

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

Disertační práce

Vedoucí disertační práce:

Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc.

Vypracovala:

Mgr. Iva Hnátová

Odborný konzultant:

PhDr. Aleš Kaplan, PhD.

Listopad 2012

## SOUHRN

**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. 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.

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

## SUMMARY

**Title:** 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 and Garret (1996), Carruthers, Sancturay (2006), Kolt, Snyder-Mackler (2003), Tornese et al. (2000) is squat and its modifications, step-up, step-up laterally, step-down, cross-lift, leg-press, leg curls, benchpress, neckpress, dead lift, hip abductor 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

Děkuji mé vedoucí disertační práce, Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc., mému odbornému konzultantovi, PhDr. Aleši Kaplanovi, PhD., za odborné vedení a praktické rady, které mi vždy ochotně a se zájmem poskytovali. Dále děkuji Prof. Janu Hendlovi, CSc. za konzultace ohledně metodologie práce, Mgr. Martinu Musálkovi za pomoc se zpracováním statistických dat. Mgr. Šárce Panské za konzultaci názvosloví a popisu jednotlivých cviků při sestavování intervence, dále všem trenérům a sportovcům, kteří se ochotně zúčastnili nebo podíleli na experimentu. A v neposlední řadě rodině a přátelům, kteří mě podporovali. Bez spolupráce a podpory výše jmenovaných by tato práce nevznikla.



## Prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem disertační práci na téma „Vliv tréninkového programu na svalovou aktivitu svalů dolních končetin v souvislosti s rizikovými faktory zranění hamstringů u hráčů fotbalu.“ zpracovala samostatně a použila jsem pouze literaturu uvedenou v seznamu bibliografické citace.

V Praze dne 30. listopadu 2012

.....

Mgr. Iva Hnáťová

## EVIDENČNÍ LIST KNIHOVNY

Svoluji k zapůjčení této diplomové práce ke studijním účelům a zároveň prosím, aby byla řádně vedena přesná evidence vypůjčitelů, které prosím o řádnou citaci převzaté literatury.

---

Jméno a příjmení: Číslo OP: Datum vypůjčení: Poznámka:

=====

## OBSAH

1. Úvod.....	17
2. Cíl práce.....	19
2.1 Cíle a úkoly disertační práce.....	19
2.2 Vědecké otázky.....	19
2.3 Stanovení pracovních hypotéz.....	20
3. Metodologický postup.....	21
3.1 Postup teoretické části práce literární rešerš a vytvoření programu.....	21
3.2 Postupy pro výsledkovou část práce .....	22
3.2.1 Charakteristika souboru, zkoumaná populace.....	22
3.2.2 Průběh intervence.....	24
3.2.3 Experimentální faktory.....	24
3.3 Metody sběru dat a jejich analýza.....	25
3.3.1 Sběr dat.....	25
3.3.2 Analýza dat.....	27
4. Teoretická východiska.....	30
4.1 Problematika a četnost zranění hamstringů u fotbalistů.....	30
4.1.2 Četnost zranění hamstringů u profesionálních fotbalistů.....	31
4.2 Anatomické souvislosti se zraněním hamstringů.....	33
4.3 Kinesiologické aspekty svalů kolenního a kyčelního kloubu se zřetelem na etiopatogenetické názory zranění hamstringů.....	34
4.3.1 Kinesiologická analýza skupiny hamstringů.....	34

4.3.2 Svaly kyčelního kloubu.....	36
4.3.3 Inverse svalové aktivity v oblasti kyčelního kloubu.....	40
4.3.4 Transversální stabilita pánve.....	41
4.3.5 Svaly kolenního kloubu.....	42
4.3.6 Rizikové faktory a názory na etiopatogenezi zranění hamstringů.....	45
4.3.7 Poměr „Hamstringy:Quadriceps“.....	54
4.3.8 Vztah kolenního kloubu a zranění hamstringů.....	56
4.4 Aspekty svalové aktivity důležité pro svalovou práci.....	57
4.4.1 Svalová aktivita a funkční vztahy mezi svalovými skupinami.....	57
4.4.2 Stabilizační a fázická funkce svalů.....	59
4.4.3 Kokontrakční index.....	59
4.4.4 Koaktivace svalů dolní končetiny při dynamické stabilizaci dle Q:H indexu.....	61
4.5 Základní cyklická lokomoce chůze a běh.....	63
4.5.1 Využití běhu a chůze jako specifického fotbalového pohybu.....	63
4.5.1.1 Anatomická analýza běhu.....	64
4.5.1.2 Mechanická analýza běhu.....	65
4.5.1.3 Mechanické principy běhu dle Hamilton et al. (2012).....	66
4.5.2 Popis svalové aktivity při běhu.....	67
4.5.2.1 Vzory zapojování svalů v jednotlivých fázích běhu.....	69
4.5.2.1.1 Fáze opory.....	69
4.5.2.1.2 Letová fáze běhu – časná.....	70
4.5.2.1.3 Letová fáze běhu – střední.....	71

4.5.2.1.4 Letová fáze běhu – terminální.....	71
4.5.2.2 Popis svalové aktivity v průběhu běžeckého kroku.....	71
4.5.2.3 Popis period svalové aktivity u jednotlivých funkčních svalových skupin.....	73
4.5.2.4 Partnerská dvojice m. gluteus maximus a m. adductor magnus.....	75
4.5.2.5 Hamstringy z hlediska Lombardova paradoxu.....	76
4.6 Teoretické podklady pro sestavení tréninkového programu z hlediska roční fotbalové přípravy.....	77
4.6.1 Charakteristika sportovní přípravy ve fotbale.....	77
4.6.1.1 Členění ročního tréninkového cyklu ve fotbale.....	77
4.6.1.2 Fotbalový trénink.....	78
4.6.1.3 Popis tréninkové jednotky ve fotbale.....	79
4.6.1.4 Principy regenerace a zotavení.....	81
4.6.2 Základy tréninku se zřetelem na prevenci zranění.....	83
4.6.3 Zahraniční studie zabývající se problematikou preventivních postupů u hráčů fotbalu.....	88
4.6.3.1 Přehled intervencí používaných v zahraničních studiích.....	96
4.6.3.1.1 Arnason et al. (2008).....	96
4.6.3.1.2 Askling et al. (2003).....	96
4.6.3.1.3 Brooks et al. (2006).....	97
4.6.3.1.4 Brughelli et al. (2010).....	98
4.6.3.1.5 Clark et al. (2005).....	98
4.6.3.1.6 Croisier et al. (2002).....	99
4.6.3.1.7 Croisier et al. (2008).....	99

4.6.3.1.8 Gabbe et al. (2006).....	99
4.6.3.1.9 Holcomb et al. (2007).....	100
4.6.3.1.10 Kaminski et al. (1998).....	100
4.6.3.1.11 Nelson, Bandy (2004).....	101
4.7 Popis tréninkových postupů v rámci tréninkového programu.....	102
4.7.1 Rozcvičení.....	102
4.7.2 Strečinkový program a možnosti využití různých strečinkových metod.....	104
4.7.2.1 Strečinkové metody a obecné zásady aplikace strečinku.....	106
4.7.2.1.1 Statický strečink.....	108
4.7.2.1.2 Švihový, tzv. balistický, strečink.....	109
4.7.2.1.3 PNF strečink.....	110
4.7.2.1.4 Dynamický strečink.....	111
4.7.2.1.5 Aktivní a pasivní strečink.....	112
4.7.2.2 Zařazení strečinku v rámci tréninkové jednotky a charakter strečinkového programu.....	112
4.7.2.3 Metodika strečinku, počet opakování a doba výdrže strečinkových cvičení.....	116
4.7.2.4 Strečink a výkonnost.....	118
4.7.2.5 Vliv strečinku na protažení hamstringů.....	122
4.7.3 Posilovací a stabilizační cvičení.....	123
4.7.3.1 Posilování svalů dolních končetin.....	126
4.7.3.2 Posilovací cvičení podle charakteru svalové aktivity.....	127
4.7.3.2.1 Koncentrické cvičení.....	127

4.7.3.2.2 Excentrické cvičení.....	128
4.7.3.2.3 Isometrické cvičení.....	129
4.7.3.3 Dynamická stabilizace jako základ sportovního výkonu.....	130
4.7.3.4 Typy tréninku a tréninkové proměnné ovlivňující objem zatížení a charakter zátěže.....	131
4.7.3.5 Squat.....	134
4.7.3.5.1 Squat a jeho varianty.....	136
4.7.3.5.2 Technika a provedení cviku squat.....	137
4.7.3.5.3 Squat jako forma excentrického tréninku.....	139
4.7.3.5.4 Squat jako forma tréninku koordinace a stabilizačních funkcí.....	140
4.7.3.5.5 Svalová aktivita v jednotlivých fázích cviku squat.....	141
4.7.3.5.6 Squat v prevenci zranění hamstringů.....	144
5. Výsledková část.....	145
5.1 Dotazníkové šetření.....	145
5.2 Tréninkový program.....	145
5.3 Výsledky dotazníkového šetření.....	146
5.4 Výsledky experimentu.....	147
5.4.1 Proband 1.....	148
5.4.2 Proband 2.....	152
5.4.3 Proband 3.....	156
5.4.4 Proband 4.....	160
5.4.5 Proband 5.....	164

5.4.6 Proband 6.....	169
5.4.7 Proband 7.....	172
5.4.8 Proband 8.....	176
5.4.9 Proband 9.....	180
5.4.10 Intraindividuální komparace timingu zapojení svalů.....	183
5.4.11 Statistické vyhodnocení koaktivačních poměrů.....	185
6. Diskuse.....	188
6.1 Zhodnocení provedeného experimentu.....	188
6.2 Výsledky provedeného experimentu.....	189
6.3 Omezení experimentu.....	203
7. Závěr.....	205
8. Seznam citované literatury.....	207
9. Seznam zkratk a jejich definic.....	226
10. Přílohy.....	228
11. Seznam příloh.....	252



## 1. ÚVOD

Předkládanou prací bychom rádi přispěli k tématu prevence jednoho z nejčastějších zranění dolních končetin u sportů vyžadujících akceleraci a provedení pohybu maximální rychlostí či maximální silou, případně kombinací těchto aktivit, zranění svalů zadní strany stehna.

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 a existuje celá řada potenciálních rizikových faktorů a názorů na etiopatogenezi tohoto zranění. Lze tedy shrnout, že neexistuje jednotný pohled na tuto problematiku. To je i důvod absence jednotného preventivního programu, který by měl sportovce před vznikem tohoto zranění „chránit“. Odborníci pod vedením FIFA/F-MARCH vytvořili obecný preventivní tréninkový program, který nazývají „F-MARCH 11+“. V tomto případě se jedná o obecný tréninkový program, který by měl přispět k prevenci všech fotbalových zranění. Na základě dlouhodobých zkušeností se zraněním hamstringů a dlouhodobé spolupráce s hráči fotbalu je naší snahou vytvořit preventivní tréninkový program, nebo případný terapeutický program pro „bezpečný“ návrat k tréninkové činnosti, pokud již ke zranění došlo. Cílem však 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.

Problematikou zranění hamstringů jsme se začali zabývat na základě osobních zkušeností s tímto zraněním, nejenom při práci s fotbalisty. Rádi bychom přispěli k prevenci tohoto zranění. Přestože se touto problematikou zabývá stále více odborné populace, není stále jednotný závěr.

Vzhledem k dané problematice jsme vytvořili vlastní dotazník, který má ozřejmit situaci v českých fotbalových klubech, zejména z hlediska četnosti zranění.

## 2. CÍL PRÁCE

### 2.1 Cíle a úkoly disertační práce

Cílem disertační práce je na základě dostupných literárních zdrojů o problematice svalového zranění u sportovců vytvořit preventivní tréninkový program zranění hamstringů u fotbalistů. Tento program aplikovat v praxi a ověřit jeho vliv na svalovou aktivitu u vybrané skupiny hráčů fotbalu. Cílem programu však není ověřovat jeho preventivní vliv v praxi z dlouhodobého hlediska a sledovat incidenci zranění hamstringů u hráčů zařazených do programu.

Cílem při experimentálním měření je u vybrané skupiny fotbalistů sledovat a ověřit efekt sestaveného programu z hlediska změny timingu zapojení vybraných svalů v oblasti pletence pánevního a kyčelního kloubu při základním pohybovém stereotypu polovysokého startu s následným vyběhnutím maximální rychlostí, což je pohyb blížící se charakteristickým pohybům hráče fotbalu při hře.

Pro splnění stanoveného cíle disertační práce jsou určeny následující úkoly:

- provést literární rešerši dostupné odborné literatury, zvláště pak zahraniční,
- vytvořit soubor cviků pro tréninkový program,
- realizovat výběr souboru fotbalistů,
- ohodnotit EMG aktivitu při provádění pro sport specifických pohybů,
- zpracovat a následně interpretovat zjištěné výsledky,
- provést diskusi a závěrečná doporučení.

### 2.2 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?

## 2.3 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?

### 3. METODOLOGICKÝ POSTUP

#### 3.1 Postup teoretické části práce literární rešerše a vytvoření programu

Teoretická část disertační práce je zpracována formou literární rešerše na základě informací dostupných ze zahraničních informačních zdrojů. Na základě analýzy dat jsou shromážděná data podle obsahu roztríděna 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. Informační zdroje pro vyhledávání dat jsou oborové bibliografie, referátové časopisy, online a offline databáze, katalogy knihoven, web sites; učebnice, příručky, významné monografie; periodika (tituly odborných časopisů, elektronických konferencí, novin, věstníků, zpravodajů, bulletinů, ročenek); výzkumné a vývojové zprávy, diplomové, rigorózní a disertační práce; elektronické dokumenty (CD-ROM, online dokumenty přístupné prostřednictvím Internetu). 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.

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.

Klíčová slova pro vyhledávání v jazyce angličtina jsou: Hamstrings, posterior thigh, ischiocrural muscles, m. biceps femoris, m. semimembranosus,

m. semitendinosus, muscles, injury, hamstring injury, muscle injury, muscle strain, muscle rupture, sports injury, football injury, prevention of injury, injury treatment, sports injury therapy, regeneration, stretching, muscle strengthening, muscle strength, muscle power, flexibility, excentric exercise, squat, football training, warm-up.

### 3.2 Postupy pro výsledkovou 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 představuje pilotní studii provedenou na skupině záměrně vybraných probandů, kteří představují vzorek záměrně vybrané fotbalové populace.

#### 3.2.1 Charakteristika souboru, zkoumaná 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. Vzor tohoto dotazníku je přiložen v Příloze 3 přílohové části. Vzhledem k charakteru práce jsou pro výsledkovou část použity pouze výsledky týkající se incidence zranění. Dotazování trenérů týmů zahrnutých do experimentu je provedeno s cílem zjistit stavbu a intenzitu tréninků, neboť je důležité, aby se stavba tréninků a množství odehraných zápasů v sezóně co nejvíce podobala. Takto je zajištěna homogenita zkoumaného souboru z hlediska tréninkového zatížení. Otázky položené trenérům jsou součástí Přílohy 1 přílohové části. Metoda dotazování umožňuje sledovat i jiné sportovní aktivity, kterých se hráči účastní. 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 fotbalové kluby (mužů) na úrovni 3. české fotbalové ligy a divize, Středočeský kraj a Praha. 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, který má zkušenosti s fotbalovou kondiční přípravou. Charakter tréninkových programů je hodnocen na základě informací získaných dotazováním trenérů.

Vylučujícími kritérii pro výběr respondentů 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. Pro experiment je stanovena spolupráce pouze s hráči dvou fotbalových klubů, jejichž tréninky se sobě co nejvíce podobají. Tím je zajištěna co největší homogenita sledovaného souboru z hlediska zatížení. 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, tudíž nesplnili podmínku souvislé účasti na experimentálním programu. Celkově je povolena maximálně 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.

### 3.2.2 Průběh intervence

Vybraní hráči absolvovali stanovený tréninkový program vždy první trénink týdenního mikrocyklu v průběhu soutěžního období. Jedná se tedy vždy o první trénink po zápase.

Vytvořený tréninkový program je podrobně popsán v Příloze 4 přílohové části. Program byl představen probandům, kteří byli zainstruováni k jeho správnému a pravidelnému provádění. Následně byla intervence pod dozorem fyzioterapeuta a dvou trenérů aplikována v časovém intervalu sedm týdnů. Na začátku intervence proběhlo první měření, pre-test, a po sedmi týdnech intervence kontrolní měření, post-test. Trenéři byli předem instruováni, aby dbali na správnost provádění jednotlivých cviků programu. Důraz byl kladen zejména na korekci správného provedení jednotlivých cviků.

### 3.2.3 Experimentální faktory

Základním metodologickým principem práce je dvouskupinový experiment. Použit byl 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 účastní 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.

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, který je součástí přílohové části, pozorováním a vedením preintervenčního a postintervenčního měření v rámci experimentu.

### 3.3 Metody sběru dat a jejich analýza

Sběr dat pro výsledkovou část je zajištěn pomocí telemetrického EMG přístroje Telemetry Mini Neurodata.

#### 3.3.1 Sběr dat

Sběr dat pro experiment je realizován pomocí povrchového EMG, šestnácti kanálový telemetrický EMG přístroj Telemetry 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. 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. Obecně je při sledování EMG aktivity hodnocena dominantní končetina (Yu et al., 2008). Za dominantní končetinu je považována ta, kterou hráči preferují při střelbě. Stanovení dominance dolní končetiny podle preference končetiny při střelbě je na základě studia zahraniční literatury (Larsen et al., 2005; Chan et al., 2001). Elektrody byly po celou dobu měření ponechány na shodném místě odpovídajícím motorickému bodu daného svalu. Interelektrodová vzdálenost byla 1,5 cm. EMG bylo snímáno při vyběhnutí ze startovní pozice, polovysoký start, s následnou akcelerací běhu do maximální rychlosti na vzdálenost 3 metry. Pro výchozí pozici, polovysoký start, je charakteristický stoj v čelném postavení s chodidly na šířku boků, odrazová noha vpředu, náklon trupu vpřed, dolní končetiny mírně pokrčené v kolenou, hlava v prodloužení trupu, paže pokrčené v lokti kontralaterálně k nohám. Měření probíhalo při vyběhnutí z polovysokého startu s akcelerací do maximální rychlosti. 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 z polovysokého startu bylo provedeno vyšetření MVC m. rectus femoris a hamstringů. Doba měření trvala 10 sekund. Pauza mezi měřeními byla stanovena 30 sekund, aby byl zajištěn dostatek času pro regeneraci aktivovaného svalu. Měření MVC probíhalo s dostatečným časovým odstupem od posledního měření timingu svalů, aby byl dostatek času pro regeneraci svalu, obnovu energetických zdrojů a eliminaci únavy. Interval odpočinku mezi posledním měřením timingu svalů a MVC 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 svých původních místech.

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. Vzor otázek je součástí Přílohy 2 v přílohové části.

### 3. 3. 2 Analýza dat

Data získaná na základě literární rešerše jako opora pro sestavení tréninkového programu 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, BMC 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. Hlavním tématem hledání je primární a sekundární prevence zranění hamstringů. Stanovení intenzity intervence vychází pouze z publikací zaměřených na primární prevenci zranění. Klíčovými slovy pro vyhledávání v databázích jsou: „prevence zranění hamstringů“, „prevence fotbalových zranění“, „prevence svalových zranění“, „excentrický trénink hamstringů“, „hamstringy“, „excentrický“, „zranění“, „prevence“, „trénink“, „fotbal“ a jejich varianty a kombinace. Jsou použity pouze „full texty“, abstrakty jsou vyřazeny. 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. Řada z nich byla vyřazena z důvodu nedostatečného popisu intervence nebo se studovaným tématem zabíraly spíše okrajově. 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, které shrnuje Tabulka 2 v kapitole Publikace zabývající se problematikou preventivních postupů u hráčů fotbalu.

Data získaná měřeními jsou podrobně popsána v části výsledkové a následně jsou všechna data zhodnocena a doplněna vlastním kritickým náhledem v závěrečné diskusi. Data získaná z měření v rámci experimentu jsou analyzována pomocí speciálního programu: software MyoResearch XP Master. Pro vyhodnocení výsledků je také důležité uvažovat biologickou variabilitu, například stres, podmínky prostředí, správnou instruktáž, zejména její pochopení, pravidelnost provádění tréninkového programu.

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. Otázky pokládané hráčům jsou součástí Přílohy 2 přílohové části. Výsledková část je také doplněna o expertní posouzení techniky běhu. Subjektivní reakce na intervenci a expertní posouzení techniky běhu jsou zařazeny pro doplnění informací a získání zpětné vazby od hráčů a trenérů. 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 měřeními 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 byla 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.

## 4. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

### 4.1 PROBLEMATIKA A ČETNOST ZRANĚNÍ HAMSTRINGŮ U FOTBALISTŮ

Zranění hamstringů je typické pro sporty s dynamickým, explosivním, průběhem pohybu vyžadujícím akceleraci nebo provedení pohybu maximální rychlostí nebo silou (Beijsterveldt et al., 2012; Gabbe et al., 2006; Gabbe et al., 2005; Kelton, 2007). Tyto podmínky jsou typické i pro fotbal. Základním prvkem ve fotbalu je běh. Fotbal vyžaduje intermitentní fyzickou aktivitu, během které se střídá řada různých dovedností o různé intenzitě. Během fotbalového zápasu se kombinuje explozivní běh s akcelerací a maximální sprinty včetně změn směru běhu v maximální rychlosti, dále výskoky, osobní souboje, střelba a další specifické fotbalové dovednosti. Toto vše dohromady jsou základní předpoklady pro úspěšný fotbalový výkon (Sugiura et al., 2008; Cometti et al., 2001). Výsledek fotbalového úsilí závisí na maximální síle a stavu neuromuskulárního systému. Největší požadavky jsou kladeny na dolní končetiny (Cometti et al., 2001). Hráč v průběhu jednoho zápasu uběhne přibližně 9-12 km. Za zápas běží přibližně 220× sprintem, submaximální rychlostí nebo změni směr běhu (Greco et al., 2012). Maximální síla je považována za důležitou složku fotbalové výkonnosti. Zvýšením možné síly svalové kontrakce v příslušných svalech nebo svalových skupinách dochází ke zvýšení akcelerace a rychlosti v dovednostech, které jsou v případě fotbalu kritické, například sprinty, výskoky a změny směru pohybu (Cometti et al., 2001).

Zranění hamstringů je vážné zranění vyžadující dlouhodobou léčbu. Tento typ zranění je také spojen s vysokou incidencí recidivy zranění, zejména v průběhu dvou let od vzniku prvního zranění. K recidivě zranění dochází nejčastěji v případě nedostatečné léčby zranění nebo předčasném návratu zraněného sportovce k plné tréninkové zátěži. Následkem tohoto zranění dochází k dlouhodobému výpadku zraněného sportovce ze sportovní přípravy, proto je nutné tomuto zranění předcházet. Pokud zranění hamstringů vznikne, je nezbytná řádná léčba. Následná tréninková příprava podléhá přísným pravidlům s cílem předejít recidivě zranění (Woods et al., 2004). Zranění hamstringů však nesmíme zaměňovat se svalovými křečemi, s bolestí po neobvyklém, například excentrickém cvičení (Bahr et al., 2008), nebo s přenesenou bolestí ze vzdálených struktur (Brukner, Khan, 2007).

Problematikou zranění hamstringů se zabývá řada studií (Woods et al., 2004). Na základě výsledků řady studií je možné označit zranění hamstringů za nejčastější typ zranění v mužském elitním fotbale. Výsledky z elitních soutěží v Anglii, Norsku a na Islandu ukazují, že natažení hamstringů v mužském fotbale tvoří 13-17 % všech akutních zranění (Bahr et al., 2008). Setkáváme se i s tvrzeními, že svalová zranění dolních končetin tvoří 30 % všech zranění ve fotbale. Více než 90 % všech svalových zranění postihuje čtyři hlavní svalové skupiny na dolních končetinách: hamstringy, adduktory, m. quadriceps femoris a m. gastrocnemius (Ekstrand et al., 2012). Významně vyšší prevalence zranění hamstringů v elitních soutěžích v porovnání se soutěžemi na nižších úrovních může být spojena s vyššími požadavky na výkon a větším množstvím tréninků o vyšší intenzitě než v nižších soutěžích (Copland et al., 2009)

Vzhledem k faktu, že fotbal patří mezi nejrizikovější sporty v souvislosti se zraněním hamstringů, je tato práce a výběr probandů pro experiment zaměřen na tuto skupinu sportovců.

#### 4.1.2 Četnost zranění hamstringů u profesionálních fotbalistů

Vzhledem k zaměření práce na hráče fotbalu, uvádíme pro představu četnost zranění hamstringů a recidivy tohoto zranění podle závěrů různých autorů.

Výsledky četnosti zranění hamstringů uveřejnila například Světová fotbalová asociace (FIFA) na základě zkoumání tohoto typu zranění v průběhu dvou fotbalových sezón. Na základě dlouhodobého pozorování je zranění hamstringů označeno za nejčastější zranění, neboť tvoří 12 % všech fotbalových zranění. Například v porovnání se zraněním m. quadriceps femoris dochází ke zranění hamstringů 2,5× častěji. Nejvíce zraněným svalem ze skupiny hamstringů je stanoven m. biceps femoris. Zranění m. biceps femoris představuje 53 % všech zranění hamstringů (Woods et al., 2004). Dle FIFA (Woods et al., 2004) dochází k recidivě zranění hamstringů u 12 % hráčů. Podle autorů Peterson a Hölmich (2005) je riziko recidivy zranění hamstringů 12-31 %. Vysoké procento recidivy zranění potvrzují i výsledky anketního šetření provedeného mezi českými vrcholovými sportovci (atletika, fotbal, házená,

basketbal) v rámci diplomové práce (Hnátová et al., 2008). Samozřejmě je nezbytné podotknout, že četnost recidivy zranění úzce souvisí s péčí poskytovanou zraněnému sportovci a je nezbytné dodržovat přísná pravidla pro návrat k tréninkové zátěži. Pokud toto není dodrženo a následná péče o zraněného hráče je zanedbána či je nedostatečná, riziko recidivy zranění se zvyšuje.

Verall et al. (2001) a Gabbe et al. (2002) označují zranění hamstringů za nejčastější fotbalové zranění. Vede až k 20% fotbalové zápasové absenci (Verrall et al., 2001). Nejčastěji vzniká na začátku soutěžní sezóny (Gabbe et al., 2002). K většině zranění dochází během zápasu (Dadebo, 2004). Gabbe et al. (2005) uvádějí, že k 76,9 % zranění hamstringů dochází u fotbalistů během soutěže. Vzhledem k průběhu zápasu je za nejrizikovější období vzniku zranění označována „druhá čtvrtina“ zápasu (Gabbe et al., 2002). V průběhu zápasu dochází ke vzniku přibližně dvou třetin zranění, zatímco k přibližně jedné třetině zranění dochází v průběhu tréninku (Dadebo, 2004).

Dadebo et al. (2004) popisují četnost svalových zranění u profesionálních fotbalových klubů ve Velké Británii na různé úrovni (od Premiere League až po divize). Závěrem uvádějí četnost „natržení“ hamstringů 11 % všech zranění. Zranění hamstringů podle těchto autorů tvoří jednu třetinu všech svalových „natržení“ a recidivy zranění hamstringů tvoří 14 % zranění. Ve spojitosti se zraněním hamstringů jsou zaznamenány rozdíly v četnosti zranění hamstringů u jednotlivých hráčů dle jejich postu v poli. Na základě těchto pozorování jsou útočníci popisováni jako nejčastěji zranění hráči, přestože by mohly být námitky, že záložníci jsou více náchylní ke zranění, neboť za zápas „naběhají“ více, čímž se zvyšuje svalová únava. Na základě literatury však existují podklady pro souvislost maximální rychlosti pohybu a zranění těchto svalů. Právě u útočníků je mnohem častější vyběhnutí maximální rychlostí, proto mají relativně nejvyšší riziko vzniku tohoto zranění. Druhými nejčastěji zraněnými hráči jsou obránci, záložníci jsou tímto typem zranění postižení po brankářích nejméně často (Orchard et al., 1997; Dadebo, 2004).

Jak je zmíněno výše, toto zranění vyřadí sportovce na určitou dobu z tréninkového procesu. U anglických fotbalistů (dle Woods et al., 2004) je průměrná doba tréninkové absence z důvodu zranění hamstringů podle jeho závažnosti 18-90 dní. K téměř padesáti procentům zranění (47 %) dochází v průběhu poslední třetiny prvního



poločasu a ve druhém poločasu zápasu. Při zápasu dle Woodse et al. (2004) dochází k 67 % zranění. Ostatní zranění vznikají v průběhu tréninku.

#### 4.2 ANATOMICKÉ SOUVISLOSTI SE ZRANĚNÍM HAMSTRINGŮ

Hamstringy jsou svaly zadní skupiny stehna. Začínají na tuber ischiadicum a upínají se na bérec pod kolenním kloubem. Do skupiny těchto svalů řadíme z laterální strany m. biceps femoris s jeho oběma hlavami, caput longum a caput brevis, dále „semisvaly“, tedy m. semitendinosus a m. semimembranosus, který je největším svalem této skupiny. M. semimembranosus začíná na tuber ischiadicum v „poloze“ 2 postavení hodinových ručiček a probíhá v hloubce pod m. semitendinosus. Řada jeho vláken diverguje a upíná se do mediálního menisku. Povrchověji uložený m. semitendinosus a společně s ním i m. biceps femoris začínají od tuber ischiadicum v uspořádání 4 a 7 hodinových ručiček. M. semitendinosus se upíná na přední část mediálního aspektu tibie jako součást komplexu pes anserinus. M. biceps femoris se upíná na caput fibulae. Z anatomického hlediska stojí za zmínku dvojí nervové zásobení m. biceps femoris, kdy caput longum je při vysokém štěpení n. ischiadicus zásobena prostřednictvím n. tibialis s kořenovou inervací L5, S1-3 a caput breve je zásobena prostřednictvím n. peroneus communis. Dlouhá hlava m. biceps femoris a „semisvaly“ jsou společně zásobeny z n. tibialis (Čihák, 2001; Dylevský et al., 2000; Linc, Doubková, 1999; Brukner, Khan, 2007; Kolt, Snyder-Mackler, 2003; Lipert, 2000; Woods et al., 2004; Franklyn-Miller et al., 2011). Samotné anatomické uspořádání hamstringů, dvoukloubové svaly a dvojí inervace, „předurčuje“ tyto svaly k jejich zvýšené náchylnosti ke zranění (Woods et al., 2004).

M. biceps femoris je nejčastěji zraněným svalem, možná právě pro jeho uspořádání, krátká a dlouhá hlava. Dvojí inervace hamstringů dle Woods et al. (2004), zejména rozdílné zásobení m. biceps femoris, může vést k asynchronní stimulaci obou hlav a následné nedostatečné kontrole svalového zatížení, respektive přetížení svalu z důvodu neekonomického, „špatného“, načasování kontrakce jednotlivých částí dané svalové skupiny. Brukner, Khan (2007) popisují dvojí inervaci m. biceps femoris jako možnou příčinu asynchronní aktivace obou hlav s následným snížením výkonnosti.

Tato asynchronie může být podle Dadebo et al. (2004) též příčinou lokální svalové únavy, tzv. „neurální únavy“.

Vzhledem k biartikulárnímu uspořádání hamstringů je změna jejich délky ovlivněna dvěma klouby. V některých případech se dokonce setkáváme s tvrzením, že m. biceps femoris je možné považovat za sval „tříkloubový“, neboť dlouhá hlava m. biceps femoris začíná od tuber ischiadicum, kam se upíná ligamentum sacrotuberale. Toto „triartikulární“ uspořádání svalu je ještě o něco více náchylné ke zranění než v případě biartikulárního uspořádání svalu (Woods et al., 2004). Názor o triartikulárním uspořádání svalu je však spekulativní a není známé procentuální zastoupení této „odlišnosti“ v populaci.

#### 4. 3 KINESIOLOGICKÉ ASPEKTY SVALŮ KOLENNÍHO A KYČELNÍHO

#### KLOUBU SE ZŘETEM NA ETIOPATOGENETICKÉ NÁZORY ZRANĚNÍ HAMSTRINGŮ

##### 4. 3. 1 Kinesiologicalká analýza skupiny hamstringů

Hamstringy jsou svaly dvoukloubové, s výjimkou krátké hlavy m. biceps femoris. Hamstringy jsou z hlediska jejich funkce významnými fázickými svaly, ale také svaly stabilizačními. Jejich hlavní funkcí je extenze kloubu kyčelního a flexe kloubu kolenního. Vzhledem ke kyčelnímu kloubu jsou extensory tohoto kloubu, ale podílejí se i na jeho stabilizaci. Kolenní kloub flektují a jsou významnými dynamickými stabilizátory kolenního kloubu. Dlouhá hlava m. biceps femoris zajišťuje pohyb v kloubu kyčelním i kolenním, zatímco krátká hlava se účastní pouze pohybu kolenního kloubu (Kapandji, 2002; Čihák, 2001; Hamilton et al., 2012).

Hamstringy jsou primárně extensory kyčelního kloubu a flexory kolenního kloubu. Podílí se na addukci kyčelního kloubu (Kapandji, 2002). Hamstringy se účastní addukce stehna z abdukce, je-li pohyb proti odporu a pomáhají rotovat extendovaný femur. Dlouhá hlava m. biceps femoris rotuje femur laterálně, zatímco „vnitřní hamstringy“ ho rotují mediálně (Hamilton et al., 2012). Hamstringy se společně s m. adductor magnus podílejí na zevní rotaci kyčelního kloubu (Kapandji, 2002). Véle (2006) shrnuje funkci m. biceps femoris jako flexoru kolenního kloubu a zevního

rotátoru lýtky a extensoru a zevního rotátoru kyčelního kloubu, ale také popisuje jeho podíl na addukci abdukovaného stehna. „Semisvaly“ se pak účastní extenze a vnitřní rotace kyčle a dále flexe a vnitřní rotace bérce. Hamstringy je možné podle jejich uspořádání a funkce rozdělit na mediální a laterální skupinu. Mediální skupina hamstringů se podílí na vnitřní rotaci bérce, extensory kyčelního kloubu a jsou pomocnými adduktory kyčelního kloubu. Laterální skupina se podílí na zevní rotaci bérce při flektovaném kolenním kloubu (Kapandji, 2002; Čihák, 2001; Hamilton et al., 2012).

Funkce těchto svalů je také popisována jako jedna z možných příčin jejich častého zranění. Účinnost hamstringů na kyčelní kloub je závislá na poloze kolenního kloubu (Hamilton et al., 2012; Kapandji, 2002). Největší aktivitu hamstringy vykazují jako extensory kyčle v okamžiku, kdy je koleno buď stabilizováno, nebo flektováno současně. Tyto svaly jsou téměř neaktivní během současné extenze kyčle a kolena (Hamilton et al., 2012). Je-li kyčelní kloub maximálně extendován, pozorujeme relativní prodloužení hamstringů, a tak ztrácejí část jejich výkonnosti jako flexory kolena. Tato skutečnost zdůrazňuje užitečnost monoartikulárních svalů, které mají stejnou účinnost bez ohledu na postavení kyčelního kloubu. Zamykání kolena v extenzi zvyšuje extenční aktivitu hamstringů v kyčelním kloubu. Na základě toho lze usuzovat o synergismu mezi hamstringy a m. quadriceps femoris, zejména přímé hlavě. Hamstringy jsou schopny vyvinout pouze dvě třetiny síly m. gluteus maximus (Kapandji, 2002).

Hamstringy s podporou adduktorů zajišťují dynamickou rovnováhu mezi flexí, m. iliopsoas, a extenzí kyčelního kloubu při stožení a chůzi. Při intenzivnější extenzi kyčle se musí zapojit i m. erectores trunci, neboť hyperextenze kyčle vyvolá značnou instabilitu bederní páteře, kterou tyto svaly korigují. Při vyšší zátěži, například běhu, se významněji aktivuje m. gluteus maximus (Véle, 1997).

Extensory kyčle také hrají významnou roli při stabilizaci pánve v anteroposteriorním směru. V případě anteriorního klopení pánve se těžiště přesouvá před transversální osu kyčelních kloubů. Hamstringy se aktivují, aby vyrovnaly postavení pánve. Pokud se pánev anteriorně klopí příliš rychle, musí se společně silně aktivovat m. gluteus maximus a hamstringy (Kapandji, 2002). V případě, že není zajištěna dostatečná stabilizace pánve, musí se této stabilizace zvýšeně účastnit

hamstringy, které se tak stávají náchylnějšími ke zranění. Zvýšená náchylnost hamstringů ke zranění je dána na základě zvýšení nároků na tyto svaly pro provedení pohybu, ale i zajištění stability a udržení postury. Z tohoto faktu také vycházíme v sestavení tréninkového programu.

#### 4. 3. 2 Svaly kyčelního kloubu

Běh a chůze jsou výsledkem spolupráce celé řady svalových skupin nejen svalů dolních končetin. Pro správnou svalovou spolupráci je nezbytné zapojování svalů v rámci synergisticko-antagonistického režimu (Kapandji, 2002).

Významnými svalovými skupinami pro běh v oblasti kyčelního kloubu jsou flexory a extensory kyčle. Skupinu flexorů kyčle tvoří m. iliopsoas a dvoukloubové svaly: m. rectus femoris, m. tensor fasciae latae a m. sartorius. Významným svalem pro sprint je m. iliopsoas, který je významným flexorem kyčelního kloubu. Podílí se na lateroflexi trupu, addukci a zevní rotaci femuru (Véle, 2006).

M. tensor fasciae latae je svojí funkcí blízký m. gluteus medius. Zajišťuje abdukci, flexi a vnitřní rotaci kyčle. Prostřednictvím fascia lata a iliotibiálního traktu může participovat na extensi kolena (Véle, 2006). M. tensor fasciae latae je velmi silným flexorem kyčle, kromě toho je však významným stabilizátorem pánve a silným abduktorem kyčle. Abdukci kyčle zajišťuje zejména ve vzpřímené poloze. Jeho svalová síla je přibližně poloviční v porovnání s m. gluteus medius, ale jeho páka je mnohem delší než v případě m. gluteus medius (Kapandji, 2002). Síla, kterou je tento sval schopen při abdukci vyvinout, odpovídá přibližně 60 N (Véle, 2006).

Biartikulární m. rectus femoris je silným flexorem kyčle. Jeho vliv na kyčelní kloub je velmi závislý na stupni flexe kolenního kloubu (Véle, 2006; Kapandji, 2002), zrovna tak je jeho vliv na flexi kyčelního kloubu závislý na postavení kolena (Kapandji, 2002). Obdobný vztah je typický i pro skupinu hamstringů. Výkonnost m. rectus femoris se zvyšuje se zvyšující se flexí kolenního kloubu. Toto je typické zejména pro pohyby kombinující flexi kyčle a extensi kolena jako například při chůzi (Kapandji, 2002) nebo běhu. Je-li kyčel extendována, vzdálenost mezi začátkem a úponem svalu se prodlužuje, m. rectus femoris se napíná. V tomto případě mluvíme o tzv. relativním

zkrácení. *M. rectus femoris* tak zvyšuje svoji výkonnost. Toto se děje při odrazu při běhu nebo chůzi, kdy mm. *glutei* extendují kyčel, zatímco koleno a kotník jsou flektovány. *M. quadriceps femoris* pak pracuje „nejefektivněji“ z důvodu zvýšené výkonnosti *m. rectus femoris*. V tomto případě se jakýmsi antagonisticko-synergistickým partnerem *m. rectus femoris* stává *m. gluteus maximus*. Tyto svaly jsou antagonisty pro ovlivnění kyčelního kloubu, ale synergisticky spolupracující k ovlivnění efektivity pohybu v kolenním kloubu. *M. rectus femoris* se kontrahuje tak, aby zajistil flexi kyčelního kloubu a extensi kloubu kolenního. Naopak při flexi kolena, kterou provádí hamstringy, je podporována flexe kyčle aktivitou *m. rectus femoris*. *M. rectus femoris* přispívá výkonnosti flexe kyčle. Antagonisticko-synergický vztah mezi hamstringy a *m. rectus femoris* zajišťuje současnou extensi kyčle a flexi kolena. *M. rectus femoris* zajišťuje pouze jednu pětinu celkové síly *m. quadriceps femoris*, tím pádem se nemůže samostatně účastnit plné extense kolena. Hlavní vliv na extensi kolena mají mm. vasti (Kapandji, 2002).

*M. sartorius* je posledním ze skupiny dvoukloubových svalů. V porovnání s ostatními svaly této skupiny má nejmenší tendenci ke zkrácení. Jeho hlavní funkcí je flexe kyčle se zevní rotací a mírnou abdukci. Jeho vliv na kyčelní kloub je stejně jako v případě *m. rectus femoris* závislý na postavení kolenního kloubu (Véle, 2006).

Skupinu extensorů kyčelního kloubu tvoří hamstringy, které byly popsány výše, gluteální svaly, zejména *m. gluteus maximus* a pomocný *m. adductor magnus* (Kapandji, 2002). Vzhledem k funkci hamstringů v oblasti kyčelního kloubu je nutné zdůraznit funkci gluteálních svalů nejenom jako významných extensorů kyčle.

*M. gluteus maximus* je nejsilnějším svalem v těle. Obecně se uvádí, že jeho síla odpovídá přibližně 340 N. *M. gluteus maximus* má značnou tendenci k hypotonii a inhibici, zejména při zkrácení nebo hypertonu *m. iliopsoas* (Kapandji, 2002). Hlavní funkcí *m. gluteus maximus* je vzpřímení trupu ze dřepu nebo ze sedu, extense femuru proti pánvi. Tento sval je významným antagonistou *m. iliopsoas*. Dolní partie *m. gluteus maximus* se podílí na addukci kyčle, zatímco horní partie se účastní abdukce kyčle (Véle, 2006). *M. gluteus maximus* zajišťuje abdukci kyčelního kloubu pouze prostřednictvím jeho největších vláken. Velká část tohoto svalu zajišťuje addukci kyčle. Povrchová vlákna formují část označovanou jako „deltoid kyčle“ (Kapandji, 2002). Tento sval také podporuje zevní rotaci kyčelního kloubu (Véle, 2006).

Podle Kapandjiho (2002) je m. gluteus maximus jako celek zevní rotátor, dále se zevní rotace účastní posteriorní vlákna m. gluteus medius i minimus. Je významným extensorem kyčelního kloubu (Véle, 2006). Při normální běžné chůzi je extenze zajišťována aktivitou hamstringů a činnost m. gluteus maximus není vyžadována, zatímco při běhu a skocích je aktivita m. gluteus maximus nezbytná a hraje významnou roli pro provedení pohybu (Kapandji, 2002). M. gluteus maximus je nezbytný pro výskok (Véle, 2006). Výskok je také jedním ze specifických fotbalových pohybů, zejména v osobních „hlavičkových“ soubojích.

M. gluteus medius je neméně významným svalem ze skupiny svalů hýždřových. Tento sval je schopen vyvinout asi poloviční moment síly než m. gluteus maximus. Hlavní funkcí m. gluteus medius je abdukce kyčelního kloubu, jeho přední část se podílí na vnitřní rotaci kyčelního kloubu, zatímco zadní část pomáhá při zevní rotaci a extenzi kyčelního kloubu. M. gluteus medius se významně podílí na stabilizaci pánve ve frontální rovině, zejména při chůzi a běhu, kdy na straně opory zabraňuje poklesu pánve na straně švihové končetiny. Společně s tím se aktivují adduktory švihové končetiny pro zajištění rovného směru chůze či běhu (Véle, 2006). M. gluteus medius společně s m. gluteus minimus primárně stabilizují pánev v transverzálním směru (Kapandji, 2002).

M. gluteus minimus má stejnou funkci jako m. gluteus medius, jen je podstatně slabším svalem. Vyvine moment síly odpovídající asi jedné třetině m. gluteus medius (Véle, 2006).

Vzhledem k tomu, že se gluteální svaly značnou měrou podílejí i na abdukci kyčelního kloubu, je nutné zmínit i možnost rozdělení abduktorové svalové skupiny podle sekundárního pohybu flexe/extenze a abdukce/addukce do dvou skupin. První skupinou jsou svaly podílející se na abdukci-flexi-vnitřní rotaci. Tento pohyb zajišťuje m. tensor fasciae latae, přední vlákna m. gluteus medius a převážná část m. gluteus minimus. Tyto svaly leží anteriorně vzhledem k čelní rovině procházející centrem kloubu. Druhá svalová skupina zajišťuje abdukci-extenzi-zevní rotaci. Do této skupiny řadíme posteriorní vlákna m. gluteus minimus et medius, ležící posteriorně k čelní rovině, a abdukční vlákna m. gluteus maximus. Abychom získali čistou abdukci bez jakýchkoli přídatných pohybů, musí tyto dvě svalové skupiny pracovat vyváženě jako synergisticko-antagonistický pár (Kapandji, 2002).

Stabilizační funkce abduktorové svalové skupiny vykazuje postupný nábor jednotlivých svalů této skupiny v závislosti na úhlu flexe kyčelního kloubu a pánve při opoře dolní končetiny. Při extenzi kyčelního kloubu směřuje těžiště těla posteriorně vůči transversální ose procházející kyčelními klouby. Posteriošní klopení pánve je kontrolováno napětím iliofemorálního ligamenta a kontrakcí m. tensor fasciae latae. M. tensor fascia latae zajišťuje korekci současného zadního a bočního klopení pánve. Je-li pánev v rovnováze v anteroposteriorní rovině, leží těžiště na ose kyčelních kloubů a pánev je laterálně stabilizována pomocí m. gluteus medius. Je-li pánev klopena dopředu, musí se do stabilizace zapojit m. gluteus maximus, následně m. piriformis, m. obturatorius internus a m. quadratus femoris podle postupně se zvyšující flexe trupu. Tyto svaly jsou extensory kyčle, ale při flexi kyčle také abduktory, takže se zapojují při kompenzaci jakéhokoli vychýlení pánve v anteroposteriorní a transversální rovině (Kapandji, 2002).

Zevní rotátory tvoří další funkční skupinu svalů kyčelního kloubu. Jedná se o šest krátkých, hluboko uložených, svalů spojujících pánev s femurem. Tyto svaly rotují femur zevně a přitlačují jeho hlavici do kloubní jamky (Véle, 2006). Vzhledem k tomu, že tyto svaly nejsou v práci hodnoceny, nebudou více popisovány. Pouze je nutné zmínit, že řada svalů v oblasti kyčelního kloubu je také pomocnými zevními rotátory kyčelního kloubu, což je vždy popsáno u příslušného svalu.

Vnitřní rotátory jsou méně početné než zevní rotátory. Jejich síla je přibližně jedna třetina síly zevních rotátorů. Vnitřní rotátory běží anteriorně k vertikální ose kyčelního kloubu. Mediálními rotátory kyčelního kloubu jsou m. tensor fasciae latae, m. gluteus minimus a m. gluteus medius. Pokud vnitřní rotace pokračuje za hranici 40°, stávají se m. tensor fasciae latae a m. glutei medius et minimus zevními rotátory. Jedná se o příklad inverse svalové aktivity podle polohy kyčelního kloubu. Inverse svalové aktivity vychází ze změny směru svalových vláken (Kapandji, 2002).

Skupina adduktorů stehna je tvořena pěti svaly: m. pectineus, m. adductor longus, m. adductor brevis, m. adductor magnus a m. gracilis, spojujícími pánev s femurem a jejich hlavní funkcí je addukce (Véle, 2006). Opět vzhledem k hodnoceným svalům v rámci experimentu bude podrobně popsán zejména m. adductor magnus. Nutné je však zmínit pomocnou flexi a vnitřně rotační komponentu na kyčelní kloub u m. pectineus, m. adductor longus a m. adductor brevis.

Dále se významně podílejí na stabilizaci stoje a na dynamické stabilizaci při chůzi. Skupina těchto tří svalů je v antagonistickém vztahu k m. gluteus medius a m. tensor fasciae latae (Véle, 2006). M. adductor magnus je nejsilnějším svalem skupiny adduktorů (Kapandji, 2002). Moment síly tohoto svalu odpovídá přibližně jedné třetině m. gluteus maximus (Véle, 2006). Muscolino (2011) dokonce popisuje, že m. adductor magnus je vždy pouze extensorem kyčelního kloubu. Posteriovní část m. adductor magnus se vzhledem k jeho anatomickému uspořádání a inervaci z n. tibialis, jako většina svalů skupiny hamstringů, chová jako „hamstring“. Jedná se o silný extensor, zejména v okamžiku, kdy je kyčelní kloub flektován (Brukner et al., 2012). Tento sval bývá také často zraněn. Jeho zranění bývá často zaměňováno se zraněním hamstringů (Hamilton et al., 2012).

Díky uspořádání m. adductor magnus je možný poměrně velký stupeň abdukce při zachování účinnosti svalu. Nejjadnější vlákna m. adductor magnus se společně s hamstringy podílejí na zevní rotaci kyčelního kloubu (Kapandji, 2002). Role adduktorů na flekčně extenční průběh pohybu je závislá na místě jejich začátku. Pokud odstupují od kyčle posteriovně k frontální rovině, která probíhá centrem kloubu, účastní se extenze, zejména dolní vlákna m. adductor magnus s hamstringy. Pokud mají svaly začátek na kyčelní kosti anteriorně od frontální roviny jako v případě m. pectineus, m. adductor brevis a m. adductor longus, horní vlákna m. adductor magnus a m. gracilis provádějí flexi. Role adduktorů na flekčním či extenčním pohybu je však také závislá na postavení kyčelního kloubu (Kapandji, 2002). Addukční složku pohybu mají i m. gluteus maximus, m. quadratus femoris, m. pectineus a zevní rotátory. Adduktory mají také značnou tendenci ke zkrácení (Véle, 2006).

