

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Katedra fyzioterapie

VLIV TRÉNINKOVÉHO PROGRAMU NA SVALOVOU AKTIVITU SVALŮ
DOLNÍCH KONČETIN V SOUVISLOSTI S RIZIKOVÝMI FAKTORY ZRANĚNÍ
HAMSTRINGŮ U HRÁČŮ FOTBALU

Autoreferát k disertační práci

Vedoucí disertační práce:

Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc.

Vypracovala:

Mgr. Iva Hnátová

Odborný konzultant:

PhDr. Aleš Kaplan, PhD.

Listopad 2012

Abstrakt

Název práce:

Vliv tréninkového programu na svalovou aktivitu svalů dolních končetin v souvislosti s rizikovými faktory zranění hamstringů u hráčů fotbalu.

Vymezení problému:

Zranění hamstringů je pro sportovce závažné zranění a vyžaduje dlouhodobou léčbu a bohužel i velmi často recidivuje. Následkem tohoto zranění dochází k dlouhodobému výpadku ze sportovní přípravy, proto je nutná jeho prevence.

Mechanismus a příčina vzniku tohoto zranění je stále nejistá a neustále se o ní diskutuje, ale obecně se hovoří o komplikované multifaktoriální etiologii.

Dle našeho názoru je pro sportovce nejvhodnější vytvoření programu, který je postaven na základě spolupráce fyzioterapeuta a trenéra. Cílem takového tréninku je primární prevence zranění, případně opětovné začlenění zraněného sportovce do tréninkového procesu a prevence recidivy zranění. Na základě této spolupráce by měl být trénink přizpůsoben tréninkovým, terapeutickým a léčebným potřebám. Základní komponentou celého tréninkového, případně terapeutického plánu, by měl být strečink, posilovací a stabilizační cvičení. Tento trénink by měl být specifický pro ovlivnění případných rizikových faktorů zranění. Pro ovlivnění některých rizikových faktorů doporučují někteří autoři, například Best a Garret (1996), Carruthers, Sancturay (2006), Kolt, Snyder-Mackler (2003), Tornese et al. (2000) cvičení typu „squat“ a jeho modifikace, „step-up“, „step-up“ laterálně, „step-down“, „cross-lift“, „leg-press“, „leg curls“, „benchpress“, „neckpress“, „dead lift“, posilování abduktorů kyčle a obecná posilovací cvičení, „pawback exercise“, „prone reverse hypers“ a „glute-ham-gastroc raises“. Brukner, Khan (2007) často doporučují využívání tzv. „Nordic eccentric exercise“.

My jsme pro tréninkový program vybrali strečink, squat a jeho dvě modifikace.

V rámci experimentu hodnotíme vliv sestaveného programu na zapojování svalů po sedmi týdnech pravidelného provádění.

Cíle práce: Hlavním cílem této práce je vytvořit tréninkový program zaměřený na prevenci zranění hamstringů a následně ohodnotit krátkodobý efekt tohoto programu na timing zapojování m. gluteus maximus, m. biceps femoris caput longum, m. semitendinosus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae, m. rectus femoris při vyběhnutí z polovysokého startu. Dále ohodnotit vliv programu na koaktivaci těchto svalů. Dílčími cíli je sestavení dotazníku vztahujícího se na monitorování četnosti zranění hamstringů u hráčů fotbalu.

Metoda: Na základě literární rešerše je sestaven tréninkový program zaměřený na prevenci zranění hamstringů. Tento program se podle rešerše zahraniční literatury jeví jako účinný. Vliv programu v praxi ověřujeme pomocí povrchového EMG. Pomocí povrchového EMG je hodnocen timing zapojení svalů m. gluteus maximus, m. biceps femoris caput longum, m. semitendinosus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae, m. rectus femoris při vyběhnutí z polovysokého startu, zejména podle stanovených funkčních skupin. Funkčními skupinami jsou skupina svalů stabilizujících pánev, extensorů kyčle a flexorů kyčle. Experimentální skupiny tvoří hráči fotbalu České fotbalové ligy a Divize. Probandi jsou rozděleni do dvou skupin. U skupiny I (n=6) je hodnocen timing zapojení svalů, koaktivační poměr svalů a kokontrakční index. U skupiny II (n=3) je hodnocen timing zapojení svalů a koaktivační poměr. Předintervenčního měření se zúčastnilo třináct hráčů. V průběhu experimentu, sedm týdnů, se dva hráči zranili a dva hráči onemocněli. Z tohoto důvodu je celkový počet hráčů zúčastněných v experimentu devět.

Výsledky: Na základě literární rešerše se jako účinná prevence zranění hamstringů jeví program složený ze zahřátí, strečinku a speciálního cvičení. My jsme pro toto zvolili rozběhání, statický strečink a tři varianty cviku squat. Na základě EMG měření je patrná značná individuální variabilita zapojování jednotlivých svalů při pohybovém stereotypu vyběhnutí z polovysokého startu. Efekt námi sestaveného programu je také individuální, ale je možné pozorovat některé podobné tendence jako je tomu u probandů 1 a 8, probandů 2 a 5, probandů 3 a 4 a probandů 6 a 7. Proband 9 nevykazuje významnější společné rysy s ostatními probandy. Pro statistické vyhodnocení efektu našeho programu je využito neparametrických t-testů. Změny koaktivace jsou hodnoceny na hladině významnosti $p < 0.05$. Statisticky významné zvýšení koaktivačního poměru je možné sledovat v případě koaktivace mezi m. gluteus maximus a m. biceps femoris

(GM/BF). Statisticky významné snížení pozorujeme u m. adductor magnus a m. biceps femoris (ADD/BF) a m. semitendinosus a m. biceps femoris (ST/BF). Na hladině významnosti $p < 0.05$ došlo také k významnému snížení koaktivačního poměru m. adductor magnus a m. gluteus maximus (ADD/GM), m. tensor fasciae latae a m. gluteus maximus (TFL/GM), m. semitendinosus a m. gluteus maximus (ST/GM), m. rectus femoris a m. gluteus maximus (RF/GM) a skupiny hamstringů a m. gluteus maximus (HAM/GM). Snížení koaktivačního poměru m. biceps femoris a m. gluteus maximus (BF/GM) není na hladině významnosti $p < 0.05$ signifikantní. Námí stanovený Hamstring index, poměr m. biceps femoris a m. semitendinosus (BF/ST), je po intervenci signifikantně vyšší. Významné zvýšení koaktivačního poměru také pozorujeme u skupiny hamstringů a m. gluteus maximus (GM/HAM). Výsledky je možné označit za významné vzhledem ke skupině lidí, u které bylo šetření provedeno. Výsledky námí provedeného dotazníkového šetření v letech 2010-2012 poukazují na incidenci zranění hamstringů u fotbalistů 33,33 % z celkového počtu ($n=75$) hráčů napříč třemi výkonnostními úrovněmi.

Klíčová slova: Hamstringy, zranění, svalové poranění, prevence zranění, fotbal

Summary

Titel:

The influence of the training program on muscle activity of lower limb muscles in relation to the risk factors of hamstring injury at soccer players.

Objective:

Hamstring strain is a serious injury and requires long-term treatment. Hamstring strain has a high risk of recurrence. As a result of this injury is long-term lost of competition and training. Prevention is necessary because of this.

The mechanism and etiology of this type of injury is still uncertain and still under discussion. Multifactorial etiology is commonly discussed.

In our opinion, the best solution is the training program, which is made on the basis of cooperation the physiotherapists and coaches. The goal of this training program should be primary prevention of injury or reintegration of injured athlete in the training program or the prevention of recurrence of injury. As the result of this cooperation should be training program with all aspects of training, therapy and treatment. The basic of such training program should be muscle strengthening, core training and stretching. This training should be specific to the elimination of risk factors of injury. Recommendation by some authors, for example Best a Garret (1996), Carruthers, Sancturay (2006), Kolt, Snyder-Mackler (2003), Tornese et al. (2000) is squat and its modifications, step-up, step-up lateraly, step-down, cross-lift, leg-press, leg curls, benchpress, neckpress, dead lift, hip abduktor strengthening, general strengthening exercises, pawback exercise, prone reverse hypers and glute-ham-gastroc raises. Brukner, Khan (2007) usually recommend the Nordic eccentric exercise. We have chosen for our training program stretching, squat and its two modification.

