÉLE, F. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2., rozšíř. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2006. 375 s. ISBN 8072548379.
71. WESSINGHAGE, T. *Laufen*. 4. Auflage. München: BVL, 1999. 182 s. ISBN 3-405-14764-6.

Online zdroje

1. BERNACIKOVÁ, M., KALICHOVÁ, M., BERÁNKOVÁ, L. *Základy sportovní kineziologie*, [online]. [cit. 2014-08-07]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/index.html>
2. BOLLSCHWEILER, L. R., *A biomechanical analysis of male and female intermediate hurdlers and steeplechasers*. Brigham Young University. Department of Exercise Sciences, 2008. 68 s. [online]. [cit. 2014-07-28]. Dostupné z: <http://cdm15999.contentdm.oclc.org/cdm/ref/collection/ETD/id/1237>
3. COH, M. *Biomechanical analysis of Colin Jackson's hurdle clearance technique*. *New studies in athletics* 18.1 (2003). 37 – 45 s. [online]. [cit. 2014-07-30]. Dostupné z: http://www.richwoodstrack.com/rhs_team_area/hurdles/tech_Biomechanical%20Colin%20Jackson%20Form.pdf
4. ČOH, M., ISKRA, J.: *Biomechanical studies of 110 m hurdle clearance technique*, *Sport Science* 5 (2012) 1: 10 - 14 s. [online]. [cit. 2014-08-07]. Dostupné z: <http://www.sposci.com/sposci.com/PDFS/BR0501/SVEE/04%20CL%2002%20MC.pdf>
5. PRUKNER, V., MACHOVÁ, I. *Didaktika školní atletiky*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. 111 s. ISBN 978-80-244-2757-7. [online]. [cit. 2014-08-3]. Dostupné z: http://iks.upol.cz/wp-content/uploads/2014/04/Didaktika_atletiky-Prukner.pdf
6. TIDOW, G., WIEMANN, K. *Relative activity of hip and knee extensors in sprinting - implications for training*. In *New studies in Athletics*, Vol. 11, No.1, 1995. [online]. [cit. 2014-08-11]. Dostupné z:

http://194.213.2.7/wps/PA_1_0_CI/IDMCombineViewerServlet

7. VANDERKA, M., NOVOSÁD, A. *Biomechanická analýza prekážkového behu u vybraných prekážkarov*. In *Atletika 2009*. Banská Bystrica: 2009. 10 s. [online]. [cit. 2014-07-28]. Dostupné z: http://elearning.ktvs.pf.ukf.sk/publikacie/Zbornik_Atletika_2009.pdf
8. VONSTEIN, W. *Some reflections on maximum speed sprinting technique*. *New Studies in Athletics*. 1996. 12(2-3), 161-165 s. [online]. [cit. 2014-08-13]. Dostupné z: http://194.213.2.7/wps/PA_1_0_CI/IDMCombineViewerServlet
9. Základní anatomické termíny a názvy, RNDr. Vladimír Blažek, Csc., [online]. [cit. 2014-08-07]. Dostupné z: <http://www.ksa.zcu.cz/podklady/bia1/Anat-nazvy-www+.pdf>

9 Přehled obrázků

Obrázek 1	17
Obrázek 2	26
Obrázek 3	26
Obrázek 4	27
Obrázek 5	50
Obrázek 6	51
Obrázek 7	61
Obrázek 8	62
Obrázek 9	67
Obrázek 10	73
Obrázek 11	75

10 Přehled tabulek

Tabulka 1.....	19
Tabulka 2.....	24
Tabulka 3.....	69
Tabulka 4.....	70
Tabulka 5.....	74