#### 4.3.3 Inverse svalové aktivity v oblasti kyčelního kloubu

Příklad inverse svalové aktivity byl popsán již u rotátorů kyčelního kloubu. Zde se však zaměříme na podrobnější popis inverse svalové aktivity podle Kapandjho (2002) zejména v případě flekčně extenční aktivity svalů.

Fázické svaly kloubů se třemi stupni volnosti nejsou stejně aktivní ve všech polohách kloubu. Jejich druhotná aktivita může být pozměněna. Nejtypičtějším



příkladem je obrácení flekční komponenty adduktorů stehna. Při zahájení pohybu z přímého postavení jsou všechny adduktory flexory kromě zadních vláken m. adductor magnus pro prvních 20° extenčního pohybu. Flekční komponenta adduktorů se projevuje pouze do té doby, dokud je femur inferiorně od začátku každého svalu. Účinnost svalů tedy významně záleží na poloze kyčelního kloubu. Je-li kyčelní kloub maximálně flektován, vzniká v extensorech napětí. Maximální flexe kyčelního kloubu s následnou extensí kolena vyvolá dostatečné napětí extensorů kyčle pro následný silný pohyb vpřed při startu. Napětí hamstringů brzdí flexi kyčle při extendovaném kolenním kloubu (Kapandji, 2002).

Změna délky hamstringů z přímého postavení do extense je relativně malá -20°, což potvrzuje myšlenku, že hamstringy pracují neefektivněji, je-li kyčelní kloub v „poloflexi“ (Kapandji, 2002).

Inverzním svalem je také m. piriformis (Kapandji, 2002), který nebude popisován vzhledem k faktu, že nepatří mezi sledované svaly v rámci experimentu.

#### 4. 3. 4 Transversální stabilita pánve

Stabilita pánve v rovině při oboustranné opoře je zajištěna simultánní kontrakcí ipsilaterálních a kontralaterálních svalových skupin, abduktorů a adduktorů. Dysbalance v těchto svalových skupinách vede ke změnám postavení pánve (Kapandji, 2002).

Je-li opora pouze na jedné noze, je stabilita pánve zajišťována výhradně aktivitou ipsilaterálních abduktorů. Na zajištění stabilizace pánve při stoji na jedné noze se významně podílí m. gluteus medius et minimus a m. tensor fasciae latae (Kapandji, 2002).

V případě insuficience některé svalové skupiny, není tělo řádně „vybalancováno“ a pánev směřuje k opačné straně. M. tensor fasciae latae nestabilizuje pouze pánev, ale také se podílí na stabilizaci kolenního kloubu. Můžeme ho označit za aktivní kolaterální ligamentum kolenního kloubu (Kapandji, 2002).

Stabilizace pánve pomocí m. glutei a m. tensor fascia latae je základ pro chůzi. Pokud jsou tyto svaly na straně opory oslabené, dochází ke klopení pánve k opačné straně (Kapandji, 2002). Při vyšších nárocích na stabilizaci pánve při pohybu, například při běhu, se na stabilizaci podílí m. gluteus maximus.

#### 4. 3. 5 Svaly kolenního kloubu

Funkce svalů a jejich uspořádání kolem kolenního kloubu je podstatně jednodušší než tomu je v oblasti kloubu kyčelního, přestože kolenní kloub je funkčně mnohem složitější než kloub kolenní (Véle, 2006).

Svaly v oblasti kolenního kloubu zajišťují zejména flexi a extensi, přestože rozlišujeme i zevní a vnitřní rotátory kolenního kloubu. Laterálními rotátory jsou m. biceps femoris a m. tensor fasciae latae. Na vnitřní rotaci kolena se podílejí m. sartorius, „semisvaly“ a m. gracilis. Jako samostatný mediální rotátor vystupuje m. popliteus. Rozsah rotace kolenního kloubu je závislý na stupni flexe kolenního kloubu. Extense kolena je automaticky sdružena s laterální rotací v terminální fázi pohybu. Na počátku flexe kolena se vždy automaticky projevuje mediální rotace (Véle, 2006). Tyto rotační pohyby se dějí automaticky bez jakýchkoli volných pohybů (Kapandji, 2002).

Skupinu flexorů kolenního kloubu tvoří již výše zmíněné hamstringy a tři svaly upínající se na mediální část tibie, m. gracilis, m. sartorius, m. popliteus. Pomocným flexorem kolenního kloubu je také m. gastrocnemius. Celková síla flexorů kolenního kloubu je přibližně jedna třetina síly m. quadriceps femoris. Flexory kolenního kloubu jsou s výjimkou krátké hlavy m. biceps femoris a m. popliteus svaly biartikulární. Biartikulární flexory kolena společně extendují kyčel a jejich účinek na koleno je závislý na poloze kyčelního kloubu, jak je podrobněji popsáno výše. Jakmile flexe kyčle přesáhne 90°, je velice obtížné udržet plně extendované koleno, neboť množství relativního zkrácení je absorbováno elasticitou hamstringů. Jsou-li hamstringy nataženy flexí kyčle, jejich výkonnost jako flexorů kolena se zvyšuje. Příkladem může být pohyb při lezení, kdy se jedna dolní končetina pohybuje dopředu a flexe kyčle tak zvyšuje výkonnost flexorů kolena. Naopak, extense kolena podporuje aktivitu flexorů kyčle,

k tomuto dochází např. při narovnání trupu z předklonu, při lezení, kdy se zadní končetina pohybuje dopředu k ostatním (Kapandji, 2002). Flekční funkce těchto svalů je závislá na postavení pánve. Flexory kolenního kloubu se vyznačují značnou tendencí ke zkrácení (Véle, 2006).

M. sartorius je flexor (Kapandji, 2002) a vnitřní rotátor kolena (Véle, 2006).

M. gracilis je primárně adduktor a pomocný flexor kyčle, ale také flektuje koleno a účastní se vnitřní rotace kolenního kloubu (Kapandji, 2002).

M. gastrocnemius je zejména silným extensorem hlezna, ale i stabilizátorem kolenního kloubu, což je dáno jeho úpony na kondylech femuru. Aktivuje se při aktivní fázi chůze, při současné extenzi hlezna a kolena. Antagonisticko-synergisticky spolupracuje s m. quadriceps femoris (Kapandji, 2002).

Extensorovou skupinu kolenního kloubu tvoří m. quadriceps femoris, který se skládá z biartikulárního m. rectus femoris a ze tří monoartikulárních mm. vasti, m. vastus medialis, lateralis et intermedius. Všechny svaly se postupně sbíhají v jednu úponovou šlachu, do které je zavzata patela a upínají se prostřednictvím ligamentum patellae na tibií. M. quadriceps femoris jako celek vyvine sílu přes 400 N. Pouze asi jedna pětina síly připadá na m. rectus femoris. Účinnost tohoto svalu je značně závislá na postavení kyčle, jak je popsáno výše. Při flexi v kyčli je extenční účinek na bérce nižší než při extenzi kyčelního kloubu. Pro stabilizaci kolenního kloubu jsou nezbytné zejména mm. vasti. Nejslabším článkem ze skupiny mm. vasti je m. vastus medialis. M. quadriceps femoris jako celek je nezbytný pro chůzi a běh. Při běhu při přechodu švihové dolní končetiny vpřed se podílí na flexi kyčle s navazující extenzí kolena. Na oporové končetině je stabilita kolena při přenosu těla zajišťována dynamickými stabilizátory, extensorovou skupinou kolena, mm. vasti. Při nezátíženém stoji není stabilizační funkce m. quadriceps femoris téměř využívána. K její aktivaci dochází při posturálně vyšších nárocích, ale také tam, kde je třeba vyvinout stav připravenosti k rychlé změně polohy nebo pohybu, což je typické například pro fotbal (Véle, 2006).

Stabilizační funkce hamstringů podléhá správnému zapojení v uvedených stabilizačních vzorcích. Jejich aktivace musí být optimálně načasovaná a správně

vyvážená. Při správné dynamické stabilizaci kolenního kloubu se nejprve aktivují hamstringy, následně se zapojují mm. vasti a poslední v pořadí se zapojuje m. gastrocnemius. Preaktivace hamstringů je poměrně výrazná. Při korekci dopředné translace tibie zabírá až 40 % celé stabilizační doby. Pokud se svaly zapojují ve výše popsaném pořadí, lze mluvit o správném timingu aktivace jednotlivých svalů, ze kterého následně vychází i správné rozložení momentů sil mezi mediálními a laterálními svaly. Správné rozložení momentů sil znamená vyváženou aktivaci „semisvalů“ versus m. biceps femoris, což dokladuje Tabulka 1. Důležitá však není pouze vyvážená aktivace skupiny hamstringů, ale také vyvážená aktivace m. vastus medialis a m. vastus lateralis, nejen mezi sebou pro zajištění mediální a laterální stabilizace, ale i v závislosti na aktivitě hamstringů, proti kterým pracují. Na stabilizaci kolena se také podílí již výše zmíněný m. gastrocnemius, který táhne femur oproti tibií dorzálně za současné komprese kloubu. Pro tuto funkci je klíčové správné rozložení koaktivace s mm. vasti (Mayer, Smékal; 2004). Nesprávná stabilizační funkce těchto svalů může vést ke vzniku zranění, nejenom samotného kloubu, ale i ke vzniku svalového zranění. Nesprávná dynamická stabilizace kolenního kloubu může být v případě návratu sportovce k aktivní činnosti možnou příčinou vzniku dalších komplikací v podobě svalového zranění (Anderson et al., 2004). Z popisu funkce hamstringů je patrná jejich nezastupitelná funkce a výrazná aktivita během pohybového cyklu a tím vyšší náchylnost ke vzniku zranění.

Vyvážení aktivačních vzorců - optimalizace časování a velikosti momentu síly

- mezi hamstringy a mm. vasti (preaktivace hamstringů)
- mezi laterálními a mediálními hamstringy
- mezi m. vastus medialis a m. vastus lateralis
- mezi m. quadriceps femoris a mm. gastrocnemii

Tabulka 1 Faktory dynamické podpory funkce předního zkříženého vazů dle Mayera a Smékala (2004).

#### 4.3.6 Rizikové faktory a názory na etiopatogenezi zranění hamstringů

Brukner, Khan (2007) zastávají názor, že většině nepřímých svalových zranění se dá předejít. Abychom mohli zraněním předejít, je nutné znát všechna rizika, která predisponují jedince ke zranění. Vybrané názory jsou základem pro sestavení tréninkového programu, který podstoupili probandi v rámci experimentu.

V souvislosti se zraněním hamstringů existuje velká řada názorů vysvětlujících vznik tohoto zranění. Jediné, na čem se autoři shodují, je fakt, že se jedná o multifaktoriální etiologii zranění. V souvislosti s tímto zraněním se nejčastěji mluví o modifikovatelných, ovlivnitelných, a nemodifikovatelných, neovlivnitelných, rizikových faktorech (Hnátová et al., 2008).

Zranění hamstringů lze označit za multifaktoriální (van Beijsterveldt, 2012; Robertson, Molloy; 2007). Nepředpokládá se pouze jedna příčina, která by vedla ke vzniku zranění. Peterson, Hölmich (2005) mluví o vzniku zranění v okamžiku dosažení prahu negativně působících faktorů. Upozorňují také na skutečnost, že přestože byla navržena celá řada potenciálních rizikových faktorů vzniku zranění hamstringů, jsou evidovány pouze některé, a řada z nich je založena jen na teoretických předpokladech (Peterson, Hölmich, 2005). Na faktu, že porozumění příčině vzniku tohoto zranění a znalosti jeho rizikových faktorů vede k možnosti vytvoření preventivního programu, se shoduje řada zahraničních autorů (Arnason, 2009; Heidescheit et al., 2005; Hoskins, Pollard, 2005; Robertson, Molloy, 2007). Orchard (2001) a Woods et al. (2004) však zamítají závislost zranění hamstringů na dominanci končetiny, neboť zatím nebyla prokázána. Orchard (2001) vliv dominance, či preference končetiny, popisuje častěji v souvislosti s postižením m. quadriceps femoris. Ke zranění m. quadriceps femoris dochází častěji na dominantní dolní končetině.

Obecně se mezi rizikové faktory zranění hamstringů řadí únava, snížená kondice, zranění v anamnéze, svalová a silová dysbalance, svalové zkrácení, tréninkové chyby včetně nesprávného rozcvičení, nedostatečná stabilita oblasti bederní a nesprávné posturální zajištění a řada dalších faktorů (Clark, 2005; Jackson, 2000). Jackson (2000) uvádí jako etiologické faktory vedoucí k možnému vzniku zranění sníženou protažitelnost hamstringů, nebo jejich sníženou svalovou sílu, což může vést ke svalové dysbalanci mezi jednotlivými svaly skupiny hamstringů, ale také k dysbalanci mezi hamstringy a m. quadriceps femoris, což popisuje H:Q poměr. Dalšími predisponujícími

faktory jsou diskrepance v délce dolních končetin, bolesti zad a dysfunkce v oblasti pánve. Toto je vysvětlováno na základě rozvoje hypertonu hamstringů v závislosti na mechanickém dráždění z oblasti bederní páteře. Svaly ve zvýšeném napětí se stávají více náchylnými ke zranění. S dysfunkcí v oblasti pánve souvisí i oslabení břišních svalů. Jackson (2000) dále popisuje větší náchylnost ke zranění při neadekvátním rozcvičení, přetížení, které můžeme často pozorovat u sportovců, zejména začínajících, ať už se jedná o nováčky nebo sportovce vracející se ke sportovní aktivitě po delší pauze. Brukner et al. (2012) spojují obecně všechna svalová zranění z přetížení, včetně zranění hamstringů, se svalovou dysbalancí. Výsledkem svalové dysbalance může být změna svalové délky a síly mezi antagonistickou a agonistickou svalovou skupinou, což je popisováno H:Q poměrem. Dále poukazují na svalovou slabost, „neohebnost“ a nedostatečný svalový výkon, což může mít za následek abnormální pohybové vzory či stereotypy. Svalová dysbalance ve spojitosti se svalovou únavou pak může být příčinou svalového zranění. Podle Peterson, Hölmich (2005) představuje nízký H:Q poměr jakousi „silovou dysbalanci“. Nerovnováha v této svalové dvojici může být vnímána jako nadměrná slabost hamstringů nebo naopak nadměrná aktivita m. quadriceps femoris.

Za nemodifikovatelné faktory, které mohou úzce souviset s tímto zraněním, se považuje věk a rasa. Starší sportovci bývají tímto zraněním postiženi častěji. Vyšší incidence zranění hamstringů je popisována u černochů a aboriginců. Dalšími neovlivnitelnými faktory je předchozí zranění hamstringů nebo jiná zranění v anamnéze, například kolenního kloubu, a degenerativní změny pohybového systému. Z anamnestických dat se setkáváme s již zmíněným zraněním kolena, zejména rupturou ACL, zraněním nebo bolestmi třísel a zad, dále s osteitis pubis a zraněním hamstringů nebo jiných svalů dolních končetin, zejména svalů lýtky a m. quadriceps femoris, zvláště došlo-li k těmto zraněním v průběhu předchozích dvou let. Někdy je zdůrazňováno zejména prvních dvanáct měsíců. Dalšími popisovanými faktory jsou hmotnost a výška. Hmotnost je alespoň částečně ovlivnitelným faktorem (Bahr, Holme, 2003; Brukner, Khan, 2007; Robertson, Molloy, 2007; Verrall et al., 2001; Woods et al., 2004). Gibbs et al. (2004) popisují v souvislosti se zraněním hamstringů, třísel a osteitis pubis rozvoj změn v oblasti pánve a kyčelních kloubů. Zranění ACL v anamnéze se u hráčů rugby ukazuje jako statisticky významný faktor pro zranění hamstringů (Koulouris et al., 2007). Otázkou v případě svalových zranění stále zůstává pohlaví

a závislost na menstruačním cyklu jako tomu je v případě zvýšené náchylnosti ke zranění ACL (Murphy et al., 2003). Brukner et Khan (2007) považují předchozí zranění v anamnéze za hlavní predisponující faktor zranění, neboť v závislosti na tomto zranění dochází ke snížení svalové síly. Orchard (2001) dokonce popisuje nedávnou historii stejného zranění, případně zranění stejného druhu za nejvíce rizikový faktor. Zdůvodnění můžeme najít u Robertson et Molloy (2007) a Woods et al. (2004), kteří se shodují na tvrzení, že tato nedávná zranění vedou ke změnám biomechanických poměrů dolní končetiny a v důsledku toho i pánve, což může zvyšovat riziko vzniku zranění hamstringů. Verrall et al. (2001) a Woods et al. (2004) popisují vyšší zastoupení svalových vláken typu II jako predispozici zranění hamstringů. Toto dokazuje zvýšená četnost zranění hamstringů u černochů a aboriginců, pro které je vyšší zastoupení svalových vláken typu II typické. Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o faktory neovlivnitelné, nebudou více specifikovány. Neovlivnitelné je také anatomické uspořádání v dané oblasti a morfologie dolní končetiny, což je v souvislosti se zraněním hamstringů také často popisováno jako predisponující faktor, neboť v závislosti na anatomických a biomechanických poměrech působí jednotlivé síly a osy otáčení v kloubech (Murphy et al., 2003).

Mezi faktory, které je možné do jisté míry ovlivnit, tzv. modifikovatelné, lze zahrnout protažitelnost hamstringů, m. quadriceps femoris, ale také flexorů kyčle. V případě jejich zkrácení se zvyšuje riziko zranění. Dalším často popisovaným faktorem je snížená svalová síla hamstringů, zejména je-li dysbalance ve svalové síle v porovnání s druhou končetinou menší než 90 %. Toto je popisováno v případech již proběhlého zranění. Pokud je svalová síla zraněné končetiny menší než 90 %, pak se významně zvyšuje riziko vzniku zranění. Dále je ve spojitosti s tímto zraněním popisován omezený rozsah dorzální flexe hlezna, vadné držení těla, zejména instabilita v oblasti bederní páteře a pánve, včetně dysfunkce sakroiliakálního kloubu, což může být spojeno i s bolestí hamstringů z přenesených příčin. V souvislosti s popisem ovlivnitelných rizikových faktorů je popisována nesprávná výživa, nesprávná technika běhu nebo pro sport specifického pohybu, svalová únava z přetrénování, neadekvátní zahřátí před zátěží a jiné tréninkové chyby, předčasný návrat ke sportovní aktivitě po předchozím zranění nebo po prodělaném onemocnění (Robertson, Molloy, 2007). Verrall et al. (2001) za nejčastější svalové faktory považují svalovou slabost, zvýšenou

svalovou tuhost, vadné držení těla, zejména v oblasti bederní páteře a opět již zmiňované nedostatečné rozcvičení a svalovou únavu.

Brukner, Khan (2007) a Donaldson, Dreese (2006) připisují velký význam v souvislosti se zraněním hamstringů sníženou protažitelností m. quadriceps femoris. Gabbe et al. (2005) přikládá význam snížené protažitelnosti hamstringů, m. quadriceps femoris, m. iliopsoas, omezenému rozsahu pohybu bederní páteře, zejména do extenze, kyčelních kloubů, zejména do rotací. Také poukazuje na řízení motoriky. Witvrouw et al. (2003) popisují statisticky vyšší pravděpodobnost zranění hamstringů v případě zkrácení hamstringů nebo m. quadriceps femoris. Brukner, Khan (2007) popisují častější výskyt zranění hamstringů u sportovců, kteří se protahují méně.

Carruthers, Sancturay (citováno v Hnátová et al., 2008) popisují běh jako multiartikulární akci. Za rizikové považují změny poměrů mezi působícími silami v agonisticko-antagonistických svalových skupinách, což může mít za následek změny rozsahu pohybu v kloubech, změnu rychlosti pohybu a pohybovém vzoru kloubů. Význam také přikládají zkráceným flexorům kyčle a kompenzační slabosti gluteálních svalů, svalové „silové“ dysbalanci jednotlivých svalů, omezenému rozsahu pohybu v jednotlivých segmentech a zmiňují i možnost asynchronní inervace při jejich dvojitým nervovém zásobení.

Heynen (2001) popisuje jako příčinu vzniku zranění hamstringů dysbalanci mezi m. gluteus maximus a m. adductor magnus. Tyto svaly by měly při běhu plnit funkci neutralizační pro zajištění co nejpřímějšího pohybu v kyčelním kloubu a zajištění co největší efektivity běhu. Pokud tyto svaly nepracují vyváženě, tedy neneutralizují nežádoucí pohyby, musí hamstringy kromě zajištění požadovaného pohybu zastávat stabilizační funkci v oblasti kyčelního kloubu, aby nedocházelo ke stranovým výchylkám stehna v průběhu letové fáze končetiny. Tato dysbalance se projevuje oslabením m. gluteus maximus a zkrácením m. adductor magnus. Podle autorů je možný i obrácený charakter dysbalance. Sníženou svalovou sílu m. gluteus maximus a m. adductor magnus, koncentrickou i excentrickou, jako riziko vzniku zranění hamstringů popisují i Robertson, Molloy (2007), které tyto svaly považují za silné synergisty při extenzi kyčle. Pokud jsou tyto svaly oslabené, musí hamstringy vyvíjet větší aktivitu při extenzi kyčle. Tím roste jejich zatížení a současně i riziko poranění. V souvislosti se svalovou dysbalancí popisuje Heynen (2001) i sníženou svalovou sílu



flexorů kyčle. Hamstringy pak musí pro dosažení maximálního výkonu vyvinout mnohem větší úsilí při odrazu. Obdobně je popisováno i zkrácení nebo hypertonus flexorů kyčle, zejména m. quadriceps femoris a zkrácení iliotibiálního traktu. Flexory kyčle působí jako antagonisté extenzorů kyčle. Při hypertonu nebo zkrácení flexorů kyčle se opět musí pro dosažení stejného výkonu zapojit extensory kyčle a hamstringy. Tato zvýšená aktivita hamstringů zvyšuje jejich náchylnost ke zranění (Heynen, 2001). Při hypertonu m. iliopsoas dochází k anteverzii pánve, čímž se zvyšuje napětí hamstringů, zejména na konci letové fáze běhu (Carlson, 2008).

Změny postavení pánve, zejména ve smyslu anteverze, ale i retroverze ovlivňují tzv. lumbopelvicou stabilitu. Právě postavení pánve má významný vliv na napětí hamstringů a jejich správnou či nesprávnou funkci. Anteverzii pánve bývá spojována s oslabením m. transversus abdominis, který může způsobovat, že se hamstringy stávají funkčně „méně protažitelné“. Změny v postavení pánve způsobují zvýšené napětí hamstringů, které se snaží bránit klopení pánve do anteverze. V důsledku toho dochází ke změně ve vztahu mezi délkou a napětím svalu, a také v rámci vztahu síly a rychlosti, proto je zlepšení stability oblasti beder a pánve jedním ze základních prvků terapeutického programu po zranění hamstringů, ale mělo by být zařazeno i v rámci prevence tohoto zranění (Brukner, Khan, 2007). Wallden et Walters (2005) popisují dysfunkci v oblasti lumbopelvicé jako možnou příčinu, ale i možný následek zranění.

Dadebo et al. (2004), ale i Brukner, Khan (2007), Bencardino, Mellado (2005), Anderson et al. (2004) a Brocket et al. (2004) v souvislosti se vznikem zranění hamstringů popisují interakci více faktorů společně s neadekvátním protažením, ale upozorňují i na zvýšené riziko vzniku zranění při „extrémní“ protažitelnosti či hypermobilitě. Mezi další rizikové faktory tito autoři řadí svalovou, ale i silovou dysbalanci a nedostatečnou ohebnost. Za stejně rizikovou považují i hypermobilitu, neadekvátní rozcvičení, svalovou únavu, zranění hamstringů v anamnéze a zejména poukazují na velmi závažný problém v případě nesprávné léčby tohoto zranění. Tito autoři se pak doplňují i v popisu dalších faktorů, kam řadí nedostatečný rozsah pohybu v kloubech dolních končetin a pánve, anteverzii pánve, vadné držení těla, dysfunkci osového orgánu a posturální poruchy v oblasti bederní páteře včetně omezeného rozsahu pohybu bederní páteře, svalové zkrácení či hypertonus, nedostatečnou neuromuskulární kontrolu, předchozí zranění, neadekvátní fyzickou

kondici a svalovou sílu, nedostatečnou regeneraci či zotavení a s tím úzce související přetížení, a nesprávnou techniku daného pohybu, v tomto případě běhu.

Brukner, Khan (2007) se více zabývali popisem problematiky rozcvičení, tréninkových metod a kondice v souvislosti se zraněním hamstringů. Na základě jejich sledování se nedostatečné zahřátí a rozcvičení před výkonem jeví jako podstatný faktor zranění hamstringů. K většině zranění dochází při nedostatečném rozcvičení. Vliv na vznik zranění mají i tréninkové metody. Ke zranění hamstringů dochází zejména tam, kde je kladen důraz více na aerobní trénink než na trénink akcelerace, rychlosti a zvyšující se intenzitu běžeckých dovedností. V souvislosti s tréninkovými metodami může i náhlé zvýšení objemu a intenzity tréninku přispět ke vzniku zranění hamstringů. Tento fakt také bereme v úvahu při sestavování tréninkového programu.

Zranění hamstringů je významně spojováno s excentrickou aktivitou těchto svalů. Hamstringy se excentricky aktivují například při sprintu či při odkopu míče. Při běhu se hamstringy aktivují excentricky, aby zabránily hyperextenzi kolena a působí proti nadměrné flexi v kyčli (Brockett et al., 2004; Donaldson, Dreese, 2006). V případě excentrické svalové aktivity, ale i specifickém excentrickém tréninku, existuje riziko vzniku mikrotraumat, která vznikají v závislosti na nejednotném prodlužování sarkomer, čímž se zvyšuje náchylnost k mikrotraumatizaci zatěžované tkáně. Tato mikrotraumata mohou být při přetrvávajícím excentrickém zatížení iniciální příčinou vážnějšího zranění, proto je nutné dbát přesné tréninkové metodiky, která popisuje možnosti zatěžování tkání a jejich adaptaci na zátěž. Adaptací na tento typ zátěže dochází ke snížení rizika vzniku zranění. Právě možnou souvislost excentrického tréninku se vznikem mikrotraumat můžeme hledat ve skutečnosti, že excentrická cvičení u dříve nebo déle netrénovaných svalů bývají druhý den vnímána jako „ztuhlost“ a bolestivost (Brockett et al., 2004; Proske et al., 2004).

Dle F-MARC (2008) dochází k poranění hamstringů v okamžiku, kdy jsou akutně kontrahovány nad tolerovatelný limit při maximálním sprintu. Na základě biomechanických souvislostí se považuje za nejrizikovější moment před odlepením paty a zvednutím nohy od podložky. V tomto okamžiku se v těchto svalech předpokládá největší silový moment. V této fázi pracují hamstringy excentricky.

Ke zranění hamstringů často dochází při jejich náhlé změně svalové aktivity. Například při sprintu nejprve stabilizují koleno a následně se koncentricky účastní

extense kyčle (Anderson et al., 2004). Vzhledem k významné stabilizační funkci hamstringů na kolenní kloub může být změna jejich funkčních parametrů, zejména ve smyslu jejich zkrácení, příčinou poranění kolenního kloubu. Výsledkem této změny funkčních parametrů může být výrazné snížení jejich absolutní síly (Hrazdira et al., 2006), ale stejně tak se v závislosti na této změně funkčních parametrů může zvyšovat riziko svalového zranění.

Únava je dalším často popisovaným faktorem. Význam únavy je možná zdůrazňován na základě zvýšeného množství zranění hamstringů ke konci zápasu či tréninku, v případě fotbalu častěji v druhém poločase. Se zvyšující se nebo prodlužující se zátěží se zvyšuje únava neuromuskulárního systému. Svalová únava je spojována se sníženou schopností svalu absorbovat energii, ale může vést ve svalu k řadě fyziologických změn. Únava také vede ke snížení koncentrace a poruše koordinace a zhoršení techniky prováděného pohybu. V důsledku únavy se může projevit nekoordinovanost pohybu v podobě přídatných pohybů. S tím souvisí zvyšování nároků na zapojení biartikulárních svalů v oblasti pánve pro stabilizaci. Je dokonce popisována dřívější aktivace m. biceps femoris a m. semitendinosus při běhu maximální rychlostí při únavě (Brukner, Khan, 2007; Brocket et al., 2004; Dadebo et al., 2004; Verrall et al., 2003; Woods et al., 2004). Samozřejmě vliv může mít i tzv. sekundární únava, která je nejčastěji způsobena nedostatečným či nekvalitním spánkem, stresem, nebo nevhodnou stravou, které mohou vést k rozvoji centrální nervové únavy (Woods et al., 2004).

MacAuley (2007), Murphy et al. (2003) a Shephard et Astrand (2000) popisují řadu zevních faktorů, které mohou přispět k rozvoji tohoto zranění. Jedním z těchto faktorů je i vlastní soutěž, neboť je známo, že k většině zranění dochází právě při zápase. Značný vliv má i úroveň a pravidla soutěže, například délka poločasu v případě fotbalu. Významnou roli v rozvoji zranění hamstringů hraje i kvalita a typ obuvi, vhodné či nevhodné oblečení, povrch sportoviště, v případě fotbalu se jedná o střídání umělé a přírodní trávy, používání pomůcek v podobě ortéz nebo využívání pevných tapů pro stabilizaci hlezna. Jako rizikové se jeví zatížení těla podle druhu a rychlosti vykonávaného pohybu, počtu opakování pohybu, tréninkové chyby nejenom v podobě rozcvičení a zahřátí, nedostatečné ovládnutí techniky daného pohybu, úroveň trénovanosti, nadměrné „naběhané“ vzdálenosti, rychlá progresse či vysoká intenzita

zátěže, tréninky běhu do kopců, monotónní a asymetrický trénink, únava. Tito autoři také zdůrazňují vliv podmínek zevního prostředí, počasí a povětrnostní podmínky. Také upozorňují na riziko nedostatečného příjmu tekutin i v souvislosti s tímto zraněním.

Okamžik vzniku zranění je při běhu připisován konci letové fáze, kdy hamstringy brzdí dopředný pohyb bérce. Následně musí stabilizovat kolenní kloub při dokroku nohy a dále dochází k náhlé změně jejich aktivity na koncentrickou pro zajištění odrazu prostřednictvím extenze kyčelního kloubu (MacAuley, 2007; Petersen, Hölmich, 2005, Thelen et al., 2005). Maximálního prodloužení dosahují hamstringy před dokrokem. Zároveň absorbují značné množství energie v elastických komponentách svalu. Tato energie je následně použita pro zvýšení síly generované hamstringy při koncentrické aktivitě k zajištění extenze kyčle. Tato změna aktivity je považována za kritický okamžik vzniku zranění hamstringů (Robertson, Molloy, 2007; Woods et al., 2004). Samozřejmě, že s rostoucí rychlostí běhu se zvyšují i nároky na přechod jedné aktivity v druhou, proto se zvyšující se rychlostí běhu roste i počet svalových zranění.

Největší prodloužení hamstringů na konci letové fáze při sprintu je obecně známé, ale je nutné zmínit i jisté odlišnosti v prodloužení jednotlivých svalů skupiny hamstringů. Thelen et al. (2005) popisují významnější prodloužení m. biceps femoris oproti „semisvalům“. Nejmenší změny délky vykazuje m. semimembranosus. Tím, že se m. biceps femoris prodlužuje nejvíce, pravděpodobně i vysvětluje vyšší četnost zranění v tomto svalu. Největší maximální prodloužení vykazuje m. biceps femoris v porovnání se „semisvaly“. Maximální prodloužení m. biceps femoris nastává podstatně později v rámci krokového cyklu, ale významně se nezvyšuje s rychlostí běhu. Rychlost prodloužení svalu je zaznamenána nejvyšší u m. semitendinosus v porovnání s m. biceps femoris a m. semimembranosus. Pro sprint je vyžadováno větší protažení m. biceps femoris než „semisvalů.“

Zranění hamstringů vzniká nejčastěji během tzv. „periody zranění“ na konci letové fáze běhu a velmi počáteční fáze opory. V tomto okamžiku dosahují všechny hamstringy maxima své délky. V okamžiku „periody zranění“ dosahuje m. biceps femoris maximální muskulotendinózní délky, která je větší než v případě ostatních svalů této skupiny. „Semisvaly“ jsou tedy při sprintu protaženy méně než m. biceps

femoris, což je popisováno jako důvod, proč je tento sval nejčastěji zraněn. Podle Heiderscheit et al. (2005) dosahují všechny hamstringy maxima své délky v době zranění. Chumanov et al. (2007) popisují největší natažení muskulotendinózního spojení přibližně v 90 % krokového cyklu, což odpovídá konci letové fáze. Míra natažení není závislá na rychlosti provedeného pohybu, zatímco maximální síla hamstringů a negativní muskulotendinózní práce se významně zvyšují se zvyšující se rychlostí. Aktivitou flexorů kyčelního kloubu dochází ke značnému protažení hamstringů druhostranné končetiny. Tato „spolupráce“ vede ke zvýšení rychlosti běhu. Na základě tohoto faktu je možné potvrdit, že svaly lumbopelvicke oblasti, zejména šikmé břišní svaly, m. erector spinae, m. iliopsoas a m. gluteus maximus, mají větší vliv na protažení hamstringů, než svaly ovládající koleno a kotník.

Anderson et al. (2004) a Woods et al. (2004) předpokládají zvýšenou náchylnost hamstringů ke zranění v případě svalové dysbalance mezi m. quadriceps femoris, mm. glutei a hamstringy. Tyto svaly by měly být současně v kokontrakci během oporové fáze.

U kolektivních sportů, kam se řadí i fotbal, je třeba uvažovat i nutnost rychlých reakcí a změny směru pohybu za účelem vyhnutí se protihráči, či charakter povrchu sportoviště. Je tedy nutné, aby hráči dobře ovládali techniku nejenom fotbalových dovedností, ale i samotného běhu, protože potřebují být schopni udržet si svoji maximální rychlost běhu i při změně směru pohybu (Hnátová et al., 2008).

V současné době se značně vyzdvihuje nutnost správného posturálního nastavení pro sportovní výkon a nácvik nových pohybových dovedností. Správné posturální nastavení umožňuje sportovci dosáhnout provedení pohybu v jeho maximálním rozsahu při vyvinutí minimálních sil pro stabilizaci pohybujících se segmentů. Správné posturální nastavení souvisí se správnou stabilizací páteře a pánve, což jí zajišťuje dostatečnou schopnost odolávat působení sil z dolních a horních končetin, ale zároveň i umožňuje plný rozsah pohybu kloubů dolních končetin. Nejvíce toto můžeme pozorovat na rozsahu pohybu kyčelního kloubu. Není-li posturální nastavení dostatečně zajištěno, dochází k přetěžování příslušných struktur, není dostatečná korekce daného segmentu, nebo se na této korekci musí podílet více svalů, než které jsou k tomu primárně určeny a v důsledku toho může dojít k jejich přetížení. Pro správné provedení pohybu není rozhodující vlastní svalová síla, ale kvalita zapojení

jednotlivých svalů, tedy jejich správný timing. V případě posturálních poruch se však setkáváme s nesprávným timingem zapojení jednotlivých svalů. Se správným posturálním nastavením souvisí funkčnost tzv. hlubokého stabilizačního systému páteře, v dnešní době nově označováno z anglického „core“ (Schexnayder, 1998; Šafářová et al., 2006). Svaly hlubokého stabilizačního systému by měly být do stabilizace trupu zapojeny automaticky při jakémkoli zatížení. Pokud není správný timing zapojení bránice, břišních svalů a svalů pánevního dna, v tom smyslu, že se břišní svaly zapojí dříve než bránice, dochází k výraznému zapojení extensorů bederní páteře, která se stává nestabilní. Toto pak vede k následnému přetížení hamstringů, které se musí více podílet na stabilizaci pánve (Kolář, 2005; Kolář, Lewit, 2006).

Kromě všech výše uvedených rizikových faktorů a názorů na vznik zranění hamstringů, nesmíme opomenout, že mechanické vlastnosti lidské tkáně udávají míru odolnosti na zatížení a nelze vyloučit ani okolnosti, za kterých ke zranění došlo (Bahr, Krosshaug; 2005).

#### 4. 3. 7 Poměr „Hamstringy:Quadriceps“

Partnerská dvojice hamstringy a m. quadriceps femoris pracuje nejenom antagonisticky, ale jejich vyvážená kokontrakce je nezbytná pro většinu pohybů dolní končetiny. Relativní síla těchto dvou svalů má i významný vliv na kolenní kloub. Koaktivace těchto dvou svalových skupin pomáhá stabilizovat kolenní kloub nejen proti přednímu posunu, ale také proti abdukčně-addukčnímu zatížení. Pokud se zaměříme na linii tahu těchto dvou svalových skupin, je možné pozorovat dva protilehlé trojúhelníky, které vytváří velmi stabilní uspořádání. Pokud je jeden ze svalů této skupiny příliš slabý, dochází k narušení této stabilní „konstrukce“ a kolenní kloub se stává náchylnější ke zranění. Normální poměr hamstringů a m. quadriceps femoris je popisován jako H:Q poměr a jeho hodnota by měla být okolo 55-60 %. Je však zajímavé, že u žen při dosažení dospělosti je pozorován jev snižování tohoto poměru, což může do jisté míry přispívat k vysvětlení vyššího výskytu zranění kolenního kloubu u žen (Hamilton et al., 2012). Tento poměr je však velmi často spojován se vznikem zranění hamstringů. Peterson, Hölmich (2005) připisují právě nízkému H:Q poměru, tedy jakési „silové dysbalanci“ značný význam pro zranění hamstringů. Tito autoři však

nepřipisují význam pouze tomuto poměru, ale i řadě dalších působících faktorů jako je únava, „tuhost“ hamstringů a předchozí zranění, například kolenního kloubu. Což jsou nejčastěji popisované modifikovatelné faktory v souvislosti se zraněním hamstringů. Názory na tento faktor jako rizikový se však různí, například Brockett et al. (2004) popisují spíše jako rizikové nedostatečné pochopení neuromuskulárních vzorců, které by mohly ozřejmit příčiny tohoto zranění. Nevyvážený H:Q poměr lze také označit jako určitou svalovou dysbalanci. Nejčastěji je popisována dysbalance mezi hamstringy, m. quadriceps femoris, ale také gluteálními svaly a adduktory stehna (Anderson et al., 2004; Carruthers, Sancturay, 2006). V souvislosti se svalovou dysbalancí je popisována i dysbalance silová, kterou je také možné vztáhnout k H:Q poměru. V případě silové dysbalance je možné uvažovat výrazně silnější extensorovou skupinu kolenního kloubu a neúměrně „slabou“ flexorovou skupinu kolenního kloubu, což vyjadřuje právě poměr H:Q. Vysvětlení však může být dáno dominancí jedné dolní končetiny, která může být silnější. Je však možné uvažovat i o schopnosti svalu vyvinout různě velkou sílu v závislosti na jeho velikosti. Toto lze uvažovat například v porovnávání schopnosti vyvinutí maximální svalové síly ve skupině antagonistických svalů, m. quadriceps femoris a skupina hamstringů (Hnáťová et al., 2008). Burgess (citováno v Hnáťová et al., 2008) popisuje, že by tento poměr měl být 40:60. Bahr et al. (2008; in F-MARCH) se také zabývají vysvětlením tohoto poměru. Podle těchto autorů je síla hamstringů vyjádřena relativně k síle m. quadriceps femoris právě H:Q poměrem. Tento poměr byl stanoven na základě faktu, že m. quadriceps femoris je schopen generovat rychlost a hamstringy mají určitou kapacitu odporovat výsledným silám. Nepoměr v těchto veličinách je kritickým okamžikem pro vznik zranění. Hráči s oslabenou svalovou silou hamstringů nebo s nízkým H:Q poměrem jsou vystaveni vyššímu riziku vzniku zranění. Menší svalová síla hamstringů by také měla znamenat, že síly potřebné k zabránění flexe kolena a zahájení extenze kyčle při běhu maximální rychlostí by měly převýšit toleranci muskulotendinózní jednotky, která je nejčastějším místem zranění hamstringů. Autoři Brukner, Khan (2007) a Kolt, Snyder-Mackler (2003) tento poměr popisují zejména v souvislosti s návratem zraněných sportovců k tréninkové činnosti. Pro tento případ doporučují, aby H:Q poměr dosahoval alespoň 55 %. Obecně akceptovatelný H:Q poměr při koncentrické aktivitě svalů odpovídá hodnotě 0,6 při úhlové rychlosti 60°/s. V tomto případě je možné usuzovat na stav, kdy je síla hamstringů a m. quadriceps femoris vyvážená a riziko zranění hamstringů se tak minimalizuje. Hodnota 0,6 je sice obecně akceptovatelná, ale není možné

ji generalizovat, neboť H:Q poměr se významně liší v závislosti na testovací poloze, rychlosti provedení pohybu, odporu, který je pohybu dáván, ale samozřejmě je také ovlivněn testovanou skupinou (Coombs, Garbutt, 2002).

Běžně se H:Q poměr hodnotil na základě stanovení poměru koncentrické aktivity, tedy  $H_{con}:Q_{con}$ , ale spíše by měl být hodnocen na základě funkčních vztahů, neboť spolupráce těchto dvou svalů je excentrická aktivita hamstringů a současná koncentrická aktivita m. quadriceps femoris, tedy  $H_{ecc}:Q_{con}$ . Obecně jsou však tyto poměry značně diskutovány, neboť mohou zachycovat spolupráci svalů při stabilizaci kolenního kloubu. Se zvyšující se zátěží a únavou dochází ke snížení tohoto poměru, což může mít vliv na schopnost stabilizovat kolenní kloub a zvyšovat tak jeho riziko zranění, zejména ligamentum cruciatum anterior (Greco et al., 2012).

#### 4. 3. 8 Vztah kolenního kloubu a zranění hamstringů

Nesprávné nastavení kloubu, zejména ve smyslu decentrace kloubu, jsou faktory přispívající ke zvýšenému riziku zranění kolenního kloubu. Klasickými příklady tohoto vychýlení či nesprávného postavení je valgózní a varózní postavení kolenního kloubu. Z biomechanického pohledu prochází osa dolní končetiny laterálně od středu kolenního kloubu. Je-li kolenní kloub ve flexi, nachází se v „otevřené poloze“, kdy je jeho stabilita udržována zejména svaly, šlachami a vazy. V posturální poloze, například „squatu“, je tělesná hmotnost přenášena primárně na měkké tkáně, pouze s malou podporou kostěných struktur (Hamilton et al., 2012).

Woods et al. (2004) uvádějí jako možnou příčinu vzniku zranění hamstringů částečné odchýlení osy kolenního kloubu jako důsledek poškození menisků kolenního kloubu. Důsledkem tohoto poškození může být podle autorů nadměrné zatížení m. biceps femoris, který se účastní zevní rotace flektovaného kolena a extendované kyčle. O těchto souvislostech je možné uvažovat právě ve fotbale, neboť při hře jsou zvýšené nároky na stabilizaci kolenního kloubu zejména při bránění protihráče nebo doběhnutí míče a jeho následném zpracování.



## 4. 4 ASPEKTY SVALOVÉ AKTIVITY DŮLEŽITÉ PRO SVALOVOU PRÁCI

### 4. 4. 1 Svalová aktivita a funkční vztahy mezi svalovými skupinami

Svalová kokontrakce, také označovaná jako svalová koaktivace, je definovaná jako simultánní aktivace antagonistických svalů, tedy současná aktivace agonisty a antagonisty. Agonista a antagonist jsou svaly, které pro pohyb vytvářejí významnou partnerskou dvojici pracující na principu reciproční inhibice. Při vyšší aktivitě agonisty je vždy v antagonistovi přítomno určité napětí, které má podle charakteru pohybu různou funkci. Vyvážené působení těchto protichůdně působících svalových skupin stabilizuje určitou polohu těla i jeho segmentů (Véle, 2006; Dylevský, 2007). Při rychlém balistickém pohybu, v našem případě běhu, převládá aktivace agonisty a inhibice antagonisty. Ke koaktivaci obou „partnerů“ dochází teprve v konečné fázi pohybu, kde funkcí antagonisty je zabránit poškození agonisty a příslušného kloubu (Véle, 2006). Na pohybovém projevu se tedy účastní svaly vykonávající pohyb, agonisté, a svaly pomocné, synergisté. V opačném směru pohybu vůči těmto svalům se aktivují antagonistické svaly. Pro pracovní režim v této „partnerské“ svalové skupině platí určitá pravidla svalové aktivace. Tato pravidla jsou v případě fázického pohybu, v našem případě běhu, založena na principu reciproční inhibice. V případě provedení pohybu vyšším úsilím je nutné, aby svaly pracovaly na principu koaktivace, což znamená, že již na začátku pohybu se vedle agonisty aktivují i jeho antagonisté a synergisté. Přestože je na začátku rychle provedeného pohybu antagonist relativně relaxován, musí však ke konci pohybu vyvinout značnou „brzdící“ aktivitu, kterou lze přirovnat k ochrannému servomechanismu, aby nedošlo k poškození kostních struktur. Svalová koaktivace je popisována na základě kokontrakčního indexu (Chmielewski, 2005; Véle 2006).

Agonista je sval nebo svalová skupina, která se nejvíce účastní začátku a samotného provedení pohybu. Antagonista je sval, který pracuje proti příslušnému agonistovi. Synergisté jsou svaly, které spolupracují na provedení pohybu. Ve skutečnosti většina používaných pohybů vyžaduje zapojení řady svalů jako synergistů (Neumann, 2010).

Pojem kontrakce je často používán jako synonymum slova aktivace, přestože se délka svalu zkracuje, nemění nebo dokonce prodlužuje. Termín kontrakce tak může být matoucí pro isometrickou a excentrickou svalovou aktivitu. Technicky kontrakce

nastává pouze v případě, kdy je sval aktivován koncentricky (Neumann, 2010), proto je v práci využíváno spojení excentrická aktivita.

Isometrická „kontrakce“, dle výše popsaného vysvětlení spíše isometrická aktivita, je taková aktivita svalu, kdy sval vyvine sílu při konstantní délce svalu. Nedochází ke zkrácení svalu a ani změně pohybu v příslušném kloubu (Neumann, 2010).

V případě běhu a popisu řady názorů na vznik zranění hamstringů nás zajímá zejména aktivita koncentrická a excentrická, kdy dochází ke změně délky svalu. Koncentrická aktivita je aktivita svalu, pro kterou je typické „zkrácení“ svalu. Koncentrický znamená přibližující se k centru. Během koncentrické aktivity převyšuje vnitřní moment síly opačně působící proti zevnímu momentu síly, což je patrné pohybem v kloubu ve směru aktivovaného svalu (Neumann, 2010).

Excentrická aktivita je taková aktivita svalu, kdy přestože sval vyvíjí sílu, dochází k jeho prodloužení. Excentrický znamená od centra. V průběhu excentrické aktivity převyšuje zevní moment působící síly vnitřní moment působící síly. V tomto případě se kloub pohybuje ve směru udávaném relativně větším, zevním, momentem síly (Neumann, 2010). Ve sportu tvoří excentrická svalová aktivita přibližně 80 % svalové aktivity. Excentricita je také definována jako zvýšené napětí v průběhu fyzického prodloužení muskulotendinózní jednotky na základě působení zevní síly. Typickým příkladem je decelerace pohybu nebo dopad při skoku či po výskoku (Bahr et al., 2008).

Svalovou aktivitu a míru svalové aktivace stanovujeme na základě elektromyografie. EMG je jednou z nejdůležitějších metod v kinesiologii. Na základě EMG záznamu, povrchového i hlubokého, můžeme vyhodnotit timing zapojování jednotlivých svalů, ale i stupeň aktivace jednotlivých svalů při komplexním pohybu (Neumann, 2010).

#### 4. 4. 2 Stabilizační a fázická funkce svalů

Svaly jsou rozděleny do dvou základních skupin: svaly fázické, vykonávající pohyb, a svaly zajišťující posturální stabilizaci. Fázické svaly jsou větší, silnější a povrchověji uložené. Jsou důležité zejména pro jejich primární schopnost se kontrahovat a zajišťovat pohyb velkých kloubů. Fázické svaly, také označované jako svaly záběrové, působí na pohybující se segment více kolmo a mají menší moment záběru, neboť působí ve větší vzdálenosti od osy otáčení. Fázické svaly jsou z větší části tvořeny bílými vlákny s rychlými motorickými jednotkami. Posturální svaly jsou menší, uložené hlouběji blíže kloubů. Stabilizující svaly působí paralelně s osou pohybujícího se segmentu. Stabilizaci zajišťují vtlačení hlavice do jamky. Primární funkcí těchto svalů je isometrická aktivita zajišťující udržení postury, zatímco fázické svaly vykonávají pohyb. Tyto svaly jsou tvořeny zejména červenými svalovými vlákny s pomalými motorickými jednotkami. Tato jejich stavba jim umožňuje dlouhodobou aktivitu. V souvislosti se stabilizací trupu se používá pojem „core stabilization“, což je často překládáno jako trupová stabilizace (stabilizace páteře a pánve) nebo stabilizace „jádra“. V našich podmínkách často popisované jako hluboký stabilizační systém páteře. Toto odlišení je dáno v souvislosti s nutností více stabilizovat proximální segmenty těla než segmenty distální. Při pohybu je nutné, aby se nejprve zapojily svaly zajišťující stabilizaci pohybu, a teprve potom se mohou zapojovat velké fázické svaly pro vykonání vlastního pohybu. Příkladem stabilizace je například zapojení svalů trupu a břišních svalů, které zajistí stabilizaci pánve pro flexi kyčelního kloubu, a tím umožní flexorům kyčle vyvinout větší sílu a vykonat rychlejší nebo silnější pohyb, ale také bezpečněji (Muscolino, 2011; Véle, 2006).