In our study we evaluate the influence of such program on muscle timing after seven weeks of regular application.

Aim: The main aim of this study is make a hamstring injury prevention training program and evaluate the short-time effect of this program on timing of m. gluteus

maximus, m. biceps femoris caput longum, m. semitendinosus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae, m. rectus femoris in running. Also to evaluate the effect of our program on muscle coactivation. Next aim is to make a questionnaire about the incidence of hamstring injury in Czech football players.

Methods: Literary review is the basic of our training program focusing on hamstring injury prevention. This program is according to the review effective. For the evaluation of this program we use the surface EMG. We have observed the timing of muscles: m. gluteus maximus, m. biceps femoris caput longum, m. semitendinosus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae, m. rectus femoris, mainly according to functional muscle groups at the soccer players in running starting position. Functional muscle groups are muscles stabilizing the pelvis, hip extensors and flexors. The experimental group is made by Czech soccer players at the level Czech soccer league and Division. The participants are separated into two groups. In group I (n=6) we evaluate the timing of muscles, coactivation rate and cocontraction index. In group II (n=3) we evaluate the timing of muscles and coactivation rate. In preintervention measurement took part thirteen players, but during seven weeks of intervention, two of them have injured and two have got ill. Because of this is the total number of participants nine.

Results: On the literary review it seems that an effective prevention of hamstring injury is program composed of warm-up, stretching and special exercise. Because of this we have chosen low intensity running, static stretching and three modifies of squat. According to EMG we can see individual variability of muscle timing during semihalf starting position in running. Effect of our program is also very individual, but we can see some similarities like in probands 1 and 8, probands 2 and 5, probands 3 and 4, probands 6 and 7. Proband 9 has no significant similarities with the others. For statistical assessment are used nonparametric t-tests. The changes in coactivation are evaluated on the significance level level $p < 0.05$. Statistically significant increasing of coactivation rate is in case of m. gluteus maximus and m. biceps femoris (GM/BF). Statistically significant decreasing we can see in m. adductor magnus and m. biceps femoris (ADD/BF), m. semitendinosus and m. biceps femoris (ST/BF), also m. adductor magnus and m. gluteus maximus (ADD/GM), m. tensor fasciae latae and m. gluteus maximus (TFL/GM), m. semitendinosus and m. gluteus maximus (ST/GM), m. rectus femoris and m. gluteus maximus (RF/GM), hamstring group and m. gluteus maximus

(HAM/GM). Decreasing of coactivation rate of m. biceps femoris and m. gluteus maximus (BF/GM) is not significant on the significance level level $p < 0.05$. We have established Hamstring index. Hamstring index is rate of m. biceps femoris and m. semitendinosus (BF/ST). Hamstring index is after seven weeks of intervention significantly higher. Significantly higher coactivation index we can see also in case of hamstring group and m. gluteus maximus (GM/HAM). The results are significant due to the group of soccer players who were participated in the study. The results of our questionnaire conducted in years 2010-2012 show the 33,33% incidence of hamstring injury at soccer players of the total amount (n=75) players across three performance levels.

Key words: Hamstrings, injury, muscle injury, injury prevention, soccer

1. Úvod

Disertační práce se zabývá problematikou zranění hamstringů u hráčů fotbalu. Jedná se o jedno z nejčastějších zranění dolních končetin u sportů vyžadujících akceleraci a provedení pohybu maximální rychlostí či maximální silou, případně kombinací těchto aktivit, což je pro fotbal typické

Hlavním problémem tohoto zranění je jeho vysoká incidence, ale také vysoké riziko recidivy zranění v případě nedostatečné léčby či předčasného návratu k plné tréninkové zátěži. Vzhledem k vážnosti zranění a jeho komplikací by prevence nebo následná léčba neměly být podceňovány. Zranění hamstringů je spojeno s rizikem vyřazení sportovce na dlouhou dobu z tréninkového procesu, ale existuje i riziko ukončení sportovní kariéry z důvodu přidružených komplikací spojených se zraněním.

Příčiny a mechanismus vzniku zranění, včetně rizikových faktorů, jsou stále diskutovány. Existuje celá řada potenciálních rizikových faktorů a názorů na etiopatogenezi tohoto zranění. Jednotlivé rizikové faktory a vybrané názory vzniku zranění hamstringů jsou základem pro vytvoření preventivního tréninkového programu. Obecně lze shrnout, že neexistuje jednotný pohled na problematiku zranění hamstringů. To je i důvod absence jednotného preventivního programu, který by měl sportovce před vznikem tohoto zranění „chránit“. Hlavním cílem je primární prevence zranění. Při sestavení tohoto programu jsou brány ohledy na doposud získané poznatky o tomto zranění. Otázka, zda by program mohl být vhodný pro návrat zraněných hráčů k tréninkové činnosti je pouze téma k dalšímu zamyšlení a tato práce se touto otázkou nezabývá. Na základě poznatků získaných ze zahraniční literatury se námi sestavený program jeví jako účinný a jeho účinek na svaly dolních končetin je ověřen v rámci experimentu.

Součástí práce je vzhledem k dané problematice vytvořen náš vlastní dotazník, který má ozřejmit incidenci zranění hamstringů v českých fotbalových klubech.

2. Cíle disertační práce

Hlavním cílem disertační práce je vytvořit preventivní tréninkový program zranění hamstringů u fotbalistů a tento program aplikovat v praxi a ověřit jeho vliv na svalovou aktivitu svalů dolních končetin u vybrané skupiny hráčů fotbalu. Pro ohodnocení krátkodobého efektu tohoto programu je hodnocen timing zapojování a jeho změny u vybraných svalů a vzájemná koaktivace těchto svalů a její změny při základním pohybovém stereotypu polovysokého startu s následným vyběhnutím maximální rychlostí, což je pohyb blízký se charakteristickým pohybům hráče fotbalu při hře. Pro ohodnocení účinku programu jsou vybrány m. gluteus maximus, m. biceps femoris caput longum, m. semitendinosus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae, m. rectus femoris při vyběhnutí z polovysokého startu. Základem pro sestavení tohoto programu jsou dostupné literární zdroje o problematice svalového zranění u sportovců. Cílem programu však není ověřovat jeho preventivní vliv v praxi z dlouhodobého hlediska a sledovat incidenci zranění hamstringů u hráčů zařazených do programu.

Dílčím cílem je sestavení dotazníku vztahujícího se na monitorování četnosti zranění hamstringů u hráčů fotbalu.

3. Vědecké otázky

1. Ovlivní pravidelné provádění sestaveného tréninkového programu u hráčů fotbalu timing zapojování hamstringů a dalších svalů dolních končetin, důležitých pro rychlé provedení běžeckého pohybu, čímž by mohlo být sníženo riziko vzniku zranění hamstringů?
2. Je možné předpokládat změnu koaktivace vybraných svalů stehna po zařazení sestaveného tréninkového programu do fotbalového tréninkového cyklu?

4. Stanovení pracovních hypotéz

Vzhledem k vytyčenému cíli disertační práce jsou stanoveny následující pracovní hypotézy. Hypotézy jsou sestaveny na základě podrobného studia literatury zabývající se problematikou zranění hamstringů. Především vycházíme z názorů, které jako možné etiopatogenetické faktory vzniku zranění popisují změnu timingu zapojení svalů a nesprávnou koaktivaci svalů.

- Hp 1 – Lze předpokládat změnu v kokontrakci m. quadriceps femoris a hamstringů po pravidelném provádění strečinku a cvičení v uzavřeném řetězci?
- Hp 2 – Lze předpokládat změny v koaktivaci mezi svaly skupiny hamstringů, hamstringy a m. gluteus maximus a dalších svalů stehna vůči m. gluteus maximus a m. biceps femoris po pravidelném provádění strečinku a cvičení v uzavřeném řetězci?
- Hp 3 – Dojde po pravidelném provádění vytvořeného tréninkového programu ke změně v zapojování (timingu) hamstringů – m. biceps femoris a m. semitendinosus, m. adductor magnus, m. gluteus maximus, m. tensor fasciae latae a m. rectus femoris při provádění specifického pohybu vyběhnutí z polovysokého startu u fotbalistů?

5. Metodika práce

Práce je rozdělena na teoretickou část a část výsledkovou.