#### 4. 4. 3 Kokontrakční index

Svaly pracují na principu koaktivace, kterou stanovuje kokontrakční index. Údaje potřebné pro stanovení kokontrakčního indexu získáváme prostřednictvím elektromyografie.

Kokontrakční index je definován jako poměr méně aktivního svalu a více aktivního svalu násobený součtem integrované aktivity obou těchto svalů (Chmielewski, 2005; Véle 2006). Kokontrakce je stanovena použitím rovnice,

kterou popsal Rudolph et al. (citováno v Palmieri-Smith et al., 2009). Tato rovnice je ve tvaru:  $EMGS/EMGL \times (EMGS + EMGL)$ . EMGS je hodnota méně aktivního svalu. EMGL je aktivita více aktivního svalu. Tento index je násoben součtem aktivity obou svalů. Tato rovnice byla aplikována na některá data získaná v našich měřeních. Výpočet této kokontrakce umožňuje hodnotit míru zapojení svalových skupin. Efektivní využití má při stanovení efektivních léčebných strategií po zranění nebo operacích, například ligamentum cruciatum anterior, ale i v řadě dalších obtíží, například v případě stanovení poměru zapojení m. quadriceps femoris a hamstringů, což je jedním z podstatných faktorů ovlivňujících míru rizika vzniku zranění hamstringů (Chmielewski, 2005).

Palmieri-Smith et al. (2009) se při hodnocení MVIC zaměřili na peak amplitudy, který hodnotili ze tří provedených měření. Jedno měření probíhalo po dobu 5 sekund, kdy účastníci byli instruováni k udržení stanovené polohy. Pauza mezi jednotlivými kontrakcemi byla 10 sekund. Data dynamického EMG byla normalizována vzhledem k větší hodnotě „peaku“ všech tří měření MVIC nebo „peaku“ EMG aktivity během doskoku při hodnoceném úkolu. Hurd a Snyder-Mackler (2007) hodnotili MVIC po dobu 2 sekund. Pauza mezi jednotlivými měřeními byla 4 sekundy. Maximální EMG signál byl definován jako nejvyšší úroveň EMG dat nalezená během všech dynamických nebo MVIC měření. Provedena byla tři měření. Fonseca et al. (2004) hodnotili MVC aktivitu m. vastus lateralis a m. biceps femoris. Měření probíhala po dobu 6 sekund a pro hodnocení byly využity dvousekundové úseky nejvyšší aktivity ve všech třech měřeních. Kontrakce každého svalu, který vytvořil největší EMG aktivitu, byla vybrána pro normalizaci EMG signálu získaného během testu kokontrakce. Pro každý hodnocený sval byla získána střední kvadratická hodnota, která reprezentuje intenzitu MVC použitou pro normalizaci EMG signálu získaného během testu kokontrakce. EMG signály byly normalizovány k nejvyšší střední kvadratické hodnotě pozorované v každém svalu během testu MVC. Kokontrakce byla počítána jako přesahující plocha normalizovaného signálu EMG m. vastus lateralis a m. biceps femoris. Tato plocha, která přesahuje, reprezentuje intenzitu simultánní svalové aktivity, tedy úroveň kokontrakce dvou testovaných svalů. Fonseca et al. (2004) stanovili tuto metodu ke kvantitativnímu ohodnocení kokontrakce, což demonstrovali stanovením koeficientu reliability 0.957 při využití metody test-posttest.

Podle Pavlů et al. (2012) vypovídá dynamický ko-kontrakční stupeň o neutrálních mechanismech řízení, ve kterých se podílí významným způsobem aktivace gama systému ze stimulace kloubních a ligamentových mechanoreceptorů. Hodnota ko-kontrakčního stupně do jisté míry koreluje s neurálním mechanismem zajišťujícím kloubní stabilitu a vypovídá o jemných zpětnovazebných mechanismech předcházejících vlastní aktivaci alfa motoneuronů.

#### 4.4.4 Koaktivace svalů dolní končetiny při dynamické stabilizaci dle Q:H indexu

Svalová kokontrakce, jak již bylo zmíněno výše, se podílí na stabilizaci jednotlivých segmentů těla, v našem případě segmentu kolenního a kyčelního kloubu. Tuto stabilizaci zajišťují tzv. dynamické stabilizátory. V případě kolenního kloubu jsou za dynamické stabilizátory považovány hamstringy, mm. vasti a mm. gastrocnemii (Mayer, Smékal, 2004). Tato dynamická stabilizace je výrazněji uplatňována v případě absence ligamentózní podpory kolenního kloubu. Naopak, je-li svalová kokontrakce vysoká, může naopak být škodlivá, jak popisuje Hurd et al. (2007). M. quadriceps femoris a hamstringy jsou významnými stabilizátory kolenního kloubu ve frontální rovině. Na zajištění dynamické stabilizace kolena ve frontální rovině se účastní vzhledem k jejich abdukčním a addukčním vektorům působení. Tyto svaly také současně zajišťují podporu pro abdukční a addukční pohyby kolena a zdá se, že zajišťují 100 % abdukčně--addukčního zatížení (Palmieri-Smith et al., 2009). Stabilizační funkce těchto svalů je zajištěna tehdy, jsou-li tyto svaly zapojeny v daných stabilizačních vzorcích a jejich aktivace je optimálně načasovaná, a správně vyvážená. Stabilizace kolenního kloubu však není zajišťována pouze koaktivací m. quadriceps femoris, zejména mm. vasti, a hamstringů. Podstatnou roli hraje správné rozložení momentů sil mezi mediální a laterální skupinou svalů kolenního kloubu. To znamená, že je nutná nejen vyvážená aktivace m. vastus medialis a m. vastus lateralis a hamstringů, proti kterým pracují. Nezbytná je také optimální aktivace „semisvalů“ a m. biceps femoris (Mayer, Smékal, 2004). Palmieri-Smith et al. (2009) na základě hodnocení kokontrakčního indexu, kdy porovnávali mediální Q:H a laterální Q:H kokontrakční index, dospěli k závěru, že pro obě pohlaví, tedy muže i ženy, má obecně nižší míru kokontrakce mediální svalová skupina než laterální. Potvrdili tak dysbalanci v této partnerské skupině svalů. Kromě obecně nižší míry kokontrakce u mediální svalové

skupiny u žen byla zaznamenána podstatně nižší svalová aktivita m. vastus medialis v porovnání s m. vastus lateralis, ale také podstatně nižší aktivita mediální skupiny hamstringů než laterální skupiny těchto svalů. Na základě těchto výsledků, získaných pomocí hodnocení kokontrakčního indexu, je možné dokázat, že ženy upřednostňují stereotyp koaktivace laterálního vastu a hamstringů. Tento stereotyp snižuje míru zapojení mediálního vastu m. quadriceps femoris, což je považováno společně s působením řady dalších faktorů včetně hormonálních za příčinu vyššího výskytu zranění ACL u žen. Menší míra kokontrakce m. quadriceps femoris a hamstringů může přispívat k nižší stabilitě kolenního kloubu u žen než u mužů. Vyvážená kokontrakce hamstringů a m. quadriceps femoris ve frontální rovině vede ke zvýšení kloubní komprese. Ta může přispívat ke stabilizaci kolenního kloubu. Snížená kokontrakce těchto svalů může vést k zvýšené instabilitě kolenního kloubu (Palmieri-Smith et al., 2009). Vzhledem k funkci hamstringů je patrná jejich výrazná aktivita během pohybového cyklu, čímž se zvyšuje riziko jejich zranění. V případě návratu zraněného sportovce do tréninkového procesu se může jednat například o možnou příčinu vzniku dalších komplikací v podobě svalového zranění (Anderson et al., 2004). Selektivní aktivace mediální muskulatury kolena podporuje odolnost na abdukční zatížení, které je jednou z komponent mechanismu zranění ACL. Palmieri-Smith et al. (2009) se domnívají, že nevyvážená lateromediální aktivace svalů kolena může mít neblahé důsledky na kolenní kloub. Na základě těchto poznatků je možné usuzovat na stanovení kokontrakce hamstringů a m. quadriceps femoris jako o možnosti hodnocení míry rizika poškození hamstringů.

Značné varózně-valgózní zatížení kolenního kloubu během sportovních aktivit vyžaduje náležitou strategii neuromuskulární aktivace. Ta je pro kolenní kloub nezbytná, aby byl schopný odolávat značnému zatížení. Bez dostatečné dynamické stabilizace jsou ligamenta kolenního kloubu více náchylná k poškození, zejména k ruptuře (Palmieri-Smith et al., 2009). Jak bylo popsáno v rámci rizikových faktorů, zranění kolenního kloubu v anamnéze je jednou z predispozic zranění hamstringů.

## 4. 5 ZÁKLADNÍ CYKLICKÁ LOKOMOCE CHŮZE A BĚH

### 4. 5. 1 Využití běhu a chůze jako specifického fotbalového pohybu

Fotbal je sport, kde kromě specifického fotbalového pohybu, kopu do míče, a dalších specifických technik zpracování míče, můžeme sledovat i další formy lokomoce, zejména běh různou rychlostí, včetně běhu maximální rychlostí s nutností rychlého „zabrzdnění“ nebo změny pohybu, běh mírným tempem či chůzí. Jak již bylo zmíněno výše, při fotbalovém zápasu hráči uběhnou značnou vzdálenost.

Chůze je obecně popisována jako základní lokomoční stereotyp. Jedná se o komplexní pohybovou funkci, charakteristickou pro každého jedince vzhledem k jeho ontogenetickému vývoji. V chůzi, jako pohybové funkci se mohou projevit poruchy pohybového aparátu nebo nervové soustavy (Kolář, 2009). Toto uvažujeme i v případě běhu.

Běh i chůze jsou charakterizovány kyvadlovitým pohybem dolních končetin. Otázkou však zůstává, jestli může být běh maximální rychlostí takto klasifikován. Nejvýznamnějšími faktory odlišujícími běh od chůze je fáze dvojí opory, která při běhu chybí. Dokrok nohy při běhu je před těžištěm těla. Se zvyšující se rychlostí běhu se posunuje místo dokroku nohy téměř pod těžiště těla. Tato pozice nohy zmenšuje omezení způsobené oporovou fází nohy a dává větší důraz na propulzní část pohybu. Při běhu maximální rychlostí toto omezení zcela mizí. Použití termínu „hnací fáze“ pro fázi opory při běhu indikuje její propulzivní charakter (Hamilton et al., 2012).

Rychlost běhu je výsledek délky běžeckého kroku a doby trvání kroku. Tento vztah je možné vyjádřit vzorcem:  $v=d \times t$ . Změny délky a rychlosti kroku mění rychlost běhu. Ačkoli se může zdát, že prosté prodloužení kroku může vést ke zvýšení rychlosti běhu, je velmi důležité pamatovat na „omezující“, brzdící, síly. S prodloužením délky kroku, se zvyšuje tato „omezující“ síla. Výsledkem je neefektivní změna. Při změnách rychlosti běhu je náročné udržení běžecké efektivity (Hamilton et al., 2012). Se zvyšující se rychlostí běhu se zkracuje fáze opory. S tím souvisí nároky na svalovou kontraktilitu a nábor většího množství svalových vláken (Bukner, 2012). Rychlost běhu není dána přímou úměrou mezi délkou a frekvencí kroků. Při zvýšení krokové frekvence se naopak jejich délka zkracuje. Tréninkem je možné délku kroku prodloužit

a zlepšit celkový běžecký výkon. Prodloužení kroku získáme zefektivněním odrazového náponu v hlezenním, kolenním a kyčelním kloubu a zároveň vyšším „vytažením“ švihového kolena. Délka kroku však významně závisí na konstitučních předpokladech každého sportovce. Optimální poměr délky a frekvence kroku je závislý na „optimálním“ poměru těchto dvou veličin, které jsou závislé na tělesných proporcích, rychlosti běhu, povrchu sportoviště, délce trati a na kondičních předpokladech. S rostoucí únavou se krok zkracuje a dochází ke snížení krokové frekvence (Tvrzník et al., 2004).

Okamžikem přechodu chůze v běh se obecně rozumí okamžik, kdy úsilí pro udržení rychlosti chůze je příliš velké, tak přejde v běh. Toto obecně, však obráceně, platí i pro přechod z běhu do chůze. Přechod z běhu se většinou, s drobnými obměnami, děje při rychlosti pohybu 2 m/s (Hamilton et al., 2012). Tyto změny jsou pro fotbal typické.

Rozlišujeme dva základní typy běhu. Prvním je vlastní běh, závodní a prostý, pro které je typické udržení pouze jednoho směru a čas, za který se daná vzdálenost uběhne. Druhým typem běhu je běh jako součást sportovních her, kde je nutné vzít v potaz změny směru pohybu, náhlou změnu rychlosti pohybu a nutnost schopnosti stabilizovat pohyb. Technika běhu se liší podle účelu, ale základní anatomické a mechanické aspekty pohybu jsou stejné bez ohledu na jeho účel (Hamilton et al., 2012).

#### 4. 5. 1. 1 Anatomická analýza běhu

Rozdílnost pohybu v kloubech končetin při chůzi a běhu je otázkou rozsahu pohybu a koordinace. Pohyb v kloubu je v podstatě stejný, ale při běhu je rozsah pohybu obecně mnohem větší. Toto je patrné zejména při pohybu švihové nohy. Rozdílnost v koordinaci je evidentní během letové fáze pohybu a při absenci dvojí opory nohy (Hamilton et al., 2012).

Letová fáze začíná odrazem nohy od palce a končí dokrokem nohy. Jedná se o pohyb, kdy se více účastní svaly než vlastní kyv. Svaly jsou více aktivní v porovnání s fází opory. Při rychlém běhu může být iniciální kontakt nohy v oblasti polštářků chodidla, zatímco při pomalém běhu je iniciální kontakt na patu nebo celé chodidlo.



Flektovaná končetina je v průběhu letové fáze přenášena svalovinou kyčelního kloubu, což snižuje moment setrvačnosti a zvyšuje úhlovou rychlost dopředného pohybu stehna a pohání tak těžiště těla vpřed. V průběhu letové fáze dochází k aktivnímu pohybu bérce švihové končetiny vpřed s následným aktivním dokrokem na podložku, kdy začíná fáze opory (Hamilton et al., 2012; Tvrzník et al., 2004).

Fáze opory začíná kontaktem přednoží s podložkou a končí „odlepením“ palce při odrazu a přechází do fáze letu. V závislosti na rychlosti běhu je při dokroku úhel kolenního kloubu 10-20° flexe. Při dokroku je nezbytné tlumení nárazu nohy na podložku. Tento jev je označován jako amortizace pohybu. Jedná se o nezbytný moment při pohybu nejen z hlediska techniky běhu, ale i z pohledu prevence zranění. V průběhu této doby přechází koleno a kotník z flexe do extense tím, jak se tělo přenáší přes nohu a přechází do letové fáze. Fáze opory, tedy odrazu, se zkracuje se zvyšující se rychlostí běhu (Hamilton et al., 2012; Tvrzník et al., 2004).

#### 4. 5. 1. 2 Mechanická analýza běhu

Rychlost běhu je dána délkou a frekvencí kroků. Rychlejší běžci mají delší krok při stejné frekvenci kroků, než ti pomalejší a slabší běžci. Délka kroku je dána délkou dolních končetin, rozsahem pohybu v kyčelním kloubu a silou extensorů dolní končetiny, které ženou tělo vpřed. Délka letové fáze je závislá na úhlu vzletu. Úhel vzletu je vzdálenost mezi odrazovou nohou a těžištěm těla, které je v tuto chvíli před odrazovou nohou. Délka letové fáze dále závisí na rychlosti projekce těla a na výšce těžiště v okamžiku odrazu i dopadu. Rychlost běžeckého kroku je ovlivněna rychlostí svalové kontrakce a pohybovými dovednostmi sportovce (Hamilton et al., 2012).

Při běhu, stejně jako při chůzi, se uplatňují vnitřní a zevní síly, které vykonávají, ale i brzdí pohyb. Vnitřní síly zajišťují a kontrolují pohyb. Zevní síly jsou například gravitace, tření a odpor vzduchu. Energie potřebná pro běh je úměrná druhé mocnině rychlosti. Ekonomika pohybu je vysoce žádoucí, ať už se jedná o běh mírným tempem nebo sprint maximální rychlostí. Úsilí vynaložené pro pohyb by mělo být co nejvíce ekonomické. K dosažení tohoto cíle je nezbytné dodržení zásad efektivity provedení pohybu (Hamilton et al., 2012).

#### 4. 5. 1. 3 Mechanické principy běhu dle Hamilton et al. (2012)

1. V souladu se zákonem setrvačnosti zůstává tělo v klidu, pokud na něj nepůsobí síla. Síla potřebná k překonání setrvačnosti je největší v okamžiku „vzletu“. Problém s překonáním setrvačnosti se snižuje se zvyšující se rychlostí běhu.
2. V souladu se zákonem zrychlení je zrychlení běhu přímo úměrné vynaložené síle. Proto se zvyšující se silou dolních končetin zvyšuje akcelerace běhu.
3. V souladu se zákonem akce-reakce má každá akce odpovídající reakci.  
Síly pro běh jsou zajišťovány prostřednictvím sil působících od země vzhůru a vpřed jako odpověď na síly působící dolů a vzad, což je dáno pohybem nohy. Čím menší je vertikální komponenta těchto sil, tím je větší horizontální komponenta. Při nejvíce efektivním běhu jsou vertikální pohyby těžiště těla redukovány na minimum. Těžiště by se při běhu nemělo nijak významně „pohupovat“ a běh by neměl působit dojmem, že dotyčný skáče. Při efektivním běhu by noha měla dopadnout na zem co nejbližší ose působení gravitace. Pokud by dokrok byl před osou těžiště, tak by reakční síly k této dopředné a dolů působící síle působily dozadu a vzhůru, což by vedlo ke zpomalení pohybu vpřed.
4. Čím více směřuje horizontálně působící síla dozadu, tím více přispívá k dopřednému pohybu těla. Laterální pohyby jsou neefektivní a ubírají na dopředné propulzi pohybu. Kolena by měla být zvedána přímo vzhůru a dopředu. Pohyb celé dolní končetiny by měl probíhat v sagitální rovině. Švih paže by měl úměrně protisměrně balancovat rotaci pánve a neměl by působit přídatné laterální pohyby.
5. Dlouhé páky vyvíjí větší rychlost v distálních částech. Maximum „hnací“ síly stehna by mělo být dosaženo co nejdříve je to možné ve fázi opory.
6. Odporové síly, které jsou dány setrvačností švihové dolní končetiny, by měly být minimalizovány flexí kolena a tažením paty vzhůru pod kyčel, čímž se dolní končetina pohybuje rychleji a ekonomičtěji. Vysoké zdvižení kolena se zvyšuje se zvyšující se rychlostí běhu.

7. Sílu odporu vzduchu lze měnit posunutím těžiště těla. Náklon těla vpřed bude působit proti čelnímu větru, zatímco zadní vítr často přispívá k lepšímu výkonu.

#### 4.5.2 Popis svalové aktivity při běhu

Svalová aktivita se mění v závislosti na rychlosti běhu. Ke zvýšení svalové aktivity dochází zejména při zvyšující se rychlosti běhu, zatímco v případě pomalejšího běhu není svalová aktivita významně změněna (Higashihara et al., 2010). Na svalovou aktivitu má kromě rychlosti běhu značný vliv i frekvence kroků. Chumanov et al. (2012) potvrdili snížení abdukční a zevně rotační složky pohybu při běhu s vyšší frekvencí kroků. Při zvýšení frekvence kroků dochází ke zvýšení svalové aktivity zejména v pozdní letové fázi (Chumanov et al., 2012). Svalová aktivita však není závislá pouze na rychlosti a frekvenci běhu. Řada dříve provedených EMG studií poukazuje na rozdílnosti svalové aktivity v závislosti na změně úhlu kolenního kloubu. Tyto rozdílnosti jsou vztahovány k morfologickým vlastnostem svalů. Morfologickými vlastnostmi jsou v tomto případě míněny délka svalového vlákna, „zpeřenosť“ svalu a moment působící síly. Lze tedy uvažovat o funkčních rozdílech jednotlivých svalů v rámci jedné svalové skupiny (Higashihara et al., 2010).

Se změnami rychlosti a frekvence běhu nepozorujeme pouze změnu svalové aktivity, ale také změny ve vzorcích svalové aktivity. Například Kyrolainen et al. (citováno v Higashihara et al., 2010) zjistili, že vzorce aktivity m. biceps femoris se při pomalém a rychlém běhu liší společně se zvyšující se rychlostí běhu. Efektivní zvýšení rychlosti vyžaduje zvýšení EMG aktivity dvoukloubových svalů během běžeckého cyklu. Obecně pozorujeme největší svalovou aktivitu při anticipaci na dokrok a během dokroku. Svalová kontrakce je důležitější v okamžiku před dokrokem a při přípravě na odraz. Zvýšení svalové aktivity pozorujeme v okamžiku přechodu z letové do oporové fáze, což vede k domněnce, že příprava na dokrok je při běhu více důležitá než odraz a počátek letové fáze (Novacheck, 1998).

Během časné oporové fáze generují hamstringy největší flexi kolena a extensi kyčle. Na základě videoanalýz zranění hamstringů bylo vypořádováno, že k největšímu množství zranění dochází v okamžiku, kdy se rychlost běhu blíží maximu a je snaha udržet nebo zvýšit rychlost běhu (Higashihara et al., 2010). Hlavními svaly generujícími

sílu pro zvýšení rychlosti běhu jsou flexory nohy při odrazu a extensory kyčle během druhé části letové fáze (Montgomery et al., 1994; Novacheck, 1998), abduktory kyčle a plantární flexory hlezna během oporové fáze (Novacheck, 1998). Toto potvrzuje výsledky, které publikovali Montgomery et al. (1994), kteří za hlavní svaly zajišťující propulzi pohybu uvádějí flexory a extensory kyčelního kloubu, a ne svaly lýtky, jak se dříve tvrdilo. Zvýšení výkonnosti sprintu závisí na stupni rychlosti konečné letové fáze a dokroku (AE et al., citováno v Wiemann, Tidow, 1995). Wiemann a Tidow (1995) však také v případech, kdy sportovec běží v mírném náklonu trupu, považují za hlavní akcelerátory sprintu během startovní fáze extensory kolena.

Aktivita hamstringů se v průběhu celého běžeckého cyklu zvyšuje se zvyšující se rychlostí běhu (Higashihara et al., 2010). Se zvyšující se frekvencí kroků, dle Chumanov et al. (2012) o 10 %, dochází ke zvýšení svalové aktivity zejména v pozdní letové fázi, která je „preaktivací“ pro dokrok. Ke zvýšení svalové aktivity m. rectus femoris a m. tibialis anterior dochází během časně letové fáze. Zvýšení aktivity mediálních i laterálních hamstringů nastává během střední a přechodu v terminální letovou fázi. Zvýšení aktivity m. gluteus maximus a medius, m. rectus femoris a mediální části m. gastrocnemius je charakteristické pro pozdní letovou a „preaktivací“ fázi (Chumanov et al., 2012). Aktivace m. biceps femoris během střední a konečné letové fáze významně vzrůstá se zvyšující se rychlostí běhu z 85 % na 95 % maxima. Aktivace m. semitendinosus se při těchto rychlostech během konečné letové fáze také významně zvyšuje. V průběhu „střední“ letové fáze, která je definovaná jako období mezi maximem flexe kolena a maximem flexe kyčle, je aktivita m. semitendinosus významně vyšší při rychlostech 75 %, 85 % a 95 % maxima. Významné změny v aktivitě hamstringů z hlediska dosažení „peaku“ jejich aktivity nacházíme během oporové a konečné letové fáze u obou svalů. V případě běhu rychlostí 95 % maxima je dosaženo statisticky významného rozdílu v okamžiku dosažení „peaku“ EMG aktivity mezi m. biceps femoris a m. semitendinosus (Higashihara et al., 2010).

Zvýšení rychlosti běhu k jeho maximu může vést k většímu natažení hamstringů a zvýšení zatížení na tuto svalovou skupinu. Tudíž rychlost běhu může mít vliv na riziko zranění těchto svalů. Ačkoli se o různém účinku jednotlivých svalů skupiny hamstringů uvažuje, je tento názor zatím pouze spekulativní (Higashihara et al., 2010).

#### 4.5.2.1 Vzory zapojování svalů v jednotlivých fázích běhu

Běžecský krok je obecně definován jako okamžik kontaktu jedné nohy do okamžiku kontaktu téže nohy (Higashihara et al., 2010; Novacheck, 1998; Montgomery et al., 1994)

Obecně je možné aktivitu svalů popisovat podle jednotlivých fází běžecského kroku. Mediální a laterální vasty zajišťují extenzi kolena na konci letové fáze běhu a pravděpodobně zajišťují stabilizaci pately. Společně s nimi se účastní m. vastus intermedius. Tento sval dále zajišťuje excentrickou kontrolu kolenního kloubu během jeho flexe. M. rectus femoris se tohoto účastní společně s m. intermedius, ale také společně s m. iliacus asistuje flexi kyčle. Hamstringy se primárně zapojují, aby excentricky kontrolovaly kyčelní kloub při flexi. M. gluteus maximus, m. adductor magnus a m. tensor fasciae latae zajišťují stabilizaci pánve. Zároveň se účastní jako pomocné flexory a extensory kyčelního kloubu (Montgomery et al., 1994).

Hamstringy se při běhu aktivují ve fázi oporové, ale také střední a konečné letové, přibližně tedy ve druhé polovině letové fáze (Higashihara et al., 2010, Novacheck, 1998). Maximální aktivace hamstringů nastává v průběhu konečné letové fáze při všech sledovaných rychlostech běhu. Významnou spolupráci svalů skupiny hamstringů je možné zaznamenat v průběhu časně a střední letové fáze. Statisticky významné rozdíly jsou patrné u oporové a konečné letové fáze při různých rychlostech běhu (Higashihara et al., 2010). Yu et al. (2008) popisují 2-3× větší aktivitu hamstringů během konečné letové fáze než při konečné oporové a časně letové fázi.

##### 4.5.2.1.1 Fáze opory

Fáze opory vyžaduje dostatečnou stabilizaci kolenního a kyčelního kloubu, přenos těžiště vpřed a zároveň zajištění energie pro následný odraz. Na stabilizaci kolenního kloubu během zatížení se podílejí všechny tři mm. vasti a m. rectus femoris. Pro stabilizaci kolenního kloubu jsou více významné všechny mm. vasti. Vykazují signifikantně větší aktivitu než m. rectus femoris. Stabilizaci kyčelního kloubu v mediolaterálním a posteriorním směru zajišťují m. adductor magnus, dolní část m. gluteus maximus a m. tensor fasciae latae. S postupným přenosem váhy těla nad oporovou končetinu se všechny tyto svaly podílejí na stabilizaci pánve. M. adductor

magnus, m. gluteus maximus a m. tensor fasciae latae se však neúčastní pouze stabilizace. Mají i funkci fázickou pro zajištění dopředného momentu pohybu a vyvinutím dostatečně silného odrazu (Montgomery et al., 1994). 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. Nároky na svalovou stabilizaci jsou na tyto svaly kladeny i v následující letové fázi (Wiemann, Tidow, 1995).

Uprostřed oporové fáze končí aktivita m. gluteus maximus přesně v okamžiku odpovídajícímu nástupu aktivity m. vastus medialis. Pro extenzi kyčle pozorujeme synergistickou aktivitu m. gluteus maximus a m. adductor magnus. Zároveň ve stejném okamžiku pozorujeme i jejich neutralizační a antagonistické působení na kyčelní kloub. V okamžiku dokroku není nutná antagonistická funkce těchto dvou svalů, protože kompenzace abdukčního účinku je zajišťována působením gravitace (Wiemann, Tidow, 1995). Snížení addukční a abdukční složky pohybu je možné i zvýšením frekvence kroků, což vede ke změnám kinetiky ve frontální rovině kyčelního kloubu a změnám kinematiky při oporové fázi (Chumanov et al., 2012).

Během oporové fáze 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 se aktivuje krátká hlava 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).

#### 4. 5. 2. 1. 2 Letová fáze běhu - časná

Časná letová fáze je charakterizována zahájením flexe kolenního kloubu, kdy se začíná aktivovat krátká hlava m. biceps femoris. M. semimembranosus a dlouhá hlava m. biceps femoris jsou „tiché“ a pro flexi kolenního kloubu se v této fázi zdají nevýznamné. V této fázi nejsou aktivní ani pro extenzi kyčle. M. rectus femoris, m. iliacus, m. tensor fasciae latae a m. adductor magnus vykazují aktivitu pro kontrolu

extense kyčelního kloubu a zahájení flexe kyčelního kloubu. M. rectus femoris se také podílí na kontrole flexe kolenního kloubu (Montgomery et al., 1994).

#### 4. 5. 2. 1. 3 Letová fáze běhu - střední

Střední letová fáze je typická dosažením vrcholu aktivity m. iliacus a m. rectus femoris pro flexi kyčelního kloubu. M. tensor fasciae latae a m. adductor magnus vykazují aktivitu jako pomocné flexory kyčle z extense kyčelního kloubu a stabilizují pánev. M. semimembranosus a dlouhá hlava m. biceps femoris se aktivují excentricky a „kontrolují“ flexi kyčle. V této fázi přetrvává aktivita krátké hlavy m. biceps femoris zajišťující flexi kolena. Flexe kolena je také podporována momentem vycházejícím z flexe kyčle (Montgomery et al., 1994).

#### 4. 5. 2. 1. 4 Letová fáze běhu – terminální

V průběhu terminální letové fáze nevykazuje m. rectus femoris aktivitu během extense kyčle. Krátká hlava m. biceps femoris a m. tensor fasciae latae kontrolují extensi kolenního kloubu. Pro extensi kyčle se aktivují m. semimembranosus, dlouhá hlava m. biceps femoris a m. gluteus maximus s asistencí m. adductor magnus, který pomáhá extendovat kyčel z flexe (Montgomery et al., 1994). V této fázi začíná aktivita m. gluteus maximus pro zajištění akcelerace „sestupného“ pohybu stehna (Wiemann, Tidow, 1995).

#### 4. 5. 2. 2 Popis svalové aktivity v průběhu běžeckého kroku

Komplex neuromuskulárních koordinačních vzorů při běžecké lokomoci je možné sledovat zejména při rychlostech blížících se maximálnímu sprinterskému výkonu. Zvýšení maximální rychlosti je dáno specifickými funkčními rozdíly každého svalu. Při 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. Proto m. biceps femoris hraje důležitou roli v zajištění dopředné propulzivní síly (Higashihara et al., 2010).

Aktivita m. semitendinosus je oproti m. biceps femoris výrazně větší v průběhu střední letové fáze, ale již ne v průběhu pozdní letové fáze, která je typická zvýšením aktivity obou těchto svalů. Vrchol aktivity m. semitendinosus nastává v porovnání s m. biceps femoris značně dříve během konečné letové fáze. Toto naznačuje, že m. semitendinosus má významnou roli při střední letové fázi běžeckého cyklu pro kontrolu kyčle a kolena. Získané výsledky také poukazují na to, že mezi střední a terminální letovou fází dochází k většímu zvýšení aktivity v porovnání s m. semitendinosus (Higashihara et al., 2010). Dlouhá hlava m. biceps femoris a m. semimembranosus se primárně podílejí na extenzi kyčle. Neúčastní se čisté flexe kolenního kloubu společně s krátkou hlavou m. biceps femoris (Montgomery et al., 1994).

Právě 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).

Aktivita jednotlivých svalů v průběhu běžeckého kroku dosahuje několika vrcholů aktivity. M. rectus femoris při běhu dosahuje obdobně jako m. vastus intermedius dvou period aktivity. První peak aktivity dosahuje během oporové fáze a druhý v průběhu střední letové fáze (Montgomery et al., 1994).

Dlouhá hlava m. biceps femoris a m. semimembranosus dosahují dvou „peaků“ aktivity. M. semimembranosus vykazuje dvě periody aktivity, první během oporové fáze a druhé během střední letové fáze. Obdobně jako m. semimembranosus dosahuje dvou period aktivity i dlouhá hlava m. biceps femoris, první během oporové fáze a druhé v průběhu konečné letové fáze. Krátká hlava m. biceps femoris dosahuje tří period aktivity. První peak pozorujeme během oporové fáze, druhou v průběhu střední letové fáze a třetí v průběhu pozdní letové fáze (Montgomery et al., 1994).

Dolní část m. gluteus maximus dosahuje pouze jedné periody aktivity. Vrcholové hodnoty dosahuje během oporové fáze (Montgomery et al., 1994).



M. adductor magnus má tři období aktivity, první ve fázi opory, druhý během fáze časně opory a třetí v průběhu střední letové fáze (Montgomery et al., 1994).

M. tensor fasciae latae vykazuje také tři periody aktivity, první v průběhu oporové fáze, druhou v průběhu časně letové fáze a třetí v průběhu střední letové fáze (Montgomery et al., 1994).

#### 4. 5. 2. 3 Popis period svalové aktivity u jednotlivých funkčních svalových skupin

Extensory kolenního kloubu, m. vastus lateralis, m. vastus medialis, m. vastus intermedius, m. rectus femoris, se aktivují koncentricky na konci letové fáze pro zahájení extenze kolena a následného dokroku. Excentricky se silně aktivují v průběhu první poloviny oporové fáze, což je od okamžiku dokroku na patu až po plný kontakt nohy, aby brzdily flexi kolena, která nastává právě na počátku oporové fáze ihned po dokroku a následně se koncentricky aktivují pro zajištění extenze kolena (Muscolino, 2011). Extensory kolena vykazují největší aktivitu během oporové fáze. Druhou periodu aktivity mají během časně a střední letové fáze, kdy je aktivní m. rectus femoris a m. vastus intermedius. Mezi těmito dvěma svaly nejsou významné rozdíly v jejich aktivitě (Montgomery et al., 1994).

Flexory kolenního kloubu mají tři základní úlohy v průběhu běžeckého kroku. Interpretace jejich funkce je poměrně obtížná vzhledem k tomu, že tyto svaly zároveň fungují jako extensory kyčle. Excentricky se tyto svaly aktivují, aby brzdily extenzi kolena před dokrokem. Následně se aktivují v okamžiku dokroku pro zajištění stabilizace kolenního kloubu během oporové fáze. V zápětí se aktivují jako flexory kolena švihové končetiny během letové fáze (Muscolino, 2011). Krátká hlava m. biceps femoris má tři periody aktivity. Dlouhá hlava m. biceps femoris a m. semimembranosus mají pouze dvě periody aktivity. Během fáze opory je významnější aktivita m. biceps femoris caput longum v porovnání s aktivitou m. semimembranosus a m. biceps femoris caput breve. Během časně a střední letové fáze vykazuje aktivitu pouze krátká hlava m. biceps femoris, zatímco m. semimembranosus a dlouhá hlava m. biceps femoris jsou „inaktivní“. Naopak během pozdní letové fáze dochází ke změně aktivity hamstringů. Významně více aktivní se stává dlouhá hlava m. biceps femoris a m. semimembranosus. (Montgomery et al., 1994).

Primární funkce flexorů kyčelního kloubu, m. iliopsoas, m. sartorius, m. rectus femoris, je koncentrická aktivita k zajištění silného švihů na počátku letové fáze. Koncentricky jsou tyto svaly aktivní pouze v první polovině letové fáze. Druhá polovina letové fáze má charakter balistického pohybu. Je dána momentem působící síly. Excentricky jsou flexory kyčle aktivní při oporové fázi běhu před odrazem nohy od palce (Muscolino, 2011). M. rectus femoris vyvíjí v oporové fázi značně větší aktivitu než m. iliacus, zatímco m. iliacus má významně vyšší aktivitu v průběhu časné a střední letové fáze (Montgomery et al., 1994).

Extensory kyčelního kloubu, m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. gluteus maximus, se aktivují excentricky pro kontrolu dopředného švihů v konečné fázi letové fáze běžeckého kroku. Silně isometricky se aktivují při dokroku švihové končetiny, aby zajistili stabilizaci pánve proti anteriornímu klopení. Tato isometrická aktivace je nezbytná, aby nedošlo k nadměrnému klopení pánve a trupu vpřed z důvodu působení setrvačných sil (Muscolino, 2011). Hlavní funkcí m. gluteus maximus při běžeckém cyklu je kontrola flexe trupu na straně oporové končetiny a „brzdit“ švihovou končetinu. Na oporové straně „kontroluje“ flexi kyčle a zajišťuje extensi stehna. Aktivita m. gluteus maximus a m. biceps femoris na straně oporové končetiny je velice podobná a u obou svalů se zvyšuje. Rozdíly v nástupu svalové aktivity mezi těmito svaly jsou minimální. Tato aktivita však potvrzuje, že m. gluteus maximus hraje významnou roli i pro extensi kyčelního kloubu (Lieberman et al., 2006). M. gluteus maximus vykazuje pouze jednu periodu aktivity během pozdní letové a oporové fáze, která se liší od dvou period aktivity m. semimembranosus a m. biceps femoris caput longum během pozdní letové a oporové fáze. Během fáze opory je peak aktivity m. biceps femoris caput longum významně vyšší než u m. semimembranosus a m. gluteus maximus. V průběhu pozdní letové fáze nejsou pozorovány významnější změny v aktivitě dlouhé hlavy m. biceps femoris a m. semimembranosus (Montgomery et al., 1994).

Funkce abduktorů, kam Muscolino (2011) řadí m. gluteus medius, m. gluteus minimus, horní vlákna m. gluteus maximus, m. tensor fasciae latae a m. sartorius, ovlivňuje hlavně pánev. Vliv na stehno již není tak významný. Aktivní jsou zejména v okamžiku fáze opory od dokroku po střední část oporové fáze, kdy stabilizují pánev. Jako stabilizátory se aktivují spíše isometricky (Muscolino, 2011).

Svaly adduktorové skupiny, kam řadíme m. adductor magnus, m. adductor longus, m. adductor brevis, m. pectineus, m. gracilis se aktivují v okamžiku dokroku, kdy pomáhají stabilizovat kyčelní kloub. Následně se aktivují během odrazu, většinou jako pomocné flexory kyčelního kloubu. Funkce adduktorů se mění v závislosti na postavení kyčelního kloubu (Muscolino, 2011).

Vnitřní rotátory kyčelního kloubu, přední vlákna m. gluteus medius a minimus, m. tensor fasciae latae, jsou aktivní zejména během oporové fáze běhu, kdy je stehno relativně fixované, neboť noha je fixována k zemi a pracuje v uzavřeném kinematickém řetězci. V závislosti na této „fixaci“ vykazují mediální rotátory kyčle reverzní aktivitu, ipsilaterální rotaci pánve vůči kyčelnímu kloubu, kdy táhnou celou pánev vpřed. Tato ipsilaterální rotace pánve pomáhá k rychlejšímu švihů končetiny vpřed (Muscolino, 2011).

Zevní rotátory, m. gluteus maximus, posteriorní vlákna m. gluteus medius a minimus, m. piriformis, m. gemellus superior a inferior, m. obturatorius internus a externus, m. quadratus femoris, jsou opět aktivní zejména při oporové fázi běhu. Jejich hlavní funkcí je kontrola aktivity mediálních rotátorů a jejich vlivu na pánev. Brání nadměrné vnitřní rotaci stehna, což může nastat v okamžiku, kdy běžec nadměrně pronuje nohu v subtalárním kloubu. Protože hlezenní kloub a extendovaný kolenní kloub nedovolují rotace, je tato rotace přenášena až do kyčelního kloubu (Muscolino, 2011).

Všechny svaly demonstrují obdobné obecné trendy zvýšené aktivity s podobnými vzory. EMG data rozlišují vzorce a amplitudy elektrické aktivity jednotlivých svalů. Funkce kontrahujícího se svalu je determinována pohybem daného kloubu, přes který sval přechází a ostatními silami, které působí na ten samý kloub při svalové aktivaci (Montgomery et al., 1994).

#### 4.5.2.4 Partnerská dvojice m. gluteus maximus a m. adductor magnus

Akcelerace při sprintu je zajišťována aktivitou extensorů kyčle. Zdá se, že nejsilnějším svalem je m. gluteus maximus, který zajišťuje největší část extense. M. gluteus maximus však také rotuje stehno zevně, zejména v okamžiku, kdy je kyčel extendována, což může vést k rotaci pánve vzad na straně švihové končetiny během

oporové fáze. M. gluteus maximus má také abdukční složku. Tyto pohybové složky svalu by mohly mít negativní vliv na přímé provedení pohybu oporové končetiny zpředu dozadu. Zevně rotační a abdukční vliv m. gluteus maximus nemá negativní vliv na provedení pohybu v okamžiku, kdy jsou tyto jeho pohybové složky neutralizovány a zároveň je podpořena jeho extenční složka pohybu na kyčelní kloub. Této neutralizační a pomocné extenční funkce se účastní m. adductor magnus, zejména jeho povrchová část, která začíná na tuber ischiadicum (Wiemann, Tidow, 1995).

Vliv m. adductor magnus na sprinterský pohyb a jeho synergistický účinek na m. gluteus maximus uvažujeme na základě jeho anatomického uspořádání a funkce. V případě flexe kyčelního kloubu je tento sval více extensorem kyčelního kloubu než jeho adduktorem. Jeho addukční efekt je minimální a uvažuje se o něm zejména při pohybu stehna v sagitální rovině, kdy je stehno téměř vertikálně pod kyčelním kloubem. Zatímco přechází kyčel oporové končetiny do extense, může m. adductor magnus „vybalancovat“ abdukční složku m. gluteus maximus. Dalším anatomickým podkladem pro zařazení m. adductor magnus mezi synergisty m. gluteus maximus je dle Wiemann a Tidow (1995) nervové zásobení povrchové části svalu společně s hamstringy prostřednictvím n. obturatorius, zatímco hlubší části svalu jsou zásobeny z n. ischiadicus (Wiemann, Tidow, 1995).

Tento fakt může vést k závěru, že povrchová část m. adductor magnus, zejména při pohybu, pro který je typická flexe kyčle, plní svoji úlohu jako extensor kyčle společně s hamstringy. Téměř ve všech situacích, kdy je kyčel flektována, rotuje stehno dovnitř, čímž právě může působit proti zevně rotační složce m. gluteus maximus. Některé studie uvádějí, že skupina adduktorů je aktivní v průběhu celého běžeckého cyklu (Wiemann, Tidow, 1995).

#### 4. 5. 2. 5 Hamstringy z hlediska Lombardova paradoxu

Hlavní funkcí skupiny hamstringů je extense kyčelního kloubu. Tyto svaly nejsou považovány pouze za extensory kyčle, ale i flexory kolena, přestože pro oporovou fázi běhu je nezbytná extense kolena. V případě dvoukloubových svalů uvažujeme o tzv. Lombardovu paradoxu, což je „paradoxní“ funkce dvoukloubových svalů. Na základě této paradoxní funkce dvoukloubových svalů

můžeme hamstringy označit jako extensory kolena. V případě hamstringů se jedná o situaci, kdy úhel v kolenním kloubu je menší než 145°. Hamstringy při oporové fázi zajišťují obojí, tedy současnou extenzi kyčle a paradoxně i extenzi kolena (Wiemann, Tidow, 1995).

#### 4.6 TEORETICKÉ PODKLADY PRO SESTAVENÍ TRÉNINKOVÉHO PROGRAMU Z HLEDISKA ROČNÍ FOTBALOVÉ PŘÍPRAVY

##### 4.6.1 Charakteristika sportovní přípravy ve fotbale

###### 4.6.1.1 Členění ročního tréninkového cyklu ve fotbale

Roční tréninkový cyklus ve fotbale dělíme z časového hlediska podle délky trvání na jednotlivé tréninkové cykly. Tréninkové cykly jsou úseky více či méně obdobné tréninkové činnosti s podobným obsahem a rozsahem, jejichž cílem je plnit určité tréninkové úkoly. Roční tréninkový cyklus se skládá z jednotlivých makrocyklů. Délka makrocyklu je obvykle jeden až tři měsíce. Rozlišujeme makrocycly přípravného, předzávodního, závodního a přechodného období. Každý makrocycly je tvořen střednědobými cykly, mezocykly, které obvykle trvají čtyři týdny, ale setkáváme se i s dvoutýdenními nebo pěti až šestitýdenními mezocykly. Mezocykly jsou tvořeny spojením dvou a více krátkodobých cyklů, mikrocyklů. Mikrocyklus obvykle trvá jeden týden a je základní jednotkou cyklů. Mikrocyklus je tvořen jednotlivými tréninkovými jednotkami a dobou volna pro zotavení (Perič, Dovalil, 2010). Ve fotbale je možné v rámci ročního tréninkového cyklu označit období, které začíná po ukončení soutěžního období jako fázi „aktivního klidu“. Pro tuto fázi je typická náhradní pohybová aktivita: například tenis, golf, plavání a řada dalších sportovních aktivit. Na období „aktivního klidu“ navazuje fáze „přípravná“, pro kterou je charakteristický velký objem tréninku s nízkou intenzitou. Následuje fáze prvního přechodu. Přechodná fáze je období mezi aerobní zátěží a navazujícím začátečním tréninkovým soustředěním, kde se postupně snižuje objem zátěže, ale zvyšuje se její intenzita. Následuje fáze soutěže, kdy by měli být všichni hráči kondičně plně zdatní a při tréninku se věnují zejména technickým dovednostem, taktice a udržení dosažené zdatnosti. Po soutěžním období následuje druhá přechodová fáze a období aktivního odpočinku (Bahr et al., 2008).

Tréninkový mikrocyklus v soutěžním období je značně přizpůsoben rozvrhu utkání. U ligových hráčů se setkáváme s jedním až dvěma zápasy týdně. Trénink před utkáním by měl být lehkého charakteru bez velké zátěže. V případě, že se utkání hraje obden, pak je v době mezi těmito utkáními pouze „lehký trénink“. Fotbalovými trenéry označované „tvrdé tréninky“ musí být zařazeny před „tréninky lehké“, alespoň dva dny před utkáním. Ve fotbalu se také často používá termín „regenerační trénink“, který je obvykle zařazen jeden den po zápase a po něm následuje buď „lehký trénink“ nebo den volna. Tyto tzv. „regenerační tréninky“ jsou zaměřeny zejména na strečink, kompenzační cvičení a specifický trénink. Po tréninku obvykle následují regenerační procedury (Bahr et al., 2008). Na základě těchto faktů a také ochoty trenérů spolupracovat na změně tréninkové jednotky, je sestavená intervence aplikována právě v den tzv. „regeneračního tréninku“.

#### 4. 6. 1. 2 Fotbalový trénink

Fotbalový trénink vyžaduje přípravu jedince i týmu na soutěž. Tréninkový proces využívá vzhledem k možnosti zatížení sportovce poznatků fyziologie a s tím spojené poznatky o adaptaci na zátěž, ale také poznatky z psychologie a biomechaniky. V současné době se trenéři obklopují i týmem specialistů jako jsou lékaři, fyzioterapeuti, biochemici a dietetici, aby dosáhli co nejvyšší pravděpodobnosti úspěchu svých svěřenců. Samotný sportovní trénink je možné definovat jako složitý a účelně organizovaný dlouhodobý proces rozvoje specializované výkonnosti sportovce ve vybraném sportovním odvětví, v našem případě fotbalu (Perič, Dovalil; 2010).

Hlavním cílem tělesného tréninku je vyvolat fyziologickou odezvu jako adaptaci na zátěž. Jejím cílem je možnost hráče účastnit se vyšší úrovně soutěže a prevence sportovních zranění. Aby bylo dosaženo adaptace, je nezbytné dodržovat přísná pravidla „dávkování“ zátěže a dostatečné regenerace. Nesmíme však zapomínat na individualitu tréninku. 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. Povahu odpovědi na tréninkovou zátěž také řídí úroveň zdatnosti před začátkem tréninkového procesu. Čím je vyšší počáteční úroveň kondice před zahájením cíleného tréninkového programu, tím je menší relativní zlepšení v rámci tohoto programu.

Pro dosažení adaptace na zátěž je nezbytná míra zatížení, která by měla přesahovat současnou úroveň kondice. Aby nedošlo ke stagnaci nebo poklesu kondice, musí mít dávkování zatížení vzestupný charakter. Progresivní zatížení je také důležitým faktorem pro sportovce bez kondice nebo sportovce po zranění. Při plánování tréninku nesmíme zapomenout ani na specifickou tréninku, která také hraje významnou roli ve fyziologické odpovědi a adaptaci na danou tréninkovou zátěž. Specifická cvičení ve fotbale spočívá v hraní hry při tréninku. Specifický tréninkový program však vede ke specifickým adaptacím. Pro fotbal jsou nejlepší formou tréninku hry jednotlivé herní činnosti (Bahr et al., 2008).

Trénink by měl obsahovat cvičení všeobecně rozvíjející i speciální. Objem a intenzita cvičení by měla být rozložena logicky v rámci krátkodobých i dlouhodobých tréninkových cyklů. Všechny tréninkové programy by měly dodržovat zásady četnosti, intenzity a trvání tréninku. Nezbytnými parametry velikosti zatížení jsou doba trvání cvičení, což zahrnuje úsek cvičení a jeho opakování, dalšími parametry jsou počet opakování cvičení, intenzita cvičení, interval odpočinku, tedy délka pauzy pro zotavení mezi jednotlivými opakováními, a způsob odpočinku. Velikost zatížení nám určuje efekt tréninku (Bahr et al., 2008, Perič, Dovalil, 2010).

#### 4.6.1.3 Popis tréninkové jednotky ve fotbale

Samotná tréninková jednotka by měla mít ustálenou strukturu ve smyslu jejích jednotlivých částí: úvodní, hlavní a závěrečná. Někdy tyto části bývají doplněny o část průpravnou, která bývá zařazena mezi úvodní a hlavní část (Perič, Dovalil, 2010).