5.1 Teoretická část práce

Teoretická část práce je základem pro sestavení tréninkového programu. Teoretická část práce je zpracována formou literární rešerše na základě informací dostupných ze zahraničních informačních zdrojů. Jsou použity pouze „full texty“. Hlavním tématem hledání je primární a sekundární prevence zranění hamstringů. Stanovení intenzity intervence vychází pouze z publikací zaměřených na primární prevenci zranění. Na základě analýzy dat jsou shromážděná data podle obsahu roztříděna do jednotlivých kapitol a subkapitol teoretické části. Na základě takto získaných informací je metodou dedukce vytvořen speciální tréninkový program

zaměřený na prevenci zranění hamstringů. Tento program je podrobně popsán ve výsledkové části, aplikován v rámci experimentu a následně kriticky zhodnocen v závěrečné diskusi.

Kritériem pro vyhledávání literárních zdrojů je jazyk angličtina a český jazyk v časovém období od roku 2000 do současnosti. Data získaná na základě literární rešerše jsou vyhledávána prostřednictvím online databází: MEDLINE, PubMed, PEDro, SPORTDiscus. Dále jsou použita relevantní periodika: British Journal of Sports Medicine, American Journal of Sports Medicine, Medicine and Science in Sports and Exercise, Journal of Athletic Training, MBC Musculoskeletal Disorders, Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, The American College of Sports Medicine, Physical Therapy in Sport, Journal of Science Medicine in Sports, Journal of Strength and Conditioning Research, Isokinetics Exercise Science, Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy. Některá data jsou získána na základě účasti na odborných konferencích v zahraničí a z odborných kurzů zabývajících se sportovní tematikou. Výsledek sběru dat je validní s ohledem na přesnost citace informačních zdrojů.

Vyhledání potřebných odkazů a článků k uvedené problematice je založeno na vyhledávání pomocí klíčových slov v českém jazyce a jejich ekvivalenty v jazyce anglickém.

Klíčová slova pro český jazyk jsou: Hamstringy, ischiokrurální svaly, m. biceps femoris, m. semimembranosus, m. semitendinosus, svaly, zranění, zranění hamstringů, svalové zranění, svalové natržení, svalová ruptura, sportovní zranění, fotbalová zranění, prevence zranění, léčba zranění, terapie sportovních zranění, regenerace, strečink, posilování, svalová síla, svalová protažitelnost, ohebnost, excentrické posilování, squat, fotbalový trénink, rozcvičení, zahřátí, fotbal a jejich varianty a kombinace.

Po zadání klíčových slov se zobrazilo více než 1000 odborných článků, řada z nich se však zabývala i problematikou zranění ACL. Po vyřazení těchto publikací zůstalo 354 odborných článků zabývajících se problematikou prevence zranění hamstringů. Postupným studiem těchto článků, abstraktů, byly postupně selektovány další publikace. Abstrakty byly vyřazeny. Při sestavování programu byly vyřazeny také literární rešerše. Snahou bylo zařadit zdroje publikované v letech 2000-2012, ale v některých případech byly uděleny výjimky. Celkem zbylo 10 publikací.

5.2 Výsledková část práce

Výsledková část práce popisuje dotazníkové šetření, sestavený tréninkový program, zhodnocení a zpracování výsledků dotazníkového šetření, experimentálních měření a popisu subjektivního vnímání programu probandy na základě rozhovoru.

Experiment je realizován na skupině záměrně vybrané fotbalové populace. Výběr probandů pro experiment je založen na metodě dotazování hráčů a trenérů. Dotazování hráčů sleduje jejich zdravotní stav zejména se zaměřením na předchozí zranění dolních končetin, fotbalovou vyhraněnost, v případě zranění hamstringů na postup léčby tohoto zranění a pro obecné ohodnocení problematiky zranění hamstringů v českých podmínkách. Vzhledem k charakteru práce jsou pro výsledkovou část použity pouze výsledky týkající se incidence zranění. Fotbalisti, kteří se věnují i sportům odlišného charakteru než je fotbal, nejsou do experimentu zahrnuti. Informace získané dotazováním trenérů jsou konzultovány s odborníkem na kondiční trénink.

Pro realizaci experimentálního šetření je použit záměrný výběr skupiny sportovců. Z hlediska homogenity se jedná o skupinu mužů. Oporou výběru jsou pražské fotbalové kluby mužů na úrovni 3. české fotbalové ligy a divize. Zařazovacími kritérii pro experiment jsou: Pohlaví muži, věková hranice 20-30 let, rasa běloši, systematický fotbalový trénink nejméně po dobu pěti let, výkonnostní úroveň na hranici 3. české fotbalové ligy a divize. Frekvence tréninků zúčastněných hráčů alespoň čtyřikrát týdně a jedno utkání týdně. Do programu jsou zařazeni hráči, jejichž tréninkový program má co nejvíce podobný charakter. Charakter tréninkových programů je ohodnocen odborníkem na kondiční trénink ve fotbalu. Charakter tréninkových programů je hodnocen na základě informací získaných dotazováním trenérů.

Vylučujícími kritérii pro výběr probandů pro experiment jsou: Rasa černoši, jiné zdravotní komplikace, sportovci se zraněním ACL a dalších segmentů dolních končetin také nejsou do studie zahrnuti, nepravidelnost tréninků, nižší výkonnostní úroveň než 3. česká fotbalová liga a divize.

Vzhledem k tomu, že se jedná o originální šetření, je stanovena velká řada kritérií výběru pro experiment. Naším cílem je pracovat s malým souborem probandů.

Hráči splňující výše popsané podmínky tvoří experimentální skupinu, tvořenou 13 hráči fotbalu na různých herních postech. Preintervenčního měření se zúčastnilo všech 13 hráčů. V průběhu experimentu se však 2 hráči zranili a 2 hráči onemocněli. Nesplnili tak podmínku souvislé účasti na experimentálním programu. Celkově je povolena jedna tréninková absence. Vybraná skupina třinácti probandů je rozdělena na dvě skupiny: skupina I (n=7), u které je hodnocen timing zapojení svalů, koaktivační poměr jednotlivých svalů a kokontrakční index pomocí EMG při polovysokém startu. U druhé skupiny, skupina II (n=6), je pomocí EMG hodnocen timing zapojení svalů, koaktivační poměr jednotlivých svalů při polovysokém startu. U této skupiny není hodnocen kokontrakční index. V průběhu experimentu se zranil jeden proband ze skupiny I a jeden proband ze skupiny II. Dva probandi ze skupiny II onemocněli. Tréninková pauza těchto probandů trvala déle než jeden týden. Ani jeden ze zraněných hráčů neutrpěl zranění hamstringů. Celkový počet probandů, kteří dokončili experiment je n=9, skupina I (n=6) a skupina II (n=3). Průměrný věk probandů (n=9), kteří se zúčastnili celého experimentu, je 24,1 let. Při popisu výsledků nejsou hráči popisováni v rámci jednotlivých skupin, ale nejprve jsou popsány výsledky probandů skupiny I a následně zbývající probandi skupiny II.

Vybraní hráči absolvovali stanovený tréninkový program vždy první trénink týdenního mikrocyklu v průběhu soutěžního období po dobu sedmi týdnů. Tréninkový program byl veden pod dozorem fyzioterapeuta a dvou trenérů. V rámci experimentu je využit design pretest-posttest.

Experimentálním faktorem tohoto experimentu je tréninkový program, jehož intervence trvala sedm týdnů. Hlavními sledovanými parametry je EMG aktivita vybraných svalů ve smyslu jejich timingu zapojení. Sledovány jsou následující svaly: m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. rectus femoris, m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae. Dále je sledován a následně hodnocen koaktivační poměr jednotlivých svalů a svalových skupin a kokontrakční index svalů m. rectus femoris a m. semitendinosus a m. biceps femoris. Použito je povrchové EMG.

Výstupní proměnnou experimentu je timing zapojování svalů dolních končetin, měřeno pomocí povrchového EMG, koaktivační poměr vůči fixovanému m. gluteus maximus a m. biceps femoris a svalových skupin hamstringy a svaly skupiny GAT (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae), hamstringy

a m. gluteus maximus (HAM/GM; GM/HAM), námi stanovený „Hamstring index“, což je poměr koaktivace m. biceps femoris a m. semitendinosus (BF/ST) a kokontrakční index m. biceps femoris a m. rectus femoris, m. semitendinosus a m. rectus femoris, hamstringy a m. rectus femoris.