Úvodní část slouží k přípravě organismu pro hlavní část tréninkové jednotky a její podcenění je častou příčinou vzniku zranění (Perič, Dovalil, 2010; Robertson, Molloy, 2007; Clark, 2005; Verall et al., 2001; Jackson, 2000). Hlavními úkoly úvodní části je psychická příprava na zátěž a rozcvičení. Rozcvičení má obvykle tři části: zahřátí, protažení a zpracování. Zahřátí využívá jednoduchých prostředků jako rozběhání nebo lze využít hru, například i fotbal. Cílem rozcvičení je připravit tělo na pohybovou zátěž a aktivovat kardiopulmonální systém (Perič, Dovalil, 2010). Rozcvičení je také popisováno jako cílené ovlivnění zejména somatických a vegetativních funkcí organismu cílenou pohybovou činností různé doby a intenzity

trvání pro dosažení „optimálního“ stupně připravenosti fyziologických funkcí na co nejvyšší sportovní výkon (Havlíčková a kol., 2003). Rozcvičení má připravit organismus na následující část tréninku zabezpečením zapojení zdrojů energie pro pohyb, optimalizovat činnost jednotlivých funkčních systémů a centrální nervové soustavy. Svůj význam má i synchronizace a koordinace všech systémů dohromady, zejména kardiopulmonálního a regulace tělesné teploty. Posledním úkolem úvodní části je příprava k pohybové činnosti, které bude věnována hlavní část (Perič, Dovalil, 2010). Rozcvičení by mělo trvat přibližně 20 minut, obvykle pod dohledem fyzioterapeuta nebo atletického trenéra. Je prováděno individuálně nebo skupinově, začínat by mělo všeobecnými cvičeními, na která by měl navazovat strečink svalů dolních končetin (Bahr et al., 2008). Protahání připravuje pohybový systém na zátěž a je jedním z prostředků prevence zranění (Perič, Dovalil, 2010), proto je strečink níže popsán podrobněji. Účelem rozcvičení je prevence zranění a zvýšení výkonnosti, neboť již po aktivitě trvající 10-20 minut se zvýší cévní cirkulace v kosterních svalech přibližně o 55 %. Zvýšení krevní cirkulace v kosterních svalech vede k jejich prohřátí a následnému snížení rizika zranění, neboť elastické komponenty svalu jsou mnohem náchylnější ke zranění, jsou-li nezahřáté. Doba trvání fáze zahřívání by měla být alespoň 15-20 minut v závislosti na potřebách jedince a charakteru nastávající zátěže (Brukner, Khan, 2007; Hoskins, Pollard, 2005; MacAuley, 2007; Petersen, Hölmich, 2005; Shephard, Astrand, 2000). Domníváme se, že by strečink měl být zaměřen i na oblast trupu, horních končetin, zejména u brankářů a neměla by být opomíjena oblast krční páteře, která je nejen při „hlavičkách“ také značně namáhána. Všechna cvičení v rámci rozcvičení by měla být podle F-MARCH (2008) prováděna ve stoje, aby se tělo připravovalo na specifické fotbalové dovednosti. Všeobecné cvičení by mělo zahrnovat jednoduché dynamické pohyby kloubů končetin, zad a krku (Bahr et al., 2008). Na základě těchto obecných pravidel je sestaven tréninkový program, který byl aplikován v rámci experimentu.

Hlavní část tréninku má za úkol plnit cíl tréninku. V hlavní části může probíhat pouze jeden typ zatížení, pak je organizace hlavní části monotematická, nebo naopak může být založena na rozvoji jedné i několika pohybových dovedností a schopností a je v tomto případě považována za multitematickou. Pokud je hlavní část tréninkové jednotky multitematická, může obsahovat následující cvičení na základě fyziologických zákonitostí v následujícím pořadí: koordinačně náročná cvičení, rychlostní cvičení,



silová cvičení a cvičení vytrvalostní. Obecně je posloupnost cvičení v jednotce dána jejich cílem (Perič, Dovalil, 2010).

Závěrečná část tréninku slouží ke zklidnění a k zahájení zotavných procesů. Není o nic méně důležitá než samotné rozcvičení. V podstatě by se dalo říci, že se jedná o formu aktivní regenerace. Závěrečnou část tréninku můžeme rozdělit na dvě části: dynamickou a statickou. Dynamická část zahrnuje cvičení nízkou intenzitou. Cílem je urychlení odplavení laktátu a dalších odpadních látek ze svalů, které vznikly při zatížení, a také zklidnění těla po zátěži. Využívají se například drobné hry nebo „vyklusání“ v podobě běhu nízké intenzity. Statická část zahrnuje protažení svalů a svalových skupin, které byly při tréninku zatíženy a také svalů s tendencí ke zkrácení. Protažení v závěrečné části by mělo být zejména v nižších polohách, tedy sed nebo leh, aby byla co nejvíce vyloučena gravitace a svaly měly možnost dostatečně relaxovat. Dále by ve statické části „docvičení“ měly být začleněny kompenzační a vyrovnávací cvičení jednostranné zátěže, aby se zabránilo vzniku svalových dysbalancí a rozvoji vadného držení těla. Statickým cvičením také dochází k celkovému uklidnění těla po zátěži a napomáhá procesu zotavení (Perič, Dovalil, 2010; Bahr et al., 2008). Pasivní regenerace pak je plánována fyzioterapeutem a obvykle zahrnuje klid, masáže, koupele, vířivku, saunu. Forma pasivní regenerace je individuální a také se liší tým od týmu. Nesmí se však zapomínat, že regenerace je podstatným faktorem ve všeobecném plánování fotbalového tréninku a neměla by být zanedbávána (Bahr et al., 2008).

Pro fotbal je typická skupinová forma tréninku, případně kruhový trénink. Individuální forma tréninku je obvykle využívána pouze po návratu zraněného hráče do tréninkového procesu, což však bývá v českých podmínkách obvyklé pouze u prvoligových hráčů fotbalu. Na základě spolupráce s hráči fotbalu máme zkušenosti, že na nižších úrovních soutěže není brán zřetel na individuální formu tréninku.

#### 4.6.1.4 Principy regenerace a zotavení

Regenerace, někdy také nazývána zotavení, je biologický proces obnovy přechodného poklesu funkčních schopností organismu. Často se termínu regenerace užívá ve smyslu urychlení zotavných procesů. Javůrek (1981) definuje regeneraci sil sportovce jako biologický proces, který má za úkol vyrovnat a obnovit reverzibilní

pokles funkčních schopností jednotlivých orgánů nebo celého organismu, ke kterému došlo v průběhu sportovního tréninku a závodu. Podstatným faktem je skutečnost, že adaptace na trénink vzniká v klidové fázi, proto i fáze odpočinku musí být kvalitní a dostatečně plánovaná. Proces regenerace má zajistit obnovu nebo znovuvytvoření zásob energie, reparaci strukturálního poškození svalu a zotavení nervového systému, který regeneruje nejpomaleji a jeho nedostatečná regenerace se projevuje nekoordinovaností pohybu (Bahr et al., 2008).

Vzhledem k charakteru zátěže volíme i rozdílné formy regenerace. Havlíčková (2003) rozlišuje dvě formy regenerace: aktivní a pasivní. Pasivní regenerace je forma regenerace, kdy je vyloučena fyzická aktivita zotavovaného. Jejím opakem je regenerace aktivní, kdy se k procesu urychlení regenerace využívá pohybová aktivita, která zajišťuje udržení průtoku krve v oblastech zatěžovaných tréninkem na hodnotách vyšších než klidových. Aktivní regenerací se udržuje hyperemie. V důsledku hyperemie dochází k rychlejšímu odstranění zátěžových metabolitů a tím i rychlejšímu odeznění únavy. Aktivní regenerace se využívá zejména v případech potřeby odstranění místní únavy či únavy celkové, rychle vznikající. Někdy se však po aktivní regeneraci, z tréninkového pohledu docvičení, využívají i metody pasivní regenerace, například sauna, vířivka, masáž a řada dalších pasivních procedur. Požadavky na regeneraci se zvyšují v závislosti na narůstajícím tréninkovém objemu a to v její kvalitě i kvantitě. Včasná forma regenerace sil nastupuje bezprostředně po sportovním výkonu a má působit uvolnění a uklidnění. Podcenění doby potřebné pro zotavení vede ke zvýšení rizika vzniku zranění (Havlíčková, 2003).

Volba preventivních regeneračních postupů závisí na charakteru zátěže během jednotlivých období sportovní přípravy. Metodou volby regenerace ve všech sportovních obdobích je správný životní režim zahrnující zejména dostatečný spánek, pravidelný a dostatečný pitný režim a také pravidelnou kvalitní stravu, ale nesmíme zapomínat na kompenzační cvičení a pravidelný strečink.

Správná regenerace je klíč k prevenci zranění. Zaměřím-li se na prevenci z pohledu sportovního tréninku, tak je nutné si uvědomit, že tréninkové postupy a vrcholové sportovní výkony se mnohdy pohybují na hranicích funkčních schopností lidského organismu. Proto Javůrek (1981) upozorňuje na snadné překročení této hranice

a tím riziku poškození sportovce. Regenerace sil v tréninku a po závodě představuje účinnou prevenci funkčních i organických poruch především pohybového ústrojí.

Shephard a Astrand (2000) připisují významný vliv zdraví sportovce správné životosprávě, neboť i strava značně ovlivňuje nejenom výkon, ale celkově pH vnitřního prostředí a s tím související proces regenerace. Proto je důležité, aby sportovec dbal na vyváženost stravy, dostatečný přísun tekutin a dodržoval určitý režim, který zahrnuje dostatek spánku, abstinenci alkoholu a jiných drog. Sportovci by se měli vyvarovat látkám, které by mohly přispět k rozvoji zranění, zejména zakázaným dopingovými látkám, například anabolické steroidy, lokální anestetika, kortikosteroidy, stimulantia a narkotika. Sportovci by měli dbát i na hygienu celého těla a na svoji duševní hygienu. Vyhýbat se situacím zvyšujícím jejich psychické napětí, které je s vrcholovým sportem již tak dostatečně spojeno.

#### 4. 6. 2 Základy tréninku se zřetelem na prevenci zranění

V rámci prevence fotbalových zranění nesmí být zanedbáván fyziologický efekt jednotlivých fází tréninkové jednotky, zejména vhodného rozcvičení a strečinku, ale neméně významnou roli hraje i „docvičení“ a regenerace po zátěži.

Popisuje se, že mnohostranné intervenční programy mají efektivní dopad na snížení četnosti zranění ve fotbale. Zatím nebylo prokázáno, že by tento vliv měl mít i samotný strečink (Bahr et al., 2008).

Jedním ze základních prvků prevence zranění v tréninku je již výše zmíněné řádné zahřátí, jehož účelem je příprava těla na zátěž. Rozcvičení by mělo být provedeno v závislosti na nadcházející tréninkové zátěži. Za nejefektivnější zahřátí je podle Brukner (2012) považováno jak všeobecné, tak specifické rozcvičení. Všeobecné cvičení zahrnuje například rozběhání, všeobecný strečink a odporová cvičení. Specifická cvičení zahrnují protažení a pohyby vzhledem k další tréninkové zátěži a charakteru pohybu. Mezi nepochybné výhody zahřátí patří zvýšení krevního průtoku svaly, a s tím související lepší prokrvení zatěžovaných tkání, podpora buněčného metabolismu, zvýšení senzitivity nervových receptorů, snížení aktivity alfa vláken a senzitivity svalů na protažení. Dále je v souvislosti s rozcvičením popisováno snížení

množství zranění. Toho je dosaženo zvýšením rozsahu pohybu v daných segmentech. Rozcvičení také vede ke snížení tuhosti pojivových tkání, čímž se snižuje i pravděpodobnost jejich natržení. Rozcvičení také zvyšuje kardiovaskulární odpověď na náhlé namáhavé cvičení, které je obvyklé pro hlavní část tréninkové jednotky. Rozcvičení pomáhá zvyšovat relaxaci a koncentraci. Účinek zahřátí přetrvává asi 30 minut, proto nesmí být ukončeno příliš brzy před zahájením soutěžní činnosti. Některé studie dokonce dokladují padesátiprocentní snížení rizika zranění v závislosti na správně strukturovaném rozcvičení (Brukner, 2012).

Velmi podstatným prvkem každého preventivního programu v rámci tréninku je vyvarovat se všem tréninkových chybám, jak ze strany trenéra, tak ze strany sportovce. Řádný trénink, který by měl být považován za trénink zaměřený i na prevenci zranění, dodržuje základní tréninkové principy typické pro všechny sporty. Mezi tyto principy řadíme periodizaci tréninku, jeho specifčnost, formu zatížení a individuálnost tréninkových metod. Z krátkodobého plánování tréninku stojí za zmínku například sestavení tréninkového programu v kombinaci aerobní trénink a posilování a druhou možnou kombinací je anaerobní trénink společně s tréninkem techniky. Neměli bychom například kombinovat silový trénink a trénink techniky (Brukner, 2012).

Zatížení je jednou z proměnných, se kterými mohou trenéři velice dobře manipulovat, zejména ve smyslu zvýšení intenzity, nebo objemu zátěže, četnosti tréninkových jednotek a doby trvání tréninku. Jednou z možností je i zkrácení doby pro zotavení. Zátěž musí být „dávkována“ individuálně a nesmí být zapomínáno na adekvátní čas nezbytný pro zotavení pro dosažení tréninkového efektu a řadu dalších principů. Základem pro adaptaci na zátěž a zvýšení výkonu je závislé na „zátěžovém“ impulzu. Zvýšení výkonu může být dosaženo pouze zvyšováním náročnosti cvičení nad hranici, na kterou je tělo zvyklé. V případě zraněného sportovce nebo sportovce s nízkou úrovní kondice se využívá progresivního dávkování zatížení (Brukner, 2012; Bahr et al., 2008).

Specifčnost tréninku je důležitou komponentou vzhledem k požadavkům daného sportu, neboť by měla vést ke zlepšování konkrétních komponent nezbytných pro maximální výkon v daném sportu. Jako příklad lze uvést situaci, kdy sportovec zaměřený na vytrvalostní sporty nezíská příliš výhod nadměrným silovým tréninkem

a obráceně. V případě fotbalu je značný požadavek na obě složky tréninku, tedy vytrvalostní, ale i silovou (Bukner, 2012).

Individualita tréninku je nepochybnou součástí v prevenci zranění, neboť každý sportovec se liší v toleranci na konkrétní tréninkovou zátěž, specifické tréninkové stimuly, dobu potřebnou na zotavení, psychologické působení, výživu, ale v neposlední řadě jeho zvyky a životní styl. Individuální odpověď každého jedince na tréninkovou zátěž je také dána jeho tréninkovou historií, věkem, současným stavem trénovanosti a genetickými predispozicemi (Bukner, 2012). Přestože je kladen značný důraz na individualitu tréninků, tak vzhledem k tomu, že fotbal je hra kolektivní, je i zátěž „dávkována“ kolektivně. Proto je snahou trenérů a odborníků na sportovní problematiku, včetně lékařů a fyzioterapeutů, vytvářet všeobecné tréninkové programy pro skupinový trénink. Nezbytná je však i individuální práce každého hráče.

Správný trénink, který je chápán i jako trénink zahrnující principy prevence zranění, by měl obsahovat i správnou skladbu tréninkových metod, což popisuje specifickou tréninku. Jednotlivými tréninkovými metodami jsou vytrvalostní nebo také aerobní trénink, anaerobní trénink, silový trénink a trénink výbušnosti, rychlostně-silový trénink, trénink rychlosti, trénink hbitosti, trénink specifických dovedností a „cross-training“ (Bukner, 2012).

V rámci prevence zranění hraje značnou roli trénink „jádra“, nebo také hlubokého stabilizačního systému, či „core training“. V případě nedostatečné stabilizace trupu a oblasti pánve dochází ke změnám biomechanických poměrů dolních končetin a tím se zvyšuje riziko jejich zranění. Fotbalista potřebuje získat dostatečnou sílu a neuromuskulární kontrolu svalů kyčle a trupu, aby zajistil správnou posturální stabilitu ve všech rovinách pohybu. Značný důraz je kladen na schopnost absorbovat a kontrolovat působící síly (Bahr et al., 2008).

Neuromuskulární trénink je založen na schopnosti kontrolovat pohyb jednotlivých kloubů a průběh jejich pohybu. Pro neuromuskulární trénink je nezbytná správná činnost senzomotorického systému (Bahr et al., 2008). Nedostatečná nebo pomalu se rozvíjející neuromuskulární kontrola nezajistí správné nastavení zejména velkých kloubů tak, aby byly schopny odolávat velkým silám, což vede k riziku vzniku zranění. Neuromuskulární kontrola také značně ovlivňuje rovnováhu. Rovnováha je definována jako stav tělesné vyváženosti, tedy schopnosti udržet těžiště těla

nad úrovní opory, aby nedošlo k pádu. Rovnováha zahrnuje schopnost udržet polohu, schopnost volního pohybu a schopnost reagovat na změnu pohybu. Pokud sportovec nemá dostatečnou posturální kontrolu, aby udržel rovnováhu, opět se stává náchylnějším ke zranění nebo pro udržení polohy musí využít zapojení náhradních pohybových mechanismů. Využívání náhradních pohybových mechanismů vede ke zvýšení rizika zranění. Proto je nutné do tréninku zařadit i trénink rovnováhy, který je úzce spjat s neuromuskulárním tréninkem, zrovna tak jako je nezbytná neuromuskulární kontrola při koncentrickém, ale i excentrickém tréninku. Neuromuskulární kontrola v souvislosti s excentrickým tréninkem má také svůj velký význam. „Optimální“ excentrická síla koordinovaných svalových aktivit má dle F-MARCH (2008) významný podíl na neuromuskulární kontrole a stabilizaci jednotlivých kloubů. Toto je podstatné zejména u dvoukloubových svalů, v našem případě hamstringů, které jsou při fotbale vysoce excentricky zatíženy. Právě špatná nebo nedostatečná neuromuskulární kontrola může vést k narušení integrity muskulotendinózní jednotky. Neuromuskulární trénink ve fotbale se značně osvědčuje zejména v prevenci zranění kolenního kloubu. Excentrický silový trénink, tzv. „Nordic hamstring“, se také ukazuje jako vhodná složka prevence svalových zranění v rámci tréninkových metod (Askling et al., 2003; Bahr et al., 2008). Cvičení „Nordic hamstring“, česky překládáno jako „Norské hamstringy“ je sice doporučováno jako vhodný prvek prevence zranění hamstringů. Však vzhledem ke způsobu provádění tohoto cvičení se domníváme, že je značně zatěžující na často bolestivá kolena fotbalistů. Domníváme se, že by bylo vhodné nahradit ho cvičením obdobného charakteru, však méně zatěžujícím na kolenní klouby. Vzhledem k tomu, že pro zranění hamstringů je typickým okamžikem vzniku zranění náhlá změna svalové aktivity z koncentrické na excentrickou, je v rámci našeho tréninkového programu zvolena modifikace cviku squat, pro který je toto střídání aktivity typické a je vhodnou přípravou pro trénink plyometrie. Squat má však řadu dalších výhod, například vede k aktivaci hlubokého stabilizačního systému páteře. Je tedy možné se domnívat, že tento cvik spojuje trénink „jádra“, tedy hlubokého stabilizačního systému páteře, zlepšuje schopnost stabilizovat kolenní kloub a celou dolní končetinu a samozřejmě také zahrnuje excentrickou a koncentrickou složku pohybu a neuromuskulární trénink.

Tréninkový program měl být doplněn o plyometrická cvičení, pro která je nezbytná správná neuromuskulární kontrola a dobrá excentrická svalová síla.

Plyometrickými cvičeními by mělo být dosaženo maximální svalové síly v co nejkratším čase. Typickým jevem pro plyometrická cvičení je excentrická aktivita, která je náhle střídána aktivitou koncentrickou, což je rizikový moment zranění hamstringů, dle názorů řady autorů popsaných výše. Plyometrie poskytuje schopnost trénovat specifické pohybové vzorce biomechanicky správným způsobem, a tím posilovat svaly, šlachy a vazy na vyšší funkční úrovni (Bahr et al., 2008). Domníváme se však, že by trénink plyometrie neměl být zařazen dříve, než dojde k adaptaci svalové tkáně na excentrické zatížení a není zajištěna dostatečná stabilizace kloubů dolních končetin. Proto tato složka není zařazena do našeho tréninkového programu. Společně s rychlostí, která souvisí s plyometrií je spojována i hbitost a mrštnost, což jsou další charakteristiky pro sportovní výkon, ale nebudou zde hlouběji vzhledem k zaměření práce popisovány.

Odborníci z FIFA/F-MARCH se zaměřili na vytvoření preventivního programu pro hráče fotbalu, který zahrnuje všechny výše popsané složky tréninkové jednotky, tedy trénink jádra, neuromuskulární trénink, plyometrický trénink a trénink mrštnosti. Dále zdůrazňují Fair play a dodržování pravidel hry jako jednu z možností prevence zranění (Bahr et al., 2008). Jednotlivé prvky tohoto programu jsou popsány v jejich manuálu: F-MARCH Manuál pohybové medicíny (Bahr et al., 2008). Úspěšnost programu byla obhajována na konferencích Isokinetic v Bologni (2011) a v Londýně (2012), jichž se autorka disertace osobně zúčastnila.

Gabbe et al. (2002) přicházejí s tvrzením, že úspěšná prevence zranění závisí na schopnosti stanovit míru zranění, monitorovat vzory zranění a určit preventivní strategii, která většinou vychází ze znalosti rizikových faktorů daného zranění a dostatečné regenerace po zátěži.

Setkáváme se i s doporučováním kompletního lékařského vyšetření jako možností prevence zranění pohybového aparátu. Takovéto vyšetření může na základě kompletního kineziologického rozboru odhalit řadu svalových dysbalancí včetně kloubních blokad a následné riziko vytvoření náhradních pohybových stereotypů, což může vést k poruše timingu zapojování jednotlivých svalů v rámci svalových řetězců. Předsezónní lékařské vyšetření může dále odhalit „dovednostní deficit“, snížení aerobní či anaerobní kapacity a zhoršený „zdravotní stav“. Velký preventivní význam má pravděpodobně také vzdělávání sportovců a trenérů v otázkách

zdravotních, zejména ve vztahu k rizikovým faktorům zranění. Shephard a Astrand (2000) ve své publikaci dále popisují vhodnost využívání pomůcek v rámci prevence. Mezi tyto pomůcky řadí ortézy, tejpky, vložky do bot apod., vhodnou sportovní obuv, která by měla redukovat působení sil přenášených z běžeckého povrchu. Ortopedické pomůcky by měly zabraňovat abnormálním pohybům v subtalárním a metatarzálních spojeních, zajistit „neutrální“ postavení nohy, upevnit postavení paty v případě její deviace, maximalizovat funkce palce nohy, zejména během propulze a dovolit normální pohyb a svalovou aktivitu ve „správný“ čas. Robertson a Molloy (2007) za nejlogičtější prevenci sportovních zranění považují ovlivnění všech modifikovatelných rizikových faktorů.

#### 4. 6. 3 Publikace zabývající se problematikou preventivních postupů u hráčů fotbalu

Fotbal je jedním z nejvíce populárních sportů na celém světě, proto FIFA roku 1994 založila vlastní výzkumné centrum: FIFA's Medical Assessment and Research Centre (F-MARCH). Hlavním cílem tohoto výzkumného centra je zaměřit se na problematiku fotbalových zranění a jejich prevenci (Dvorak et al., 2012). V souvislosti s tímto cílem vytvořili program nazývaný „11+“, který by měl mít mimo jiné i pozitivní vliv v prevenci zranění hamstringů. Tento program tvoří jedenáct cviků zaměřených na trénink jádra, neuromuskulární trénink, trénink plyometrie a hbitost. Jedenáctým bodem tohoto programu je dávání důrazu na „fair-play“, neboť k řadě zranění dochází z důvodu faulování (Bahr et al., 2008).

Přestože se setkáváme s řadou publikací na téma prevence zranění hamstringů, většinou se jedná o literární rešerše nebo o malé studie s jednoduchým metodologickým designem. Nejčastěji se setkáváme se studii zabývajícími se popisem rizikových faktorů vzniku zranění hamstringů.

Cílem této práce je sestavit tréninkový program a aplikovat ho v praxi. Tento sestavený program by měl přispět k problematice zabývající se prevencí zranění hamstringů u hráčů fotbalu, ale zároveň by měl preventivně působit i v případě jiných fotbalových zranění, například zranění kolenního kloubu, neboť není technicky možné, aby hráči měli na každý problém jeden preventivní program. Sestavený tréninkový



program vychází z níže popsaných doporučení. Dostupné zdroje zabývající se studiem prevence zranění hamstringů, případně prevence recidivy tohoto zranění při návratu k tréninkové činnosti jsou shrnuty v Tabulce 2.

#### Tabulka 2 Zahraniční studie s tematikou prevence zranění hamstringů

- Arnason, A., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, 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.
- 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, 2003, pp. 244-250.
- Brooks, J. H. M., Fuller, C. W., Kemp, S. P. T. Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 34, No. 8, 2006, pp. 1297-1306
- Brockett, C. L. Morgan, D. L., Proske, U. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 33, 2001, pp. 783-790.
- Brockett, C. L. Morgan, D. L., Proske, U. Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *The American College of Sports Medicine*. Vol. 36, No. 3, 2004, pp. 379-387.
- Brughelli, M., Mendiguchia, J., Nosaka, K., Idoate, F., Los Arcos, A. Effect of eccentric exercise on optimum length of knee flexors and extensors during the preseason in professional soccer player. *Physical Therapy in Sport*. Vol. 11, 2010, pp. 50-55
- Clark, R, Bryant, A., Culgan, J.-P., Hartley, B. The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters: a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport*. Vol. 6, 2005, pp. 67-73

Tabulka 2 pokračování: Zahraniční studie s tématikou prevence zranění hamstringů

- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Ferret, J. M. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 36, No. 8, 2008, pp. 469-475
- Croisier, J. L., Forthomme, B., Namurois, M. H. et al. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 30, 2002, pp. 199-203.
- Ekstrand, J., Gillquist, J., Liljedahl, S. Prevention of soccer injuries: Supervision by doctor and physiotherapist. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 11, No. 3, 1983, pp. 116-120.
- 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
- Hartig, D. E., Henderson, J. M. Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 27, No. 2, 1997, pp. 173-176
- Heiser, T. M., Weber, J., Sullivan, G., Clare, P., Jacobs, R. R. Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 12, No. 5, 1984, pp. 368-370
- Holcomb, W. R., Rubley, M. D., Lee, H. J., Guadagnoli, M. A. Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring:quadriceps strength ratios. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 21, No. 1, 2007, pp. 41-47
- Kaminski, T. W., Wabbersen, CH. V., Murphy, R. M. Concentric Versus Enhanced Eccentric Hamstring Strength Training: Clinical Implications. *Journal of Athletic Training*. Vol. 33, No. 3, 1998, pp. 216-221
- Mjolsnes, R., Arnason, A., Østhaugen, T., Raastad, T., Bahr, R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. Vol. 14, 2004, pp. 311-317

Tabulka 2 pokračování: Zahraniční studie s tematikou prevence zranění hamstringů

- Nelson, R. T., Bandy, W. D. Eccentric Training and Static Stretching Improve Hamstring Flexibility of High School Males. *Journal of Athletic Training*. Vol. 39, No. 3, 2004, pp. 254-258
- O'Sullivan, K., Murray, E., Sainsbury, D., The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *MBC Musculoskeletal Disorders*. Vol. 10, No. 37, 2009, pp. 1-9.
- Peterson, J., Hölmich, P. Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 39, 2005, pp. 319-323.
- Pope, R. P., Herbert, R. D., Kirwan, A randomised trial of preexercise stretching for prevention of lower limb injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 32, No. 2, 2000, pp. 271-277
- Queiros, D. S. C., Cotte, T., Vicard, Interest of eccentric isokinetic exercise in cases of calcanean tendinosis and thigh muscular injuries: Prospective study results. *Isokinetics Exercise Science*. Vol. 13, 2005, pp. 39-44.
- Safran, M. R., Garrett, W. E., Seaber, The role of warm-up in muscular injury prevention. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 16, 1988, pp. 123-129.
- Sherry, M. A., Best, T. M. A comparison of 2 rehabilitative programs in the treatment of acute hamstring strains. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. Vol 34., 2004, pp. 116-125
- Upton, P. A. H., Noakes, T. D., Thermal pants may reduce the risk of recurrent hamstring injuries in rugby players. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 30, No. 1, 1996, pp. 57-60
- Juritz, J. M.
- Verrall, G. M., Slavotinek, J. P., 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
- Barnes, P. G.

Obecně se v rámci preventivních programů doporučuje zlepšit ohebnost, svalovou sílu, zaměřit se na správné rozcvičení před další zátěží a respektovat únavu (Peteron, Hölmich, 2005). Zejména u fotbalistů jsou v rámci prevence doporučovány cviky zaměřené na trénink „jádra“, tzv. „core stability“, a excentrické posilování (Bahr et al., 2008; Robertson, Molloy, 2007). Dále jsou doporučovány cviky pracovně nazývané „pawback exercise“, „prone reverse hypers“ a „glute-ham-gastroc raises“. Při provádění cviků „glute-ham-gastroc raise“ dochází k postupnému zapojování těchto svalů obdobně jako je tomu při cvičení „squatů“, „dead lift“, „step-up“, „lunges“, „pulls“, „leg press“. Tyto cviky poskytují pevný základ pro hráče fotbalu, aby bylo možné vyhnout se zraněním dolních končetin, zejména svalových, ale také předního zkříženého vazů (Robertson, Molloy, 2007; Hnátová et al., 2008). Robertson, Molloy (2007) dále v rámci návratu k tréninkové činnosti a prevenci recidivy doporučují „hip extension with Theraband“, „prone catch“, „prone catch in functional position“, „step-up“, „knee flexion with Theraband“, „double leg bridge“, „double leg lift/single leg lower“, „single leg lift/single leg lower“, „single leg drop catch“. Většinou 3-4 série po 8-15 opakováních (Robertson, Molloy, 2007). Cvik „leg curl“ není jako trénink hamstringů nejvhodnější, neboť se funkčně neslučuje s funkcí hamstringů (Hnátová et al., 2008).

Základem preventivních programů je posilování hamstringů a svalů pracujících s nimi v synergistickém režimu. Tato kritéria splňuje řada cviků. Brukner (2012) jako příklad těchto cviků uvádí „standing single-leg hamstring catches with theraband“, „single-leg bridge catch“, „single-leg ball rollouts“, „bridge walk-outs“, „Nordic drops“, „single-leg dead lifts with dumb bell“, „yo yo“, „Askling’s gliding exercise“, „one-legged bridging“, „squat“, „split squat“, „lumbopelvic stability exercise“, „neuromuscular control exercise“. Posilování synergistických svalů by mělo být zaměřené zejména na m. gluteus maximus a m. adductor magnus (Brukner, 2012). V rámci prevence zranění hamstringů jsou do tréninkových programů zařazovány excentrické cviky. Velmi často je doporučováno „Nordic hamstring“ (Bahr et al., 2008; Brukner, Khan, 2007; Arnason et al., 2008). Cvičení „Nordic hamstring“ zpracované Brockett a Mjolsnes (citováno v Brukner, Khan, 2007) by mohlo mít preventivní význam pro vznik zranění hamstringů. Je zaznamenáno, že zdůraznění excentrické aktivity má určitý efekt na zvýšení protažitelnosti svalů a současný rozvoj svalové síly. Cvičení „Nordic hamstring“ je vhodné pravidelně zařazovat do tréninkového procesu.

Adaptace na tuto formu zatížení nastane v případě pravidelného opakování tohoto cvičení a postupném zvyšování jeho frekvence zejména v období přípravném. Nezbyvá než se zaměřit a řádně ověřit vhodnost tohoto cvičení jako prevence zranění hamstringů. Postupně je zvyšována zátěž a rychlost prováděného pohybu (Brukner, Khan, 2007). Pro sprint je nezbytný m. gluteus maximus, ale velký význam má i m. adductor magnus. M. gluteus maximus kontroluje flexi trupu při běhu při oporové fázi, významně se aktivuje ke konci letové fáze a extenduje kyčel. Jakékoli změny v jeho aktivitě či zapojení jsou přenášeny na hamstringy, které se tak stávají zranitelnými. Kromě zlepšení svalové síly tohoto svalu je nutný i nácvik správných pohybových vzorů (Brukner, 2012). M. adductor magnus je také považován za významný extensor kyčle. Posilovací cvičení by mělo být zaměřeno na správnou funkci a posílení všech těchto svalů (Brukner, P., Khan, K., 2007).

Mann (citováno v Heynen, 2001) v rámci sprinterského tréninku jako prevenci zranění hamstringů doporučuje například nácvik běžeckých dovedností a plyometrická cvičení, která jsou efektivním způsobem tréninku excentricko-koncentrického cyklu specifických svalových skupin využívaných při běhu. Důraz je zaměřen zejména na rychlou změnu mezi těmito dvěma způsoby svalové aktivity u flexorů kyčle, gluteálních svalů a hamstringů. Opět je kladen důraz na správnost technického provedení cvičení a nácvik techniky běhu. Zároveň doporučuje čistě oddělovat tréninky kvantitativního rázu s nízkou intenzitou a tréninky kvalitativního rázu s vysokou intenzitou.

Arnason et al. (2008) vytvořili program, jehož základem byly tři komponenty: strečink jako forma zahřátí, trénink „flexibility“ a/nebo excentrický posilovací trénink. V rámci strečinku byla využívána metoda kontrakce-relaxace v rámci zahřátí ve všech intervenčních programech ve všech sezónách u všech týmů. Provedení strečinku v rámci zahřátí se skládalo z aktivace svalů po dobu 5-10 sekund a následného protažení 20 sekund. Počet opakování tři na každou nohu. „Trénink flexibility“ (sezóna 2001, Norsko a Island) byl tvořen protažením s dopomocí partnera, opět technika kontrakce-relaxace. Doba trvání svalové kontrakce byla stanovena 10 sekund a doba relaxace 45 sekund. Opakovat třikrát na každou nohu. Toto bylo zařazeno třikrát týdně po tréninku během přípravného období, zatímco v průběhu soutěžního období pouze dvakrát týdně. Excentrický posilovací trénink byl zařazen u týmů Islandu v sezoně

2001, u norských týmů v sezoně 2002. Základem tohoto programu bylo „Nordic hamstring lowers exercise“. Po pěti týdnech „seznamovací tréninkové periody“ s postupným zvyšováním zátěže bylo předepsáno zařadit program do týdenního mikrocyklu třikrát týdně v přípravném období a jednou nebo dvakrát týdně v období soutěžním. Celkem byly prováděny 3 série v počtu opakování 12, 10, 8. U týmů, které zařadily excentrické cvičení, došlo ke snížení incidence zranění hamstringů.

Askling et al. (2003) jako preventivní program doporučují tzv. „extra trénink“ se zaměřením na specifické excentrické „přetížení“ hamstringů. Tento program by měl být zařazen 1-2× týdně po dobu deseti týdnů. Tréninková skupina podstoupila celkem šestnáct tréninkových jednotek zaměřených na trénink svalové síly hamstringů. První čtyři týdny byly tyto tréninky zařazeny v rámci tréninkového cyklu každý pátý den a následujících šest týdnů byl tento trénink zařazován každý čtvrtý den. Tento trénink hamstringů následoval vždy po zahřátí 15 minut běh nebo jízda na rotopedu. Specifický trénink hamstringů se skládal jak z koncentrické, tak i excentrické fáze. Probandi tento trénink absolvovali na „YoYo flywheel ergometru“ v poloze leh na břicho. Nejprve se hamstringy aktivovaly koncentricky a následně excentricky „brzdily“ návrat do výchozí polohy. Každá tréninková jednotka se skládala ze čtyř setů v počtu opakování osm. Koncentrická fáze trvala 2,2 sekundy a excentrická fáze trvala 1,5 sekundy. První série byla považována jako série na zapracování. Interval odpočinku mezi sériemi byl přibližně jedna minuta. V tréninkové skupině, která tento program podstoupila, došlo mimo jiné k výraznému zvýšení svalové síly a rychlosti, ačkoli není patrná spojitost mezi výkonem a výskytem zranění. Tyto výsledky poukazují na vhodnost zapojení „specifického předsezónního posilování“ hamstringů zahrnujícího excentrické zatížení jak z hlediska prevence, tak i z hlediska zvýšení výkonu svalů.

Holcomb et al. (2007) zařadili u hráčů fotbalu na úrovni Divize I „hamstring specific resistance training“ v období únor až květen. Tento trénink byl zařazen prvních šest týdnů tohoto období. Trénink byl rozdělen na horní a dolní část těla. Horní část těla byla posilována ve dnech 1 a 3 společně s tréninkem rychlosti a hbitosti. Dolní část těla byla trénována ve dnech 2 a 4 společně se zvyšováním obecné kondice. Pro trénink dolní části těla byly zvoleny cviky pracovně nazývané „single leg curls“, „straight leg dead lift“, „good morning exercise“, „trunk hyperextensions“, „resisted sled walking“, „ball leg curls“. Počet opakování a počet sérií není uveden, avšak při testování využili

3 série po osmi opakováních, při každé sérii však využili jiné testovací rychlosti. Interval odpočinku zvolili 90 sekund, přestože potvrdili, že 60 sekund je dostatečná doba pro zotavení.

Brughelli et al. (2010) vytvořili v rámci excentrického tréninku sestavu čtyř cviků: „Eccentric box drops“, „lunge pushes“, „forward deceleration steps“, „reverse nordic hamstring“. Tato série cviků byla zařazována třikrát týdně na 10-15 minut po tréninku.

Sherry, Best (2004) upřednostňují „trénink progresivní hbitosti, trupové stabilizace a ledování“ před „izolovaným protahováním, posilováním hamstringů a ledování“ jako podpora návratu ke sportu a prevence recidivy akutního zranění hamstringů. Na základě tohoto doporučení se můžeme domnívat, že trénink trupové stabilizace zařazený do tréninkového programu může mít pozitivní vliv na stav hamstringů a snížit incidenci jejich zranění. Tato studie nebyla v tabulce zahrnuta, neboť se jedná spíše o terapeutickou intervenci než tréninkovou.

Verrall et al. (2005) vytvořili preventivní program, který rozdělili do dvou základních period, preintervenci a intervenční, kdy každá trvala 2 roky. Tento program je založen zejména na strečinku při únavě, specifické sportovní přípravě a zvýšení intensity anaerobního tréninku. Výsledkem je snížení počtu zranění hamstringů a doba potřebná k návratu po zranění. Zvýšení anaerobního tréninku, strečink při únavě a specifický trénink snižuje riziko vzniku zranění a zkracuje dobu potřebnou k návratu do zápasu. Tento program poukazuje na další možnosti řešení problematiky zranění hamstringů.

Gabbe et al. (2006) porovnávali vliv strečinku a excentrického cvičení zejména v přípravném období před zahájením sezony a dospěli k závěru, že excentrické cvičení prováděné alespoň po dobu dvanácti týdnů redukuje četnost zranění hamstringů, tudíž lze excentrická cvičení společně se strečinkem označit za vhodnou formu prevence, ale zároveň jako možnost využití v léčebném procesu po prodělaném zranění.

Skupina výzkumníků z FIFA vytvořila preventivní program „11+“, což je patnácti minutový program zaměřený na zahřátí s cílem působit preventivně na všechna sportovní zranění. Tento program je tvořený během, silovými cvičeními, plyometrií,

balančními cviky, běh, který je náročnější než v prvním případě (Kirkendall et al., 2010).  
Autoři v programu „11+“ úplně vynechali strečink.

Z těchto a mnoha dalších doporučení vycházíme při sestavování našeho  
tréninkového programu a při výběru probandů pro experiment.

#### 4. 6. 3. 1 Přehled intervencí používaných v zahraničních studiích

##### 4. 6. 3. 1. 1 Arnason et al. (2008)

Design studie: Kohortová (prospektivní)

Účastníci: Ligoví hráči fotbalu na Islandu a v Norsku

Skupiny a intervence:

n=8 týmů

Rozcvičení – strečink před každým tréninkem a zápasem

n=11 týmů

Rozvoj „flexibility“ po tréninku. Přípravné období 3× týdně, soutěžní období  
1-2× týdně

n=7 týmů

Excentrický posilovací trénink „hamstring lowers“ 3 sety, počet opakování 12, 10, 8.  
Přípravné období 3× týdně. Soutěžní období 1-2× týdně.

##### 4. 6. 3. 1. 2 Askling et al. (2003)

Design studie: Randomizovaná kontrolovaná

Účastníci: 30 hráčů fotbalu Premiere League Švédsko



Skupiny a intervence:

n= 15 hráčů

Specifické posilování hamstringů, 1-2× týdně po dobu 10 týdnů; zahřátí 15 minut běh nebo jízda na rotopedu; 4 sety, 8 opakování.

n= 15 hráčů

Kontrolní skupina – bez intervence

#### 4. 6. 3. 1. 3 Brooks et al. (2006)

Design studie: Kohortová (prospektivní)

Účastníci: Profesionální hráči rugby, English Premiership rugby union club

Skupiny a intervence:

n= 148

Pravidelné koncentrické a excentrické posilování hamstringů, 1,2 jednotek týdně, 3,6 setů, 8,2 opakování. Jednotlivé cviky nebyly blíže popsány.

n= 144

Koncentrické a excentrické posilování hamstringů, statický strečink. Posilování 1,8 jednotek týdně, 3,3 sety, 7,5 opakování. Strečink 2,6 jednotek týdně, 2,8 setů, výdrž 25 sekund. Cviky nebyly blíže popsány.

n= 200

Posilování, strečink, Nordické posilování „hamstring lowers“. Posilování 1,3 jednotky týdně, 3 sety, 7,5 opakování. Ohebnost 1,8 jednotek týdně, 2,6 setů, 28 opakování. „Hamstring lowers“ 1,3 jednotky týdně, 2,8 setů, 6,7 opakování. Cviky nebyly blíže popsány.

#### 4. 6. 3. 1. 4 Brughelli et al. (2010)

Design studie: Randomizovaná kontrolovaná

Účastníci: 24 profesionálních fotbalistů, Divize II, Španělsko

Skupiny a intervence:

n= 13

Excentrický trénink – 4 týdny, 3× týdně, 10-15 minut po tréninkové jednotce 1-2 cviky, 4-5 sérií.

n= 11

Koncentrický trénink – Nordic hamstring jako excentrický prvek, dále však blíže neuvedeno.

#### 4. 6. 3. 1. 5 Clark et al. (2005)

Design studie: Pilotní studie

Účastníci: 9 sportovců

Skupiny a intervence:

n= 9

Excentrický trénink – Nordic hamstrings 4 týdny s progresivním zvyšováním objemu:

1.	týden	-	1×	týdně,	2	série,	5	opakování,
2.	týden	-	2×	týdně,	2	série,	6	opakování,
3.	týden	-	3×	týdně,	3	série,	6	opakování,
4.	týden	-	3×	týdně,	3	série,	8	opakování.

#### 4. 6. 3. 1. 6 Croisier et al.

Design studie: Kohortová (prospektivní)

Účastníci: Vrcholoví hráči fotbalu (n=14), atleti (n=7) a bojového umění (n=5)

Skupiny a intervence:

n= 26

Zahřátí, koncentrický, program excentrický nebo kombinovaný, 10-30 jednotek,  
3× týdně, 4-8 opakování - postupné zvyšování. Interval odpočinku 30-60 sekund.  
Sledování po 12 měsíců.

#### 4. 6. 3. 1. 7 Croisier et al.

Design studie: Kohortová studie

Účastníci: Profesionální hráči fotbalu

Skupiny a intervence:

n= 687

Normalizovali parametry v závislosti na isokinetickém měření.

#### 4. 6. 3. 1. 8 Gabbe et al. (2006)

Design studie: Randomizovaná kontrolovaná

Účastníci: Amatérské kluby Australského fotbalu, n= 7 klubů, celkem 220 hráčů

Skupiny a intervence:

n= 114

Excentrické cvičení „hamstring lowers“ 5 jednotek v průběhu 12 týdnů, 3 jednotky v průběhu přípravného období, 2 v průběhu prvních 6 týdnů soutěžního období. 12 sérií, 6 opakování.

n= 106

Kontrolní skupina – statický strečink.

#### 4. 6. 3. 1. 9 Holcomb et al. (2007)

Design studie: Pretest-posttest experiment

Účastníci: 12 hráček fotbalu Divize I

Skupiny a intervence:

n= 12

Specifický trénink hamstringů, 6 týdnů, 2× týdně, 3 sety, počet opakování 8, pauza mezi sety 90 sekund.

#### 4. 6. 3. 1. 10 Kaminski et al. (1998)

Design studie: Randomizovaná skupinová

Účastníci: 27 mužů

Skupiny a intervence:

n= 9

Excentrický trénink – 6 týdnů, 2× týdně, zahřátí 3 minuty stacionární kolo, 2 sety, 8 opakování, 80 % opakovacího maxima, pauza 1 minuta.

n= 9

Koncentrický trénink - 6 týdnů, 2× týdně, zahřátí 3 minuty stacionární kolo, 2 sety, 8 opakování, 80 % opakovacího maxima, pauza 1 minuta.

n= 9

Kontrolní skupina – bez intervence.

#### 4. 6. 3. 1. 11 Nelson, Bandy (2004)

Design studie: Randomizovaná kontrolovaná

Účastníci: 69 probandů – studenti

Skupiny a intervence:

n= 24

Excentrický trénink s černým Therabandem, počet opakování 6, výdrž excentrické kontrakce 5 sekund, celkový čas excentrické kontrakce 30 sekund, žádná pauza mezi opakováními, 6 týdnů.

n= 21

Statický strečink výdrž 30 sekund, počet opakování 1, 3× týdně, 6 týdnů

n= 24

Kontrolní – intervence 0.

#### 4. 7 POPIS TRÉNINKOVÝCH POSTUPŮ V RÁMCI TRÉNINKOVÉHO PROGRAMU

V rámci sestavování tréninkových a terapeutických programů bychom neměli zapomínat na zvýšení ohebnosti, rozvoj svalové síly, vytrvalosti a zlepšení „core stability“. Pochopení všech požadavků na pohyb může pomoci vytvoření individuálního cvičebního programu pro zvýšení výkonnosti jedince nebo vytvoření programu v rámci rehabilitace po zranění (Hamilton et al., 2012). Obecným cílem řady rehabilitačních programů je změna kinematiky pánve, kyčle, kolena a posílení hýžďových svalů (Chumanov et al., 2012). Tyto obecné cíle bychom měli uvažovat i v případě sestavování tréninkového programu, nejenom rehabilitačního.

Z rehabilitačního hlediska je nezbytná kombinace protahovacích i posilovacích cvičení nejen z důvodu preventivního, ale i následné péče po zranění a navrácení zraněného sportovce do tréninkového procesu (Muscolino, 2011).

##### 4. 7. 1 Rozcvičení

Rozcvičení je soubor cvičení, které předcházejí další sportovní aktivitě typické pro daný sport (Arajol, Tirado, 2010). Cílem rozcvičení je zvýšení svalové protažitelnosti, zajištění kloubního rozsahu nezbytného pro správné technické provedení pohybu, stimulace krevního zásobení v periférii, zvýšení tělesné teploty, zahájení procesu pocení a usnadnění provádět pohyb uvolněně a koordinovaně (Arajol, Tirado, 2010; McMillian et al., 2006; Fletcher, Jones, 2004). Ideální rozcvičení by mělo připravit tělo co nejvíce na optimální výkon při specifické aktivitě. Rozcvičení nesmí vést k únavě (Arajol, Tirado, 2010). Uvažuje se, že aktivní zahřátí může mít pozitivní vliv v prevenci svalových zranění (Glein, McHugh, 1997). Cvičení zařazená do aktivního zahřátí by měla být specifická pro daný sport. Měla by podporovat ohebnost a zlepšovat protažitelnost, zvýšit tělesnou teplotu a zajistit svalům možnost vyvinout dostatečné úsilí při zátěži a připravit svaly, šlachy a pojivové tkáně na další zátěž. Zahřátí by také mělo stimulovat oběhový systém, zlepšit koordinaci pohybu a podpořit volnější a snazší provedení pohybu (Smith, 1994). Rozcvičení, které se skládá ze zahřátí, například rozběhání, a strečinku, je považováno za aktivitu vedoucí k prevenci zranění. Aktivní zahřátí jako běh nebo rotoped by mělo být zaměřeno

na svaly, které jsou náchylnější ke zranění, tedy svaly dvoukloubové a svaly s vyšším zastoupením rychlých svalových vláken a svaly s vysokou tendencí k natažení. Mezi tyto svaly patří například hamstringy, m. gastrocnemius a m. quadriceps femoris, flexory kyčle a adduktory stehna (Page, 1995). Zahřátí a následný strečink jsou v klinické praxi doporučovány pro zlepšení protažitelnosti svalů a zvýšení výkonnosti a snížení vzniku svalových zranění (De Weijer et al., 2003).