Osoby zúčastněné v experimentu se tohoto účasti dobrovolně a dávají jejich souhlas s anonymním prezentováním výsledků pro potřeby disertační práce a následnou publikaci v odborných periodikách. Informovaný souhlas je k dispozici v databázi autorky práce.

5.3 Sběr a hodnocení dat

V našem sledování, realizovaném v rámci řešení disertační práce, je využito registrování pomocí metody dotazování trenérů a hráčů. Zjištění zdravotního stavu hráčů je zajištěno na základě dotazníku. Dále je sledování realizováno pozorováním a vedením preintervenčního a postintervenčního měření v rámci experimentu.

Sběr dat pro experiment je realizován pomocí povrchového EMG, šestnácti kanálový telemetrický EMG přístroj Telemyo Mini Neurodata, který využívá software MyoResearch XP Master. Svalová aktivita byla snímána pomocí povrchového polyelektromyografického vyšetření při polovysokém startu. EMG signál je upraven filtry Butterworth osmého řádu s pásmovou propustností 0–500 Hz. Vzorkování EMG signálu je zajištěno dvanáctibitovým analogově – číslicovým převodníkem na vzorkovací frekvenci 1500 Hz. Elektrody byly na kůži připevněny vždy jednou osobou podle metodiky snímání povrchového polyEMG. Elektrody byly po celou dobu měření ponechány na shodném místě odpovídajícím motorickému bodu daného svalu. Interelektrodová vzdálenost byla 1,5 cm. Pro vlastní snímání svalové aktivity byly použity motorické body: m. biceps femoris caput longum, m. semitendinosus, m. adductor magnus, m. gluteus maximus, m. rectus femoris, m. tensor fasciae latae na dominantní dolní končetině. Za dominantní končetinu je považována ta, kterou hráči preferují při střelbě. EMG bylo snímáno při vyběhnutí ze startovní pozice, polovysoký start, s následnou akcelerací běhu do maximální rychlosti na vzdálenost 3 metry. U každého probanda jsou hodnoceny tři starty. Interval odpočinku mezi jednotlivými

měřeními je stanoven 2 minuty. Měření proběhlo za standardních podmínek a byla dodržena denní doba preintervenčního i postintervenčního měření, včetně dodržení těchto měření v rámci tréninkového mikrocyklu. Současně s vlastním měřením byl pořízen videozáznam, který umožňuje přesné vyhodnocení jednotlivých fází pohybu při snímání EMG signálu. Na základě preintervenčního a postintervenčního měření je provedeno srovnání zapojování jednotlivých svalů při pohybu. Tyto faktory jsou základem hodnocení efektu tréninkového programu. Za pozitivní změny je považována změna timingu zapojování jednotlivých svalů při provedení pohybu v logické návaznosti podle funkčních svalových skupin, tzn. zapojení svalů „stabilizačních“ – m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae, extensorů kyčelního kloubu – m. biceps femoris a m. semitendinosus, a flexorů kyčelního kloubu – m. rectus femoris. Výše uvedené svaly jsou hodnoceny pro jejich zásadní význam při běžecké lokomoci a jejich dobrou přístupnost pro snímání svalové aktivity pomocí povrchové polyelektromyografie.

Následně po měření běhu bylo provedeno vyšetření MVC m. rectus femoris a hamstringů. Doba měření trvala 10 sekund. Pauza mezi měřeními byla stanovena 30 sekund. Měření MVC probíhalo s dostatečným časovým odstupem od posledního měření timingu svalů. Interval odpočinku byl stanoven 5 minut. Pro měření MVC byly použity přesně definované pozice dle svalového testu podle Jandy (2004) pro hodnocení svalové síly skupiny hamstringů a m. quadriceps femoris. Všechny elektrody byly stále ponechány na původních místech.

Data získaná z měření v rámci experimentu jsou analyzována pomocí speciálního programu: software MyoResearch XP Master. Vyhodnocení timingu (n=9) zapojování svalů je zpracováno deskriptivně u každého probanda a následně je provedena intraindividuální komparace, která je opět hodnocena slovně. Vyhodnocení je doplněno o popis subjektivního pocitu při intervenci. Tyto informace jsou získány dotazováním. Výsledková část je také doplněna o expertní posouzení techniky běhu. Hodnocení timingu je zaměřeno na zapojování svalů zejména v rámci svalových skupin – svaly stabilizující (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae), extensory kyčelního kloubu (m. biceps femoris, m. semitendinosus) a flexory kyčelního kloubu (m. rectus femoris).

Hodnoty získané měřením EMG jsou použity k výpočtu kokontrakčního indexu (n=6) a koaktivačního poměru (n=9). Tato data jsou statisticky zpracována pomocí neparametrických T-testů a dále jsou slovně zhodnocena. Statistická významnost je hodnocena na hladině významnosti 0,05. Při komparaci pre-test post-test je vzhledem k velikosti souboru použita neparametrická podoba párového T-testu, Mann Whitneův U-test, kde jsou porovnávány rozdíly mediánů. Tímto testem jsou porovnávány změny koaktivačních poměrů sledovaných svalů vzhledem k fixovanému m. gluteus maximus a m. biceps femoris, dále vztah m. biceps femoris a m. semitendinosus (BF/ST), HAM/GAT, tedy skupina hamstringů (m. biceps femoris + m. semitendinosus) a skupina svalů „stabilizujících“ (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae), HAM/GM - skupina hamstringů (m. biceps femoris + m. semitendinosus) a m. gluteus maximus, GM/HAM – m. gluteus maximus a skupina hamstringů (m. biceps femoris + m. semitendinosus). V případě kokontrakčního indexu byl hodnocen vztah mezi hamstringy a m. rectus femoris (HAM/RF), m. biceps femoris a m. rectus femoris (BF/RF) a m. semitendinosus a m. rectus femoris (ST/RF). V případě kokontrakčního indexu uvažujeme pozitivní efekt intervence v případě jeho snížení. Snížení kokontrakčního indexu poukazuje na zlepšení koaktivace daných svalů. V případě koaktivačních poměrů je pro hodnocení fixován m. gluteus maximus a ve druhém případě m. biceps femoris. Při hodnocení koaktivačních poměrů svalové aktivity je efekt tréninkového programu hodnocen vzhledem k hodnotě jedna.

Další data pro práci jsou získána metodou dotazování. Cílem dotazování je zjistit subjektivní pocity jednotlivých probandů na intervenci z hlediska krátkodobého, tedy při samotném provádění jednotlivých cviků a následně po čtyřech a sedmi týdnech. Z dlouhodobého hlediska nás zajímalo zejména, zda při provádění jednotlivých cviků hráči pociťují nějaké změny.

6. Výsledky

Sestavený tréninkový program vychází z poznatků uvedených v teoretické části práce. Cílem tohoto programu je prevence zranění hamstringů u hráčů fotbalu. Jedná se o originální preventivní tréninkový program, který vychází z podrobného studia dané problematiky. Vzhledem k teoretickým poznatkům o obecné prevenci sportovních zranění a zranění hamstringů je vytvořen z našeho pohledu „bezpečný“ program, který by měl být mimo jiné šetrný na pohybový systém. Tento aspekt dle našeho názoru nespĺňuje například řadou autorů doporučované „Nordic hamstring“, které je z našeho pohledu velmi zatěžující na kolena. U fotbalistů se často setkáváme s bolestmi kolen, nejenom z přetížení, ale také v důsledku častých kontaktních zranění, ke kterým dochází nejčastěji při osobních soubojích během fotbalového utkání. Další výhodou tohoto programu je jeho patrný vliv na dynamické stabilizátory kolenního kloubu, a s tím spojenou možnost nejenom prevence zranění hamstringů, ale také předního zkříženého vazů. Zranění ligamentum cruciatum anterior také patří mezi častá fotbalová zranění. V neposlední řadě tento program slouží jako příprava na další „bezpečné zvyšování zátěže“, například v podobě plyometrických cvičení.

Baterie cviků, která je zahrnuta v rámci tohoto preventivního tréninkového programu, je originální. Řada cviků, které jsou v této baterii použity, již byla dříve zahrnuta v rámci preventivních programů s pozitivním efektem. Nikdy však tyto cviky nebyly použity v této kombinaci.

Tento program se skládá ze dvou částí, zahřátí a speciální části. V rámci zahřátí je zařazeno rozběhání 5 minut kolem hřiště bez míče a strečink svalů dolních končetin a trupu s výdrží v každé poloze 10 sekund. Každý cvik strečinkové části opakovat 3x na každou končetinu. Speciální část programu je zaměřena na posílení svalů dolních končetin a trupu a zároveň trénink stabilizace trupu a dolních končetin. Využitý tréninkový prvek je squat a jeho tři modifikace. Celý program trvá 30 minut. Program je doporučeno aplikovat 1× týdně v rámci prvního tréninku týdenního mikrocyklu.

Na základě EMG měření je patrná značná individuální variabilita zapojování jednotlivých svalů při pohybovém stereotypu vyběhnutí z polovysokého startu. Efekt námi sestaveného programu je také individuální, ale je možné pozorovat některé podobné tendence jako je tomu u probandů 1 a 8, probandů 2 a 5, probandů 3 a 4 a probandů 6 a 7. Proband 9 nevykazuje významnější společné rysy s ostatními probandy. Pro statistické vyhodnocení efektu našeho programu je využito

neparametrických t-testů. Změny koaktivace jsou hodnoceny na hladině významnosti $p < 0.05$. Statisticky významné zvýšení koaktivačního poměru je možné sledovat v případě koaktivace mezi m. gluteus maximus a m. biceps femoris (GM/BF). Statisticky významné snížení pozorujeme u m. adductor magnus a m. biceps femoris (ADD/BF) a m. semitendinosus a m. biceps femoris (ST/BF). Na hladině významnosti $p < 0.05$ došlo také k významnému snížení koaktivačního poměru m. adductor magnus a m. gluteus maximus (ADD/GM), m. tensor fasciae latae a m. gluteus maximus (TFL/GM), m. semitendinosus a m. gluteus maximus (ST/GM), m. rectus femoris a m. gluteus maximus (RF/GM) a skupiny hamstringů a m. gluteus maximus (HAM/GM). Snížení koaktivačního poměru m. biceps femoris a m. gluteus maximus (BF/GM) není na hladině významnosti $p < 0.05$ signifikantní. Námi stanovený Hamstring index, poměr m. biceps femoris a m. semitendinosus (BF/ST), je po intervenci signifikantně vyšší. Významné zvýšení koaktivačního poměru také pozorujeme u skupiny hamstringů a m. gluteus maximus (GM/HAM). Výsledky je možné označit za významné vzhledem ke skupině lidí, u které bylo šetření provedeno. Výsledky námi provedeného dotazníkového šetření v letech 2010-2012 poukazují na incidenci zranění hamstringů u fotbalistů 33,33 % z celkového počtu ($n=75$) hráčů napříč třemi výkonnostními úrovněmi.

7. Diskuse

7.1 Zhodnocení provedeného experimentu

Výsledky provedené studie představují zhodnocení pohybového projevu před a po zařazení tréninkového programu u devíti hráčů fotbalu na úrovni České fotbalové ligy a Divize, kteří nemají v anamnéze zranění hamstringů v posledních dvou letech.

Pomocí povrchového EMG je hodnocena svalová aktivita při vyběhnutí z polovysokého startu. Pomocí povrchového EMG je hodnocen timing zapojení m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. tensor fasciae latae, m. rectus femoris. Dále zavádíme hodnocení koaktivačního poměru jednotlivých svalů vůči m. biceps femoris a m. gluteus maximus a tzv. hamstring index, což je poměr m. biceps femoris a m. semitendinosus. Dále u šesti

hráčů sledujeme kokontrakční index m. biceps femoris a m. rectus femoris, m. semitendinosus a m. rectus femoris, hamstringů a m. rectus femoris.

Koaktivační poměr vztahujeme k hodnotě jedna. Koaktivace je hodnocena vzhledem k m. gluteus maximus a m. biceps femoris. Základní myšlenkou při hodnocení je „zlepšení“ koaktivace svalů, pokud se hodnota poměru blíží hodnotě jedna. Doposud však nebyl stanoven optimální poměr zapojení těchto svalů. V případě, že je koaktivační poměr stanoven vzhledem k fixovanému m. gluteus maximus, tak by se o snížení tohoto poměru pod hodnotu jedna dalo uvažovat jako o pozitivním efektu. Toto je možné usuzovat na základě faktu, že by m. gluteus maximus měl být při tomto pohybu nejvíce aktivním svalem, neboť je to sval zajišťující stabilizaci pánve, ale také by se měl účastnit extenze kyčle při odrazu. Pak by naopak bylo možné o pozitivním efektu uvažovat v případě snížení tohoto poměru od hodnoty jedna. Snížení poměru od hodnoty jedna směrem dolů by mohla být známka převládající aktivity m. gluteus maximus oproti hamstringům. Tento názor je zatím však pouze hypotetický a není známa ani „správná“ hodnota poměru těchto svalů.

Výsledky získané z EMG měření jsou také hodnoceny vzhledem k analýze videozáznamu. Popis pohybového stereotypu podle koaktivačního poměru se shoduje s expertním posouzením videozáznamu.

7.2 Výsledky provedeného experimentu

Prvotní myšlenkou tohoto experimentu je sestavení tréninkového programu s cílem prevence zranění hamstringů u hráčů fotbalu. Vzhledem k obsáhlosti daného problému je práce zaměřena na sledování timingu zapojení svalů dolních končetin a jejich vzájemnou koaktivaci při vyběhnutí z polovysokého startu.

Zahrniční autoři, například Chumanov et al. (2007), Hougum (2005) a Schexnayder (1998), popisují jako predispozici zranění hamstringů nesprávnou neuromuskulární koordinaci nebo nesprávný timing svalů v oblasti pánve. Pokud není zajištěna správná stabilizace a timing zapojení neprobíhá podle správného pohybového vzorce, stává se sval náchylný ke zranění. Schexnayder (1998) MacAuley (2007), Murphy et al. (2003), Shephard, Astrand (2000), Bahr, Krosshaugh (2005) považují za významný etiopatogenetický faktor zranění hamstringů nesprávné posturální

nastavení, jehož výsledkem je nesprávný timing zapojení svalů. Nesprávné posturální zajištění vede kromě nesprávného timingu zapojení svalů i ke změnám působících sil na muskulotendinózní spojení. V důsledku nesprávného posturálního nastavení dochází ke změně postavení pánve a nadměrnému protažení hamstringů, (Thelen et al., 2006; Šafářová, et al., 2006). Přestože je popisován správný timing zapojení svalů jako možnost prevence zranění hamstringů, v žádné ze studií není popsáno, jak by tento „správný“ timing zapojení svalů dolních končetin při sprintu, nebo v našem případě vyběhnutí z polovysokého startu, měl vypadat. Na základě tohoto faktu a obecně známých podmínek pohybu, tedy že základem pohybu je správné posturální nastavení a stabilizace, jsou sledované svaly rozděleny do tří funkčních skupin: „svaly stabilizační“, skupina GAT, extensory kyčle a flexory kyčle. Svaly jsou hodnoceny pouze vzhledem ke kyčelnímu kloubu. Na základě takto sestavených funkčních svalových skupin bychom mohli uvažovat ideální zapojení v případě preaktivace skupiny GAT, následně HAM a poslední v pořadí m. rectus femoris pro zajištění flexe kyčle. Jsme si však vědomi, že pohyb je komplexní pohyb a jednotlivé svaly se podílejí na pohybu a pro některé z nich je typická i inverse svalové aktivity v závislosti na poloze svalu vzhledem k postavení kloubů, přes které tyto svaly přecházejí.

Stanovení „správného“ timingu je velice složité. V úvahu je vždy nutné vzít individuální dispozice každého hráče. Důležitým faktorem svalové aktivity jsou morfologické vlastnosti svalů. Jak popisují Higashihara et al. (2010) řada dříve provedených elektromyografických studií poukazuje na rozdílnosti svalové aktivity v závislosti na změně úhlu kolenního kloubu a tyto rozdílnosti jsou vztahovány právě k morfologickým vlastnostem svalů. Lze tedy uvažovat o funkčních rozdílech jednotlivých svalů jedné svalové skupiny, což je možné podložit i výsledky Montgomery et al. (1994), kteří se zabývali popisem zapojování svalů v jednotlivých fázích běžeckého cyklu a dospěli k obdobným závěrům. Při popisném hodnocení výsledků EMG, pořadí zapojování svalů, jsou svaly hodnoceny zejména podle jednotlivých funkčních skupin. Zapojování svalů dolní končetiny je složitý proces. Zapojení svalů v rámci koordinačních vzorů také pravděpodobně závisí na množství dosažení „peaků“ svalové aktivity jednotlivých svalů v rámci jednoho běžeckého cyklu, jak je možné vidět ve studii, kterou provedli Montgomery et al. (1994). Popis timingu zapojení svalů také může být ovlivněn únavou. Řada autorů (Brukner, Khan, 2007;

Brocket et al., 2004; Dadebo et al., 2004; Verrall et al., 2003; Woods et al., 2004) popisuje vliv únavy na zapojení svalů, například dřívější aktivaci m. biceps femoris a m. semitendinosus při běhu maximální rychlostí při únavě.