Obecně se zahřátí zařazuje před strečkem (Muscolino, 2011; O'Sullivan et al., 2009), přestože de Weijer et al. (2003) nezaznamenal významného zlepšení ohebnosti v kombinaci zahřátí a statického strečinku. Strečink se doporučuje aplikovat po zahřátí těla (Muscolino, 2011; De Weijer et al., 2003). Forma zahřátí může být aktivní nebo pasivní, tedy aplikace tepla. V případě aktivního zahřátí se nejčastěji jedná o repetitivní cvičení nízké intenzity jako například běh, jízda na rotopedu nebo chůze do schodů. Lepších výsledků při protažení je dosaženo, pokud dojde k vzestupu teploty na 41-44°C. Zahřátí před strečkem vede ke zvýšení teploty jádra a intramuskulární teploty. Je popsáno, že teplota pokožky se zvyšuje již po 5-10 minutách rozcvičení (De Weijer et al., 2003). Pokud aplikujeme strečink na nezahřáté tkáně, zvyšuje se riziko jejich poranění a nezískáme maximálních výhod, které strečink přináší. Pokud zařazujeme strečink do tréninkové jednotky, měl by být prováděn až po úvodním zahřátí, například rozběhání, nikdy ne před tím, kdy tkáně nejsou prohřáté. Tyto obecné principy platí pro statický strečink (Muscolino, 2011). Existuje však i řada studií, které vylučují významné zvýšení efektivity strečinku, pokud mu předchází jakákoli forma zahřátí, ať již aktivní nebo pasivní (De Weijer et al., 2003). Na druhou stranu je řada autorů, kteří tvrdí opak, zejména ve smyslu snížení rizika zranění při strečkem, pokud jsou svaly zahřáté. Například O'Sullivan et al. (2009) popisují snížení rizika zranění a zvýšení ohebnosti hamstringů v souvislosti s rozcvičením a strečkem. Efekt rozcvičení a statického strečinku na ohebnost je sice větší u jedinců se sníženou ohebností v důsledku zranění, ale tyto rozdíly nebyly statisticky významné (O'Sullivan et al., 2009). Zahřátí, které předchází statickému strečkem, vede k významnému protažení hamstringů v porovnání se samotným statickým strečkem. Lepší efekt zahřátí a protažení přetrvává i po 24 hodinách (De Weijer et al., 2003). K podobnému poznatku dospěl již Smith (1994), který za výhodnější variantu pro zvýšení rozsahu pohybu hlezenního kloubu považuje běh s následným strečkem oproti samotnému strečkem, zatímco pohyblivost trupu se více zvýšila pouze po aplikaci samotného

strečinku. Lze tedy říci, že každá z metod má své výhody pro různé části těla (Smith, 1994). Dále například Rosenbaum et al. (citováno v Samson et al., 2012) zjistili, že dosažení maximální síly m. triceps surae je možné v případě, že statickému strečinku v rámci rozvečvení předchází zahřátí v podobě běhu. Zdá se tedy, že zařazení specifického zahřátí má pozitivní vliv a eliminuje negativní vlivy samotného statického strečinku na rychlostní nebo silový výkon. Podobně i Skof a Strojnik (citováno v Samson et al., 2012) zjistili, že běžně užívaný model, rozběhání a strečink, pokud v rámci zahřátí ještě následuje zařazení sprintu a skoků, vede k zvýšení svalové aktivity v porovnání se samotným pomalým rozběháním nebo strečinkem.

Chan et al. (2001) hodnotili vliv strečinku na hamstringy. Strečinku předcházel pěti minutový běh. Pope et al. (2000) ve své studii také před strečinkem zařadili aktivní zahřátí běh 4 minuty a stepping do strany. Zatímco Arajol a Tirado (2010) doporučují dobu zahřátí 10-15 minut.

Z dostupné literatury vyplývá, že zahřátí před zátěží je nezbytná součást každé tréninkové jednotky. Doporučovaná doba zahřátí jako součást rozvečvení před strečinkem bývá v délce pěti minut. Nejčastější formou zahřátí je rozběhání nebo jízda na stacionárním kole. Rozběhání po dobu pět minut je proto využito i v rámci námi sestaveného tréninkového programu.

#### 4. 7. 2 Strečinkový program a možnosti využití různých strečinkových metod

Strečink je možné definovat jako terapeutickou, ale i tréninkovou metodu, která napomáhá k protažení svalů a jejich šlach, vazů, kloubních pouzder a fascií. Strečink aplikujeme na tkáň s cílem zabránit omezení rozsahu pohybu v kloubech, přes které přecházejí (Muscolino, 2011). Strečink je metoda, která pomáhá udržovat nebo zlepšovat rozsah pohybu v kloubu nebo skupině kloubů (Arajol, Tirado; 2010) a protahovaných tkání bez porušení jejich integrity (Hamilton et al., 2012). Požadovaný efekt strečinku dosáhneme při jeho pravidelné aplikaci (Hamilton et al., 2012). Tato metoda je indikována v rámci péče, prevence a udržování nebo rozvoji pohybových schopností všech jedinců (Arajol, Tirado; 2010). Strečink je obecně používán i jako součást rozvečvení, aby došlo ke zvýšení rozsahu pohybu a zajištění nebolestivého průběhu pohybu v daném rozsahu (Marek et al., 2005). Strečink je



doporučovaný jako důležitá součást rozcvičení nezbytná pro kondici, zlepšení sportovního výkonu, rozvoj ohebnosti, snížení rizika zranění (Chan et al., 2012; Bradley et al., 2007; Marek et al., 2005; Decoster et al., 2004; Brady et al., 1998; Page, 1995; Smith, 1994), vede ke zlepšení efektivity pohybu (Brady et al., 1998) a snížení svalové bolestivosti (Bradley et al., 2007). Pravděpodobně působí pozitivně ve smyslu snížení projevů opožděného nástupu svalové únavy, tzv. „DOMS“ z anglického „delayed-onset muscle soreness“ (Feland et al., 2001; Larsen et al., 2005; Da Costa, Vieira, 2008; Page, 1995). Strečink je také spojován se zlepšením ekonomiky běhu (Feland et al., 2001). Strečinkem můžeme dosáhnout zlepšení koordinace mezi agonistickými a antagonistickými svalovými skupinami (Arajol et al., 2010).

Epidemiologické výzkumy popisují svalové zkrácení, snížení ohebnosti, omezený rozsah pohybu a nedostatečnou svalovou sílu jako etiologické faktory vzniku akutních svalových zranění ve smyslu natažení či natržení, ale jsou také spojovány se snížením výkonnosti. Podle O'Sullivan et al. (2009), Kovacs (2006) a Weldon et al. (2003) může zlepšení ohebnosti pomocí strečinku redukovat rizika vzniku zranění. Nedostatečná ohebnost je obecně řadou odborníků (Chan, 2012; Worrell et al. citováno v Chan, 2001; Gleim, McHugh, 1997) dávana do souvislosti se vznikem muskuloskeletálních zranění, ale také s bolestmi zad v oblasti bederní páteře a zraněními bederní páteře a dolních končetin (Decoster et al., 2004; Cailliet citován v Chan, 2001). Strečinku je připisována řada výhod, mezi které patří zlepšení ohebnosti sportovců, prevence vzniku svalových dysbalancí a prevence zranění. Svalové dysbalance nebo snížená ohebnost mohou být spojovány s určitými typy sportovních zranění. Adekvátní protažitelnost získaná pravidelným strečinkem naopak může vést k větším sportovním výkonům. Strečink také může mít vliv na ekonomiku běhu, zvýšit výkonnost, a zlepšit rozsah pohybu. Strečink má nezastupitelnou úlohu v průběhu rehabilitační péče při léčbě zranění. Strečink je také doporučenou metodou k odstranění nebo zmírnění svalové „ztuhlosti“ po nadměrné zátěži (Smith, 1994).

Přestože je výše vyjmenována celá řada studií podporujících strečink a tato metoda se jeví jako jedna z možností, jak dosáhnout zvýšení ohebnosti a rozsahu pohybu, tak se poslední dobou však setkáváme i s tvrzeními, že strečink není efektivní v prevenci sportovních zranění. Zdánlivý neúspěch této metody v prevenci zranění může souviset s nesprávnou aplikací této metody. Možností je nesprávné načasování nebo použití nesprávné strečinkové metody, nebo je strečink pro všechny sportovce

skutečně zbytečný. Možná by sportovci měli být ohodnoceni individuálně, abychom lépe sestavili jejich tréninkovou přípravu. Neohební sportovci by mohli být podporováni, aby zařadili strečink do jejich tréninkového režimu obecného rozcvičení, zatímco jiní, kteří nemají omezený rozsah pohybu, by mohli zapojit více posilování, skoky nebo jiné aktivity v rámci rozcvičení (Field et al., 2007). Strečink je rutinně doporučován během zahřátí jako metoda prevence sportovních zranění, přestože některé dostupné evidence naznačují, že strečink před samotným cvičením, „pre-exercise strečink“ (PES), zejména statický strečink, nemají v prevenci sportovních zranění významný vliv, ale mohou dokonce vést ke snížení výkonnosti u sportů, které vyžadují explozivní, dynamické provedení, jako například sprint (Chan et al., 2012; Winchestera et al., 2008) nebo v případě krátkodobých silových cvičení (Nelson et al., 2005).

Strečink je často používanou metodou k urychlení zotavení po intenzivním cvičení, přestože je velmi diskutována efektivita strečinku v případě tohoto zotavení. Poslední dobou se řada autorů snaží účinky strečinku v tomto případě vyvrátit. Často však zapominají na některé starší studie, které na základě EMG poukazují na snížení svalové aktivity po strečinku (Torres et al., 2007). Okamžitým efektem strečinku je snížení tolerance k bolesti. Tento analgetický efekt může zvýšit riziko zranění v případě zařazení strečinku během rozcvičení. S tímto efektem se nejvíce setkáváme u PNF strečinku, technice „stretch-relaxation-contraction“ (Arajo et al., 2010). Svalová bolestivost vzniká zejména po zařazení intenzivního excentrického tréninku. Dalšími projevy nadměrné zátěže při excentrickém tréninku je řada klinických symptomů včetně již výše zmíněného syndromu „DOMS“ (Torres et al., 2007). Strečink se jeví jako velmi efektivní ke zmírnění symptomů spojených s „DOMS“. Pro snížení projevů „DOMS“ se jeví jako nejvíce výhodný statický strečink v kombinaci s kryoterapií. Efekt samotné kryoterapie na „DOMS“ nebyl prokázán, tudíž se autoři domnívají, že právě strečink je nezbytnou součástí prevence svalové únavy a dalších projevů syndromu „DOMS“ (Smith, 1994).

#### 4.7.2.1 Strečinkové metody a obecné zásady aplikace strečinku

Cílem všech strečinkových metod je zvýšení rozsahu pohybu kloubu zvýšením protažitelnosti vybrané svalové skupiny kolem kloubu (Field et al., 2007). Existuje řada obecných doporučení ohledně aplikace strečinku nezávisle na době, kdy je strečink

aplikován vzhledem k zátěži (dle Smith, 1994). Obecně se strečink zařazuje po zahřátí (O'Sullivan et al., 2009), přestože de Weijer et al. (2003) nezaznamenal významného zlepšení ohebnosti po využití rozcvičení, které tvořilo zahřátí a statický strečink. Někteří autoři (Silveira et al., 2011) doporučují zařadit statický strečink na závěr v rámci docvičení. Strečinkový program by měl odpovídat potřebám daného sportu (Smith, 1994), ale i individuálním potřebám daného jedince. Při strečinku by sval měl být relaxován a protažení by mělo být postupné. Strečink by měl být prováděn pomalu a rytmicky (Muscolino, 2011). Doporučuje se pomalý statický strečink bez hmitání na konci rozsahu pohybu, aby nedošlo k „přetažení“ svalu a překročení jeho meze pružnosti. Tím se snižuje riziko zranění (Smith, 1994). Strečink provádíme v plném možném rozsahu pohybu, ale nikdy nesmí bolet! Je proto vhodnější provádět strečink pomaleji, jemněji bez využití nadměrné síly a věnovat mu více času. Pokud provádíme strečink příliš rychle, vzniká riziko aktivity svalového vřetenka, což má za následek pocit tuhosti protahované svalové skupiny (Muscolino, 2011). Pomalý plynulý strečink nevyvolává silnou reflexní kontrakci svalu a pomáhá snižovat svalovou bolestivost (Brady et al., 1998). Strečinku by se však mělo věnovat více času i ve smyslu více tréninkových jednotek v rámci tréninkového mikrocyklu. Tímto způsobem dosáhneme bezpečněji lepšího výsledku protažení (Muscolino, 2011). Strečink by neměl být vnímán jako zatěžující úkol, ale naopak by měl být pravidelnou součástí všech tréninků po celou dobu „sezóny“ a v době mimo „sezónu“ bychom jeho pomocí měli udržovat získanou ohebnost. Zlepšení ohebnosti může být dosaženo pouze pravidelným dlouhodobým strečinkovým programem. Obecně se doporučuje protahovat agonistu i antagonistu, a také protahovat obě strany nebo končetiny střídavě. Maximálního efektu strečinku dosahujeme při počtu opakování 3-5× s dobou setrvání v jedné poloze 15-20 sekund. Strečinkový program by měl být zahrnut jako součást rozcvičení, nejméně 15-20 minut před tréninkem, ale také po něm. Zahřátí před samotným strečinkem také pomáhá zvýšit protažitelnost tkání (Smith, 1994).

Obecně platí, že strečink jako součást tréninkové jednotky má své výhody. Sportovci běžně používají tři základní typy strečinku: statický, balistický a tzv. PNF strečink. Často je také diskutován dynamický strečink, který je některými autory považován spíše za formu rozcvičení než samotný strečink. Pro dynamický strečink jsou typické sportovně specifické pohyby s postupným zvětšováním rozsahu pohybu (Brukner, 2012).

#### 4.7.2.1.1 Statický strečink

Statický strečink je definován jako pomalé protažení svalu na hranici tolerance s následnou výdrží v dané protahovací poloze po určitou dobu (Brukner, 2012; O'Sullivan et al., 2009; Brady et al., 1998). Je jednou z nejvíce preferovaných metod pro zvýšení ohebnosti, které je dáno viskoelastickými vlastnostmi svalů (De Weijer et al., 2003). Statický strečink je považován za nejbezpečnější formu protažení (Brukner, 2012). Je spojován s nejmenším rizikem poranění při jeho provádění, ale zároveň je považován za nejefektivnější pro zvětšení rozsahu pohybu v kloubu (Hamilton et al., 2012; Brady et al., 1998; Smith, 1994). Obliba statického strečinku také může být dána jeho jednoduchostí v porovnání s ostatními typy strečinku (Chan et al., 2012). Statický strečink vyvolává nejmenší napětí (Brukner, 2012). Pokud je při protažení pocíťováno napětí nebo bolest, došlo k „přetažení“ svalu a tento sval se stává náchylným ke zranění (Brukner, 2012). Statický strečink vyžaduje menší energetické požadavky oproti jiným strečinkovým metodám. Typické je pro něj i větší snížení svalové bolestivosti v porovnání s ostatními metodami (Hamilton et al., 2012).

Neustále se diskutuje vztah mezi strečinkem a prevencí zranění. Například O'Sullivan et al. (2009) tvrdí, že statický strečink může pomoci snížit incidenci zranění a pomáhá při zotavení po zranění, naopak Hamilton et al. (2012) poukazují na řadu studií, které popisují výhody statického strečinku v prevenci svalových zranění, ale již nepotvrzují efekt v případě prevence zranění kostí a kloubů.

Doba výdrže v konečné poloze se při statickém strečinku doporučuje 30-60 sekund (Brukner, 2012), řada autorů se však přiklání i ke kratšímu setrvání v konečné poloze. Například Feland et al. (2001) a Smith (1994) doporučují výdrž po dobu 6-60 sekund. Muscolino (2011) doporučuje setrvání v strečinkové poloze po dobu 10-30 sekund a obecně doporučuje 3 opakování. Arajol et al. (2010) v případě volby aktivního statického strečinku doporučují setrvání po dobu 6-10 sekund. V tomto případě se jedná o dosažení napětí ve svalu aktivací jeho antagonisty. V rámci rozcvičení je používán pro aktivaci agonisticko-antagonistické synergie s cílem vyhnout se únavě. V rámci docvičení můžeme tuto formu strečinku využít pro normalizaci napětí hypertonických svalů a zlepšení žilního návratu.

Statický strečink podle Samson et al. (2012) vede k zvětšení rozsahu pohybu o 2,8 % v porovnání se strečinkem dynamickým. Přestože statický strečink vede

k významnému zvýšení statické ohebnosti, nemá žádný vliv na zvýšení dynamické ohebnosti, tudíž ho někteří autoři nedoporučují v rámci rozcvičení (Silveira et al., 2011). Brady et al. (1998) prokázali, že statický strečink aplikovaný 5× týdně po dobu šesti týdnů s výdrží 1×30 sekund vede ke zvětšení rozsahu pohybu a zlepšení protažitelnosti hamstringů.

Některé zdroje uvádí negativní vliv strečinku na okamžitou výkonnost (O'Sullivan et al., 2009) a svalovou sílu, což bylo prokázáno například na vertikálním výskoku (Kovacs, 2006). Statický strečink snižuje maximální svalovou sílu. Může mít negativní vliv na vykonávání aktivit vyžadujících maximální sílu (Silveira et al., 2011), ale také rychlost a výbušnost (Kovacs, 2006). Toto snížení výkonnosti může přetrvávat až 60 minut po ukončení strečinku. Závisí však na typu strečinku a je nutné zvážit výběr strečinkové metody v závislosti na navazující aktivitě (Kovacs, 2006). Pasivní protažení negativně ovlivňuje výkonnost u aktivit vyžadujících vysoký opakovaný silový výstup. Nedoporučuje se tedy například před skokem dalekým, vysokým a skoku o tyči (Nelson et al., 2005). V těchto případech je jako alternativa protažení před výkonem doporučován dynamický strečink, neboť nemá negativní vliv na výkon, ale nebyly u něj pozorovány ani výhody statického strečinku, například zvýšení ohebnosti (O'Sullivan et al., 2009). Některé zdroje dokonce uvádí, že statický strečink před posilovacími cvičeními je škodlivý, neboť statickým strečinkem inhibované svaly jsou méně schopné se rychle kontrahovat v případě nutnosti ochránit kloub před možným vymknutím nebo natažením tkání při náročném tréninku (Muscolino, 2011).

Nicméně, stále více autorů doporučuje provádět statický strečink více dynamickým způsobem. Vzhledem k tomu, že se dříve doporučovalo setrvání v poloze 10-30 sekund při počtu opakování tři a nyní se někteří autoři přiklánějí spíše k setrvání v poloze po dobu 2-3 sekundy, ale při počtu opakování 10, tak nově doporučovaný postup pro statický strečink připomíná více strečink dynamický (Muscolino, 2011).

#### 4.7.2.1.2 Švihový, tzv. balistický,

Švihový strečink je založený na opakovaném hmitavém pohybu v protažení svalu (Smith, 1994). Výsledkem aktivního kývavého pohybu segmentu/ů by mělo být protažení svalů a tkání (Hamilton et al., 2012; Brady et al., 1998). Při provádění

švihového strečinku dochází k protažení svalu téměř na hranici jeho limitu meze protažitelnosti. Opakovaným hmitáním v této konečné poloze se můžeme snadno dostat za tuto „bezpečnou“ hranici. Nevýhodou tohoto způsobu protahování je silná reflexní svalová kontrakce při rychlém hmitu (Brukner, 2012). Existuje řada názorů, že právě tento typ strečinku vede ke vzniku řady svalových zranění ve smyslu natažení či natržení. Proto ani tato metoda strečinku není příliš ve sportovní praxi používaná (Brukner, 2012; Brady et al., 1998), s výjimkou baletu, gymnastiky a tance (Brukner, 2012). Navzdory rizikům je švihový strečink vhodnější k rozvoji dynamické ohebnosti, která je nezbytná pro řadu pohybových aktivit. V případě zařazení programu švihového strečinku je nutné dbát dostatečné pozornosti a opatrnosti při jeho provádění. Švihovému strečinku by měl předcházet statický strečink k zjištění základní protažitelnosti. Dále by měl následovat pomalý pohyb s malým rozsahem pohybu. Postupně může být zvyšována rychlost provedení pohybu, i rozsah pohybu. Nutné je dbát určité pozornosti na základní protažitelnost před využitím této dosažené úrovně (Hamilton et al., 2012).

#### 4. 7. 2. 1. 3 PNF strečink

PNF strečink se provádí na základě střídavé svalové kontrakce agonistických i antagonistických svalů. PNF strečink byl původně založen na domněnce, že nastane reciproční inhibice agonisty po aktivaci antagonisty, tedy že se svalová relaxace zvýší po kontrakci antagonisty s možností následného většího protažení agonisty. Existuje řada různých technik PNF strečinku. Současné výzkumy tuto domněnku však vyvracejí. Pomocí EMG záznamů bylo zjištěno, že po aplikaci PNF strečinku dochází ke zvýšení elektrické aktivity takto protahovaných svalů (Brukner, 2012; Da Costa, Vieira, 2008).

PNF strečinkem můžeme získat větší ohebnost v porovnání s jinými strečinkovými metodami. Jeho největší nevýhodou však je poměrně velká tendence k „přetažení“ svalu. PNF strečink by měl být ideálně prováděn ve dvojicích s tréninkovým partnerem, trenérem nebo terapeutem, který je seznámen s danou technikou a jejími potenciálními riziky (Brukner, 2012).

Proprioceptivní neuromuskulární facilitace, zkratka PNF, podle Knott a Voss umožňuje výběr řady technik pro svalovou relaxaci. V tréninkové praxi je běžně

pro ovlivnění svalové „ztuhlosti“ a zkrácených tkání používána technika kontrakce-relaxace (Smith, 1994). PNF strečink je populární metodou protažení, která využívá inhibičních technik, například kontrakce-relaxace a výdrž-relaxace (Feland et al., 2001). PNF podle Knott a Voss inhibuje Golgiho šlachové tělíčko a pro svalovou relaxaci využívá principu reciproční inhibice (Brady et al., 1998). Optimální trvání kontrakce v případě PNF strečinku se popisuje 3-6 sekund (Feland et al., 2001).

#### 4. 7. 2. 1. 4 Dynamický strečink

Dynamický strečink je synonymem funkčního, pro sport specifického protažení, kdy jde o simulaci pohybů typických pro daný sport (Silveira et al., 2011). Brukner (2012) nepovažuje tuto formu „protahování“ za strečink, ale pouze za specifický pohyb využívaný pro daný sport.

Dynamický strečink pravděpodobně vychází z poznatku, že strečink svalů ve stejné rovině, ve které probíhá specifický sportovní pohyb, vede k lepší ekonomizaci pohybu při chůzi. Toto pozoroval již během Olympijských her 1932 Cureton, který vypořádal, že více ohební sportovci mají lepší sportovní výsledky (Smith, 1994).

Dynamický strečink je popisován jako kontrolovaný pohyb v aktivním rozsahu pohybu každého kloubu (Fletcher, Jones, 2004). Pohyb končetiny vychází z neutrální polohy až do konečného rozsahu pohybu, kde jsou svaly v jejich největším protažení. Následně se končetina vrací zpět do výchozí polohy (O'Sullivan et al., 2009). Nejedná se však o balistický strečink a tyto dvě metody by neměly být zaměňovány. Pro balistický strečink je charakteristický opakovaný rytmický pohyb na konci rozsahu pohybu. Tato forma strečinku je spojována se svalovým poškozením a zkrácením, což by v případě dynamického strečinku hrozit nemělo (Fletcher, Jones, 2004). Příkladem dynamického strečinku je „toe walk“, „heel-walk“, „hand-toe hamstring stretch“, „military-walk“, „sumo groin stretch“ a „quadriceps kicks“ (Silveira et al., 2011).

Podle některých odborníků může být dynamický strečink výhodný pro explozivní sportovní aktivity a může být prospěšný ke zvýšení ohebnosti

bez snížení sportovní výkonnosti. Zvýšená ohebnost může pomoci redukovat riziko zranění a také může pomoci zvýšit výkonnost ve fotbalu (Chan et al., 2012).

O dynamickém strečinku by se dalo uvažovat jako o nadřazené formě protažení nad statickým strečinkem, díky jeho větší podobnosti pro sport specifickému pohybu (Torres et al., citováno v Samson et al., 2012). Přestože evidence není jednotná. Řada studií, které zahrnuly dynamický strečink, popisují zvýšení svalové síly, zlepšení výkonnosti při sprintu, skocích bez nepříznivých účinků (Samson et al., 2012).

#### 4.7.2.1.5 Aktivní a pasivní strečink

Dalším způsobem dělení strečinku je na aktivní a pasivní podle původu působící síly při protažení. Při aktivním strečinku jsou antagonisté daného kloubu napínány koncentrickou aktivitou kontralaterálních svalů. Aktivní strečink je možné využít téměř na všechny segmenty a klouby těla. V případě aktivního strečinku také můžeme využít asistovaného aktivního strečinku, tzv. aktivní strečink s dopomocí. Obdobnou formou aktivního strečinku s dopomocí je protažení v páru (Hamilton et al., 2012). Aktivní statický strečink je udržován po dobu 6-10 sekund. Jedná se o dosažení napětí ve svalu aktivací jeho antagonisty. V rámci rozcvičení je používán pro aktivaci agonisticko-antagonistické synergie, s cílem vyhnout se únavě. V rámci docvičení můžeme tuto formu strečinku využít pro normalizaci napětí hypertonických svalů a žilního návratu (Arajol et al., 2010).

Pasivní strečink je forma protažení, kdy je nezbytná přítomnost druhé osoby, která strečink provádí. Možné je využít gravitace. Cvičící může pro dosažení protažení použít vlastní rukou, pokud na danou část těla dosáhne (Hamilton et al., 2012).

#### 4.7.2.2 Zařazení strečinku v rámci tréninkové jednotky a charakter strečinkového programu

Stále poněkud zůstává nezodpovězena otázka, zda aplikovat strečink před zátěží v rámci rozcvičení nebo na závěr tréninkové jednotky jako docvičení. Problematiku strečinku je možné označit za kontroverzní. Existuje řada názorů na zařazení strečinku v rámci tréninkové jednotky. Velmi často jsou diskutovány výhody strečinku během



rozcvičení (Arajol, Tirado; 2010). Existují i tvrzení, že strečink se liší v závislosti na druhu sportu a efekt strečinku je závislý na populaci, např. vrcholoví sportovci, době trvání protažení, typu strečinku, přítomnosti zahřátí a „načasování“ strečinku, například po cvičení. Je však důležité rozlišovat mezi strečinkem jako formou rozcvičení a tréninkem všeobecné ohebnosti (McMillian et al., 2006). Poslední dobou se začíná zdůrazňovat i fakt, že strečink před cvičením je jiná intervence v porovnání se strečinkem mimo období cvičení (Bukner, 2012). Jedná se o dva rozdílné programy, které nemohou být aplikovány ve stejnou dobu. Obecně se potvrdilo, že pravidelný strečink vede k zvýšení ohebnosti. Trénink ohebnosti by měl být založen na individuálních potřebách a sportovní aktivitě (McMillian et al., 2006). Obecně panuje shoda, že strečink před výkonem, snižuje výkonnost v testech fyzické zdatnosti, zatímco pravidelný dlouhodobý strečink v testech fyzické zdatnosti výkonnost zlepšuje. Jak významně tyto změny ovlivňují výkonnost ve sportu, záleží na daném sportu (Bukner, 2012). Obecně však panuje shoda v tom, že se má jednat o bezpečné kontrolované statické cviky (Bahr et al., 2008), přestože někteří autoři doporučují v rámci rozcvičení dynamický strečink (Duncan et al., 2006). Někteří autoři naopak vůbec nedoporučují strečink před výkonem, zejména dynamickým. Například Hamilton et al. (2012) tvrdí, že pro výkon, jehož podstatou je dynamická síla, například sprint nebo výbušný skok, jsou kladeny zvýšené požadavky na výkonnou svalovou kontrakci, pro kterou je nutná větší svalová tuhost. Toto tvrzení má řadu zastánců, ale existují i studie, které tyto výsledky vyvrací. I přes toto tvrzení je několik minut mírné fyzické aktivity s následným strečinkem obecně doporučováno pro všechny sporty a všechny úrovně soutěží (Bradley et al., 2007).

Strečink se doporučuje aplikovat po zahřátí těla, ať už aktivně, nebo po aplikaci tepla. Pokud aplikujeme strečink na nezahřáté tkáň, zvyšuje se riziko jejich poranění a nezískáme maximálních výhod, které strečink přináší. Z tohoto důvodu by strečink měl být jako součást tréninkové jednotky zařazen až po úvodním zahřátí, například rozběhání. Tyto obecné principy platí pro statický strečink. Pokud se rozhodneme pro dynamický strečink místo statického, je výhodnější aplikovat tento druh strečinku na nezahřáté tkáň, neboť dynamický strečink je metoda vedoucí nejen k protažení, ale i zahřátí tkání (Muscolino, 2011).

Navzdory řadě studií týkajících se strečinku zůstává nezodpovězena řada otázek. Je možné, že specifický strečink před zátěží působí jako prevence určitých typů zranění,

např. zranění hamstringů, ačkoli jiné typy zranění nejsou strečinkem ovlivněny. Pokud by toto byla pravda, pak by samotné protažení před zátěží mohlo vést ke vzniku jiných zranění v závislosti na snížení svalové síly, výbušnosti a vytrvalosti (Brukner, 2012). Faigenbaum et al. (citováno v Duncan et al., 2006) se zabývali otázkou prevence zranění. Pro udržení nebo zvýšení výkonnosti doporučují pro zahřátí dynamický strečink, zatímco v rámci docvičení doporučují strečink statický.

Smith (1994) doporučuje i častější aplikaci strečinku na svaly predominantně tvořené rychlými vlákny, která jsou náchylnější ke zranění. Většinou se jedná o sprintery nebo vzpěrače. Sportovci, kteří při svých disciplínách využívají právě svalů s převahou rychlých svalových vláken, by se měli protahovat častěji než sportovci se zaměřením na vytrvalostní sporty a sportovci na nižší výkonnostní úrovni, kteří využívají více pomalých svalových vláken. Tento typ svalových vláken má větší elastické vlastnosti, proto reagují příznivěji na protažení (Smith, 1994).

Hráči fotbalu, kteří zařadili na začátek tréninkové jednotky zahřátí 20 minut se strečinkem trvajícím 10 minut, utrpěli „pouze“ 75 % zranění hamstringů oproti kontrolní skupině. Na základě těchto výsledků je možné doporučit zařazení strečinku v rámci rozcvičení (Smith, 1994).

Strečinkový program v rámci rozcvičení by dle F-MARCH měl trvat asi 10 minut a měl by být zaměřen na velké „fotbalové“ svalové skupiny, kam patří zejména hamstringy, m. quadriceps femoris, svaly lýtky, adduktory stehna, flexory a rotátory kyčelního kloubu a svaly dolní části zad (Bahr et al., 2008). Opět zdůrazňujeme alespoň individuální „doprotážení svalů pletenců ramenních a krční páteře, pokud toto není zařazeno v rámci skupinového protažení. Přestože FIFA doporučuje přibližně desetiminutový strečinkový program v rámci rozcvičení, vytvořili pro hráče fotbalu program „11+“. Trenérům, kteří si přejí provést protažení před tréninkem, je doporučováno využít dynamického strečinku po zahřátí namísto statického nebo švihového strečinku. Statický a PNF strečink je hráčům doporučován pravidelně provádět na závěr tréninkové jednotky a doma (Chan et al., 2012).

Vzhledem k problematice zranění hamstringů je doporučováno zařadit před výkonem rozcvičení a strečink z důvodu snížení rizika zranění a zvýšení ohebnosti hamstringů. Strečink zařazený v rámci rozcvičení je považován za vhodnou prevenci svalových zranění a zvýšení výkonnosti, ale také jako metoda pro zlepšení ohebnosti

a protažitelnosti svalů (O'Sullivan et al., 2009). MacAuley (2007) popisuje statistické snížení počtu zranění hamstringů, pokud je strečink zařazen v rámci rozcvičení. O'Sullivan et al. (2009) popsali zvýšení ohebnosti hamstringů po rozcvičení, ale stejně tak i po aplikaci statického strečinku, zatímco dynamický strečink neměl na ohebnost hamstringů vliv. U jedinců se sníženou protažitelností hamstringů v důsledku zranění byl pozorován větší efekt rozcvičení složeného ze zahřátí a statického strečinku. Rozdíly však podle O'Sullivan et al. (2009) nebyly statisticky významné. Zahřátí a strečink by měly být zařazeny před fyzickou aktivitu. Aby bylo dosaženo co největšího efektu strečinku, měl by být zařazen 15 minut bezprostředně před zahájením aktivity (Woods et al., 2007). Někteří autoři, například Bahr et al. (2008) doporučují pasivní protažení o nízké intenzitě po dobu 20 sekund, zatímco „dynamický strečink“ považují za „nebezpečný“ a doporučují v případě jeho zařazení individuální dohled fyzioterapeuta při jeho provádění (Bahr et al., 2008). Bradley et al. (2007) nedoporučují bezprostředně před explozivními sportovními výkony zařazovat statický a PNF strečink pro jejich negativní vliv na svalovou sílu a rychlost kontrakce.

Většina fotbalových trenérů na Mauritiu doporučuje strečink po zahřátí (81 %) a po tréninkové jednotce (93 %). Řada trenérů (76 %) dále doporučuje strečink aplikovat i mimo tréninkové jednotky. Pokud sportovci dodržují tato doporučení, pak se doba strečinku pohybuje více než běžně doporučovaných 1,3 hodiny týdně v rámci tréninku, což odpovídá přibližně 16 minutám strečinku, pokud trénují 5× týdně. Nejčastěji používanou metodou strečinku je statický strečink, který doporučuje 96 % trenérů, zatímco pouze 25 % trenérů doporučuje švihový strečink a 42 % trenérů doporučuje PNF strečink. Ze všech dotázaných trenérů doporučuje 46 % používat více typů strečinku. Doporučení těchto trenérů vycházejí z empirických zkušeností (69 %). Celá řada trenérů (81 %) vychází z doporučení, která vydala FIFA, a 81 % z výsledků vědeckých výzkumů (Chan et al., 2012).

Obecně lze tedy shrnout, že v rámci rozcvičení je možné zařadit jak statický, tak dynamický strečink. V případě statického strečinku je vhodnější kratší doba výdrže v protažení, aby nedošlo k nadměrnému uvolnění muskulotendinózní jednotky, což by mohlo vést ke snížení výkonu při sprintu, skocích a dalších rychlostně-silových aktivitách. Zatímco na závěr tréninku v rámci docvičení se doporučuje zejména statický strečink.

#### 4.7.2.3 Metodika strečinku, počet opakování a doba výdrže strečinkových cvičení

Tréninkový program by měl být přizpůsoben individuálním potřebám. Většina strečinkových programů doporučuje dobu výdrže 6-30 sekund (Alter, 1999).

Ale setkáváme se i s jinými doporučeními, nebo studii, které využívají delší dobu protažení, často až 60 sekund (Brukner, 2012; Feland et al., 2001; Smith, 1994).

Magnuson et al. (citováno v Yuktasir, Yildirim, 2007) zkoumal vliv doby výdrže 90 sekund na zlepšení ohebnosti hamstringů. Čas potřebný ke změnám v muskulotendinózní jednotce blížící se devadesáti sekundám doporučují i jiní autoři. Řada studií vedla k doporučením pro dobu výdrže při statickém strečinku 15-30 sekund, což byla doba považovaná za nejvíce efektivní pro získání svalové poddajnosti (Chan et al., 2012).

Alter (1999) doporučuje dvě až tři opakování každého cviku v protažení po dobu 10 sekund nebo jedno opakování s výdrží 20-30 sekund. Yuktasir, Yildirim (2007) uvádějí, že statický strečink s výdrží 10 sekund je účinnější než statický strečink aplikovaný po dobu 30 sekund. S obdobnými doporučeními jako Alter (1999) a Yuktasir, Yildirim (2007) přicházejí i Chan et al. (2012), kteří vycházejí ze spolupráce s trenéry na Mauritiu. Trenéři na Mauritiu doporučují v případě statického strečinku hamstringů počet opakování  $4 \pm 1$  při protažení hamstringů a dobu výdrže v průměru  $12 \pm 3$  sekundy. Nejvíce doporučovaným časem pro výdrž v konečné poloze je 10-14 sekund. Změny viskoelastických vlastností tkání závisí více na době protažení než na počtu opakování, nebo na délce strečinku v rámci tréninkové periody (Chan et al., 2012). Taylor et al. (citováno v Smith, 1994) ve své studii prokázali, že k největšímu protažení dochází v průběhu prvních 12-18 sekund v porovnání s protažením překračujícím tuto dobu strečinku. Na základě tohoto zjištění je možné říci, že protažení aplikované delší dobu již nemá významnější výhody. Setkáváme se však i s tvrzeními, která popisují zvýšení rozsahu pohybu a snížení odporu při provedení pohybu, jak po strečinku působícím 15 sekund, 45 sekund, i 2 minuty bez výraznějších rozdílů mezi těmito třemi skupinami. Výsledky této studie jsou však limitovány malým výzkumným souborem. Přesto byly pozorovány drobné rozdíly u skupin 15 sekund a 45 sekund, ale vzhledem na malou velikost souboru dospěli k závěru, že strečink s výdrží 15 sekund je stejně efektivní jako strečink s výdrží 45 sekund a 2 minuty (Smith, 1994). Borms et al. (citováno v Yuktasir, Yildirim, 2007) poukazují na efekt strečinku po dobu 10 sekund na coxofemorální skloubení. Strečink

po dobu 10 sekund je podle těchto autorů stejně efektivní jako strečink po dobu 20 a 30 sekund. Studie často využívají déletrvající strečink, s výdrží od 90 sekund až do 1 hodiny celkového protažení na jednu svalovou skupinu. V případě fotbalu není před zápasem ani tréninkem pravděpodobné využití strečinku trvající 1 hodinu. Při přípravě na výkon je běžně používána doba výdrže v protažení 10-15 sekund (Fletcher, Jones, 2004). Efekt krátkého setrvání v protahovací poloze potvrzují i výsledky studie, kde byl hodnocen efekt strečinku 10 sekund a 30 sekund. Nebyl shledán významný rozdíl mezi skupinou, která prováděla strečink 5× týdně po dobu 6 týdnů, 10 opakování, výdrž 10 sekund a pauza 10 sekund, v porovnání se skupinou, která se protahovala stejně často, počet opakování 10, výdrž 30 sekund a pauza 10 sekund. U obou skupin došlo ke zlepšení kloubní pohyblivosti. Strečink po dobu 10 sekund byl o něco účinnější, což potvrzuje i tvrzení Madding et al. (citováno v Yuktasir, Yildirim, 2007), kteří tvrdí, že delší setrvání v protahovací poloze již nevede k většímu zlepšení pohyblivosti.

Taylor et al. (citováno v Yuktasir, Yildirim, 2007) navrhuje při strečinku počet opakování 4, aby bylo dosaženo maximálního prodloužení šlachy. Shrier a Heyward (citováno v Yuktasir, Yildirim, 2007) tvrdí, že některé svaly pro dosažení maximálního efektu vyžadují počet opakování 2-3, zatímco jiné svaly vyžadují počet opakování 5-6. Doporučení počtu opakování se liší. Někteří odborníci doporučují počet opakování protažení v sérii 8 - 12, jiní naopak doporučují 3 - 6 sérií po 10 - 15 opakováních (Alter, 1999). Co se týče počtu opakování protažení, tak Taylor et al. (citováno v Yuktasir, Yildirim, 2007) na základě zkoumání šlach m. extensor digitorum longus a m. tibialis anterior králíka dospěli k závěru, že k největším změnám ve svalu i šlaše dochází během prvních čtyř opakování. Další opakování již nepřináší významnější protažení svalu. Na základě jejich studie přišli jiní autoři s názorem, že 5-6 opakování je dostačující pro zvýšení rozsahu pohybu v kloubu kyčelním, kolenním a hlezenním (Smith, 1994).

Byl sledován dokonce i vliv strečinku na stabilitu a bylo zjištěno, že strečink s výdrží po dobu 15 sekund, pauzou mezi opakováními 15 sekund, a počtem opakování 3× může zlepšit rovnováhu snížením posturální instability. Strečink po dobu 45 sekund při stejném počtu opakování nezaznamenal stejný efekt (Costa et al., 2009). Lze tedy říci, že i pro zlepšení posturální stability je dostačující krátkodobé protažení s malým počtem opakování.

#### 4.7.2.4 Strečink a výkonnost

Shier (citováno v Field et al., 2007) objevil jisté odlišnosti v efektu strečinku na výkon v závislosti na typu strečinku. Strečink těsně před cvičením a pravidelný strečink po dobu dní a týdnů mimo tréninkovou jednotku má rozdílný vliv na vyvinutí isometrické síly, isokientické síly, výšku výskoku a na rychlost běhu. Ačkoli se jeví, že strečink zlepšuje sílu, výšku výskoku a rychlost běhu, je nutné se zamyslet nad rozdílností jednotlivých protahovacích metod, době protažení, intenzitě strečinku a další zátěži, která bude následovat, aby se vzájemně negativně neovlivňovaly. Brukner (2012) ve své knize také zmiňuje publikaci Shier (2004), kde je strečink vzhledem k svalové síle přirovnáván ke vzpírání, neboť stejně jako po vzpírání by i v případě strečinku mělo dojít k okamžitému poklesu svalové síly. Ačkoli na druhou stranu je popisováno zvýšení svalové síly, výbušnosti a vytrvalosti v případě, že je vzpírání nebo strečink aplikován pravidelně po dobu několika týdnů. Naopak pro výkony mírné nebo střední intenzity, pro které je charakteristický cyklický pohyb nebo v případě sportovních odvětví, kde je důležitý rozsah pohybu, je dobrá protažitelnost velmi důležitá. Obecně však platí, že strečink jako součást tréninkové jednotky má své výhody. Potvrdilo se, že rozcvičení zahrnující obecné zahřátí, nebo obecné zahřátí, statický strečink a specifické zahřátí vede ke zvýšení explozivní síly (Samson et al., 2012) a zlepšení ohebnosti, která je spojována s prevencí sportovních zranění. Strečink je spojován nejen s prevencí zranění, ale také zlepšením ohebnosti a zvýšením výkonnosti (Decoster et al., 2004). Setkáváme se i s tvrzením, že izolované protažení před zátěží nesníží celkovou četnost zranění. Na druhou stranu je popisováno snížení počtu zranění o 32 % při provádění pravidelného strečinku ne přímo před samotným cvičením (Brukner, 2012).

Statický strečink zaměřený na všechny hlavní svalové skupiny dolních končetin po dobu deseti týdnů vede k významnému zvýšení rozsahu pohybu, zvětšení vzdálenosti skoku dalekého z místa, vertikálního výskoku a zlepšení výkonu při sprintu na 20 m. Dlouhodobý statický strečink může zlepšovat výkonnost ve specifických sportovních dovednostech (Kokkonen et al., 2007).

Winchestr et al. (2008) popisují, že strečink před výkonem negativně ovlivňuje výkonnost u sportů, které vyžadují explozivní, dynamické provedení, jako například sprint, nebo vyžadují opakované silové výstupy.

Výše již byl zmiňován negativní vliv strečinku na některé sportovní aktivity. Nyní se zaměříme více na tuto problematiku v souvislosti s fotbalem. Fotbal je sport, kde je výkon závislý na řadě faktorů, mezi které patří svalová síla, výbušnost a rychlost, neboť v tomto sportu je potřeba provést řadu výskoků, sprintů a střelby, ale mimo jiné i ohebnost. Ohebnost závisí na elasticitě svalů, ale také kloubní pohyblivosti, a je reprezentována maximální amplitudou pohybu. V tomto případě pohybu pro podání optimálního výkonu při fotbalovém utkání (Vasconcellos et al., 2012). Ve fotbale se kromě běhu, sprintu a specifického pohybu kopu, pro které je důležitý i rozsah pohybu, setkáváme i s požadavky na skoky a výskoky, které jsou typické například pro osobní souboje. Lze tedy shrnout, že pro fotbal jsou nezbytné všechny dovednosti.

Sporty vyžadující skoky a výskoky s velkou intenzitou „stretch-shortening“ cyklů, jako tomu je například právě ve fotbale nebo americkém fotbale, vyžadují dostatečně poddajnou svalově-šlachovou jednotku, aby mohla absorbovat a uvolňovat velké množství elastické energie, která je v těchto sportech nezbytná pro dosažení dobrého výkonu. V případě nedostatečně poddajné muskulotendinózní jednotky požadavky na absorpci energie a její uvolnění rychle překročí kapacitu muskulotendinózních jednotek, což může vést ke zvýšení rizika zranění těchto struktur. Proto je v souvislosti s prevencí zranění v těchto sportech uvažováno o zvýšení poddajnosti muskulotendinózní jednotky. Metodou volby je strečink, jehož pomocí můžeme významně ovlivnit viskozitu šlachy a tím značně ovlivnit její poddajnost (Witvrouw et al., 2004). Naopak některé studie poukazují na lepší ekonomiku chůze a běhu u tužších, méně protažitelných svalů v porovnání s lépe protažitelnými (Gleim et al., Craib et al., Jones, citováno v Field et al., 2007). Fotbal mimo jiné vyžaduje i dobrou stabilitu. V tomto případě se zvýšená ohebnost stává kontraindikací. Pokud strečink snižuje maximální sílu pro výskok a ekonomiku běhu, pak se logicky jeví protahovací programy před výkonem nelogické (Field et al., 2007). Na druhou stranu byl potvrzen pozitivní efekt dlouhodobého strečinku na stabilitu (Costa et al., 2009).

Řada odborníků zkoumá vliv jednotlivých typů strečinku a postupů protažení na další sportovní výkon. Takto bylo prokázáno například snížení vertikálního výskoku po strečinkovém programu (Vasconcellos et al., 2012; Bradley et al., 2007; McMillian et al., 2006; Nelson et al., 2005). Snížení výkonu nebylo tak významné po švihovém strečinku (Bradley et al., 2007). Snížení výkonnosti po statickém strečinku je pozorováno i při krátkém sprintu, maximální volní kontrakci, svalové síle, reakčním

čase, navíc některé studie ani nepotvrdily pozitivní efekt statického strečinku v rámci rozcvičení jako prevenci sportovních zranění (McMillian et al., 2006). Krátkodobý mírný pokles výkonnosti, snížení svalové síly a výbušnosti pozoroval také Marek et al. (2005) po aplikaci statického a PNF strečinku. Inhibiční vliv strečinku pro tvorbu maximální síly, vertikálního výskoku a rychlosti běhu, sprint na 20 m a 40 m, prokázali také další autoři citovaní ve studii, kterou publikovali Winchester et al. (2008). Kokkonen et al. (citováno v Nelson et al., 2005) zjistili, že se 10 minut po statickém strečinku hamstringů a m. quadriceps femoris, snížila maximální výkonnost jak při flexi, tak extensi kolena. Zdá se, že strečink před výkonem negativně ovlivňuje dovednosti, které vyžadují opakované silové výstupy. Není však jisté, jakých výsledků bychom dosáhli, pokud by postintervenční měření probíhalo s větším časovým odstupem, tedy déle než 10 minut po protažení (Winchester et al., 2008).

Strečinkem snížená aktivita svalové síly může souviset s „neurálními faktory“, sníženou aktivací motorických jednotek, nebo reflexně může být změněná senzitivita (Marek et al., 2005). Snížení výkonnosti při sprintu po statickém strečinku je podle Fletcher a Jones (2004) způsobeno zvýšením poddajnosti muskulotendinózní jednotky, což má za následek sníženou schopnost absorbovat elastickou energii pro excentrickou fázi pohybu. Dynamický strečink naopak vede ke zvýšení výkonnosti při sprintu na 20 m.

Cometti (citován v Arajol, Tirado, 2010) doporučuje vyhnout se strečinku v rámci rozcvičení v případě rychlostních sportů vzhledem k jeho negativním vlivům na výkon. Strečink je povolen pouze v případě, že daný sport vyžaduje i velký rozsah pohybu.

Řada výzkumů navrhuje kombinaci statického a dynamického strečinku jako vhodnou volbu ke zmírnění negativních vlivů statického strečinku během rozcvičení, jak popisují Behm a Chaouachi (citováno v Samson et al., 2012). U skupiny vrcholových sportovců nebyl shledán žádný negativní vliv na sprint, hbitost a odrazovou schopnost při skocích, pokud byl zařazen strečink o různých intenzitách v souslednosti statický, následně dynamický. Gelen (citováno v Samson et al., 2012) kombinoval statický strečink, dynamický strečink s předcházející aerobní aktivitou při zahřátí a jejich vliv na čas při sprintu, fotbalový dribling a vzdálenost při kopání penalty a nenašel žádné nevýhody nebo změnu výkonnosti při daných činnostech



ve smyslu jejich zhoršení. Murphy (citováno v Samson et al., 2012) poukazuje na výhody zlepšení statické ohebnosti u řady sportů, například hokejoví brankáři, ale i u fotbalových brankářů je pozorována větší ohebnost v porovnání s ostatními hráči fotbalu. Specifické zahřátí se zařazením dynamického, ale i statického strečinku před výkonem, vede ke zlepšení sprintu na 20 m. Statický strečink vede ke zlepšení rozsahu pohybu, což neplatí pro strečink dynamický. Tyto výsledky by mohly podpořit používání statického strečinku jako součást specifického zahřátí k zajištění maximálního rozsahu pohybu a současně vylepšení výkonu při sprintu. Podobné výsledky popisují i jiní autoři (Samson et al., 2012).

Většina studií, zaměřených na statický strečink a jeho negativní vliv na rychlostní a silové schopnosti, využívala dobu výdrže více než 90 sekund v dané poloze. Studie, které se zabývaly dobou trvání protažení pod 90 sekund, neshledaly následné snížení výkonnosti. K podobnému závěru dospěli i Kay a Blazevich (citováno v Samson et al., 2012), kteří poukazují na neblahý vliv statického strečinku v případě, že trvá 60 sekund a déle. Studie, kterou provedli Samson et al. (2012) využívá 3 série s dobou výdrže 30 sekund a intenzitou strečinku subjektivně „pocit mírného dyskomfortu“. Tato forma aplikace strečinku nevede k negativním projevům ve výkonnosti, pokud je kombinován s obecným a specifickým zahřátím.