Ohodnocení „správnosti“ zapojení jednotlivých svalů v rámci těchto stanovených skupin je velice spekulativní. Na základě již získaných kinesiologických poznatků bychom mohli usuzovat, že by „ideální“ vzor zapojení těchto svalů mohl být 1. GM, 2. ADD, 3. TFL, 4. BF, 5. ST, 6. RF. Pro tento spekulativní názor bychom mohli najít teoretické podklady v pracích Montgomery et al. (1994), Wiemann, Tidow (1995), Higashihara et al. (2010) a Novacheck (1998), kteří se problematikou běhu z hlediska zapojení svalů zajímali. Zmiňované svaly skupiny GAT se podle Montgomery et al. (1994) podílejí na stabilizaci pánve a kyčelního kloubu v mediolaterálním směru, ale také mají fázičkovou funkci pro zajištění dopředného momentu a zajištění dostatečně silného odrazu. Zároveň ve svalové dvojici m. gluteus maximus a m. adductor magnus pozorujeme v okamžiku extenze kyčle i jejich neutralizační a antagonistické působení na kyčelní kloub (Wiemann, Tidow, 1995), aby osa pohybu měla co nejvíce přímý průběh bez stranových výchylek. Vzhledem k tomu, že aktivita m. gluteus maximus, m. adductor magnus a hamstringů je přítomna téměř během celé oporové fáze, tak se o těchto svalech musí uvažovat nejenom jako o „hnacích“ svalech, ale také stabilizátorech pro oporovou fázi. Tento úkol má na svaly stejné nároky i v následující letové fázi (Wiemann, Tidow, 1995). Během oporové fáze a odrazu se značně aktivují i hamstringy (Higashihara et al., 2010, Novacheck, 1998). S posunem těžiště těla před kolenní kloub, se aktivuje dlouhá hlava m. biceps femoris pro zahájení extenze kyčelního kloubu. Okamžitě po extenzi kyčle dochází k aktivaci krátké hlavy m. biceps femoris, která se kontrahuje excentricky k „zajištění“ extenze kolenního kloubu (Montgomery et al., 1994). M. biceps femoris dosahuje během oporové fáze vrchol aktivity dříve než m. semitendinosus (Higashihara et al., 2010), což můžeme uvažovat i v případě odrazu. V případě běhu maximální rychlostí nastává dosažení „peaku“ EMG aktivity m. biceps femoris při oporové fázi dříve než m. semitendinosus. Tudíž lze uvažovat o tom, že při běhu maximální rychlostí se m. biceps femoris zapojuje dříve než m. semitendinosus, aby zajistil přípravu pro intenzivní flexi kyčle a extensi kolena při dokroku. Toto nás vede k tvrzení, že m. biceps femoris má důležitou roli pro zajištění dopředné propulzivní síly. Rozdílnosti v aktivačních vzorech a timingu zapojení m. biceps femoris

a m. semitendinosus by mohly mít významný vliv na vznik zranění hamstringů (Higashihara et al., 2010). Zrovna tak na vznik zranění může mít i vliv timingu zapojení m. gluteus maximus a svalů skupiny hamstringů. Toto je jedna z možných variant, jak pohlížet na „správné“ zapojení svalů kyčelního kloubu při běhu se zřetelem na prevenci zranění hamstringů. Jsme si také vědomi, že zapojení svalů u každého člověka je individuální vzhledem k jeho biomechanickým poměrům a „volnosti“ kloubů dolních končetin, pánve a páteře. Zapojení svalů také může významně ovlivnit předchozí zranění, zejména zranění dolních končetin a lumbopelvicke oblasti. Přestože tato zranění v anamnéze neprokazují významné rozdíly ve svalové síle svalů dolních končetin (Van Beijsterveldt et al., 2012). Nelze vyloučit vliv tohoto zranění na pohybový stereotyp. Změna pohybového stereotypu pak může souviset se vznikem zranění, přestože na základě svalové síly nebo často zmiňovaného H:Q poměru bychom nepředpokládali vznik zranění.

Vzhledem k malému výzkumnému souboru však není možné tyto získané výsledky obecně generalizovat na celou fotbalovou populaci a je třeba ve zkoumání této problematiky dále pokračovat. Můžeme však již některé trendy předpokládat a doplnit výzkum o další metody, které by mohly přispět ke zlepšení interpretace dosažených výsledků. Vzhledem k hodnocenému souboru a rozdílnostem v zapojování svalů není možné určit obecný vzorec zapojování jednotlivých svalů a podle toho hodnotit efekt tréninkového programu. V případě intraindividuální komparace nacházíme některé společné rysy, které by však bylo třeba doplnit o řadu informací ohledně herního postu, doby fotbalové průpravy, jiných sportovních aktivitách v průběhu života, podrobnou anamnézou, včetně doplnění o další metody. Na základě výsledků jednotlivých měření před intervencí a po intervenci nacházíme některé trendy v zapojování jednotlivých svalů a jejich koaktivace. Tyto trendy můžeme sledovat například u probandů 1 a 8, probandů 2 a 5, dále probandů 3 a 4, a také probandů 6 a 7. Přestože se objevují některé trendy v zapojování jednotlivých svalů před intervencí, ale i po intervenci, a podobný efekt tréninkového programu, dostáváme se ke stále diskutované problematice individuálnosti každého jedince a pravděpodobně nejvhodnějším řešením by bylo sestavení individuálního tréninkového programu. Aplikace individuálního tréninkového programu je v praxi velmi komplikovaná, ale neměli bychom ji opomíjet. Každý sportovec vlivem dědičnosti reaguje na fyzickou zátěž různě, proto nelze tréninky globalizovat na všechny hráče, ale je potřeba sestavit

kromě obecného tréninkového plánu i individuální tréninkový plán pro jednotlivé hráče, což ukazují i námi získané výsledky v experimentu (Bahr et al., 2008).

U některých hráčů můžeme pozorovat změnu timingu zapojení svalů z našeho pohledu „negativně“. Toto může souviset s nedostatečnou adaptací na novou pohybovou zkušenost. Vzhledem ke specifčnosti tréninku nemuselo u některých jedinců dojít k adaptaci na danou tréninkovou zátěž. Specifčnost tréninku hraje významnou roli ve fyziologické odpovědi a adaptaci na danou tréninkovou zátěž (Bahr et al., 2008). Také bychom mohli uvažovat o zvýšení svalové síly v závislosti na intervenci, což však není hodnoceno. V důsledku této změny mohlo dojít i ke zvýšení rychlosti běhu. Vzhledem k tomu, že tento pohyb není pro hráče fotbalu zcela zažitý, mohl být pohybový průběh sice rychlejší, podle expertního posouzení kvalitněji provedený, ale i přes to můžeme pozorovat největší dyskoordinaci, vzhledem k neuromuskulární adaptaci, která za dobu sedmi týdnů nemusela být dokončena.

V práci je v rámci diskuse zmíněna i otázka spojení hodnocení povrchového EMG s baropodometrií pro posouzení tlaku plosky nohy při daném pohybu nebo spojení EMG a fotobuňky či Optojumpu, čímž by bylo možné hodnocení zapojování svalů vzhledem k rychlosti provedení pohybu. Můžeme uvažovat o rostoucí dyskoordinaci se zvyšujícím se úsilím provedeného pohybu, neboť je známé, že neuromuskulární vzory se v průběhu běžecského cyklu mění v závislosti na rychlosti běhu a největší změny jsou zaznamenávány při rychlostech blížících se maximální rychlosti sprintu (Higashihara et al., 2010).

V diskusi se dále zabýváme stanovením „optimálního“ poměru H:Q a stanovením „optimální“ horní a dolní hranice pro koaktivační poměr a jejich vlivem na vznik zranění hamstringů. Problematikou H:Q poměru se zabývají například Ropiak a Bosco (2012), Bennell et al. (1998), Proske et al. (2004) a Coombs, Garbutt, (2002). Otázkou koaktivace se zabývali například Krishnan, Williams (2009), kteří využili pro hodnocení koaktivace a významnosti rozdílu hranici 10 % jako střední rozdíl aktivity. Zmíněna je také otázka nestability kolenního kloubu a vlivu „squat“.

Často diskutovaným rizikovým faktorem je „low back pain“, nedostatečná stabilizace pánve a držení těla a s tím související „dysbalance“ ve svalové aktivitě. V souvislosti s touto problematikou jsou zmiňovány m. gluteus maximus, m. transversus abdominis, m. multifidi. S touto problematikou se můžeme setkat

například v pracích Koláře (2006), Thelen et al. (2008), Hnátové et al. (2008), Wall-Scheffler et al. (2010), které v diskusi zmiňujeme.

Otázka tréninku plyometrie v souvislosti se zraněním hamstringů a v návaznosti na námi sestavený trénink je diskutována s ohledem na práce Chimera et al. (2004), Adams et al. (1992), Hamilton et al. (2012) a Hnátová et al. (2008).

Diskutován je i vliv strečinku a cviku squat a jeho modifikací v prevenci zranění a léčby hamstringů a po zraněních dolních končetin. Pro diskusi jsou využ

Zmíněnou otázkou v rámci diskuse je zařazení preventivních tréninkových programů v přípravném období a možnost vlivu fyzioterapeuta v rámci tréninkového mikrocyklu. Dále intenzita a doba trvání intervence v přípravném a soutěžním období a důvody zařazení tréninkového programu v soutěžním období. Opomenuty nejsou ani známé účinky jednotlivých prvků tréninkového programu, například zvýšení svalové síly, výbušnosti, zlepšení protažitelnosti.

Diskutována je i otázka vhodnosti a bezpečnosti daného programu pro pohybový systém a porovnání s doporučeným preventivním programem „Nordic hamstring“, který má řadu zastánců (Askling et al., 2003; Bahr et al., 2008; Gabbe et al., 2006; Brukner, Khan, 2007; Arnason et al., 2008) v prevenci zranění hamstringů. Dále je zmíněn vliv neuromuskulárního tréninku a „excentrických cvičení“

Baterie cviků, která je zahrnuta v rámci tohoto preventivního tréninkového programu, je originální. Řada cviků, které jsou v této baterii použity, již byla dříve zahrnuta v rámci preventivních programů s pozitivním efektem. Nikdy však tyto cviky nebyly použity v této kombinaci.

7.3 Omezení experimentu

Výrazným omezením experimentu je malý výzkumný soubor. Původně plánovaná velikost výzkumného souboru byla 30 probandů. V závislosti na změnách trenérů u týmů, kde byla domluvena spolupráce a také k jistým odlišnostem v tréninkové zátěži jsme se rozhodli spolupracovat pouze s hráči dvou týmů, jejichž tréninková zátěž byla co nejvíce podobná. V závislosti na řadě komplikací spojených s realizací experimentu a přísnými kritérii pro výběr probandů, se tento počet snížil na 13 hráčů. Pretestu se zúčastnilo všech 13 hráčů, 4 hráči se v průběhu experimentu

zranili nebo onemocněli, proto byli z experimentu vyřazeni. Konečný počet probandů se tak snížil na $n=9$. Dalším omezením experimentu bylo zařazení intervence do soutěžního období.

Ze strany trenérů nebyla ochota zařadit tento program v rámci přípravného období, proto byla intervence zařazena pouze jednou týdně v rámci prvního tréninku týdenního mikrocyklu.

Snahou bylo vytvořit co nejvíce homogenní skupinu. Nebylo však možné zajistit hráče na stejném herním postu, což také může výsledky ovlivňovat. Omezením experimentu je i absence kontrolní skupiny. Toto bohužel nemohlo být zajištěno, neboť fotbaloví trenéři trvali na tom, že všichni hráči podstoupí stejnou formu tréninku od zahřátí až po docvičení.

Za výrazné omezení experimentu, zejména z hlediska interpretace výsledků, je nedostatek informací o „správném“ timingu zapojení jednotlivých svalů, který by měl vést k prevenci zranění hamstringů.

Výsledky experimentu mohou být ovlivněny i motivací a psychickým stavem probandů. Není možné vyloučit jiné pohybové aktivity hráčů, přestože byli řádně instruováni. Výsledky také mohou být ovlivněny předchozími zraněními a sporty, kterým se jednotliví hráči v minulosti věnovali. S tím může souviset schopnost učit se novým pohybovým dovednostem. Vliv také může mít doba fotbalové praxe, která může ovlivňovat zejména pohybový projev.

8. Závěr

Z výsledků předložené práce vyplývá značná individuální variabilita pohybového stereotypu při vyběhnutí z polovysokého startu. Dále je možné sledovat rozdílné reakce jedinců na danou tréninkovou zátěž. Přesto je možné jisté tendence v koaktivaci svalů, ale i v aktivačních vzorech timingu jejich zapojení pozorovat. Abychom však tyto výsledky mohli obecně interpretovat, je nutné pokračovat ve studiu této problematiky a rozšířit výzkumný soubor.

Vzhledem k stanoveným vědeckým otázkám můžeme říci, že pravidelným prováděním tohoto tréninkového programu došlo u hráčů experimentální skupiny

ke změně tímngu zapojování jednotlivých svalů. Z hlediska jejich funkce se v řadě případů jeví zlepšení pořadí zapojení svalů podle svalových skupin, jak jsme stanovili. Abychom mohli ohodnotit dlouhodobý efekt tohoto tréninkového programu z hlediska snížení incidence zranění hamstringů, museli bychom účastníky experimentu dlouhodobě sledovat. Dlouhodobé sledování incidence zranění hamstringů nebylo cílem této studie.

Na základě statistického vyhodnocení je možné některé změny v koaktivaci vybraných svalů označit za významné. Je však nezbytné zajistit více informací a podkladů pro interpretaci takto získaných výsledků.

Vzhledem ke komplexnosti tréninkového programu a značné podpoře jednotlivých prvků programu, tedy strečinku a „squatů“ v prevenci zranění, je vzhledem k dostupným, ale i na základě experimentu získaným poznatkům, možné doporučit pravidelné zařazení tohoto programu do tréninkového procesu. V případě, že by tento program byl zařazen do tréninkového procesu v průběhu soutěžního období, pak jeho zařazení doporučujeme jednou týdně v rámci prvního tréninku týdenního mikrocyklu, jak tomu je v případě popisovaného experimentu. V případě, že by tréninkový program byl zařazen na začátku přípravného období, pak se přikláníme k zařazení tohoto programu v rámci týdenního tréninkového mikrocyklu dvakrát týdně, s pauzou mezi tréninkovými jednotkami alespoň dva dny, aby byl zajištěn dostatečný čas na zotavení po této formě zátěže. Doporučení tohoto programu je podpořeno zahraniční literaturou, která je v této práci citována.

Největším přínosem této práce je sestavení efektivního tréninkového programu s širokou možností využití, zejména s ohledem na prevenci zranění dolních končetin u hráčů fotbalu. Efekt vytvořeného tréninkového programu je vztažen na skupinu fotbalistů, kteří se ho zúčastnili. Značným přínosem je také podrobná literární rešerše dané problematiky, která se zabývá komplexním pohledem na problematiku tréninku a prevence zranění a snaží se propojit pohled trenérů a fyzioterapeutů a jejich následnou spolupráci v tréninkovém procesu.