Geoffroy (citován v Arajol, Tirado, 2010) doporučuje využití statického strečinku s aktivním napětím, po kterém následuje dynamická činnost svalů. Dynamické činnosti, které navazují na statický strečink, umožňují svalům vykonávat explozivní silová cvičení. Výsledky, ke kterým dospěli Rosenbaum et al. (citováno v McMillian et al., 2006) poukazují na možnost využití strečinku i v rámci rozcvičení, pokud po něm budou následovat aktivity dynamické, napodobující úkoly, které budou následovat. Rosenbaum et al. (citováno v McMillian et al., 2006) popisují návrat strečinkem snížené svalové síly a rychlosti do normálu po strečinku, pokud po strečinku následoval běh po dobu 10 minut.

Dynamické rozcvičení je v posledních letech považováno za vhodnou a bezpečnou formu zvýšení sportovních dovedností a přípravy na výkon, která pomáhá ke zvýšení výkonnosti při výskoku, zvýšení okamžité maximální síly a zvýšení výkonu při sprintu, ale také vede ke zvýšení EMG aktivity (Winchestr et al., 2008). Vliv dynamického rozcvičení je patrný i na vertikálním výskoku u dětí.

„Akutní dynamické zahřátí“ u dětí může vést k zlepšení dětské výkonnosti v aktivitách, které vyžadují silové dovednosti, zatímco je udržován rozsah pohybu při pohybu (Duncan, Woodfield, 2006). Důvodem, proč aktivní dynamický strečink pozitivně ovlivňuje výkonnost, může být zvýšení tělesné teploty, zvýšení citlivosti nervových zakončení a receptorů a zvýšení rychlosti vedení nervových impulsů podporujících svalovou kontrakci, která se tak stává silnější a rychlejší (Fletcher, Jones, 2004).

#### 4.7.2.5 Vliv strečinku na protažitelnost hamstringů

Jonhagen et al. (1994) poukazují na významné rozdíly v protažitelnosti hamstringů u zraněných a nezraněných sprinterů. Otázkou však podle nich zůstává, zda se jednalo o příčinu nebo následek zranění.

Hartig a Henderson (citováno v Decoster et al., 2004) popisují významné zvýšení protažitelnosti hamstringů po pravidelném strečinku a zároveň popisují snížení incidence zranění dolních končetin. Zlepšení protažitelnosti hamstringů je patrné již po čtyřech (Halbertsma, Göeken, citováno v Weppler, 2010), ale i po třech týdnech (Decoster et al., 2004; Magnusson et al., citováno v Weppler, 2010) pravidelného protahování. Není však jistá doba trvání efektu (Decoster et al., 2004).

Statický strečink má efekt na zlepšení protažitelnosti hamstringů, který přetrvává po dobu 24 hodin, ať již mu předcházelo zahřátí nebo byl aplikován samostatně. Statický strečink, aplikovaný nejen na hamstringy, 15 minut před zátěží by mohl přinést výhody maximální protažitelnosti svalů (De Weijer et al., 2003). K významnému poklesu protažitelnosti dochází během prvních 15 minut a stabilizuje se v průběhu nastávajících 24 hodin (O'Sullivan et al., 2009; De Weijer et al., 2003). Protažitelnost svalů v časovém intervalu 15 minut až 24 hodin je relativně konstantní. Podle těchto závěrů by měl být strečink aplikován 15 minut před aktivitou nebo výkonem, aby bylo využito optimálního „prodloužení“ svalů a jeho výhod (De Weijer et al., 2003).

V praxi je nejrozšířenější metodou protažení hamstringů poloha ve stoji, nejméně pak v poloze na zádech. Protažení hamstringů ve stoji vede podle Decoster et al. (2004) ke zlepšení protažitelnosti o 9,4°. Protažení hamstringů v poloze na zádech vykazuje zlepšení o 8,1°. Výsledky v protažitelnosti hamstringů při porovnání protažení ve stoji a vleže na zádech ukazují nevýznamné rozdíly, ale v obou případech dochází

k významnému rozdílu oproti stavu před intervencí. Strečink hamstringů ve stoji byl na základě provedené studie uznán jako efektivní prostředek zlepšení protažitelnosti hamstringů. Na základě toho je cvik protažení hamstringů ve stoji zařazen do námi sestaveného tréninkového programu. Efektivita tohoto protažení je však závislá na správné poloze pánve, je tedy nezbytné dbát na správné provedení cviku. Protažení hamstringů v poloze na zádech je jednodušší pro vysvětlení správného provedení i jeho kontrolu. Tato forma protažení skupiny hamstringů tudíž nevyžaduje takový dohled při provedení. Protažení hamstringů vleže na zádech je vhodnější, pokud sportovec cvičí sám. Protažení hamstringů vleže na zádech může lépe izolovat hamstringy při protažení, dovoluje lepší relaxaci a obecně bezpečnější a pohodlnější protažení, zejména pro lidi s bolestmi bederní páteře v anamnéze (Decoster et al., 2004). Vzhledem k větší relaxaci v poloze na zádech se pro rozcvičení z tohoto pohledu hodí více poloha ve stoji. Pro následnou tréninkovou zátěž není zvýšená svalová relaxace žádoucí.

#### 4.7.3 Posilovací a stabilizační

Cílem posilovacích cvičení je zvýšení svalové síly, která je nezbytná pro podání maximálního výkonu. Posilovat je možné pouze s vlastní hmotností těla bez další zátěže či s postupným zvyšováním odporů s využitím řady metod a různých pomůcek, případně změnou počtu opakování cviku, nebo jejich kombinací.

Při posilování rozlišujeme posilování v uzavřených a otevřených kinematických řetězcích podle pohybu těla v prostoru. Dále podle provedení pohybu v jednom nebo více kloubech rozlišujeme cviky izolované a komplexní (Muscolino, 2011). Při rozvoji svalové síly je však nutné o svalech a pohybu uvažovat komplexně v rámci biomechanických řetězců. Na sval nelze pohlížet pouze jako na anatomickou jednotku s funkcí, která je dána jeho začátkem a úponem. Opomíjená nesmí být ani složka řídicí (Kolář, 2009). Anatomické zřetězení probíhá v analogickém sledu a je opodstatněno ve vzájemném propojení mezi kineziologickým obsahem programu a anatomickými strukturami. Důležitá je i složka logistická, představující metabolismus, která nastavuje podmínky pro činnost vnitřního prostředí (Kolář, 1999; Kolář, 1998; Kolář, 1996). Mechanické propojení svalů do řetězců a svalových smyček je zajišťováno strukturami

fasciálními, šlachovými a kostními. Každý řetězec je programově řízen z CNS, a proto je možné funkci těchto řetězců ovlivňovat i vůlí a měnit ji učením (Véle, 2006). Prostřednictvím programového řízení z CNS jsou definovány senzomotorické vztahy mezi jednotlivými články organismu (Kolář, 1998). Zřetěžené svaly nemusí pracovat synchronně ve všech svých článcích. Centrální nervový systém umožňuje sekvenční zapojování jednotlivých článků podle programového timingu. Tento timing vede ke koordinaci svalů při pohybu. Pohyb tak dosahuje jisté přesnosti provedení pohybu při úspoře energie. Při poruše rovnováhy uvnitř svalového řetězce mohou vznikat různé poruchy držení těla (Véle, 2006; Pavlů, 2004) či dyskoordinace, které mají za následek vznik přetížení nebo zranění. Ani při posilování nesmíme zapomínat na fakt, že při posilování neposilujeme jeden sval, ale příslušný pohyb, neboť centrální nervový systém neřídí jednotlivé svaly, ale jednotlivé pohyby (Kolář, 2009).

Izolovaný, jednokloubový, cvik je definován jako pohyb v jednom kloubu proti odporu zaměřený cíleně na jeden sval nebo jednu svalovou skupinu (Muscolino, 2011). Izolované cviky jsou méně náročné na koordinaci, a také vyžadují menší koncentraci a pozornost. Výhodou, která je v souvislosti s nimi popisována, je menší riziko zranění při cvičení (Kolář, 2009). Obecně se má za to, že izolované cviky stimulují určitý sval nebo svalovou skupinu více než cviky komplexní (Muscolino, 2011).

Komplexní cvik je definován jako pohyb ve více kloubech proti odporu s cílem zapojit co nejvíce svalů nebo svalových skupin (Muscolino, 2011). Komplexní cviky je možné považovat za pohybové vzory, neboť mohou napodobovat některé každodenní aktivity. Svalové skupiny v tomto případě mají tendenci spolupracovat synergisticky za účelem vykonat relativně silnější pohyb než je tomu v případě izolovaných cviků (Muscolino, 2011). Komplexní cviky umožňují zlepšit schopnost svalového systému lépe se adaptovat na zátěž. Při cvicích vícekloubových, kam řadíme například i squat, se více trénuje mezisvalová koordinace za posturálně náročnější situace (Kolář, 2009) než u cviků jednokloubových, které jsou často prováděny v posturálně nižších polohách, leh a sed. Ačkoli to může být v některých případech pravdivé, neplatí to všeobecně. Komplexní cviky můžeme považovat za více funkční, ale ani to nám nezaručuje, že cvičení bude efektivní, protože sval má ve své podstatě tři základní funkce: tvorba

pohybu, zpomalení pohybu a stabilizace pohybu. Tyto tři funkce nemusí být zvoleným cvikem ovlivněny rovnoměrně (Muscolino, 2011).

Cvičení v otevřeném kinematickém řetězci je definováno jako pohyb těla, kdy se jeho distální část volně pohybuje a odpor těla je větší než odpor, který je kladen na distální část těla. Cvičení v uzavřeném kinematickém řetězci je definováno jako pohyb těla, kdy distální segment je fixovaný a tělo musí překonat jeho vlastní odpor k tomu, aby se mohlo pohybovat. Kombinací těchto kinematických řetězců je například chůze a běh. V průběhu tohoto cyklického pohybu dochází ke střídání těchto dvou řetězců (Muscolino, 2011, Brukner, 2012). Cvičení v uzavřeném kinematickém řetězci je více funkční a poskytuje větší proprioceptivní feedback (Brukner, 2012).

Základem správného provedení každého pohybu je kromě správného timingu zapojení svalů i správná stabilizace a posturální nastavení. Při pohybu jsou stejně jako za statické situace jednotlivé pohybové segmenty zpevněny vyváženou koordinovanou aktivitou agonistických a antagonistických svalových skupin (Kolář, 2009). Agonista a antagonistu vytvářejí pro pohyb nesmírně významnou „partnerskou“ dvojici svalů fungující na vztahu reciproční inhibice. Při vyšší aktivitě agonisty je vždy v antagonistovi přítomno určité napětí, které má podle charakteru pohybu různou funkci. Vyvážené působení těchto protichůdně působících svalových skupin stabilizuje určitou polohu těla i jeho segmentů (Dylevský, 2007). Tato aktivita by se dala nazvat koaktivační aktivitou či koaktivační synergii. Přestože sval ve své funkci je schopen vyvinout značnou sílu, nemusí se správně zapojovat z hlediska jeho stabilizační funkce. Tato posturální instabilita vede k chybnému náboru svalů při stabilizaci, což se přenáší do všech vykonávaných pohybů a jedinec si takto fixuje nesprávný pohybový stereotyp, jehož důsledkem je přetěžování daných segmentů a má za následek vznik řady poruch pohybové soustavy (Kolář, 2009). Nedostatečná schopnost svalů stabilizovat a zajistit správné posturální nastavení může být příčinou řady sportovních zranění.

V případě, že pro trénink svalové síly zvolíme „klasický“ přístup posilování, tedy analytické posilování podle funkce svalu vzhledem k jeho anatomickému uspořádání a směru jeho svalové kontrakce, nedochází k rozvoji mezisvalové koordinace, zejména ve smyslu zapojení svalů stabilizujících. Při provádění jakéhokoli cviku nedochází pouze k zapojení svalů vykonávajících pohyb, ale aktivují se i svaly zajišťující posturální stabilizaci a svaly, které přednastavují a zabezpečují atitudu celé

pohybové soustavy (Kolář, 2009). Obecně platí pravidlo více stabilizovat proximální segmenty těla než segmenty distální (Muscolino, 2011). Zapojení těchto svalů má podstatný vliv i na vnitřní koordinaci svalu, který posilujeme. Pokud není zajištěna správná stabilizace a atituda, dochází k přetěžování některých částí svalu, neboť sval je posilován nerovnoměrně. Nedochází však pouze k přetěžování svalů, ale i kloubních segmentů v důsledku nevyvážené stabilizační funkce (Kolář, 2009). Při pohybu je nutné, aby se nejprve zapojily svaly zajišťující stabilizaci pohybu, a teprve potom se mohou zapojovat velké fázičné svaly pro vykonání vlastního pohybu. Příkladem stabilizace je například zapojení svalů trupu a břišních svalů, které zajistí stabilizaci pánve pro flexi kyčelního kloubu, a tím umožní flexorům kyčle vyvinout větší sílu a vykonat rychlejší nebo silnější pohyb. Jak již bylo zmíněno, správná stabilizace a správný sled zapojení svalů umožňuje provést pohyb bezpečněji (Muscolino, 2011). V souvislosti s tréninkem svalů dolních končetin a trupové stabilizace je možné využít například „squatové“ pozice.

#### 4. 7. 3. 1 Posilování svalů dolních končetin

Při posilování svalů dolních končetin musíme mít na paměti zranitelnost kolenních kloubů. Bezpečné zatížení kolenního kloubu je pouze v sagitální rovině, tedy při pohybu flekčně-extenčním. Zatížení kolenního kloubu ve frontální rovině, valgózní a varózní zatížení vede k vzniku torzních sil na kolenní kloub. Vzhledem k náchylnosti ke zranění kolenního kloubu se nedoporučuje, aby byla při provádění cviků flexe kolena větší než 90° (Hamilton et al., 2012).

Stejně jako při posilování horní části těla, tak i při posilování dolní části těla, mohou cviky zahrnout i posílení svalů trupu. Cviky k posílení dolní části těla často zahrnují současnou flexi a extensi kyčle, kolena a kotníku. Posílit extensorovou skupinu svalů dolních končetin se současným vlivem na svaly trupu umožňuje squat. Tento cvik může být používán v různých variantách, mimo jiné se zátěží nebo pouze s hmotností vlastního těla. Squat všeobecně zahrnuje varianty zadní squat, přední squat a squat na jedné noze, asymetrický squat a řadu dalších variant. Pro tento typ cviku je také možné využít speciálních posilovacích strojů (Hamilton et al., 2012).

#### 4.7.3.2 Posilovací cvičení podle charakteru svalové aktivity

Posilovací cvičení vedoucí ke zvýšení svalové síly nebo vytrvalosti vyžadují také určitou znalost rozdílů mezi nimi. Svalová síla je síla svalu nebo svalové skupiny, kterou je tělo schopné vyvinout proti odporu při jednom maximálním úsilí. Svalová vytrvalost pak je schopnost svalu opakovaně vykonávat práci proti submaximálnímu odporu po delší časový úsek. Tyto dvě složky jsou na sobě vzájemně závislé. Trénink se zřetelem na svalovou sílu bude mít i vliv na svalovou vytrvalost, přestože vzniká rozdílná adaptace svalu na danou tréninkovou zátěž. Z tohoto důvodu by měl kondiční program zahrnovat specifické potřeby pro danou aktivitu, měl by zohledňovat vzory dané svalové aktivity a měl by být koncipován jako posilovací na zvýšení svalové síly, výbušnosti, svalové hypertrofie nebo vytrvalosti. Tréninkovými proměnnými jsou typ svalové aktivity, počet opakování v jedné sérii, velikost odporu a objem zatížení, intenzita, výběr cviků, aerobní/anaerobní charakter zátěže, klidový interval mezi sériemi, tempo provádění daných cviků a frekvence cvičení, tedy počet tréninkových jednotek s tímto tréninkem týdně a zotavení. Nejdůležitějším faktorem pro rozvoj svalové síly je množství odporu využitého při zatížení svalu, zatímco pro vytrvalost je podstatný zejména počet opakování pohybu. Rozlišujeme několik druhů posilovacích cvičení: koncentrické, excentrické, isometrické, isotonické, isokineticke a plyometrické. Například pro zvýšení dynamické síly nebo svalové hypertrofie se doporučuje, aby se cvičební program skládal jak ze složky koncentrické, tak i excentrické (Hamilton, 2012; Muscolino, 2011; Kolář, 2009; Rahimi, 2005).

##### 4.7.3.2.1 Koncentrické cvičení

Sval při koncentrické aktivitě vyvíjí tažnou sílu ve směru aktivovaného svalu (Neumann, 2010). V praxi se běžně při koncentrickém cvičení setkáváme s posilováním s činkami. Odpor kontrahujícím se svalům není pouze aktuální hmotnost závaží, ale výsledek hmotnosti a délky páky, která udává odpor účastníci se anatomické páce. Proto maximální odpor získáme pouze v případě, kdy síla odporu působí kolmo k této páce (Hamilton et al., 2012).

#### 4. 7. 3. 2. 2 Excentrické cvičení

Excentrická svalová aktivita je taková aktivita svalu, kdy přestože sval vyvíjí tažnou sílu, dochází k prodloužení svalu. Excentrický znamená od centra. V průběhu excentrické aktivace převyšuje zevní moment síly kolem kloubu vnitřní moment. V tomto případě se kloub pohybuje ve směru udávaném relativně větším, zevním, momentem síly (Neumann, 2010).

Návrat těla nebo jeho části z polohy dosažené při pomalém kontrolovaném provedení koncentrického cvičení využívá excentrické aktivity antagonistických svalů. Sval je při jeho excentrické aktivitě schopen absorbovat větší napětí než při koncentrické aktivitě. Na základě toho se odborníci na fyziologii zátěže a sportu domnívají, že excentrická cvičení nebo pomalý návrat z konečné polohy by mohly být více efektivní pro rozvoj svalové síly než cvičení koncentrická. Excentrická cvičení se ukázala být stejně efektivní na rozvoj svalové síly, ale navíc podporují svalovou hypertrofii. Excentrická cvičení jsou také příčinou opožděného nástupu svalové bolesti a při velkém počtu opakování nebo při velkém počtu opakování v sérii mohou vést ke svalovému poškození. Koncentrické posilování svalů se ukazuje jako vhodné pro snížení množství negativních účinků excentrického posilování na svaly. Právě často excentrická fáze cvičení je pocíťována jako svalová bolest. Při excentrickém cvičení může docházet ve svalech k mikroskopickým poškozením. Toto nepřispívá rozvoji svalové síly a může zhoršit schopnost svalu vyvinout dostatečnou sílu v krátkém časovém horizontu. Mělo by se proto zabránit úmyslnému poškození svalu při tréninku síly nebo hypertrofie (Hamilton, 2012). Bolestivost je vjem, který není nutné po cvičení cítit, ale lokalizovaná bolestivost může být dobrým indikátorem o změnách v myofasciální tkáni, což je nezbytné pro rozvoj hypertrofie. Tato bolestivost je pro nás také indikátorem, že v těle probíhají reparační pochody a tělo není připraveno na další zátěž v plném potenciálu. V souvislosti s touto bolestivostí a pravděpodobným vznikem mikrotraumat se rozvíjí i otok v okolí „zranění“ a dochází obecně k omezení rozsahu pohybu v kloubech, přes které svaly přecházejí. Bolestivost také působí jako prevence přetížení a dalšího poškození tkání. Svalová bolest nás varuje, že tělo je stále ještě v „ozdravném“ procesu a další zvyšování zátěže není vhodné. Opožděný nástup svalové bolesti, „DOMS“, je termín používaný k popisu svalové bolesti, kterou pocíťujeme po určité době od zatížení. „DOMS“ může trvat až několik dní. Typicky se objevuje zejména po excentrickém zatížení (Muscolino, 2011). V literatuře je často dáván



do souvislosti protektivní vliv excentrických cvičení v prevenci sportovních zranění a rehabilitaci, nejen v rámci prevence svalových zranění, zejména hamstringů, ale také tendinopatií, a v prevenci a terapii ACL. Tato doporučení jsou často evidována, přestože preventivní role excentrických cvičení dosud nebyla zcela a jistě definována. Pravděpodobně se jedná o svalovou adaptaci na excentrický trénink, která vede ke zvýšení excentrické síly. Vzhledem k faktu, že většina zranění hamstringů nastane v okamžiku excentrické svalové aktivity, tak se předpokládá, že právě tato forma tréninku by měla být preventivně zařazena do všech tréninkových preventivních programů (Lorenz, Reiman, 2011; Hibbert et al., 2008). Důvod, proč je na excentrickou sílu kladen takový důraz může být skutečnost, že se zvyšující se únavou, zejména ke konci fotbalového zápasu, se více začíná projevovat svalová dysbalance mezi excentrickou silou hamstringů a koncentrickou silou m. quadriceps femoris (Lorenz, Reiman, 2011).

Plyometrická cvičení zahrnují střídání koncentrické a excentrické složky pohybu. Tento program využívá excentrické svalové aktivity, která je náhle vystřídána výbušnou aktivitou koncentrickou (Hamilton et al., 2012). Příkladem plyometrie je například „squat jump“. Pokud chceme zvýšit zátěž a využívat tuto formu tréninku, je nezbytné, aby svaly řádně plnily svoji stabilizační funkci, neboť hrozí riziko zranění, zejména kolenního kloubu.

#### 4. 7. 3. 2. 3 Isometrické cvičení

Isometrická aktivita je využívána pro stabilizaci segmentu (Brukner, 2012). Isometrická aktivita, která doprovází koncentrická a excentrická cvičení, je vzhledem k principu specifčnosti považována za jednu z nejlepších metod ovlivňování motorických dysfunkcí. Isometrická aktivita se uplatňuje zejména pro zajištění stabilizačních funkcí včetně zajištění posturální báze pohybu. Právě tento typ aktivity se obecně uplatňuje přirozeně při zajišťování lokomoce (Kolář, 2009).

#### 4. 7. 3. 3 Dynamická stabilizace jako základ sportovního výkonu

Dynamická stabilizace se vztahuje ke schopnosti využívat sílu a výkonnost, řídit pohyb ve funkčních vzorcích ve všech rovinách pohybu a aktivitách nezávisle na změnách polohy těžiště těla. V současné době je velká podpora teorií o „aktivaci“ svalů „jádra“, v našich podmínkách označované jako hluboký stabilizační systém páteře, jak v rámci prevence, rehabilitace, zejména ve vztahu ke zraněním v oblasti lumbosakrální a jiným muskuloskeletálním zraněním, ale i zvýšení výkonnosti. Pro správné provedení pohybu je rozhodující stabilita lumbopelvickeho regionu, neboť zajišťuje základ pro pohyb končetin a chrání páteř před zatížením. Správná trupová stabilizace je nezbytná nejen pro samotný výkon, ale i jednotlivé tréninkové prvky. Skoky a trénink plyometrie také vyžadují stabilní a pevné „jádro“. Trénink „jádra“ by měl vycházet z nízkých poloh s postupnou progresí zátěže. Aktivace „jádra“ a m. transversus abdominis jako jednoho ze zástupců této svalové skupiny by měla být automatická (Brukner, 2012). Posturální instabilita lumbosakrálního úseku není omezena pouze na tuto oblast. Jejím nejčastějším projevem je anteverze pánve, což následně významně ovlivňuje i svalovou koordinaci na končetinách. Nejčastěji z důvodu nesprávně naučeného stereotypu nebo oslabení svalů, jejichž úkolem je daný segment stabilizovat, dochází ke vzniku zranění. Stabilizační síla musí být úměrná velikosti vynaloženého úsilí svalů v celém biomechanickém řetězci a velikosti působící zevní síly. Výsledkem toho působení společně s aktivitou centrálního nervového systému a vazivového aparátu vede k zajištění neutrálního, centrovaného, postavení v kloubu, které je nezbytné pro provedení pohybu, aby nedocházelo k přetížení měkkých tkání a skeletu (Kolář, 2009). Jedním z možných cviků pro trénink stabilizace trupu, ale také dynamických stabilizátorů kolenního kloubu je squat. V rámci prevence zranění a zvýšení výkonnosti by podle Nadler et al. (citováno v Brukner, 2012) v rámci posilovacího tréninku „jádra“ měly být zařazeny prvky: „sit-up“, „pelvic tilt“, „squat“, „lunge“, „leg press“, „dead lift“, „hang clean“, „Roman chair exercise“. „Roman chair exercise“ však není považován za zcela bezpečný a jsou mu připisována některá negativa (Brukner, 2012).

#### 4.7.3.4 Typy tréninku a tréninkové proměnné ovlivňující objem zatížení a charakter zátěže

Vzhledem k charakteru zátěže při fotbalovém utkání je důležitá nejenom rychlost, vytrvalost, hbitost, ale také dobrá schopnost stabilizovat a rovnováha.

Trénink rychlosti by měl být zaměřen na zvýšení maximální rychlosti, která je vyžadována v daném sportu jako například fotbalu či baseballu nebo v řadě atletických disciplín. Sprint je závislý na schopnosti vyvinout rychlou, silnou a koordinovanou svalovou aktivitu (Muscolino, 2011).

Trénink vytrvalosti je typ tréninku vedoucí ke zvýšení aerobní kapacity a umožňuje vykonávat pohyb opakovaně po déletrvajícím časovým úsek. Vytrvalostní trénink zařazují i fotbalisté z důvodu déletrvajících zátěží při zápase (Muscolino, 2011).

Trénink hbitosti se využívá zejména pro zlepšení koordinace, propriocepce a dynamické rovnováhy. Trénink hbitosti je definován jako cvičení, které vyžaduje rychlý pohyb kombinovaný se změnami směru pohybu celého těla. Také se jedná o jistou formu „mentálního tréninku“, kdy se jedinec musí soustředit na rychlé změny a trénuje reakce. Tento trénink může simulovat chaotické sportovní prostředí nebo opět pro sport specifické požadavky (Muscolino, 2011).

Trénink rovnováhy, „balance training“, může být podle požadavků daného sportu zaměřen na trénink statické nebo dynamické rovnováhy. Dynamická rovnováha je definována jako schopnost těla udržet rovnováhu při pohybu. Trénink dynamické rovnováhy můžeme pozorovat i v rámci tréninku hbitosti nebo plyometrických cvičení. Pro trénink rovnováhy se také využívá statický trénink rovnováhy, jednou z možností je například vydržet stát na jedné noze po určitou dobu (Muscolino, 2011).

Unilaterální trénink také může být zahrnut do posilovacího programu. Jedná se například o cvičení, které je vykonáváno na jedné noze. Příkladem unilaterálního tréninku je squat na jedné noze (Muscolino, 2011). V případě unilaterálního tréninku jsou kladeny větší požadavky na stabilizaci nejenom končetiny, ale i trupu.

Vzhledem k charakteru fotbalového tréninku a zápasu je nezbytné vhodně kombinovat všechny tyto formy tréninku.

Jak již bylo zmíněno výše, k dosažení různých cílů se využívá variability dávkování zátěže. Mezi tyto faktory ovlivňující charakter tréninku a adaptaci na zátěž patří objem, počet opakování, opakovací maximum, aerobní/anaerobní charakter zátěže, „čas pod napětím“, tempo provedení, klidový interval, zatížení a zotavení.

Objem je definován jako celkové množství cvičení, které se provádí. Celkový objem je stanoven počtem sérií a počtem opakování cviku. Série stanovuje, kolikrát se jeden cvik bude provádět, než se přejde k cviku jinému. Opakování je množství, kolikrát se cvik provede bez pauzy během jedné série. Počet opakování cviku je různý podle charakteru zátěže a cíle, kterého má být dosaženo vzhledem k danému sportovnímu odvětví. Kombinací počtu sérií a počtu opakování v sérii dostáváme celkový objem tréninkové jednotky. Matematicky je výsledek stejný, ale fyziologicky dosahujeme jiného účinku. Vždy je nutné zvážení potřeb jedince a řady faktorů před stanovením objemu zátěže (Muscolino, 2011).

Podle požadovaného cíle posilovacího tréninku využíváme různé strategie zátěže. Je však důležité poznamenat, že je velmi složité čistě oddělit trénink síly od tréninku vytrvalosti a podobně. Trénink na zvýšení maximální svalové síly může vést ke zvýšení vytrvalostních schopností a obráceně (Muscolino, 2011).

Při provádění vybraného počtu opakování v sérii jsou svaly po určitou dobu v napětí, toto je běžně označováno jako „time under tension“ (TUT). Schopnost svalu účastnit se svalové kontrakce záleží na jeho schopnosti vytvořit vazebná místa na aktinu pro připojení hlav myosinu a tím vytvářet aktomyozinová spojení. Pokud už sval není schopen vytvářet tato spojení, stává se unaveným. Následně začínají nociceptory vysílat signály přenášející do mozku informace o bolesti. Toto vnímání je nezbytné v prevenci zranění, protože informuje o dočasném poškození svalových vláken, která potřebují krátký odpočinek, aby mohly opět začít správně fungovat. Prostřednictvím adekvátního tréninku, odpočinku a výživy je možné TUT prodloužit. Doba možné zátěže svalů je závislá nejen na počtu opakování v sérii, ale také na tempu, ve kterém jsou série prováděny. Sportovci, kteří se snaží zvýšit svalový objem, mají tendenci se těmto dvěma proměnným intenzivně věnovat, přestože zatím nejsou žádné studie, které by stanovily optimální TUT (Muscolino, 2011).

Tempo je rychlost, jakou je pohyb prováděn. Obvykle se jedná o tři oddělené části: excentrické tempo, isometrické tempo a koncentrické tempo. Ve většině

cvičebních programů se uvádí v pořadí: excentrický, isometrický, koncentrický – 3-2-1, například je možné počítat 3 sekundy excentrická fáze, 2 sekundy isometrická fáze a 1 sekundu fáze koncentrická, další obvyklou variantou je 2-1-1, pokud však chceme dosáhnout stejného TUT jako v případě 3-2-1, musíme zvýšit počet opakování v sérii. Tempo je mezi odborníky často diskutováno, ale je obecně platný konsenzus, že koncentrická fáze by měla být co nejrychlejší, tak aby se co nejvíce maximalizovala stimulace svalů. Ačkoli toto vede k rychlému provedení pohybu, je přesto nezbytné zajistit řádnou stabilizaci těla a zabránit hyperextenzi kloubů. Tempo excentrické fáze je důležité. V případě, že sval pohyb nebrzdí, není tolik stimulován. Isometrické tempo je velmi podstatné, neboť kontroluje to, co je známé pod pojmem „critical point acceleration“. Tento „kritický okamžik zrychlení“ je definován jako přechodný okamžik, ve kterém jsou svaly nataženy v jejich bezpečných mezích, a pak se vrací zpět do jejich zkrácení. Toto vyžaduje obojí, jak napínací reflex, tak elastickou energii z myofasciálních tkání. Tohoto sportovci využívají k přenášení energie ze stavu protažení svalu pro jeho koncentrickou aktivaci. Jako příklad lze uvést tenisový, golfový nebo baseballový náprah, ale samozřejmě i okamžik napřažení před odkopnutím míče ve fotbale. Je důležité, aby pohyb proběhl hned po natažení, aby bylo využito napínacího reflexu. Ukazuje se, že sval je schopen vyvinout větší sílu, je-li těsně před kontrakcí aktivně protažen. Pokud je mezi natažením a koncentrickou kontrakcí pauza, pak se tato výhoda vytrácí. Bez tohoto „zvýhodnění“ se bude muset stimulace svalu zvýšit tak, aby bylo dosaženo stejného zatížení (Muscolino, 2011).

Doba pauzy mezi sety hraje významnou roli v prevenci přetížení a přetrénování. Určujícím faktorem je cíl sportovce, kterého má být dosaženo a jaká forma tréninku je zvolena. Doba odpočinku mezi sériemi popisuje tzv. klidový interval (Muscolino, 2011). V rámci základní primární prevence se při provádění odporových cvičení nezávisle na tom, zda je zátěž daná hmotností vlastního těla, nebo je zátěž zvýšena například činkou, doporučují 2-3 série po 8-12 opakováních (Brukner, 2012). Mezi jednotlivými sériemi se doporučuje klidový interval 2-3 minuty a minimálně 48 hodin mezi tréninkovými jednotkami se stejným typem zatížení jedné svalové skupiny. V případě chybějící předchozí zkušenosti s daným cvikem se doporučuje délka koncentrické fáze 2 sekundy a excentrické fáze 4 sekundy (Kolář, 2009). Interval odpočinku 1 minuta a 3 minuty při cvičení submaximální zátěží s délkou excentrické fáze 3 sekundy a následnou koncentrickou fází 1 sekunda nevykazuje významný rozdíl

v počtu provedených „squatů“ (Rahimi, 2005), proto v rámci našeho tréninkového programu je zvolen klidový interval 1 minuta.

Aby bylo možné dané svalové skupiny opakovaně zatížit, je nezbytná fáze zotavení. Klid umožňuje tělu nechat proběhnout zotavovací procesy. Jak již bylo zmíněno výše, svalová únava vzniká v okamžiku, kdy již není možné spojení aktinu a myosinu. Jsou-li svaly v klidu, krev přináší okysličenou krev a živiny, například glukosu, k svalovým buňkám a odvádí produkty metabolismu, které vznikly a vedly k poškození tkáně. Zotavení je závislé na míře zatížení a na schopnosti těla regenerovat. Čím více jsme na danou zátěž navyklí, tím lépe regenerujeme. Běžně se odhaduje, že doba potřebná pro zotavení svalových buněk je 60-90 sekund. V případě regenerace centrálního nervového systému se mluví přibližně o dvojnásobné době pro regeneraci než je tomu v případě svalové tkáně, což znamená, že centrální nervový systém potřebuje pro obnovu přibližně 5 minut. Regenerace se stává pomalejší a míra zotavení se snižuje se zvyšujícím se zatížením. Existuje řada faktorů ovlivňujících zotavení. Mezi významné faktory ovlivňující zotavení patří hormony, výživa, výživové doplňky nebo případná medikace, imunitní systém, genetické faktory, zatížení, adaptace, strečink a aktivní zotavení, bolestivost po cvičení. Míra zatížení také významně ovlivňuje dobu potřebnou pro zotavení. Čím je zatížení větší, tím je nutná delší doba na zotavení. Adaptace těla na určitou zátěž nebo pohyb umožňuje rychlejší zotavení po působení dané zátěže. Strečink a aktivní zotavení po zátěži jako formy docvičení zlepšují schopnost svalové reparační. Jinou formou aktivního zotavení je kardiiovaskulární cvičení mírné intenzity, které zvýší průtok krve tréninkem zatěžovanou oblastí. Dalším indikátorem zotavovacího procesu může být „DOMS“ (Muscolino, 2011), což je popsáno výše.

V rámci všech tréninkových programů je velice důležité i správná technika provedení pohybu, což umožňuje zajistit bezpečné a efektivní cvičení.

#### 4. 7. 3. 5 Squat

Squat je jedním z nejfrekventovanější zařazovaných cviků při plánování tréninkového programu (Schoenfeld, 2010; Rahimi, 2005; McCaw, Melrose; 1999). Dynamické cvičení „squatů“ je nedílnou součástí posilovacích a kondičních

tréninkových programů u řady sportů, které vyžadují vysokou úroveň svalové síly a výbušnosti. K takovýmto sportům řadíme například fotbal nebo atletiku. Squat je primárně používaný cvik k posilování svalů kyčelních kloubů, svalů stehna a zádových svalů. Významně ovlivňuje kyčelní, kolenní i hlezenní kloub, což je patrné ze střední až vysoké aktivity m. quadriceps femoris, hamstringů a m. gastrocnemius při jeho provádění. Všechny tyto svaly jsou nezbytné pro běhy a skoky (Escamilla, 2001), což jsou pro fotbal charakteristické pohyby. Cílem „squatů“ je zvýšit kondici a svalovou sílu m. quadriceps femoris, hamstringů a m. triceps surae (Schoenfeld, 2010; Rahimi, 2005; McCaw, Melrose; 1999), ale také rychlost a výbušnost (McCaw, Melrose; 1999). Při „squatů“ je podstatné i zapojení adduktorů a abduktorů kyčle a m. erector spinae. Squat je komplexní cvik, při kterém se účastní kotníky, kolena i kyčle. Vzhledem k jeho multiartikulárnímu charakteru je squat považován za „pilíř svalové síly dolních končetin“ (McCaw, Melrose; 1999). Hwang (2009) poukazuje na výraznou aktivitu svalů kyčelních a hlezenních kloubů oproti svalům kolenních kloubů, které vyvinutou sílu spíše absorbují. Mezi vzpěrači je nejčastěji používanou variantou „squatů“ pro posílení extensorů kyčle, kolena a plantárních flexorů hlezna tzv. „half squat“ (Hamilton et al., 2012; Watkins, 2007). Některé studie potvrdily zvýšení výkonnosti po zařazení „squatů“ se zátěží do tréninkového programu (Samson et al., 2012). Pro začátečníky, v případě, že chceme zvýšit svalovou sílu dolních končetin, je vhodné využít jednoduchý „squat“ bez přidané zátěže (Hamilton, 2011). Obecně se při „squatů“ svalová aktivita progresivně zvyšuje se zvyšující se flexí kolena a snižuje se s extensí kolena (Escamilla, 2001). Intenzitu, objem a frekvenci zátěže volíme podle cíle, kterého chceme dosáhnout (Rahimi, 2005).

Squat má velkou biomechanickou a neuromuskulární podobnost s velkým množstvím pro sport typických pohybů. Proto je zařazován jako základní prvek pro rozvoj sportovní výkonnosti. Výhody „squatů“ však nejsou omezeny pouze na sportující populaci. S tímto pohybem se setkáváme i v řadě aktivit všedního dne (Schoenfeld, 2010), neboť se jedná o cvik v uzavřeném kinematickém řetězci (De Oliveira Sousa et al., 2007). Cvičení v uzavřeném kinematickém řetězci by mělo podporovat koaktivaci hamstringů (Schulthies et al., 1998). Obecně se mezi sportovci a trenéry traduje, že zařazení „squatů“ do tréninku vede ke zvýšení výkonnosti a minimalizaci rizika zranění (Escamilla, 2001). Prevence vzniku zranění je vysvětlována na základě současného tréninku agonistických a antagonistických svalových skupin, což je považováno za vhodnou metodu prevence vzniku dysbalancí,

kteří mohou být příčinou zranění (Brukner, 2012). Squat se zdá být vhodným cvikem pro sportovce, kteří se zotavují po zranění dolních končetin (Wretenberg et al., 1993), zejména po úrazech a operacích kolenního kloubu (Escamilla, 2001). Squat je doporučován jako součást rehabilitačních programů, i v rámci primární prevence sportovních zranění (McCaw, Melrose; 1999).

#### 4.7.3.5.1 Squat a jeho varianty

Squat je možné vykonávat v různých variantách. Vzhledem k sledované problematice hamstringů se nejčastěji setkáváme se základním provedením „squat“, „paralel squat“, „width-stand squat“, tedy squat v širším a širokém stoji rozkročném, dále „back squat“, „single-leg squat“ nebo „single-leg squat“ na nestabilní ploše pro zvýšení intenzity tréninku hlubokého stabilizačního systému páteře, ale také trénink dynamických stabilizátorů kolenního kloubu. Dále jsou doporučovány „split squat“, „squat jumps“ a „pistol squat“ (Hamilton et al., 2012; Brukner, 2012; Lorenz, Reiman, 2011; Muscolino, 2011; McCaw, Melrose; 1999; Wright et al., 1999). Nejčastěji užívanými variantami „squatu“ v rámci tréninku dynamiky a v rehabilitaci jsou podle Escamilla (2001) „bodyweight squat“, „barbell squat“, „machine squat“. Obecně je pro „běžce“ doporučován spíše paralelní squat. Toto doporučení je možné vztáhnout i na hráče fotbalu vzhledem k charakteru jejich zátěže. Výhodou využití paralelního „squatu“ u běžců je snížení působení kompresivních sil na páteř, neboť tento cvik pomáhá udržovat páteř napřímenou. Nadměrná flexe trupu při běhu zvyšuje riziko zranění hamstringů, neboť s rostoucí flexí trupu roste zatížení hamstringů v konečné letové fázi běhu (Gorsuch et al., 2010). Širší postavení „squatu“ je preferováno pro optimální rozvoj síly skupiny adduktorů a extensorů kyčle, zatímco užší postoj má větší vliv na aktivitu m. gastrocnemius (Schoenfeld, 2010).

„Back squat“ je v literatuře popisován jako prvek pro rozvoj síly hamstringů, navzdory faktu, že hamstringy nehrají hlavní roli při tomto pohybu (Wright et al., 1999). Wright et al. (1999) potvrdili, že „back squat“ je vhodný pro posílení gluteálních svalů a m. quadriceps femoris, ale má malý vliv na hamstringy. Proto ho nedoporučují používat primárně k tréninku svalové síly hamstringů. Zařazení „squatu“ v rámci tréninku však má i z hlediska hamstringů své opodstatnění. Vhodnou variantou „squatu“



pro stimulaci zádových svalů, m. gluteus maximus a m. biceps femoris, se dle James et al. (2011) jeví například „squat lift“.

#### 4.7.3.5.2 Technika a provedení cviku squat

Výchozí pozice pro squat je vzpřímený stoj s dolními končetinami na šířku ramen. Šířku stoje je možné pozměnit podle specifické potřeby. Podmínkou tohoto cviku je udržovat páteř v napřimení, hlezna, kolena a kyčle se ohýbají, případně extendují simultánně a tělo se postupně dostává do nebo z „squatové polohy“. Základem tréninku „squatu“ je pečlivě kontrolovat, aby nedocházelo k nežádoucím souhybům. V technice „squatu“ hrozí velké riziko řady chyb, zejména u jedinců, kteří se s daným prvkem setkávají poprvé. Při provádění „squatu“ je páteř po celou dobu udržována v napřimení, hlava vzhůru v prodloužení páteře, kotníky, kolena a kyčle by se měly flektovat současně s tím, jak se snižuje těžiště těla do konečné polohy „squatu“. Vzhledem k úzkému vztahu mezi pohybem kyčelních kloubů, pánve a bederní páteře při dynamickém „squatu“, je pro správné provedení „squatu“ extrémně důležitý rozsah pohybu kyčelních kloubů, zejména v sagitální rovině, tedy flexe a extenze. V okamžiku, kdy je dosažena požadovaná hloubka „squatu“, dochází k opačnému pohybu a návratu do výchozího postavení. Vzpřímená poloha trupu je zajištěna kokontrakcí svalů trupu (Hamilton et al., 2012; Schoenfeld, 2010; McCaw, Melrose; 1999). Významný vliv na křivku páteře při „squatu“ má postavení všech kloubů dolní končetiny (Hwang, 2009).

Správná technika při cviku squat vyžaduje napřimenou zpevněnou páteř bez výchylek v jakékoli rovině po celou dobu pohybu. Páteř by v celém průběhu provedení „squatu“ měla být udržována v neutrálním postavení, aby se zabránilo zvýšení působení střižných sil a zátěže na páteř. Neutrálnímu postavení páteře napomáhá intraabdominální tlak, který pomáhá tvořit oporu páteře a napomáhá tak při dynamické stabilizaci páteře. Zátěž na bederní páteř se zvyšuje se zvyšujícím se náklonem trupu vpřed, proto je nejvhodnější udržovat páteř po celou dobu co nejvíce napřimenou (Schoenfeld, 2010). V okamžiku dosažení nejnižšího bodu „squatu“ se kotníky, kolena a kyčle silně extendují, a tím zajistí návrat těla do vzpřímené polohy proti gravitaci (Hamilton et al., 2012; Schoenfeld, 2010). Při provádění „squatu“ musíme dbát na postavení pánve, kyčlí a kolen. Kolena se nesmí dostat před prsty nohy.

Je nutné zachovat pohyb v ose dolní končetiny. Nesmí docházet k mediálnímu kolapsu kolena (Brukner, 2012). Kromě faktu, že je squat vhodným cvikem pro trénink trupové stabilizace a excentrické svalové síly svalů dolních končetin, nese s sebou i řadu výhod oproti cvikům v otevřeném kinematickém řetězci. Výhodou „squatu“ jako cviku v uzavřeném řetězci je snížení sil působících na patelofemorální skloubení, snížení translačních pohybů v kloubu kolenním a zvýšení funkčnosti svalů a kloubů dolních končetin (Brukner, 2012). Úzká báze při „squatu“ minimalizuje patelofemorální a tibiofemorální kompresi, zatímco při širokém stoji rozkročném se redukuje působící „střížné“ síly a snižuje se translační pohyb kolenního kloubu (Schoenfeld, 2010). Při volbě variant cviku squat musíme brát v úvahu, že nároky kladené na svaly a vazy kolenního kloubu jsou při hlubokém „squatu“ značné a je nutné tyto faktory vzít v úvahu při provádění plných squatů nebo dlouhé výdrž ve „squatové“ pozici (Hamilton et al., 2012).

Při tréninku „squatu“ můžeme využívat různou hloubku cviku, což hodnotíme podle úhlu flexe kolenních kloubů. Většinou je squat kategorizován na skupiny: „partial squat“, také označovaný jako „semisquat“, pro který je typická flexe kolena 40°, „half squat“ s flexí kolenního kloubu v rozmezí 70-100°. Pro „half squat“ je typické paralelní postavení stehna se zemí. Flexe kolena 100° a více je typická pro „deep squat“. V tomto případě se stehna mohou dotýkat lýtek (Schoenfeld, 2010; Dionisio et al., 2008; Escamilla, 2001). Hloubka „squatu“ pod 90° vede ke zvýšení zatížení na kyčelní klouby (Wretenberg et al., 1993). V rámci rehabilitace a tréninku sportovců, například fotbalistů, je doporučován „half squat“. Primárně aktivovanými svaly při „squatu“ jsou m. quadriceps femoris, hamstringy a m. gastrocnemius. Tyto svaly se podílejí také na stabilizaci kolenního kloubu (Escamilla, 2001). „Squatová pozice“ vyžaduje aktivitu jak m. quadriceps femoris, tak hamstringů, zejména při paralelním nebo hlubokém squatu. Paralelní squat je vzhledem k svalové aktivitě stejně vhodný jako squat hluboký. Zároveň je nutné zdůraznit výhodu využití paralelního „squatu“ z hlediska rizika zranění kolenního kloubu. V případě paralelního „squatu“ je toto riziko nižší (Wretenberg et al., 1993). Svalová aktivita se obecně zvyšuje se zvětšující se hloubkou „squatu“, ale mezi paralelním a hlubokým „squatem“ jsou v tomto případě pouze nepatrné, téměř bezvýznamné rozdíly. Zatížení kolenního kloubu můžeme snížit prováděním paralelního „squatu“ místo hlubokého, ale nedojde k významnějšímu snížení aktivity m. quadriceps femoris (Schoenfeld, 2010).

„Squaty“ mají další řadu modifikací podle hloubky provedení a šířky postoje, ale také podle použité zátěže. Obecně je možné tvrdit, že pokud je squat prováděn správně, nedochází ke vzniku zranění při jeho provádění. Naopak nesprávná technika nebo nesprávné vysvětlení provedení cviku může vést k řadě obtíží ve smyslu svalových nebo ligamentózních zranění, ruptur intervertebrálních disků, spondylolistézy nebo spondylolýzy. Tyto možné komplikace se mohou projevit zejména v kombinaci zvýšené zátěže při nesprávné technice provedení „squatu“. Omezení rozsahu pohybu kyčelních kloubů může vést ke zvýšenému náklonu trupu vpřed, čímž dochází ke zvýšení zatížení na bederní oblast. Trénink ohebnosti specificky zaměřený na oblast kyčelního kloubu může pomoci zvýšit rozsah pohybu kyčelního kloubu a facilitovat lepší výkon při „squatu“ (Schoenfeld, 2010).

#### 4. 7. 3. 5. 3 Squat jako forma excentrického tréninku

Squat a jeho varianty, „split squat“ a v pozdějších fázích tréninku například „squat jumps“, jsou doporučovány jako varianta excentrických cviků po zranění hamstringů v rámci rehabilitace zraněného sportovce. Excentrická cvičení jsou běžnou komponentou posilovacích tréninků a terapeutických postupů po svalových zraněních. Obhajoba excentrických programů může být výsledkem zjištění, že větší svalová nerovnováha mezi excentrickou aktivitou hamstringů a koncentrickou aktivitou m. quadriceps femoris se projevuje zejména v pozdějších fázích fotbalového utkání nebo s rostoucí únavou (Lorenz, Reiman, 2011). Pokud je však tento typ tréninku vhodný v rámci terapie a postupného zařazení do tréninkového procesu s cílem působit preventivně proti vzniku recidivy zranění hamstringů (Arnason, 2009), pak se můžeme domnívat, že by tato forma tréninku mohla být vhodná již v rámci primární prevence. Excentrický trénink by měl vykazovat postupnou posloupnost od jednodušších cviků k více koordinačně i silově náročným, aby bylo dosaženo určité adaptace na zátěž a minimalizovalo se riziko zranění při provádění tohoto typu tréninku. Další fází tréninkového excentrického programu by mělo být progresivní zvyšování zatížení. Následně po dostatečné adaptaci na squat by měly být v rámci progresu tréninku zařazeny „squat jumps“ jako varianta plyometrického tréninku pro posílení svalů dolních končetin a zvýšení síly hamstringů (Lorenz, Reiman, 2011). Velikost maximální síly při provedení „half squat“ určuje možnosti výkonu při sprintu a vertikálním výskoku, které jsou pro fotbal typickými prvky. Vrcholoví hráči fotbalu by se proto

měli zaměřit i na maximální silový trénink s důrazem na maximální využití koncentrické aktivity, což může přispět k zvýšení rychlosti při sprintu a zvýšení svalové síly pro odraz (Wisloff et al., 2004).

#### 4.7.3.5.4 Squat jako forma tréninku koordinace a stabilizačních funkcí

Squat na jedné noze je běžně užíván nejen v tréninku, ale i pro jeho široké uplatnění vzhledem k aktivitám běžného dne (McCurdy et al., 2010). Squat na jedné noze je funkční koordinace náročný cvik. V případě jeho provádění je nutné dbát zvýšenou pozornost na možnost nestability kyčelního kloubu a oblasti lumbopelvicke (Brukner, 2012). V případě „squatu“ na jedné noze, jako příklad lze uvést například „pistol squat“, kdy je volná končetina v přednožení, se jedná o posturálně náročnější variantu provedení „squatu“, která vyžaduje nejenom zvýšené nároky na trupovou stabilizaci, ale je také mnohem více náročná z hlediska zatížení a síly stojné končetiny, rovnováhy a „flexibility“. Vzhledem k zvýšené náročnosti na provedení se zpočátku doporučuje například předpažení natažených rukou, což pomáhá s udržením rovnováhy (Muscolino, 2011). Již bylo zmíněno, že squat na jedné noze je náročnější z hlediska stabilizace trupu, neboť při tomto asymetrickém provedení cviku dochází k většímu torznímu zatížení, jehož výsledkem je zvýšená aktivace některých svalových skupin nebo systémů, například mm. rotatores a mm. multifidi (Kolář, 2009). Stabilita trupu je zajišťována intraabdominálním tlakem. Při provádění unilaterálního „squatu“ není prokázána výraznější aktivita mm. obliqui externi abdominis. Pokud by se tyto svaly při cviku více aktivovaly, zvyšovalo by se riziko nadměrných souhybů trupu (McCurdy et al., 2010). V průběhu pohybu se při „squatu“ zapojuje většina svalů dolní části těla, včetně m. quadriceps femoris, extensorů kyčle, adduktorů kyčle, abduktorů kyčle a m. triceps surae. Je popsáno, že se při „squatu“ aktivuje více než 200 svalů. Významnou isometrickou aktivitu zaznamenáváme na svalech trupu. Aktivní jsou zejména břišní svaly, m. erector spinae, m. trapesius, mm. rhomboidei a řada dalších svalů, které pomáhají zajišťovat posturální stabilizaci. Páteř je podporována řadou svalů včetně m. erector spinae, m. transversus abdominis, m. quadratus lumborum, dále hlubokými svaly mm. multifidi, mm. rotatores, mm. interspinales a mm. intertransversarii. Lumbální část m. erector spinae, m. iliocostalis, m. longissimus, jsou pro provedení správného „squatu“ také důležité, neboť zabraňují

působení střížných sil a udržují integritu páteře v anteroposteriorním směru tím, že se zapojují do stabilizace páteře (Schoenfeld, 2010).

„Squatová pozice“ je považována za jednu z vývojových poloh, kterou je možné využít v rámci tréninku dynamické neuromuskulární stabilizace (Kolář, 2009), a je považována za metodu volby pro trénink správného posturálního zajištění. Squat vykazuje značné nároky na posturální stabilizaci a koncentraci, ale je zde riziko chybného provedení. Jedná se však o posturálně vyšší pozici, která přináší vyšší terapeutický benefit (Kolář, 2009). Pozitivní vliv stabilizačních cvičení v prevenci sportovních zranění popisují například Brukner (2012), Sherry a Best (2004), Bahr et al. (2008) a řada dalších autorů. Sherry a Best (2004) poukazují na pozitivní vliv „core stability“ v léčbě zranění hamstringů a považují za vhodné zařadit tuto formu tréninku a terapie do preventivních či rehabilitačních programů. Výpady a „squaty“ ve svém „advanced core program“ využívá například i Vern Gambeta (citováno v Brukner, 2012). Squat je vzhledem k jeho komplexnosti zařazen v rámci sestaveného tréninkového programu, neboť při správném provedení má široké uplatnění. Zvýšené nároky na koordinaci a správné provedení tohoto cviku vedou k doporučení zařadit tento program před zátěží.

#### 4. 7. 3. 5. 5 Svalová aktivita v jednotlivých fázích cviku squat

Squat se skládá ze dvou částí, klesající, descendentní, a stoupající, ascendentní. Během fáze klesající dochází k současné flexi kolenních a kyčelních kloubů a dorzální flexi hlezna až do okamžiku, kdy je posteriorní strana stehna paralelně se zemí. Vůči kolenu je pohyblivým segmentem stehno. V této fázi se hamstringy a m. gluteus maximus aktivují excentricky. Při fázi stoupající až do vzpřímené polohy se svaly aktivují koncentricky a dochází k extenzi kyčelních a kolenních kloubů. Hlezna jsou flektována plantárně (Hamilton et al., 2012; McCaw, Melrose; 1999). Hamstringy při „squat“ příliš nemění svoji délku. Téměř konstantní délka hamstringů při „squat“ odpovídá chování biartikulárních svalů (Schoenfeld, 2010; Escamilla, 2001). Konstantní délka hamstringů jim dovolí efektivněji generovat sílu v průběhu provedení celého pohybu „squat“, uvažujeme-li vztah délky svalu a vyvinutí síly skeletálních svalů. U biartikulárních svalů je složité ohodnotit, jak se chovají v jednotlivých fázích „squat“. Obecně se tvrdí, že se při „squat“ v průběhu descendentní fáze hamstringy

aktivují excentricky a koncentricky v průběhu fáze ascendentní. Ve skutečnosti mohou být tyto svaly aktivní spíše ve smyslu isometrie v obou fázích „squat“, neboť se současně zkracují v oblasti kolenního kloubu, ale zároveň se prodlužují v oblasti kyčelního kloubu během fáze descendentní, zatímco při fázi ascendentní se prodlužují v oblasti kolenního kloubu a zkracují v oblasti kloubu kyčelního (Escamilla, 2001). MacCaw a Melrose (1999) uvažují o „quasi-isometrické“ aktivitě hamstringů během obou fází, neboť některé souběžné pohybové vzory mohou vést k udržování relativně konstantní délky m. biceps femoris v průběhu „zdvihu“. Hwang (2009) upozorňuje v případě „squat“ na komplexní zapojení biartikulárních svalů, m. rectus femoris, hamstringů a m. gastrocnemius, při cvičení v uzavřeném řetězci, a na platnost již zmiňovaného Lombardova paradoxu při „squat“. Hamstringy jsou technicky antagonisty m. quadriceps femoris, pracující proti extenčnímu momentu síly kolenního kloubu. V uzavřeném řetězci se chovají paradoxně a pracují v kokontrakci s m. quadriceps femoris. Tato synergistická aktivita má významný vliv na zachování integrity kolenního kloubu při „squat“ (Schoenfeld, 2010).

Aktivitu hamstringů je možné pozorovat při akcelerační i decelerační fázi. S postupným snižováním těžiště směrem k patám ze vzpřímené polohy se mírně zvyšuje aktivita hamstringů. Často se uvažuje o stabilizačním vlivu hamstringů na pánev (Dionisio et al., 2008). Největší aktivita hamstringů byla zaznamenána při ascendentní fázi „squat“. Při provádění „squat“ pozorujeme výraznější aktivitu na laterální skupině hamstringů v porovnání s mediální skupinou (Escamilla, 2001). EMG aktivita m. biceps femoris je v průběhu vzestupné fáze přibližně o 50 % větší než ve fázi klesající (McCaw, Melrose; 1999). Největší aktivitu podle studie De Oliveira Sousa et al. (2007) vykazuje m. biceps femoris při flexi trupu a současné 90° flexi kolenního kloubu v porovnání s provedením při napřímeném trupu. Se zvýšenou flexí trupu se mění úhel kyčelního kloubu a musí se více aktivovat extensorová skupina: hamstringy, m. gluteus maximus a m. adductor magnus, část inervovaná z n. ischiadicus (De Oliveira Sousa et al., 2007). Vzhledem k úhlu kolenního kloubu vykazují hamstringy největší aktivitu při flexi kolena mezi 10°-70°. Při porovnání aktivity mediálních a laterálních hamstringů, vykazují laterální hamstringy větší aktivitu než skupina mediální. Na rozdíl od m. gluteus maximus se hloubka „squat“ nejeví jako významný faktor ovlivňující aktivitu hamstringů (Schoenfeld, 2010).

Pro m. quadriceps femoris je charakteristické zvýšení aktivity během fáze klesající se zvyšující se flexí kolenního kloubu. Následuje maximum svalové aktivity v časně stoupající fázi. Svalová aktivita se postupně snižuje s extensí kolenních a kyčelních kloubů při napřímění do stoje. Aktivita m. vastus lateralis a m. vastus medialis je velice podobná. Aktivita těchto svalů se zvyšuje od počátečních 10 % pohybu během klesající fáze a zůstává relativně konstantní až po posledních 30 % „zdvihu“ během fáze stoupající, kdy začíná klesat. Šířka stoje nemá významnější vliv na jednotlivé části m. quadriceps femoris. Při koncentrické aktivitě ovlivňuje m. quadriceps femoris koleno ve smyslu extenze a excentricky kontroluje flexi kolene (McCaw, Melrose; 1999). Při „squat“ se mm. vasti oproti m. rectus femoris zapojují přibližně o 40-50 % více, což může být způsobeno jeho biartikulárním uspořádáním a vlivem na dva klouby. Zvýšení aktivity m. rectus femoris může zvyšovat flexi kyčelního kloubu se současným zvýšením momentu síly hamstringů, m. gluteus maximus a m. adductor magnus k zajištění extenze kyčle. M. rectus femoris je pravděpodobně více efektivní jako extensor kolena při „squat“, pokud je trup více napříměný, neboť při napříměném trupu je více prodloužen než při trupu flektovaném, kdy se zvětšuje flexe kyčle (Escamilla, 2001).

Aktivita adduktorové skupiny je významně větší ve fázi stoupající než ve fázi klesající, ale pouze v širším stoji rozkročném. Největší aktivita m. adductor longus je přítomna během vzestupné fáze v širokém postavení. Při „squat“ se stehna abdukují a vnitřně rotují, jak gravitace ovlivňuje flexi kyčle a kolena během klesající fáze. Oba pohyby jsou více patrné při širším postoji. Během ascendentní fáze táhne m. adductor longus společně s ostatními adduktory stehna více ke střední ose těla a laterálně rotuje segment zpět do neutrální pozice při plné extensi kolena a kyčle. Větší aktivita m. adductor longus je nutností při širším stoji, protože rozsah pohybu addukce a zevní rotace se zvětšuje (McCaw, Melrose; 1999).

Hlavními svaly pohybu při „squat“ jsou m. gluteus maximus a hamstringy. M. gluteus maximus je silný extensor, který excentricky kontroluje kyčelní kloub při descendentní fázi a naopak koncentricky se účastní při ascendentní fázi pro překonání zevního odporu, například vlivu gravitace a hmotnosti těla nebo zátěži. O m. gluteus maximus se při „squat“ uvažuje jako o svaly stabilizujícím pánev, ale také prostřednictvím zejména iliotibiálního traktu stabilizuje kolenní kloub. Aktivita m. gluteus maximus je značně ovlivněna hloubkou prováděného „squat“. Výrazné

zvýšení aktivity m. gluteus maximus zaznamenáváme při „full squat“, zatímco u „parallel squat“ a „partial squat“ nejsou rozdíly v jeho aktivitě nijak významné (Schoenfeld, 2010). M. gluteus maximus jako „prime mover“ pro extenzi kyčelního kloubu vykazuje 2,5× větší EMG aktivitu ve fázi ascendentní než ve fázi descendentní (McCaw, Melrose; 1999). Proto, abychom zapojovali m. gluteus maximus správně, je nezbytná nejenom jeho dostatečná svalová síla a vytrvalost, ale také jeho správné zapojení v rámci pohybového vzoru, tedy správná koordinace a správně načasované zapojení (Brukner, 2012).

#### 4. 7. 3. 5. 6 Squat v prevenci zranění hamstringů

V rámci prevence zranění hamstringů by se dalo očekávat, že budou využity cviky zaměřené výhradně na tuto svalovou skupinu. V případě „squatu“ se však setkáváme s tvrzeními, že není zaměřen na posilování svalů skupiny hamstringů, přestože v běžné tréninkové praxi je k tréninku hamstringů využíván (Brukner, 2012). Wright et al. (1999) v rámci tréninku hamstringů doporučují využít jako cvičební prvky například „leg curl“ nebo „stiff-leg deadlift“, protože squat není primárně zaměřen na hamstringy. Squat však do preventivních programů může být zahrnut. Posilovací trénink hamstringů by však neměl být postaven pouze na „squatu“. Setkáváme se s doporučením využívání jiných cviků pro posílení svalové skupiny hamstringů. Brukner (2012) v rámci posilovacího tréninku doporučuje již zmíněné „standing single-leg hamstring catches with theraband“, „single-leg bridge catch“, „single-leg ball rollouts“, „bridge walk-outs“, „Nordic drops“, „single-leg dead lifts with dumb bell“, „yo yo“. Vzhledem k tomu, že pro správnou funkci hamstringů je nutná správná spolupráce s jejich synergisticky působícími partnery, v případě běhu zejména m. gluteus maximus a m. adductor magnus, který je také považován za silný extensor kyčle, je nezbytné zaměřit se na posilování i těchto svalů. Pro správnou spolupráci mezi těmito svaly není nezbytná pouze dostatečná svalová síla, ale také jejich správná neuromuskulární koordinace. Jednou z možností, jak „silově“ i „neuromuskulárně“ ovlivnit tyto svaly je právě využití „squatu“ (Brukner, 2012).



## 5. VÝSLEDKOVÁ ČÁST

### 5.1 Dotazníkové šetření

Dotazníkové šetření je zaměřeno na zjištění incidence zranění hamstringů, ale i jiných zranění dolních končetin, neboť na základě těchto informací jsou vybíráni i hráči pro experiment. Dotazníkové šetření dále sleduje okamžik vzniku zranění a charakter zátěže, při které ke zranění došlo a dobu trvání obtíží. Vzor dotazníkového šetření je přiložen v Příloze 3 přílohové části. Vzhledem k zaměření práce na problematiku hamstringů je vyhodnocena pouze incidence zranění, která je v dotazníkovém šetření sledována.

### 5.2 Tréninkový program

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 výše uvedeným 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 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. Celý program trvá 30 minut. Program je doporučeno aplikovat 1× týdně v rámci prvního tréninku týdenního mikrocyklu.

Podrobný popis jednotlivých prvků programu je zaznamenán v Příloze 4 přílohové části.

### 5.3 Výsledky dotazníkového šetření

Zranění hamstringů je vylučujícím kritériem experimentu. V souvislosti s monitorováním této problematiky a výběrem probandů pro experiment jsou zpracovány výsledky dotazníkového šetření týkající se četnosti zranění hamstringů v českých podmínkách. Osloveny byly kluby 2. Ligy, 3. České fotbalové ligy a Divize. Tuto krátkou statistiku přidáváme pro doplnění informací.

Celkem byly osloveny 4 divizní kluby, 2 kluby ČFL a 1 klub na úrovni 2. Ligy. Celkem odpovědělo 75 hráčů. Z celkového počtu 75 hráčů bylo v posledních dvou letech, tedy v letech 2010-2012, zaznamenáno 25 případů zranění hamstringů, což odpovídá incidenci 33,33 % zranění hamstringů u fotbalistů napříč tří výkonnostních úrovní. Největší procento (44,83 %) zranění bylo zaznamenáno v klubech na úrovni České fotbalové ligy, což je třetí nejvyšší soutěž v České Republice. Tato četnost zranění potvrzuje výsledky zahraničních studií (Dadebo et al., 2004; Woods et al., 2004; Gabbe et al., 2005; Peterson a Hölmich, 2005), které popisují vysokou incidenci a recidivu tohoto zranění. Vysoké procento zranění hamstringů popisuje i Hnátová et al. (2008) v diplomové práci, kde v rámci anketního šetření odpovědělo 14 hráčů fotbalu, účastníků Evropských fotbalových pohárů a Gambrinus ligy. Se zraněním hamstringů se potýkalo 64,29 % dotázaných (n=14) hráčů fotbalu (Hnátová et al., 2008).

Tabulka 3 Zranění hamstringů v průběhu posledních 2 let podle věku

	2. liga (n)	ČFL (n)	Divize (n)
do 20 let	0	1	1
20-22 let	0	3	2
23-24 let	1	4	2
25-26 let	1	1	1
27-28 let	0	2	0
29-30 let	1	1	1
nad 31 let	0	1	2
celkem zraněných hráčů	3	13	9
celkem odpovědělo (hráčů)	12	29	34

(n) – počet zranění

#### 5.4 Výsledky experimentu

V rámci experimentu je využito metody dotazování s cílem zjistit, jak se jednotliví hráči cítí během a po provádění intervencí a zda oni na sobě pociťují nějaké změny. Expertně je posouzen pohybový projev jednotlivých hráčů na základě videozáznamu pořízeného při jednotlivých měřeních. Největší význam je však kladen na zpracování výsledkové formy na základě EMG záznamu.

V rámci experimentu je sledován timing zapojení svalů dolních končetin, konkrétně m. gluteus maximus, m. tensor fasciae latae, m. adductor magnus, m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. rectus femoris u 9 hráčů fotbalu na úrovni ČFL a divize bez ohledu na jejich herní post. Skupinu je možné označit za výkonnostně homogenní. Interpretace timingu zapojení svalů je rozdělena na dvě části, obecnou a individuální, která je zaměřena na popis reakcí na intervenci u jednotlivých hráčů.

V tabulkovém (Tabulky 4-57) či slovním zpracování jsou použity následující zkratky pro jednotlivé svaly: ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, GAT – skupina svalů stabilizujících pánev – m. gluteus maximus, m. adductor magnus a m. tensor fasciae latae, HAM – hamstringy – v tomto případě m. biceps femoris a m. semitendinosus.

#### 5. 4. 1 Proband 1

Proband 1 vykazuje fixní, téměř neměnný pohybový stereotyp polovysokého startu. Obecně si proband 1 udržuje podobný pohybový vzorec zapojení svalových skupin – Hamstringy, GAT, m. rectus femoris. Tento vzorec je patrný v jednotlivých bězích před intervencí i po intervenci.

Před intervencí je změna v zapojení jednotlivých svalů patrna pouze ve třetím běhu, kdy došlo k opačnému pořadí zapojení m. adductor magnus a m. tensor fasciae latae. Pořadí zapojení jednotlivých svalů u tohoto probanda je v pořadí m. semitendinosus, m. biceps femoris, m. gluteus maximus, m. tensor fasciae latae, m. adductor magnus a m. rectus femoris. Patrná je preaktivace hamstringů oproti svalům, které by měly plnit kromě vlastního fázického pohybu i funkci stabilizační. Vzhledem k výrazně osvojenému pohybovému stereotypu polovysokého startu nedošlo postintervenčně u probanda 1 k významným změnám v zapojení sledovaných svalů. Stále je přítomná preaktivace hamstringů v pořadí m. semitendinosus a m. biceps femoris. Jisté změny nastaly ve skupině „stabilizačních svalů“, kdy v jednotlivých bězích docházelo ke změnám zapojování m. adductor magnus, m. gluteus maximus a m. tensor fascie latae, jak dokumentuje Tabulka 4.

Neuspořádanost ve skupině svalů GAT u probanda 1 po intervenci může být způsobena nedostatečnou délkou intervence nebo její intenzity v případě takto silně fixovaného pohybového stereotypu. Nedošlo však ke změnám v rámci pořadí „funkčních skupin“, pokud tyto svaly rozdělíme na flexory kyčelního kloubu (m. rectus femoris), stabilizátory kyčelního kloubu a pánve (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae) a extensory kyčelního kloubu (m. biceps femoris a m. semitendinosus). Z našeho pohledu by se nejprve měly zapojit svaly stabilizační, aby následně mohl být proveden ekonomický pohyb v co nejvíce přímém směru bez laterálních a rotačních složek pohybu v daném kloubu. Dále je možné uvažovat o kvalitní stabilizaci jako o významném faktoru působícím preventivně proti svalovým zraněním, neboť je-li segment správně a dostatečně stabilizován, nemusí se fázické svaly účastnit stabilizace a mohou všechnu svoji aktivitu věnovat pouze provedení fázického pohybu.

Tabulka 4 Proband 1: Timing – start před intervencí

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 1 Běh 1	ST	BF	GM	TFL	ADD	RF
Proband 1 Běh 2	ST	BF	GM	TFL	ADD	RF
Proband 1 Běh 3	ST	BF	GM	ADD	TFL	RF

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Tabulka 5 Proband 1: Timing – start po intervenci

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 1 Běh 1	ST	BF	ADD	GM	TFL	RF
Proband 1 Běh 2	ST	BF	TFL	ADD	GM	RF
Proband 1 Běh 3	ST	BF	TFL	GM	ADD	RF

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Na základě expertního posouzení byl u probanda 1 zjištěn výrazně zautomatizovaný pohybový stereotyp, což je patrné i z výchozí startovní polohy, která byla téměř neměnná. Výraznou automatizaci pohybového stereotypu deklaruje i Tabulka 4 a Tabulka 5 timingu jednotlivých svalů. Po intervenci došlo k zlepšení koordinace pohybu při vyběhnutí z polovysokého startu a začal při běhu pokládat chodidla rovně.

Subjektivně proband 1 udával pocit větší stability kolenních kloubů při provádění „squatů“ a celkově zlepšení stability při tomto cviku. Zároveň subjektivně udával postupné zlepšování protažitelnosti. Po ukončení programu, který byl součástí tréninkové jednotky, se cítil „zahřátý“ a připravený na další část tréninku.

Poměr koaktivace jednotlivých svalů vůči m. biceps femoris (Tabulka 6) se u probanda 1 zvýšil směrem k hodnotě jedna. Je tedy možné, že se v rámci koaktivace jejich míra zapojení vůči sobě začala vyrovnávat, uvažujeme-li, že by se jejich vzájemný poměr měl blížit hodnotě jedna. Není však známá „správná“ hodnota koaktivace jednotlivých svalů. Přestože došlo k nárůstu hodnoty v případě

všech sledovaných koaktivačních poměrů, je i na základě koaktivace možné potvrdit zautomatizování pohybového stereotypu. Je možné se domnívat, že i toto nepatrné zvýšení poměrů směrem k hodnotě jedna vypovídá o lepší koaktivaci svalů vůči m. biceps femoris. Hypoteticky se můžeme zamyslet nad otázkou, jaké změny by bylo možné pozorovat, pokud by intervence trvala delší dobu nebo se zvýšil počet tréninkových jednotek s touto intervencí.

Tabulka 6 Proband 1: Koaktivace svalů vůči m. biceps femoris

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF
Pre	0,510	0,587	0,570	1,000	0,701	0,559
Post	0,634	0,652	0,601	1,000	0,719	0,566

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

V případě porovnání koaktivace svalů vůči m. gluteus maximus (Tabulka 7) je patrná zejména změna u m. biceps femoris, kdy je možné pozorovat snížení poměru o 0,383 směrem k hodnotě jedna, což může poukazovat na zvýšení aktivity m. gluteus maximus, případně na snížení aktivity m. biceps femoris. V případě probanda 1 došlo ke zvýšení aktivity v obou svalech, ale významnější zvýšení nastalo u m. gluteus maximus, proto se tento poměr snížil. Možnost vysvětlení zvýšené aktivity v m. gluteus maximus je na jedné straně větší zapojení tohoto svalu při stabilizaci nebo se zvýšila jeho fáziká složka, vzhledem k jeho vlastnostem „motoru“ dynamického pohybu.

Tabulka 7 Proband 1: Koaktivace svalů vůči m. gluteus maximus

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF	HAM
Pre	1,000	1,152	1,117	1,961	1,374	1,100	3,335
Post	1,000	1,029	0,948	1,578	1,134	0,893	2,712

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, HAM – hamstringy (m. biceps femoris + m. semitendinosus); Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

U probanda 1 došlo po intervenci ke snížení poměru m. biceps femoris a m. semitendinosus, jak ukazuje Tabulka 8. Je tedy možné usuzovat na zlepšení jejich koaktivace při pohybu. Více aktivním svaem stále zůstává m. biceps femoris, což by mohlo být na základě faktu, že tento sval při odrazu je více využíván než m. semitendinosus. Patrné je také výraznější zapojení svalů skupiny hamstringů vůči m. gluteus maximus, což ukazuje poměr Ham-Gat. Snížení tohoto poměru může naznačovat větší zapojení m. gluteus maximus a tím snížení zatížení na hamstringy, které nemusí pro stejný pohyb vynaložit tak velké množství energie, přestože mohla být rychlost provedení pohybu stejná nebo dokonce i rychlejší. Rychlost provedení pohybu však hodnocena nebyla. Změny rychlosti vyběhnutí by mohly být posuzovány pouze na základě doby trvání samotného běžeckého cyklu s tím předpokladem, že pokud došlo ke zkrácení doby trvání jednoho běžeckého cyklu, mohlo dojít ke zvýšení rychlosti běhu a zvýšení frekvence kroků.

Tabulka 8 Proband 1: Koaktivace svalů skupiny Hamstringů a skupiny GAT

	BF-ST	HAM-GAT	HAM-GM	GM-HAM
Pre	1,427	1,020	3,335	0,300
Post	1,391	0,911	2,712	0,369

BF-ST – poměr m. biceps femoris a m. semitendinosus, HAM-GAT – poměr skupiny hamstringů a skupiny „stabilizační“ (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae),

HAM-GM – poměr skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus) a m. gluteus maximus,

GM-HAM – poměr m. gluteus maximus a skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus),

Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Na základě snížení kokontrakčního indexu (Tabulka 9) mezi skupinou hamstringů a m. rectus femoris, ale také jednotlivými svaly skupiny hamstringů a m. rectus femoris je možné usuzovat na zvýšení spolupráce mezi těmito svalovými skupinami a vyrovnání svalové aktivity mezi těmito svaly, z čehož opět lze pravděpodobně usuzovat na zlepšení ekonomiky běhu.

Tabulka 9 Proband 1: Kokontrakční index

	HAM-RF	BF-RF	ST-RF
Pre	8,81	18,04	5,95
Post	7,52	10,60	5,67

Kokontrakční index: HAM-RF - Hamstringy (m. biceps femoris a m. semitendinosus)-m. rectus femoris;  
 BF-RF – m. biceps femoris - m. rectus femoris; ST-RF – m. semitendinosus – m. rectus femoris;  
 Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

#### 5. 4. 2 Proband 2

Proband 2 nemá podle pořadí zapojení svalů v jednotlivých bězích (Tabulka 10, Tabulka 11) ustálenou techniku běhu. Jednotlivá provedení běhu vykazují před intervencí jediný společný rys, kterým je zapojení m. biceps femoris jako třetího v pořadí. U tohoto jedince není typické zapojení svalů podle svalových skupin, jak bylo stanoveno: flexory, extensory, stabilizátory. Po intervenci u probanda 2 začíná být patrné „spárování funkčních skupin“, kdy se v pořadí na prvních dvou místech střídavě zapojují svaly skupiny hamstringů. V prvním běhu došlo k zapojení celé „stabilizační skupiny,“ které již není přítomné v druhém a třetím běhu, kde se ustálil stereotyp současného zapojení m. adductor magnus a m. tensor fasciae latae, po kterých následuje m. rectus femoris a na závěr se aktivuje m. gluteus maximus, který se v tomto případě pravděpodobně zapojuje zejména jako extensor společně se skupinou hamstringů, jelikož běh je charakterizován cyklickým pohybem. Pořadí zapojení jednotlivých svalů před a po intervenci zaznamenává Tabulka 10 a Tabulka 11. Je tedy možné usuzovat, že po zapojení m. gluteus maximus následuje zapojení svalů skupiny hamstringů. Je možné shrnout, že v otázce timingu zapojování jednotlivých svalů na tohoto jedince intervence měla patrný vliv.

V případě probanda 2 stojí za zmínku zejména ustálení zapojení m. tensor fasciae latae jako čtvrtého svalu v pořadí, relativní ustálení svalů skupiny hamstringů na prvních dvou místech a pravděpodobné zvýšení aktivace m. gluteus maximus pro extenzi kyčelního kloubu. Je možné se domnívat, že by mohlo dojít k ustálení pořadí zapojování i dalších svalů v případě, že by intervence trvala déle než 7 týdnů.



Tabulka 10 Proband 2: Timing – start před intervencí

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 2 Běh 1	TFL	ADD	BF	ST	RF	GM
Proband 2 Běh 2	ST	GM	BF	TFL	ADD	RF
Proband 2 Běh 3	TFL	ST	BF	ADD	RF	GM

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Tabulka 11 Proband 2: Timing – start po intervencí

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 2 Běh 1	ST	BF	GM	TFL	ADD	RF
Proband 2 Běh 2	BF	ST	ADD	TFL	RF	GM
Proband 2 Běh 3	ST	BF	ADD	TFL	RF	GM

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Na základě expertního posouzení technického provedení startovního pohybu je patrné „přímější“ základní postavení. Před intervencí měl proband 2 tendenci se do výběhového postavení stavět bokem a při běhu došlo k rotaci dolní končetiny zevně. Do přímého směru běhu se dostal při druhém, respektive třetím kroku, tedy až po dokončení prvního běžeckého cyklu, zatímco po intervencí se do přímého směru běhu dostal již při prvním kroku. Po intervencí se také do základního postavení stává rovněji, aniž by dostal slovní instrukci, že má změnit postavení a startovní polohu. Výška startovní polohy se významně nemění.

Subjektivně v průběhu intervence shodně jako proband 1 popisoval postupné zlepšování stability při provádění „squatů“ a s opakováním tohoto tréninku již nepocíťoval svalovou bolestivost následující dva dny po zařazeném tréninkovém programu, tedy projevy „DOMS“. Po ukončení programu v rámci tréninkové jednotky se cítil „zahřátý“ a připravený na další trénink.

U všech svalů došlo ke snížení koaktivačního poměru ve vztahu k m. biceps femoris (Tabulka 12). Významná změna nastala zejména v případě m. tensor fasciae

latae, jehož aktivita se snížila téměř 3×. Toto snížení aktivity m. tensor fasciae latae je možné považovat za významné a pravděpodobně by mohlo souviset i se snížením rotací dolních končetin a lepšího osového postavení a držení těla při samotném běhu. Po intervenci došlo u probanda 2 k poměrně značnému zvýšení svalové aktivity téměř všech svalů, ale hodnota m. tensor fasciae latae se i přesto poměrně značně snížila. Přestože se snížila koaktivace m. adductor magnus a m. biceps femoris, vyrovnal se poměr aktivit m. tensor fasciae latae a m. gluteus maximus. Zaznamenán byl jistý pokles i v koaktivaci mezi m. semitendinosus a m. biceps femoris, který může být dán rozdílností ve funkčním zapojení při běhu, kde byly zjištěny odlišnosti mezi periodou zapojení těchto svalů v rámci běžeckého cyklu.

Tabulka 12 Proband 2: Koaktivace svalů vůči m. biceps femoris

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF
Pre	2,312	0,865	3,171	1,000	1,013	1,060
Post	1,163	0,568	1,041	1,000	0,553	0,693

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Koaktivace svalů vůči m. gluteus maximus (Tabulka 13) poukazuje na významnou nevyváženost vzhledem k velmi nízkým poměrům. Významnou změnu je možné sledovat v zapojení v m. tensor fasciae latae vůči m. gluteus maximus. M. tensor fasciae latae před intervencí vykazoval značně vysokou aktivitu v porovnání s ostatními svaly. Po intervenci došlo k značnému snížení aktivity tohoto svalu. Dále došlo k patrné změně v zapojení mezi m. biceps femoris a m. gluteus maximus, ale trend zvýšení poměrů koaktivace je možné sledovat u všech hodnocených svalů vyjma m. tensor fasciae latae. Mírné zvýšení aktivity zaznamenal m. adductor magnus, zatímco m. tensor fasciae latae zaznamenal významné snížení aktivity, což poukazuje na větší vyváženost i mezi těmito dvěma svaly, které zajišťují pohyb stehna v ose bez stranových výchylek. Pro odraz proband 2 zvýšil aktivitu hamstringů, které se aktivují více než m. gluteus maximus.

Tabulka 13 Proband 2: Koaktivace svalů vůči m. gluteus maximus

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF	HAM
Pre	1,000	0,374	1,371	0,432	0,438	0,458	0,870
Post	1,000	0,488	0,895	0,860	0,475	0,596	1,335

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, HAM – hamstringy (m. biceps femoris + m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

U probanda 2 došlo intervencí k výrazné změně koaktivace mezi m. semitendinosus a m. biceps femoris, což deklaruje Tabulka 14.

Tento významný rozdíl může být dán tím, že se intervencí u sportovce „rozhodil“ jeho zažitý pohybový stereotyp nebo pro odraz použil významně větší sílu, což vedlo ke zvýšení aktivity m. biceps femoris, který je pro odraz a oporovou fázi významnější a více aktivní než m. semitendinosus, pro který je typická zvýšená aktivita zejména ve střední a konečné letové fázi běžeckého cyklu.

Tabulka 14 Proband 2: Koaktivace svalů skupiny Hamstringů a skupiny GAT

	BF-ST	HAM-GAT	HAM-GM	GM-HAM
Pre	0,988	0,316	0,870	1,149
Post	1,809	0,560	1,335	0,749

BF-ST – poměr m. biceps femoris a m. semitendinosus, HAM-GAT – poměr skupiny hamstringů a skupiny „stabilizační“ (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae), HAM-GM – poměr skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus) a m. gluteus maximus, GM-HAM – poměr m. gluteus maximus a skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

V případě kokontrakčního indexu (Tabulka 15) došlo u probanda 2 k významnému snížení indexu u všech sledovaných svalů. Kokontrakci mezi svaly těchto skupin lze označit za vyrovnanější a pohyb za více ekonomický než před intervencí.

Tabulka 15 Proband 2: Kokontrakční index

	HAM-RF	BF-RF	ST-RF
Pre	11,62	12,79	5,67
Post	4,02	5,11	3,14

Kokontrakční index: HAM-RF - Hamstringy (m. biceps femoris a m. semitendinosus)-m. rectus femoris; BF-RF – m. biceps femoris - m. rectus femoris; ST-RF – m. semitendinosus – m. rectus femoris; Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

### 5. 4. 3 Proband 3

Proband 3 má před intervencí relativně ustálený vzorec zapojování jednotlivých svalů (Tabulka 16), což poukazuje téměř shodné zapojování svalů v prvním a druhém běhu, kde došlo pouze k „záměně“ v rámci svalové dvojice BF-ST. Ve třetím běhu se dokonce objevuje zapojení svalů v rámci stanovených funkčních skupin s tím, že zůstává zachována preaktivace hamstringů, která je pro tohoto sportovce typická. Aktivace BF před ST pravděpodobně potvrzuje tvrzení, že BF je více a dříve aktivní v oporové a odrazové fázi běhu v porovnání s ST. Je možné se domnívat, že v prvních dvou bězích pro odraz využívá aktivity skupiny hamstringů a společně s nimi je ADD zapojen spíše fázicky pro podporu extenze kyčle a odrazu než jako stabilizátor společně s GM a TFL.

Po intervenci (Tabulka 17) došlo u probanda 3 k jisté „destabilizaci“ vzorce zapojování jednotlivých svalů. Přetrvává preaktivace hamstringů, která je pevně fixovaná, což dokazuje naprosto totožné zapojování BF a ST ve všech preintervenčních i postintervenčních bězích. Po intervenci však můžeme pozorovat změnu v pořadí zapojení GM, který se před intervencí zapojoval jako čtvrtý a pátý v pořadí, zatímco po intervenci se aktivuje třetí nebo čtvrtý v pořadí, což znamená posunutí jeho aktivity o jednu až dvě „pořadí“ vpřed, zatímco ADD vykazuje posunutí o jednu až dvě fáze vzad. Začíná se tedy aktivovat později. V případě, že uvažujeme o běhu jako cyklickém pohybu a s tím i cyklicky se opakujícím zapojováním svalů, pak můžeme v prvním běhu po intervenci najít aktivaci stabilizační skupiny GM-ADD-TFL jako přípravy na aktivní extenzi kyčle a zapojení BF-ST a následné zapojení RF pro flexi kyčle. Další změnou, kterou je možné pozorovat je „spárování“ aktivity ADD-TFL. Tato svalová dvojice by měla zajistit neutralizační síly pro provedení pohybu v co nejvíce přímém směru

bez výraznějších stranových výchylek. Toto můžeme pozorovat u prvního a druhého běhu po intervenci. Vzhledem k jisté neustálenosti v pořadí zapojování jednotlivých svalů je možné pohybový stereotyp tohoto probanda označit za neustálený. Intervence do jisté míry ovlivnila zapojování jednotlivých svalů při sledovaném pohybu. Je možné se domnívat, že tato změna směřovala pravděpodobně k zlepšení, přestože koordinace pohybu se po intervenci zhoršila, což může souviset s adaptací na nový pohybový stereotyp, který je pravděpodobně ve fázi přestavby a není zcela automatizován. Zajímavé by bylo ohodnocení tohoto jedince po delší době probíhající intervence, zda by došlo k upevnění pohybového projevu a pořadí zapojování svalů. Zajímavé by však bylo i ohodnocení s časovým odstupem od intervence, zda se vrátil ke svému původnímu pohybovému stereotypu.

Tabulka 16 Proband 3: Timing – start před intervencí

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 3 Běh 1	BF	ST	ADD	RF	GM	TFL
Proband 3 Běh 2	ST	BF	ADD	RF	GM	TFL
Proband 3 Běh 3	BF	ST	TFL	GM	ADD	RF

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Tabulka 17 Proband 3: Timing – start po intervenci

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 3 Běh 1	BF	ST	RF	GM	ADD	TFL
Proband 3 Běh 2	ST	BF	GM	RF	TFL	ADD
Proband 3 Běh 3	BF	ST	GM	TFL	RF	ADD

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Podle expertního posouzení došlo k výraznému zhoršení pohybového stereotypu při výběhu z polovysokého startu. Pohyb se stal značně nekoordinovaným a nedokázal se technicky srovnat se zadaným úkolem.

Subjektivně popisoval lepší pocity při opakovaném cvičení „squatů“ ve smyslu zlepšení stability dolních končetin. A postupné snižování bolestivosti svalů dolních končetin. Postupně v průběhu intervence docházelo k adaptaci na tuto formu zátěže a snižovaly se projevy „DOMS“.

U probanda 3 je patrná značná změna pohybového projevu i z poměru koaktivace jednotlivých svalů vůči m. biceps femoris, což je zaznamenáno v Tabulce 18. Podle výsledků koaktivace vůči m. biceps femoris je možné vyzdvihnout zvýšenou aktivaci m. gluteus maximus, který je nezbytný pro stabilizaci pánve, ale také se o něm uvažuje jako o silném extensoru kyčle. Je tedy možné, že pro provedení vlastního pohybu se začal více zapojovat. Druhou změnou, kterou je možné pozorovat, je snížení aktivace m. semitendinosus a vyrovnání poměru koaktivace mezi svaly skupiny hamstringů.

Tabulka 18 Proband 3: Koaktivace svalů vůči m. biceps femoris

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF
Pre	0,893	0,906	1,450	1,000	1,219	1,163
Post	1,025	0,884	1,785	1,000	1,078	0,943

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

V případě koaktivace vůči m. gluteus maximus (Tabulka 19) je možné pozorovat opět vyrovnání hodnoty koaktivačního poměru svalů skupiny hamstringů vůči m. gluteus maximus a i zapojení těchto svalů vůči sobě se jeví vyváženější, přestože skupina hamstringů jako celek je dvojnásobně aktivní než m. gluteus maximus. Zvýšení aktivity m. tensor fasciae latae vůči m. gluteus maximus není žádoucí, ale je možné, že se tento sval musel zapojit více jako flexor kyčelního kloubu vzhledem ke snížení aktivity m. rectus femoris. Případně by značné zvýšení aktivity m. tensor fasciae latae mohlo souviset se zvýšením aktivity z důvodu přítomnosti artefaktů.

Tabulka 19 Proband 3: Koaktivace svalů vůči m. gluteus maximus

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF	HAM
Pre	1,000	1,015	1,623	1,120	1,365	1,302	2,485
Post	1,000	0,862	1,741	0,975	1,051	0,920	2,026

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, HAM – hamstringy (m. biceps femoris + m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Při porovnání koaktivace mezi svaly skupiny hamstringů vůči sobě (Tabulka 20) došlo ke zvýšení tohoto poměru směrem k hodnotě jedna. Je tedy opět možné usuzovat na větší spolupráci těchto dvou svalů při pohybu. V porovnání s preintervencí také došlo k většímu zapojení stabilizačních svalů pro pohyb, neboť se tyto svaly jako celek staly téměř dvakrát více aktivní oproti hamstringům, ale nutné je uvažovat o zvýšené aktivitě m. tensor fasciae latae, která není žádoucí. V případě spolupráce skupiny hamstringů a m. gluteus maximus došlo k snížení převahy hamstringů při pohybu.

Tabulka 20 Proband 3: Koaktivace svalů skupiny Hamstringů a skupiny GAT

	BF-ST	HAM-GAT	HAM-GM	GM-HAM
Pre	0,820	0,683	2,485	0,402
Post	0,928	0,562	2,026	0,494

BF-ST – poměr m. biceps femoris a m. semitendinosus, HAM-GAT – poměr skupiny hamstringů a skupiny „stabilizační“ (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae), HAM-GM – poměr skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus) a m. gluteus maximus, GM-HAM – poměr m. gluteus maximus a skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Ačkoli proband 3 vykazuje značně nesourodé zapojování jednotlivých svalů, došlo k významnému snížení kokontrakčního indexu u všech sledovaných svalů a skupiny hamstringů s m. rectus femoris, což zaznamenává Tabulka 21. Došlo tedy

k vzájemnému vyrovnání aktivit těchto svalů. Pohyb je tedy možné označit za více ekonomický a koordinovaný.

Tabulka 21 Proband 3: Kokontrakční index

	HAM-RF	BF-RF	ST-RF
Pre	4,73	7,46	3,92
Post	2,76	4,34	2,52

Kokontrakční index: HAM-RF - Hamstringy (m. biceps femoris a m. semitendinosus)-m. rectus femoris;  
BF-RF – m. biceps femoris - m. rectus femoris; ST-RF – m. semitendinosus – m. rectus femoris;  
Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

#### 5. 4. 4 Proband 4

Proband 4 vykazuje zautomatizovaný pohybový stereotyp (Tabulka 22), pro který je charakteristická preaktivace hamstringů v ustáleném pořadí BF, ST, následuje aktivita ADD, který by zřejmě mohl zajišťovat společně s BF a ST extenzi kyčle, ale aktivní zde je i celá skupina GAT, která zajišťuje stabilizaci pánve. Jako poslední se samostatně zapojuje RF. Při porovnání jednotlivých běhů před intervencí se jako nejideálnější jeví Běh 3, kdy se ve skupině GAT aktivují svaly v pořadí GM-ADD-TFL. GM je silným extensorem kyčle a zároveň pánve stabilizuje společně s ostatními svaly, ADD je již pouze pomocným extensorem kyčle a jeho hlavní funkcí je neutralizovat rotační pohybové komponenty. Působí zejména proti TFL a rotační složce GM. TFL se společně s ostatními svaly GAT účastní stabilizace pánve a měl by také zajišťovat neutralizační funkci pro co nejvíce přímé provedení pohybu a společně s RF pomáhat flexi kyčle. Zapojení BF a ST v pořadí první BF a druhý ST odpovídá poznatkům o běhu, kdy BF je více a dříve aktivní v oporové a odrazové fázi než ST.

Po intervenci (Tabulka 23) došlo k výrazné změně v pořadí zapojení svalů, které nevykazuje jednotný řád, o kterém je možné mluvit v případě běhů před intervencí. Je však možné pozorovat některé rysy. Vzhledem k takto výrazné změně po intervenci můžeme usuzovat, že pohybový stereotyp tohoto probanda, přestože se jevil jako automatizovaný, nebyl silně fixován. I po intervenci přetrvává



preaktivace svalů skupiny hamstringů. Charakter, který vykazovala tato skupina před intervencí, si udržel pouze druhý běh, kde se BF zapojil jako první v pořadí. V prvním a druhém běhu však došlo k záměně pořadí zapojení GM a ADD. GM se aktivuje dříve než ADD, z čehož lze usuzovat, že se podílí významněji na extenzi kyčle než před intervencí a ADD se fázicky může účastnit extenze kyčle jako dopomocný sval nebo jeho aktivita v tomto případě může být pouze stabilizační, kdy zajišťuje stabilizaci pánve společně s GM. Kompletní plně funkční zapojení stabilizační skupiny vykazuje po intervenci pouze první běh. V případě třetího běhu je možné očekávat aktivaci ADD proti TFL, aby byla neutralizována rotační a abdukční složka při flexi kyčle, které se pravděpodobně TFL účastní společně s RF. V případě déletrvající intervence bychom pravděpodobně mohli uvažovat opět o fixaci jistého řádu v pořadí zapojení svalů.

Tabulka 22 Proband 4: Timing – start před intervencí

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 4 Běh 1	BF	ST	ADD	GM	TFL	RF
Proband 4 Běh 2	BF	ST	ADD	GM	TFL	RF
Proband 4 Běh 3	BF	ST	GM	ADD	TFL	RF

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Tabulka 23 Proband 4: Timing – start po intervenci

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 4 Běh 1	ST	BF	GM	ADD	TFL	RF
Proband 4 Běh 2	BF	ST	GM	ADD	RF	TFL
Proband 4 Běh 3	TFL	ADD	ST	BF	GM	RF

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Podle expertního posouzení se běh tohoto probanda blíží správnému technickému provedení, jelikož nedochází k výraznému vychýlení těžiště těla.

Patrná je zvýšená aktivita adduktorové skupiny stehna a vnitřní rotace stehna při běhu, což můžeme pravděpodobně zaznamenat i v případě pořadí zapojení svalů, kdy se ADD aktivuje ve třetí fázi před GM a TFL. Značný problém tohoto hráče je koordinace rukou při běhu. Po intervenci se opticky zhoršila technika běhu, ale intenzita odrazu se jeví větší než před intervencí. Startovní poloha, kterou začal zaujímat po intervenci je nižší, než byla před intervencí, přestože nebyl vyzván ke změně startovní polohy.

Subjektivně udává společně s ostatními probandy zlepšení stability při provádění „squatů“, což nejvíce pozoroval při „squat“ na jedné noze a subjektivně pociťoval mírné zlepšení protažitelnosti. Po této fázi tréninkové jednotky se cítil připravený na následující trénink a neměl pocit nutnosti více protahovat a rozvíčovat se.

Při popisu koaktivace svalů vůči m. biceps femoris (Tabulka 24) stojí u probanda 4 za zmínku zvýšení aktivity m. gluteus maximus vůči m. biceps femoris a snížení aktivity m. adductor magnus, které pravděpodobně nejsou statisticky významné, ale naznačují na vyvážení koaktivace mezi těmito svaly. Nepoměr v koaktivaci se zvýšil mezi m. biceps femoris a m. semitendinosus, kdy m. biceps femoris vykazuje zvýšení aktivity, který je vzhledem k odrazu pravděpodobný, neboť pro odraz a oporovou fázi běhu je charakteristická zvýšená aktivita tohoto svalu. Značné zvýšení aktivity vykazuje i m. rectus femoris, který pravděpodobně v důsledku intervence zvýšil svoji sílu a schopnost se aktivovat.

Tabulka 24 Proband 4: Koaktivace svalů vůči m. biceps femoris

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF
Pre	0,418	1,121	1,283	1,000	1,253	1,120
Post	0,550	1,013	1,416	1,000	1,391	1,630

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Přestože v případě koaktivace svalů vůči m. biceps femoris nebyly pozorovány významné změny, tak v případě koaktivace vůči m. gluteus maximus (Tabulka 25) by již mohlo být možné změny označit za významné. U všech svalů došlo k značnému

poklesu koaktivačního poměru směrem k hodnotě jedna, přestože stále přetrvává více než dvojnásobná aktivita všech svalů oproti m. gluteus maximus. Pouze v případě m. adductor magnus je aktivita o něco menší než dvojnásobná. Toto poukazuje na přetrvávající sníženou aktivitu m. gluteus maximus a je možné se domnívat, že právě v tomto případě je zvýšená náchylnost sportovce ke zranění hamstringů, neboť veškerá propulze zajišťovaná extensí kyčle je zajišťována skupinou hamstringů a případně pomocným m. adductor magnus.

Tabulka 25 Proband 4: Koaktivace svalů vůči m. gluteus maximus

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF	HAM
Pre	1,000	2,683	3,071	2,393	2,997	2,679	5,390
Post	1,000	1,843	2,576	1,819	2,531	2,965	4,350

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, HAM – hamstringy (m. biceps femoris + m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Změny v koaktivaci u sledovaných dvojic zaznamenaných v Tabulce 26 jsou velmi malé. Největší změnu zaznamenal vztah m. gluteus maximus a skupiny hamstringů, který se významně snížil v porovnání s ostatními sledovanými dvojicemi. Zvýšení koaktivace je možné pozorovat i v obráceném vztahu těchto dvou svalů, ale rozdíl již není tak patrný.

Tabulka 26 Proband 4: Koaktivace svalů skupiny Hamstringů a skupiny GAT

	BF-ST	HAM-GAT	HAM-GM	GM-HAM
Pre	0,798	0,798	5,390	0,186
Post	0,719	0,803	4,350	0,230

BF-ST – poměr m. biceps femoris a m. semitendinosus, HAM-GAT – poměr skupiny hamstringů a skupiny „stabilizační“ (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae), HAM-GM – poměr skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus) a m. gluteus maximus, GM-HAM – poměr m. gluteus maximus a skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Vzhledem ke zvýšení kokontrakčního indexu (Tabulka 27) je možné usuzovat na změny kokontrakce mezi danými svaly ve smyslu většího rozdílu v jejich zapojování. Toto může souviset i se zhoršenou technikou běhu, kdy u sledovaného probanda došlo k postupným změnám pohybového stereotypu, ale zatím se na změny zapojování svalů nevytvořila adaptace, tak se svaly zapojují neekonomicky. Druhou možností, která připadá v úvahu, je zvýšení aktivity m. rectus femoris oproti ostatním svalům v závislosti na zařazení „squatů“ do tréninkového programu, které mohly způsobit zvýšení svalové síly a aktivity m. rectus femoris, ale neměly vliv na ostatní svaly.