9. Seznam literatury citované v autoreferátu

1. ADAMS, K., O'SHEA, J. P., O'SHEA, K. L., CLIMSTEIN, M. The Effect of Six Weeks of Squat, Plyometric and Squat-Plyometric Training on Power Production. *Journal of Applied Sport Science Research*. Vol. 6, No. 1, 1992, pp. 36-41.
2. ARNASON, A., ANDERSEN, T. E., HOLME, I., ENGBRETSSEN, L., BAHR, R. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. Vol. 18, 2008, pp. 40-48.
3. ASKLING, C., KARLSSON, J., THORSTENSSON, A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. Vol. 13, No. 4, 2003, pp. 244-50.
4. BAHR, R., BIZZINI, M., FULLER, C., GRAF-BAUMANN, T., KIRKENDALL, D., MARQUARD, B., PETERSON, L. *F-MARC Manuál fotbalové medicíny*. Praha: Olympia, 2008. ISBN 978-80-7376-080-9
5. BAHR, R., KROSSHAUG, T. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 39, No. 6, 2005. pp. 324-329
6. BENNELL, K., WAJSWELNER, H., LEW, P., SCHALL-RIAUCOUR, A., LESLIE, S., PLANT, D., CIRONE, J. Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 32, No. 4, 1998, pp. 309-314
7. BEST, T. M., GARRET, W. E. Jr. Hamstring strains [online]. *The Physician and Sportsmedicine*, 1996, [cit. 27.2.2008]. Dostupné na World Wide Webb: <<http://www.proquest.umi.com/pqdlink?did=10156922&sid=2&Fmt=2&clientd=7783&RQT=309&Vname=PQD>>.
8. BROCKETT, C. L., MORGAN, D. L., PROSKE, U. Predicting Hamstring Strain Injury in Elite Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 36, No. 3, 2004, pp. 379-387.
9. BRUKNER, P., KHAN, K. *Clinical sports medicine*. Australia: McGraw-Hill Companies, 2007. ISBN 007471520

10. CARRUTHERS, J., SANCTURAY, C. *Prevention of hamstring and Ankle injuries in soccer*. [on-line]. © 2006 [cit. 21.10.2007]. Dostupné na World Wide Webb: <www.garystebbling.com/uploads/files/Prevention_of_hamstring.pdf>.
11. COOMBS, R., GARBUTT, G. Development in the use of the hamstring/quadriceps ration for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science and Medicine*. Vol. 1, 2002, pp. 56-62.
12. DADEBO, B., WHITE, J., GEORGE, K. P. A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 38, No. 4, 2004, pp. 388-394.
13. GABBE, B. J., BENNELL, K. L., FINCH, C. F., WAJSWELNER, H. ORCHARD, J. W. Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. Vol. 16, 2006, pp. 7-13
14. GABBE, B. J., BRANSON, R., BENNELL, K. L., WAJSWALNER, H., ORCHARD, J. W. A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian football. *Journal of Science Medicine in Sports*. Vol. 9, No. 1-2, 2006, pp. 103-109
15. HAMILTON, N., WEIMAR, W., LUTTGENS, K. *Kinesiology: Scientific Basis of Human Motion*. New York: McGraw Hill, 12th ed. 2012. 622 p. ISBN 978-007-108643-1
16. HIGASHIHARA, A., ONO, T., KUBOTA, J., OKUWAKI, T., FUKUBAYASHI, T. Functional differences in the activity of the hamstring muscles with increasing running speed. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 28, No. 10, 2010, pp. 1085-92.
17. HNÁTOVÁ, I. Problematika zranění hamstringů u sportovců. Diplomová práce (Vedoucí práce: PhDr. Aleš Kaplan, PhD.). Praha: UK FTVS, 2008. 172 s
18. HOUGLUM, P. A. *Therapeutic Exercise for Musculoskeletal Injuries*. 2nd ed. Champaign: Human Kinetic, 2005. p. 1004. ISBN 0-7360-5136-8
19. CHIMERA N. J., SWANIK, K. A., SWANIK, C. B., STRAUB, S. J. Effects of Plyometric Trainig on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes. *Journal of Athletic Training*. Vol. 39, No. 1, 2004, pp. 24-31

20. CHUMANOV, E. S., HEIDERSCHEIT, B. C., THELEN, D. G. The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *Journal of Biomechanics*. Vol. 40, 2007, pp. 3555-3562.
21. JANDA, V. A KOL. *Svalové funkční testy*. Praha: Grada, 2004, 328 s. ISBN 80-247-0722-5.
22. KOLÁŘ, P. Seminář v SC Nymburk v rámci akce Kurz trenérů olympijské solidarity MOV 20.-22.10.2006, *Typická zranění pohybového aparátu u atletů, jejich léčba a prevence*. Ústní sdělení. Nymburk, 20.10.2006
23. KOLT, S. G., SNYDER-MACKLER, L. *Physical therapies in sport and exercise*. Auckland: Churchill Livingstone, 2003. ISBN 0 443 071543
24. KRISHNAN, CH., WILLIAMS, G. N. Variability in antagonist muscle activity and peak torque during isometric knee strength testing. *The Iowa Orthopaedic Journal*. Vol. 29, 2009, pp. 149-158
25. MacAULEY, D. *Oxford Handbook of Sport and Exercise Medicine*. Oxford: Oxford University Press, 2007. ISBN 0-19-856839-8
26. MONTGOMERY III, W. H., PINK, M., PERRY, J. Electromyographic Analysis of Hip and Knee Musculature During Running. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 22, No. 2, 1994, pp. 272-278
27. MURPHY, D. F., CONNOLLY, D. A. J., BEYNNON, B. D. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 37, No. 1, 2003, pp. 13-29.
28. NOVACHECK, T. F. The biomechanic of running. *Gait & Posture*, Vol. 7, 1998, pp. 77-95.
29. PROSKE, U., MORGAN, D. L., BROCKETT, C. L., PERCIVAL, P. Identifying athletes at risk of hamstring strains and how to protect them. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. Vol. 31, No. 8, 2004, pp. 546-550.
30. ROPIAK, CH. R., BOSCO, J. A. Hamstring injuries. *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Disease*. Vol. 70, No. 1, 2012, pp. 41-48

31. SHEPHARD, R. J., ASTRAND, P.-O. *Endurance in sport*. Oxford: Blackwell Science, 2000. ISBN 0-632-05348-8
32. SCHEXNAYDER, I. Applied Kinesiological Concerns For Athletics [online]. *Track & Coach*, 1998, [cit. 24.3.2007]. Dostupné na World Wide Webb: <<http://www.tranckandfieldnews.com>>.
33. ŠAFÁŘOVÁ, M., KOLÁŘ, P., KOBESOVÁ, A. Význam hlubokého stabilizačního systému páteře pro běžný život a sportovní zátěž. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*. Vol. 15, No. 2, 2006, str. 82.
34. THELEN, D. G., CHUMANOV, E. S., SHERRY, M. A., HEIDERSCHEIT, B. C. Neuromusculoskeletal Models Provide Insights into the Mechanisms and Rehabilitation of Hamstring Strains. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. Vol., 34, No. 3, 2006, pp. 135-141
35. TORNESE, D., BANDI, M., MELEGATI, G., VOLPI, P. Principles of hamstring strain rehabilitation. *Journal of Sports Traumatology and Related Research*. Vol. 22, No. 2, 2000, pp. 70-85.
36. VAN BEIJSTERVELDT, A. M. C., VAN DE PORT, I. G. L., VEREIJKEN, A. J., BACKX, F. J. G. Risk Factors for Hamstring Injuries in Male Soccer Players: A Systematic Review of Prospective Studies. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 21 June, 2012. pp. 1-10
37. VERRALL, G. M., SLAVOTINEK, J. P., BARNES, P. G. The effect of sports specific training on reducing the incidence of hamstring injuries in professional Australian Rules football players. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 39, 2005, pp. 363-368
38. VERRALL, G. M., SLAVOTINEK, J. P., BARNES, P. G., FON, G. T. Diagnostic and prognostic value of clinical findings in 83 athletes with posterior thigh injury: comparison of clinical findings with magnetic resonance imaging documentation of hamstring muscle strain. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 31, No. 6, 2003, pp. 969-73.
39. WALL-SCHEFFLER, C. M., CHUMANOV, E. S., STEUDEL-NUMBERS, K., HEIDERSCHEIT, B. Electromyography Activity Across Gait and Incline: The Impact of Muscular Activity on Human Morphology. *American Journal of Physical Anthropology*. Vol. 143, 2010, pp. 601-611.

40. WIEMANN, K., TIDOW, G. Relative activity of hip and knee extensors in sprinting – implications for training. *New Studies in Athletics*. Vol. 10, No. 1, 1995, pp. 29-49
41. WOODS, C., HAWKINS, R. D., MALTBY, S., HULSE, M., THOMAS, A., HODSON, A., The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football – analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 38, No. 1, 2004, pp. 36-41.