Tabulka 27 Proband 4: Kokontrakční index

	HAM-RF	BF-RF	ST-RF
Pre	2,38	2,58	2,23
Post	4,73	4,13	5,28

Kokontrakční index: HAM-RF - Hamstringy (m. biceps femoris a m. semitendinosus)-m. rectus femoris;

BF-RF – m. biceps femoris - m. rectus femoris; ST-RF – m. semitendinosus – m. rectus femoris;

Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

#### 5. 4. 5 Proband 5

Proband 5 vykazuje velmi neustálený projev vzhledem k pořadí zapojení jednotlivých svalů (Tabulka 28), přestože jsou patrné některé tendence jako zapojení ST čtvrtý v pořadí, BF pátý v pořadí a GM šestý v pořadí v prvním a třetím běhu a zapojení ADD jako třetí v pořadí u druhého a třetího běhu. Před intervencí není téměř patrná stabilizace pánve, případně by se o ní dalo mluvit v prvním běhu, pokud uvažujeme cyklické provedení pohybu a cyklické zapojování jednotlivých svalů. Značná nestabilita pánve však byla viditelná i při pohybu.

Po intervenci (Tabulka 29) došlo k významnému ustálení pořadí zapojování jednotlivých svalů. Běh 2 a Běh 3 vykazují naprosto totožný vzorec zapojení svalů. Pro všechny tři běhy je typické zapojení RF na prvním místě. V Běhu 2 a Běhu 3 následuje skupina hamstringů, kdy se první v pořadí aktivuje ST a následně BF, což je charakteristické pro všechny běhy před i po intervenci. Po skupině hamstringů

se aktivuje skupina stabilizujících svalů v pořadí GM-ADD-TFL, což je v případě tohoto jedince možné považovat za značný pokrok vzhledem k předchozímu charakteru zapojování jednotlivých svalů. Tato známka stabilizace se projevila i na optickém hodnocení pohybu. Obecně lze tedy shrnout, že na tohoto jedince měla intervence významný vliv z hlediska pořadí zapojování jednotlivých svalů.

Tabulka 28 Proband 5: Timing – start před intervencí

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 5 Běh 1	TFL	ADD	RF	ST	BF	GM
Proband 5 Běh 2	ST	BF	ADD	GM	RF	TFL
Proband 5 Běh 3	RF	TFL	ADD	ST	BF	GM

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Tabulka 29 Proband 5: Timing – start po intervenci

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 5 Běh 1	RF	TFL	GM	ST	BF	ADD
Proband 5 Běh 2	RF	ST	BF	GM	ADD	TFL
Proband 5 Běh 3	RF	ST	BF	GM	ADD	TFL

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Na základě expertního posouzení byl patrný neustálený pohybový projev, který mohl být dán tím, že se jednalo o nový pohybový úkol, který musel být řešen. Vyběhnutí z polovysokého startu u probanda 5 připomíná spíše skoky do stran, pánev při pohybu není stabilizována a dochází k značnému vychýlení pánve do stran. Při flexi kolena značně rotuje bérce dovnitř, ale při došlapu je patrná značná rotace bérce zevně. Odraz se jeví intenzivní. Startovní poloha je spíše vyšší polovysoký start.

Po intervenci došlo podle expertního posouzení ke snížení stranových vychylek pánve při běhu a běh samotný se stal stabilnější, tělo se již tak významně neodchylovalo

od těžiště a zůstávalo téměř nad osou těla, pouze dolní končetiny vykazovaly přetrvávající laterální výchylky. Na základě pozorování je možné se domnívat, že se zvýšila intenzita odrazu. Po intervenci došlo ke snížení startovní polohy pouze v prvním běhu.

Subjektivně udává shodně s ostatními probandy projevy „DOMS“ po prvních trénincích, ale postupně pozoruje lepší stabilitu při provádění „squatů“, zejména na jedné noze a provedení pohybu podle instrukcí vnímá jako jednodušší. Pociťuje i menší „pnutí“ svalů při strečinku.

U probanda 5 došlo vlivem intervence ke zvýšení koaktivace mezi m. gluteus maximus a m. biceps femoris a zároveň se snížil rozdíl v koaktivaci mezi m. biceps femoris a m. semitendinosus, jejichž aktivita se téměř vyrovnala (Tabulka 30). Významnou změnu zaznamenal i vztah m. tensor fasciae latae vůči m. biceps femoris. Na základě těchto výsledků je pravděpodobné efektivnější zapojování svalů pro výkon při vyběhnutí z polovysokého startu. Tyto výsledky korespondují s expertním posouzením pohybového projevu jedince, kdy podle těchto změn bylo možné očekávat jistý pohybový projev, který se následně po expertním posouzení potvrdil. Tyto souvislosti jsou patrné u všech probandů. Výrazné snížení koaktivace m. biceps femoris a m. adductor magnus by mohlo souviset s významným snížením poměru v případě m. tensor fasciae latae. Pokud došlo ke snížení aktivity m. tensor fasciae latae, následně se mohla snížit i aktivita m. adductor magnus, neboť nemusel vyvinout tak velkou aktivitu pro neutralizaci pohybu.

Tabulka 30 Proband 5: Koaktivace svalů vůči m. biceps femoris

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF
Pre	0,559	1,014	2,435	1,000	1,578	1,205
Post	0,699	0,722	0,823	1,000	1,055	0,969

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Pokud je koaktivační poměr vztažen k m. gluteus maximus (Tabulka 31), jsou patrné značné změny v postintervenčním hodnocení, které jsou v tomto případě více patrné než změny vztažené k m. biceps femoris. Po intervenci se svaly vůči sobě zapojují pravděpodobně mnohem více koordinovaně a pravděpodobně i mnohem efektivněji, neboť lze podle výsledků usuzovat na menší množství vedlejších pohybů, což bylo potvrzeno i sledováním videozáznamů jednotlivých běhů. Toto tvrzení vychází z faktu, že se poměry velmi významně přiblížily k hodnotě jedna. Velmi významné snížení aktivity bylo zaznamenáno v případě m. tensor fasciae latae. Koaktivační poměr TFL-GM se snížil více než třikrát (3,7×). Další významné změny nastaly u m. semitendinosus, skupiny hamstringů (BF+ST) a m. rectus femoris. Změny v koaktivaci m. gluteus maximus vůči m. adductor magnus a m. biceps femoris jsou také patrné, ale rozdíly v koaktivaci před a po intervenci nejsou tak zřejmé.

Tabulka 31 Proband 5: Koaktivace svalů vůči m. gluteus maximus

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF	HAM
Pre	1,000	1,816	4,359	1,790	2,826	2,157	4,616
Post	1,000	1,033	1,178	1,431	1,510	1,387	2,942

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, HAM – hamstringy (m. biceps femoris + m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Postintervenčně došlo k významnému vyrovnání zapojování m. biceps femoris a m. semitendinosus mezi sebou, neboť se jejich koaktivační poměr významně zvýšil směrem k hodnotě jedna (Tabulka 32). Patrné je také větší zapojení m. gluteus maximus vůči skupině hamstringů, což potvrzuje i snížení koaktivačního poměru HAM-GM. Snížení koaktivačního poměru u skupiny HAM-GM a zvýšení koaktivačního poměru skupiny GM-HAM, což jsou pouze převrácené hodnoty, poukazuje na zvýšení aktivity m. gluteus maximus vůči svalům skupiny hamstringů. Zvýšení aktivity m. gluteus maximus vůči skupině hamstringů můžeme považovat za pozitivní vliv vzhledem k faktu, že tento sval je nejsilnějším svalem v těle. Měl by zajišťovat extenzi kyčle při sprintu a zároveň se podílet i na stabilizaci pánve. Při posouzení skupiny GAT (GM+ADD+TFL = skupina stabilizační) a hamstringů došlo k větší spolupráci těchto

svalových skupin, nejvíce pravděpodobně v rámci skupiny GAT, což potvrzuje i pořadí zapojení těchto svalů ve druhém a třetím běhu po intervenci. Tyto svaly mají postintervenčně mnohem větší vliv na stabilizaci pohybu a neutralizaci nežádoucích souhybů při běhu, což opět potvrzuje pohybový projev po intervenci.

Tabulka 32 Proband 5: Koaktivace svalů skupiny Hamstringů a skupiny GAT

	BF-ST	HAM-GAT	HAM-GM	GM-HAM
Pre	0,634	0,643	4,616	0,217
Post	0,948	0,918	2,942	0,340

BF-ST – poměr m. biceps femoris a m. semitendinosus, HAM-GAT – poměr skupiny hamstringů

a skupiny „stabilizační“ (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae),

HAM-GM – poměr skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus) a m. gluteus maximus,

GM-HAM – poměr m. gluteus maximus a skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus),

Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Kontrakční index (Tabulka 33) u probanda 5 zaznamenal snížení hodnoty ve všech sledovaných skupinách, což vypovídá o vyrovnanějším zapojování jednotlivých svalů vůči sobě a lepší ekonomice pohybu.

Tabulka 33 Proband 5: Kontrakční index

	HAM-RF	BF-RF	ST-RF
Pre	4,03	3,18	5,04
Post	2,90	2,74	3,10

Kontrakční index: HAM-RF - Hamstringy (m. biceps femoris a m. semitendinosus)-m. rectus femoris;

BF-RF – m. biceps femoris - m. rectus femoris; ST-RF – m. semitendinosus – m. rectus femoris;

Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně



#### 5. 4. 6 Proband 6

Proband 6 také nevykazuje příliš jednotný vzorec zapojování svalů (Tabulka 34). Významným rysem všech běhů je zapojení GM v pořadí jako poslední, uzavírající pohybový cyklus, případně příprava na cyklus následující, uvažujeme-li opět o cyklickém opakování pohybu včetně vzoru zapojování svalů. Dalším společným znakem je zapojení ADD a ST na prvních dvou místech pořadí, pouze v prvním běhu je toto pořadí obrácené. Dále se opakovaně společně aktivuje dvojice svalů TFL a BF. Zapojení svalů podle jejich funkčních skupin je možné pozorovat pouze v případě druhého a třetího běhu, kde je při cyklickém opakování zaznamenáno zapojení GM-ADD-ST v tomto pořadí. Ve druhém běhu se aktivuje skupina hamstringů současně.

Po intervenci vykazuje proband 6 ustálené zapojení GM v 5. fázi cyklu, což je patrné v Tabulce 35. Jisté ustálení je možné pozorovat i v případě ST na šestém místě v prvním a druhém běhu a BF třetí v pořadí u Běhu 2 a Běhu 3, dále ADD se ustálil na druhém místě v případě prvního a druhého běhu. Náznak uspořádaného zapojení svalů je možné pozorovat u Běhu 3, kdy máme od 3. fáze možnost sledovat zapojení v pořadí BF-ST-GM-TFL-ADD-RF v případě cyklického zapojení jednotlivých svalů.

Tabulka 34 Proband 6: Timing – start před intervencí

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 6 Běh 1	ST	ADD	TFL	BF	RF	GM
Proband 6 Běh 2	ADD	ST	BF	TFL	RF	GM
Proband 6 Běh 3	ADD	ST	RF	BF	TFL	GM

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Tabulka 35 Proband 6: Timing – start po intervenci

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 6 Běh 1	BF	ADD	RF	TFL	GM	ST
Proband 6 Běh 2	TFL	ADD	BF	RF	GM	ST
Proband 6 Běh 3	ADD	RF	BF	ST	GM	TFL

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Na základě expertního posouzení je možné označit techniku běhu za dobrou. Výrazněji vytáčí špičky zevně, zejména PDK, na které bylo snímáno EMG. Po intervenci nebyl tento proband pravděpodobně motivován, neboť všechny jeho starty měly charakter „přepadnutí“ vpřed místo vyběhnutí. Čemuž možná odpovídá i zapojení jednotlivých svalů, kdy po „přepadnutí“ vpřed se aktivují extensory pánve a kyčle, aby zabránily nadměrné flexi kyčle a pánve a pádu. Pohybu po intervenci chybí dynamika, výchozí polohu zaujímá vyšší než před intervencí. Podle pohybového projevu lze usuzovat na zvýšenou aktivitu m. gluteus maximus a sníženou aktivitu flexorů kyčle, zejména m. rectus femoris. Vzhledem k analýze videozáznamu z měření bylo uvažováno o vyřazení tohoto probanda z celkového statistického hodnocení.

Subjektivně proband 6 udával pocit větší stability dolních končetin při provádění „squatů“ a celkově zlepšení stability při tomto cviku. Pociťoval postupné zlepšování protažitelnosti. Po ukončení programu v rámci tréninkové jednotky se cítil zapracovaný a připravený na další trénink.

Postintervenčně došlo ke změnám v koaktivaci jednotlivých svalů (Tabulka 36). Zvýšená aktivita m. gluteus maximus odpovídá popsanému stereotypu, kdy se tento sval musel více zúčastnit stabilizace pánve a zabránění „pádu“ vpřed.

Tabulka 36 Proband 6: Koaktivace svalů vůči m. biceps femoris

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF
Pre	0,966	0,691	0,965	1,000	1,011	0,819
Post	1,544	0,632	0,899	1,000	0,827	0,530

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Postintervenčně jsou také patrné významné změny v koaktivaci svalů vůči m. gluteus maximus (Tabulka 37), zejména směrem dolů, což značí převahu m. gluteus maximus.

Tabulka 37 Proband 6: Koaktivace svalů vůči m. gluteus maximus

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF	HAM
Pre	1,000	0,715	0,999	1,035	1,047	0,848	2,082
Post	1,000	0,409	0,583	0,648	0,535	0,343	1,184

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, HAM – hamstringy (m. biceps femoris + m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Zvýšená aktivita m. gluteus maximus je patrná i z výsledku koaktivace mezi tímto svalem a skupinou hamstringů (Tabulka 38). Zhoršila se koaktivace v zapojení mezi svaly skupiny hamstringů a významně se snížil poměr zapojení hamstringů a stabilizačních svalů (GAT).

Tabulka 38 Proband 6: Koaktivace svalů skupiny Hamstringů a skupiny GAT

	BF-ST	HAM-GAT	HAM-GM	GM-HAM
Pre	0,989	0,767	2,082	0,480
Post	1,210	0,594	1,184	0,845

BF-ST – poměr m. biceps femoris a m. semitendinosus, HAM-GAT – poměr skupiny hamstringů a skupiny „stabilizační“ (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae), HAM-GM – poměr skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus) a m. gluteus maximus, GM-HAM – poměr m. gluteus maximus a skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Kokontrakční index (Tabulka 39) HAM-RF a BF-RF se významně zvýšil, což značí, že tyto svaly se začaly zapojovat méně koordinovaně. Snížení kokontrakčního indexu ST-RF je nevýznamně malé.

Tabulka 39 Proband 6: Kokontrakční index

	HAM-RF	BF-RF	ST-RF
Pre	3,56	3,33	3,87
Post	4,44	5,36	3,77

Kokontrakční index: HAM-RF - Hamstringy (m. biceps femoris a m. semitendinosus)-m. rectus femoris; BF-RF – m. biceps femoris - m. rectus femoris; ST-RF – m. semitendinosus – m. rectus femoris; Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

#### 5. 4. 7 Proband 7

Proband 7 vykazuje před intervencí (Tabulka 40) poměrně značnou fixaci vzorce zapojení jednotlivých svalů. Pouze v Běhu 1 je patrná „záměna“ zapojení BF a RF a TFL a GM. V případě cyklického opakování vzorce při dalším běžeckém cyklu, je možné sledovat svaly stabilizační skupiny GAT, které se aktivují v pořadí GM-TFL-ADD, následně skupinu hamstringů v pořadí ST-BF a jako poslední samostatný RF.

Po intervenci (Tabulka 41) je možné pozorovat ustálení RF v pořadí pátý a GM v pořadí šestý ve všech bězích. Přetrvává preaktivace ST před BF v různém fázovém posunu v jednotlivých bězích. Pouze v Běhu 1 při cyklickém opakování je možné sledovat zapojení skupiny stabilizující pánev ve změněném pořadí oproti měření před intervencí. Nyní došlo k záměně pořadí ADD a TFL a svaly se aktivují v pořadí GM-ADD-TFL. U probanda 7 je patrná jistá fixace pohybového vzorce, ale obecně je zapojení svalů ve fázích 1-4 velmi nestabilní. Určitou fixaci vykazuje ADD na prvním místě v prvním a třetím běhu a TFL na čtvrtém místě u druhého a třetího běhu.

Tabulka 40 Proband 7: Timing – start před intervencí

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 7 Běh 1	ADD	ST	RF	BF	TFL	GM
Proband 7 Běh 2	ADD	ST	BF	RF	GM	TFL
Proband 7 Běh 3	ADD	ST	BF	RF	GM	TFL

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Tabulka 41 Proband 7: Timing – start po intervencí

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 7 Běh 1	ADD	TFL	ST	BF	RF	GM
Proband 7 Běh 2	ST	BF	ADD	TFL	RF	GM
Proband 7 Běh 3	ADD	ST	BF	TFL	RF	GM

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Vzhledem k výpadku propojení kamery a počítače nebylo možné provést videoanalýzu.

Subjektivně v průběhu intervence popisoval proband 7 postupné zlepšování stability při provádění squatů. Postupně se snižovala svalová bolestivost následující dva

dny po intervenci. Po ukončení programu v rámci tréninkové jednotky se cítil „dobře“ a připravený na další trénink.

U probanda 7 došlo v rámci koaktivace vůči m. biceps femoris (Tabulka 42) po intervenci ke snížení koaktivačního poměru mezi m. gluteus maximus a m. biceps femoris. Na základě snížení tohoto poměru k hodnotě jedna bychom mohli usuzovat na zlepšení koaktivace mezi těmito dvěma svaly. Koaktivace mezi m. biceps femoris a m. adductor magnus se snížila. Jednou z možností tohoto snížení může být snížení podílu m. adductor magnus na extenzi kyčle nebo mohlo dojít v rámci intervence k přestavbě pohybového stereotypu, na který se tělo zatím neadaptovalo. Vzhledem k neuspořádanému zapojení svalů po intervenci můžeme usuzovat na nedostatečnou adaptaci na nový tréninkový program, neboť pozorujeme i zhoršení koaktivace mezi m. tensor fasciae latae a m. biceps femoris. U probanda 7 sice pozorujeme pravděpodobné zhoršení v koaktivaci svalů skupiny GAT, ale za pozitivní efekt intervence můžeme považovat snížení koaktivačního poměru mezi m. biceps femoris a m. semitendinosus směrem k hodnotě jedna. Změnu koaktivačního poměru ST-BF můžeme považovat za významnou vzhledem ke snížení koaktivačního poměru z 2,429 na 1,369, což je téměř dvakrát méně než před intervencí. Došlo i ke snížení koaktivačního poměru mezi m. biceps femoris a m. rectus femoris.

Tabulka 42 Proband 7: Koaktivace svalů vůči m. biceps femoris

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF
Pre	1,589	0,857	1,098	1,000	2,429	1,158
Post	1,380	0,754	1,150	1,000	1,369	0,889

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Koaktivační poměr vůči m. gluteus maximus (Tabulka 43) se u m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae a m. biceps femoris zvýšil směrem k hodnotě jedna, což bychom mohli považovat za zlepšení spolupráce jednotlivých svalů při sledovaném pohybu. Snížení koaktivačního poměru ST-GM je možné považovat za pozitivní

ve smyslu zlepšení spolupráce těchto dvou svalů, neboť se hodnota tohoto poměru pohybuje v úzkém rozmezí od hodnoty jedna. Významné snížení koaktivačního poměru HAM-GM z 2,158 na 1,716 můžeme také považovat za zlepšení ve smyslu celkové spolupráce skupiny hamstringů s m. gluteus maximus. Příčinou takovéto změny koaktivačního poměru může být zvýšení aktivity m. gluteus maximus nebo se v porovnání s jeho aktivitou snížila aktivita hamstringů a nebo došlo k oběma změnám současně.

Tabulka 43 Proband 7: Koaktivace svalů vůči m. gluteus maximus

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF	HAM
Pre	1,000	0,539	0,691	0,629	1,529	0,729	2,158
Post	1,000	0,546	0,833	0,724	0,992	0,644	1,716

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, HAM – hamstringy (m. biceps femoris + m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Koaktivační poměr mezi svaly BF-ST (Tabulka 44) se zvýšil směrem k hodnotě jedna, což je opět možné považovat za zlepšení ve smyslu zapojení při pohybu. Tento trend je možné pozorovat i u skupiny hamstringy a m. gluteus maximus, kdy došlo ke snížení poměru mezi těmito dvěma svaly a lze uvažovat o jejich vyváženější aktivitě, zatímco koaktivační poměr u skupiny HAM-GAT se snížil směrem k hodnotě nula. Na základě toho lze usuzovat, že došlo ke zvýšení aktivity svalů „stabilizační skupiny“. Přestože je obecná interpretace kokontrakčních vztahů hodnocena pozitivně ve smyslu spolupráce dvou daných „funkčních skupin“, v případě snížení koaktivačního poměru, zde se však můžeme domnívat, že v případě zvýšení aktivity m. gluteus maximus by tento sval mohl být více zapojen pro fázický pohyb a zároveň by se zvýšila schopnost stabilizovat, pak bychom na snížení tohoto poměru směrem k hodnotě nula mohli pohlížet jako na pozitivní jev.

Tabulka 44 Proband 7: Koaktivace svalů skupiny Hamstringů a skupiny GAT

	BF-ST	HAM-GAT	HAM-GM	GM-HAM
Pre	0,412	0,967	2,158	0,463
Post	0,730	0,721	1,716	0,583

BF-ST – poměr m. biceps femoris a m. semitendinosus, HAM-GAT – poměr skupiny hamstringů a skupiny „stabilizační“ (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae), HAM-GM – poměr skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus) a m. gluteus maximus, GM-HAM – poměr m. gluteus maximus a skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

#### 5. 4. 8 Proband 8

Proband 8 měl před intervencí (Tabulka 45) poměrně zautomatizovaný pohybový stereotyp, který vykazoval obdobnou fixaci pohybového vzoru jako u probanda 1. Svaly se zapojovaly obecně v pořadí 1. GM, 2. TFL, 3. ST (s výjimkou třetího běhu, kde byl 3. BF), 4. BF (s výjimkou třetího běhu, kde byl 3. ST), 5. ADD a 6. RF. Z tohoto pořadí zapojení svalů je možné usuzovat na fázickou funkci m. adductor magnus společně s hamstringy spíše než na jeho funkci stabilizační v rámci „funkční skupiny GAT“. Partnerská dvojice GM-TFL pak může mít rotační a abdukční vliv na kyčelní kloub.

Po intervenci (Tabulka 46) došlo k destabilizaci pohybového vzoru. Můžeme usuzovat na pohybový vzor, který nebyl pevně fixován, a intervence měla vliv na pohybové chování. Ve třetím běhu postintervenčního měření je možné sledovat zapojení funkčních skupin hamstringy (1. ST, 2. BF), stabilizační svaly (3. GM, 4. TFL, 5. ADD), kdy samozřejmě GM může mít i značný vliv na extenzi kyčle a následuje sval přední strany stehna (6. RF). Fixně byl aktivován pouze m. tensor fasciae latae, který se ve všech bězích po intervenci aktivoval čtvrtý v pořadí. Pravděpodobně se aktivace m. gluteus maximus společně se skupinou hamstringů podílí na extenzi kyčle, čehož by se v prvním běhu mohl účastnit i m. adductor magnus, který společně s m. gluteus maximus opět může mírně stabilizovat pánev a femur. M. tensor fasciae latae může mít společně s m. rectus femoris flekční účinek. Každopádně je možné najít po intervenci drobné náznaky jistého řádu. Pevného řádu by však mohlo být dosaženo pouze v případě, že by intervence trvala déle nebo by se opakovala vícekrát v rámci



tréninkového mikrocyklu. Pouze v případě probanda 8 je možné po intervenci pozorovat zahájení pohybu preaktivací m. gluteus maximus místo svalů skupiny hamstringů, což je typické pro ostatní probandy. V případě, že opět budeme uvažovat cyklický charakter pohybu, zapojuje se až na výjimku v druhém běhu nejprve kompletně celá stabilizační skupina a teprve následně hamstringy. Pro tohoto sportovce bylo typické pohyb zahajovat aktivitou m. adductor magnus nebo m. rectus femoris. Z tohoto pohledu bychom mohli říci, že daná intervence na tohoto sportovce měla pozitivní vliv a na základě dostupných názorů o problematice zranění hamstringů bychom mohli usuzovat, že v tomto případě zapojování svalů by sportovec mohl být „chráněn“ před zraněním hamstringů, alespoň z pohledu timingu zapojování svalů při běhu. Samozřejmě není možné vznik zranění vyloučit, neboť zde působí řada dalších vlivů, které nebyly sledovány.

Tabulka 45 Proband 8: Timing – start před intervencí

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 8 Běh 1	RF	ADD	ST	GM	BF	TFL
Proband 8 Běh 2	ADD	RF	ST	BF	GM	TFL
Proband 8 Běh 3	ADD	RF	ST	BF	GM	TFL

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Tabulka 46 Proband 8: Timing – start po intervenci

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 8 Běh 1	GM	ADD	BF	ST	RF	TFL
Proband 8 Běh 2	GM	BF	ST	TFL	RF	ADD
Proband 8 Běh 3	GM	ADD	ST	BF	RF	TFL

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Vzhledem k výpadku propojení kamery a počítače nebylo možné provést videoanalýzu.

Subjektivně udává společně s ostatními probandy zlepšení stability při provádění „squatů“. Zlepšení stability nejvíce pozoroval při squatu na jedné noze. Subjektivně také pociťoval mírné zlepšení ohebnosti. Po této fázi tréninkové jednotky se cítil připravený na následující tréninkovou zátěž a neměl pocit nutnosti více protahovat a rozcvičovat se.

Před intervencí bylo možné pozorovat téměř jednotný řád zapojování svalů, jejich vzájemná koaktivace (Tabulka 47) však nebyla příliš vyvážená. Po intervenci došlo k významnému zvýšení koaktivačního poměru mezi GM a BF, což vede k domněnce většího zapojování m. gluteus maximus nebo naopak snížení aktivity m. biceps femoris. Méně vyváženě se začal vůči m. biceps femoris zapojovat i m. tensor fasciae latae, zatímco koaktivační poměr mezi m. biceps femoris a m. semitendinosus se snížil. Toto snížení pod hodnotu jedna je však velice malé a pravděpodobně ho nelze považovat za významné. Oproti původní koaktivaci se poměr zapojení svalů BF a ST pravděpodobně vyrovnal, neboť jeho postintervenční hodnota se blíží hodnotě jedna. Důvodem může být zvýšení aktivity m. biceps femoris, nebo se aktivita m. semitendinosus oproti tomuto svalu snížila. Toto opět naznačuje, že by mohlo dojít k většímu zapojení m. biceps femoris do odrazu oproti m. semitendinosus.

Tabulka 47 Proband 8: Koaktivace svalů vůči m. biceps femoris

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF
Pre	2,150	1,408	1,366	1,000	1,431	1,511
Post	2,919	0,878	1,571	1,000	0,967	1,186

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Snížení koaktivačních poměrů (Tabulka 48) všech svalů vůči m. gluteus maximus pravděpodobně nasvědčuje zvýšené aktivitě tohoto svalu, což by mohlo souviset i se zvýšením svalové síly tohoto svalu. Vzhledem k významnosti tohoto svalu pro odraz, ale i stabilizaci pánve je možné usuzovat na zlepšení zapojení tohoto svalu v pohybovém stereotypu polovysokého startu. Vzhledem k faktu, že aktivita tohoto

svalu byla vztažena k ostatním svalům a při výpočtu koaktivačního poměru byl m. gluteus maximus jmenovatelem, pak je logické, že zvýšení jeho aktivity vedlo ke snížení koaktivačního poměru. V tomto případě zůstává otázka o vyvážené aktivaci jednotlivých svalů vůči m. gluteus maximus otevřená.

Tabulka 48 Proband 8: Koaktivace svalů vůči m. gluteus maximus

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF	HAM
Pre	1,000	0,655	0,635	0,465	0,665	0,703	1,130
Post	1,000	0,301	0,538	0,343	0,331	0,406	0,674

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, HAM – hamstringy (m. biceps femoris + m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Zvýšení koaktivačního poměru BF-ST (Tabulka 49) směrem k hodnotě jedna by mohlo poukazovat na vyrovnání spolupráce mezi těmito dvěma svaly s tím, že mírnou převahu má m. biceps femoris, což bychom na základě poznatků o svalové aktivitě při odrazové fázi běhu mohli očekávat. Koaktivační poměry HAM-GAT poukazují na zvýšení aktivity ve skupině GAT nebo naopak opět možné snížení aktivity skupiny hamstringů. Pravděpodobně významné zvýšení aktivity zaznamenal m. gluteus maximus, který vzhledem k poklesu koaktivačních poměrů významně zvýšil svoji aktivitu.

Tabulka 49 Proband 8: Koaktivace svalů skupiny Hamstringů a skupiny GAT

	BF-ST	HAM-GAT	HAM-GM	GM-HAM
Pre	0,699	0,494	1,130	0,885
Post	1,034	0,367	0,674	1,484

BF-ST – poměr m. biceps femoris a m. semitendinosus, HAM-GAT – poměr skupiny hamstringů a skupiny „stabilizační“ (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae), HAM-GM – poměr skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus) a m. gluteus maximus, GM-HAM – poměr m. gluteus maximus a skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

#### 5. 4. 9 Proband 9

Proband 9 nevykazuje před intervencí jednotný charakter vzorce zapojení jednotlivých svalů (Tabulka 50). Jisté tendence se objevují u ST, který se ve druhém a třetím běhu aktivuje třetí v pořadí a ve stejných bězích se RF aktivuje první v pořadí. Další tendenci zaznamenáváme u GM, který se aktivuje pátý v pořadí u prvního a třetího běhu a TFL, který se aktivuje v pořadí šestý u Běhů 1 a 3. Jistá stabilizace je patrná v bězích jedna a dva, kde se svaly skupiny GAT zapojují v pořadí GM-TFL-ADD v jednofázovém posunu. Převládá preaktivace ST před BF.

Po intervencí (Tabulka 51) došlo k ustálení vzoru zapojování svalů, které je až na drobné výjimky fixní. V prvních dvou bězích zaznamenáváme ustálené zapojení ADD na prvním místě, TFL druhý v pořadí, třetí BF, následuje RF a ST, které se v těchto dvou bězích střídají v pořadí 4 a 5 a celý vzorec prvních dvou běhů uzavírá GM. Ve všech bězích můžeme s jistým fázovým posunem pozorovat zapojení „stabilizační skupiny“ GM-ADD-TFL. Pouze ve třetím běhu se tato skupina prezentuje v pořadí TFL-GM-ADD. Ve všech bězích po intervencí došlo k ustálení preaktivace BF před ST, což odpovídá funkci a aktivitě těchto svalů při odrazu a opoře. Ustálené zapojování svalů po intervencí vede k domněnce, že na probanda 9 měla intervence pozitivní vliv i za dobu sedmi týdnů.

Tabulka 50 Proband 9: Timing – start před intervencí

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 9 Běh 1	ADD	ST	BF	RF	GM	TFL
Proband 9 Běh 2	RF	BF	ST	GM	TFL	ADD
Proband 9 Běh 3	RF	ADD	ST	BF	GM	TFL

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Tabulka 51 Proband 9: Timing – start po intervenci

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Proband 9 Běh 1	ADD	TFL	BF	RF	ST	GM
Proband 9 Běh 2	ADD	TFL	BF	ST	RF	GM
Proband 9 Běh 3	TFL	GM	ADD	BF	ST	RF

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris

Vzhledem k výpadku propojení kamery a počítače nebylo možné provést videoanalýzu.

Proband 9 subjektivně udával pocit větší stability dolních končetin při provádění „squatů“ a celkově zlepšení stability při tomto cviku. Pociťoval postupné zlepšování protažitelnosti. Po ukončení programu v rámci tréninkové jednotky se cítil zapracovaný a připravený na další část tréninku.

U probanda 9 je při hodnocení poměru koaktivace GM/ADD (Tabulka 52) m. gluteus maximus dvakrát více aktivní než m. biceps femoris vzhledem k dvojnásobné hodnotě koaktivačního poměru. Tato zvýšená aktivita se po intervenci ještě mírně zvýšila. Nepatrné zvýšení zaznamenal i m. tenosr fasciae latae, což není příliš žádoucí, neboť se tím pravděpodobně zvýšil rozdíl aktivity těchto svalů vůči sobě. Došlo však ke snížení koaktivačního poměru mezi u m. adductor magnus a m. semitendinosus, jejichž spolupráce s m. biceps femoris se pravděpodobně vyrovnala, neboť hodnota koaktivačního poměru po intervenci je blízká hodnotě jedna. Snížení koaktivačního poměru ADD-BF a ST-BF pravděpodobně poukazuje na zvýšení aktivity m. biceps femoris. Postintervenční koaktivační poměr ST-BF pravděpodobně naznačuje zvýšenou aktivitu m. biceps femoris, který pravděpodobně vykazuje při startu a oporové fázi běhu vyšší aktivitu zapojení v porovnání s m. semitendinosus, který je více aktivní v jiných fázích běhu. V případě poměru ADD-BF je možné usuzovat, že m. adductor magnus se zapojil více jako sval stabilizační a neutralizační než jako extensor kyčelního kloubu, na což pravděpodobně poukazuje i zapojení tohoto svalu v rámci skupiny GAT po intervenci.

Tabulka 52 Proband 9: Koaktivace svalů vůči m. biceps femoris

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF
Pre	2,278	1,496	1,467	1,000	1,631	1,336
Post	2,386	0,949	1,583	1,000	0,978	1,090

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Na základě koaktivačních poměrů vztažených k m. gluteus maximus (Tabulka 53) je pravděpodobné, že došlo k významnému zvýšení aktivity tohoto svalu, neboť se téměř všechny poměry snížily, s výjimkou m. tensor fasciae latae, u kterého se spolupráce s m. gluteus maximus pravděpodobně nepatrně vyvážila.

Tabulka 53 Proband 9: Koaktivace svalů vůči m. gluteus maximus

	GM	ADD	TFL	BF	ST	RF	HAM
Pre	1,000	0,657	0,644	0,439	0,716	0,586	1,115
Post	1,000	0,398	0,663	0,419	0,410	0,457	0,829

ST – m. semitendinosus, BF – m. biceps femoris, GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, RF – m. rectus femoris, HAM – hamstringy (m. biceps femoris + m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

Zvýšení koaktivačního poměru BF-ST (Tabulka 54) k hodnotě jedna poukazuje na vyrovnanější aktivitu těchto dvou svalů při běhu. Převládá však m. biceps femoris, což může být dáno jeho větší významností pro odraz, jak je zmiňováno výše. Snížení poměru HAM-GAT poukazuje na zvýšení aktivity ve skupině GAT, nebo případnému snížení aktivity ve skupině HAM. Snížení poměru HAM-GAT také podporuje tvrzení o zvýšení aktivity m. gluteus maximus, který tvoří tuto svalovou skupinu.

Tabulka 54 Proband 9: Koaktivace svalů skupiny Hamstringů a skupiny GAT

	BF-ST	HAM-GAT	HAM-GM	GM-HAM
Pre	0,613	0,502	1,155	0,866
Post	1,023	0,402	0,829	1,206

BF-ST – poměr m. biceps femoris a m. semitendinosus, HAM-GAT – poměr skupiny hamstringů a skupiny „stabilizační“ (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae), HAM-GM – poměr skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus) a m. gluteus maximus, GM-HAM – poměr m. gluteus maximus a skupiny hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus), Pre – preintervenčně, Post – postintervenčně

#### 5. 4. 10 Intraindividuální komparace timingu zapojování svalů

Snahou popisu stereotypu pohybu jednotlivých probandů bylo sledování vzorů zapojování jednotlivých svalů. Obecně nebyl nalezen společný vzor timingu zapojení svalů, ale někteří probandi vykazovali podobné tendence, například u probandů 1 a 8, probandi 2 a 5, dále probandi 3 a 4, a také probandi 6 a 7.

Proband 1 v prvním a druhém běhu před intervencí (Tabulka 4) vykazuje totožné pořadí zapojení jednotlivých svalů jako proband 8 (Tabulka 45) ve druhém a třetím běhu, ale s určitým fázovým posunem. U probanda 1 se m. semitendinosus zapojuje v pořadí jako první, zatímco u probanda 8 až jako třetí, ale uvažujeme-li o cyklickém opakování pohybu a s tím spojené i cyklické zapojování svalů, pak pořadí zapojení těchto svalů je v těchto bězích totožné. U obou probandů tedy pozorujeme zapojení svalů ve stanovených „funkčních skupinách“ s tou výjimkou, že u probanda 1 toto bylo možné pozorovat již před intervencí, zatímco u probanda 8 k této změně došlo po intervencí (Tabulka 46). Pohybový projev probanda 8 není tak silně upevněn jako u probanda 1, proto došlo v rámci intervence ke změně pořadí zapojování svalů. Přestože intervence trvala pouze sedm týdnů, je možné říci, že nový pohybový projev z hlediska zapojování svalů je celkem stabilní.

Probandi 2 a 5 před intervencí (Tabulka 10, Tabulka 28) vykazují téměř totožný vzor zapojení jednotlivých svalů. Nejprve dochází k zapojení TFL, následuje ADD, celý cyklus uzavírá GM, což při cyklickém opakování tvoří funkčně „stabilizační“ svalovou skupinu. Rozdíly nacházíme v zapojení mezi svaly skupiny hamstringů a fázi zapojení RF. Další běhy těchto probandů se již poměrně značně liší. Po intervencí

(Tabulka 11, Tabulka 29) u těchto dvou probandů sice nenacházíme obdobný vzorec zapojování svalů, ale u obou je možné sledovat stabilní vzor zapojení svalů u druhého a třetího běhu. Z tohoto pohledu je možné říci, že na oba jedince intervence působila z hlediska upevnění vzoru zapojování svalů.

Proband 3 a proband 4 vykazují preintervenčně (Tabulka 16, Tabulka 22) některé společné rysy ve vzoru zapojování jednotlivých svalů. U obou jedinců dochází k preaktivaci hamstringů s převahou zapojení BF na prvním místě a následném zapojení ST. Toto „pravidlo“ neplatí pouze v případě druhého běhu probanda 3, kde je pořadí zapojení obrácené. U obou probandů se v prvním a druhém běhu zapojuje třetí v pořadí ADD. Dále je pro tyto dva jedince v prvních dvou bězích typické zapojení GM a následně TFL s fázovým posunem, který je ovlivněný zapojením RF u probanda 3 před touto svalovou dvojicí a u probanda 4 za touto svalovou dvojicí. Po intervenci je možné u obou probandů (Tabulka 17, Tabulka 23) pozorovat ve dvou ze tří běhů preaktivaci hamstringů a následné zapojení GM, což vede k domněnce, že se tento sval mohl více zapojit pro extenzi kyčle a odraz. Pořadí zapojení 4, 5 a 6 u těchto dvou probandů již nevykazují typický charakter, neboť se na těchto místech různě střídá zapojení zbývajících svalů. U obou probandů však vždy v jednom z běhů nacházíme zapojení svalů skupiny GAT v pořadí GM-ADD-TFL. Je tedy možné říci, že i na tyto dva jedince měla intervence obdobný vliv z hlediska vzoru zapojování svalů.

Probandi 6 a 7 před intervencí (Tabulka 34 a Tabulka 40) vykazují zapojení ADD a ST v pořadí první ADD a druhý ST s výjimkou prvního běhu probanda 6, kde je toto pořadí obrácené. Třetí běh probanda 6 a první běh probanda 7 jsou z hlediska vzoru zapojení svalů absolutně totožné, je tedy možné usuzovat na jisté podobnosti v technice vyběhnutí a případně i reakci na intervenci. Zapojení svalů v ostatních fázích je podobné, ale nevykazuje typický společný rys. Po intervenci (Tabulka 35, Tabulka 41) u obou těchto jedinců došlo ke stabilnímu zapojení GM v jedné fázi, u probanda 6 jako pátý v pořadí (před intervencí ustálen na konci cyklu) a u probanda 7 jako šestý v pořadí (před intervencí ve dvou bězích v pořadí pátý a v jednom případě šestý).

Proband 9 (Tabulka 50, Tabulka 51) nevykazuje žádné významnější společné rysy s ostatními jedinci.



#### 5.4.11 Statistické vyhodnocení koaktivačních poměrů

Na základě statistického hodnocení pomocí neparametrických t-testů byla hodnocena koaktivace jednotlivých svalů. Koaktivace byla vztažena k jednomu svalu nebo byl hodnocen vztah dvou záměrně vybraných svalů. V prvním případě hodnocení (Tabulka 55) byl vztažným svalem m. biceps femoris. V tomto případě bylo zaznamenáno statisticky významné zvýšení koaktivačního poměru m. gluteus maximus vůči tomuto svalu (GM/BF) a hodnoty koaktivačního poměru m. adductor magnus (ADD/BF) a m. semitendinosus (ST/BF) se na hladině významnosti  $p < 0.05$  vůči tomuto svalu signifikantně snížily.

Tabulka 55 Běh – koaktivace svalů - fixovaný BF

Sval	Rozdíl v průměrech
GM	0,070*
ADD	-0,210*
TFL	0,326
ST	-0,370*
RF	0,159

Signifikantní změna na hladině významnosti \* $p < 0.05$

GM – m. gluteus maximus, ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae,

ST – m. semitendinosus, RF-m. rectus femoris

Stejným způsobem jako koaktivace vůči m. biceps femoris byla hodnocena i koaktivace svalů vůči m. gluteus maximus (Tabulka 56). Na hladině významnosti  $p < 0.05$  došlo k významnému snížení koaktivačních poměrů u m. adductor magnus (ADD/GM), m. tensor fasciae latae (TFL/GM), m. semitendinosus (ST/GM), m. rectus femoris (RF/GM) i svalů skupiny hamstringů (HAM/GM) vůči m. gluteus maximus. Přestože u m. biceps femoris také došlo ke snížení koaktivačního poměru, na hladině významnosti  $p < 0.05$ , nebylo toto snížení signifikantní. Významné snížení koaktivačního poměru jednotlivých svalových skupin pravděpodobně poukazuje na významné zlepšení koaktivace daných svalů při běhu. Zlepšení koaktivace jednotlivých svalových skupin potvrzuje i zlepšení techniky běhu u některých jedinců.

Tabulka 56 Běh - koaktivace svalů - fixovaný GM

Sval	Rozdíl v průměrech
ADD	-0,299*
TFL	-0,506*
BF	-0,163
ST	-0,443*
RF	-0,217*
HAM	-0,602*

Signifikantní změna na hladině významnosti \* $p < 0.05$

ADD – m. adductor magnus, TFL – m. tensor fasciae latae, BF – m. biceps femoris,  
ST – m. semitendinosus, RF-m. rectus femoris, HAM – skupina hamstringů

Při hodnocení poměru BF/ST (Tabulka 57) došlo na hladině významnosti  $p < 0.05$  k signifikantnímu zvýšení koaktivačního poměru po intervenci. Také došlo k významnému zvýšení koaktivačního poměru mezi m. gluteus maximus a svaly skupiny hamstringů, což může nasvědčovat zvýšené aktivitě m. gluteus maximus při běhu. Zvýšená aktivita m. gluteus maximus při běhu může být dána zvýšením jeho stabilizační funkce nebo se tento sval začal více zapojovat fázicky při odrazu jako extensor kyčle. Vzhledem ke snížení koaktivačního poměru m. gluteus maximus a m. adductor magnus, viz Tabulka 56, je možné uvažovat o zvýšené koaktivaci těchto svalů při stabilizaci pánve. Zvýšenou stabilizaci pánve je možné považovat za pozitivní efekt intervence. Koaktivační poměr HAM-GM zaznamenal významné snížení hodnoty, zatímco poměr GM-HAM zaznamenal zvýšení na hranici významnosti, přestože tyto dva poměry popisují závislost stejných svalových skupin, pouze v obráceném poměru.

## Tabulka 57 Běh - poměr svalů a svalových skupin

Svalové skupiny	Rozdíl v průměrech
BF-ST	0,268*
HAM-GAT	0,039
HAM-GM	-0,606*
GM-HAM	0,150*

Signifikantní změna na hladině významnosti \* $p < 0.05$

BF-ST – poměr m. biceps femoris a m. semitendinosus, HAM-GAT – poměr skupiny hamstringů

a „stabilizačních svalů“ (m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae),

HAM-GM – poměr skupiny hamstringů a m. gluteus maximus, GM-Ham – poměr m. gluteus maximus a hamstringů

## 6. DISKUZE

### 6.1 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. Na základě dat získaných pomocí povrchového EMG je popsán timing zapojení jednotlivých svalů, zejména s ohledem na jejich zapojení v rámci funkčních svalových skupin, které jsme stanovili. Dále zavádíme hodnocení koaktivačního poměru jednotlivých svalů vůči m. biceps femoris a m. gluteus maximus a tzv. hamstring index, což je poměr aktivity m. biceps femoris a m. semitendinosus vůči sobě. Hamstring index je ve výsledkové části popisován jako poměr BF/ST. Koaktivační poměr skupiny hamstringů a m. gluteus maximus, ale také skupiny hamstringů a skupiny svalů „stabilizačních“, označované GAT, kam řadíme m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. tensor fasciae latae. Dále u šesti hráčů sledujeme kokontrakční index m. biceps femoris a m. rectus femoris, m. semitendinosus a m. rectus femoris, a hamstringů (m. biceps femoris + m. semitendinosus) a m. rectus femoris.

Koaktivační poměr vztahujeme k hodnotě jedna. Základní myšlenkou při hodnocení je „zlepšení“ koaktivace svalů, pokud se hodnota poměru blíží hodnotě jedna. Vzhledem k tomu, že zatím nebyl stanoven optimální poměr zapojení těchto svalů, nemůžeme přesně stanovit „bezpečné rozmezí“ koaktivačního poměru tak, abychom mohli stanovit, zda je daný sportovec náchylný ke zranění z důvodu nekoordinované spolupráce hodnocených 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. Pokusili jsme se na základě vypočítaných koaktivačních poměrů popsat stereotyp testovaného pohybu, start z polovysokého startu. Popis pohybového stereotypu podle koaktivačního poměru se shoduje s expertním posouzením videozáznamu. Na základě tohoto zjištění by bylo vhodné další studium této otázky, zda by bylo možné tímto matematickým způsobem kvalitativní hodnocení pohybového projevu.

## 6.2 Výsledky provedeného experimentu

Prvotní myšlenkou tohoto experimentu je sestavení tréninkového programu, který by mohl pomoci v prevenci zranění hamstringů u hráčů fotbalu. Vzhledem k obsáhlosti daného problému, neboť příčina zranění je stále diskutována, nejčastěji v souvislosti s multifaktoriálním působením a zmiňované „poruchy“ neuromuskulární kontroly (Beijsterveldt et al., 2012; Mendiguchia et al., 2012; Brukner, Khan, 2007; Bencardino, Mellado, 2005; Anderson et al., 2004; Brockett et al., 2004) nebo „dyssynergické kontrakce svalových skupin (Woods et al., 2004) je práce zaměřena na sledování timingu zapojení svalů dolních končetin a jejich vzájemnou koaktivaci při vyběhnutí z polovysokého startu, který můžeme považovat za jeden z pohybových stereotypů typických pro hráče fotbalu v okamžiku vyběhnutí na míč.

Řada zahraničních autorů, například Chumanov et al. (2007), Houglum (2005) a Schexnayder (1998), popisuje nesprávnou neuromuskulární koordinaci nebo nesprávný timing svalů v oblasti pánve za predispozici ke zranění hamstringů. Například Houglum (2005) popisuje pohyb jako výsledek sumace sil v závislosti na sekvenci načasovaných pohybů. Tyto síly musí mít správné načasování, timing, a klouby, přes které síly působí, musí být řádně stabilizovány. Pokud není zajištěna správná stabilizace a timing zapojení neprobíhá podle správného pohybového vzorce, stává se sval náchylný ke zranění. Chumanov et al. (2007) popisují jako možnou příčinu zranění hamstringů nesprávnou koordinaci svalů v oblasti pánve s následným nadměrným zatížením svalů skupiny hamstringů. 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 nesprávné stabilizace trupu vzniká nadměrné protažení hamstringů, zejména v závislosti na změnách postavení pánve (Thelen et al., 2006). Šafářová et al. (2006) také považují za významný etiopatogenetický faktor sportovních zranění nesprávné posturální nastavení. Kolář (2006) popisuje nesprávný timing zapojení bránice, svalů pánevního dna a břišních svalů jako příčinu nestability oblasti bederní páteře a pánve s následným přetížením hamstringů. 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, jak je popsáno výše. 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. Tyto souvislosti jsou podrobně popsány v rámci teoretických východisek pro experiment, zejména v kapitolách kapitola 4.3 Kinesiologické aspekty svalů kolenního a kyčelního kloubu se zřetelem na etiopatogenetické názory zranění hamstringů a v kapitole 4.5 Základní cyklická lokomoce chůze a běh, její podkapitoly se podrobně věnují popisu svalové aktivity při běhu a zapojování svalů v jednotlivých fázích běhu.

V této práci je hodnocen timing zapojování svalů při polovysokém startu a následném sprintu a jeho změna po tréninkové intervenci. Stanovení „správného“ timingu je velice složité, ale je možné se domnívat, jak by pravděpodobně tento „ideální model“ mohl vypadat. V úvahu je vždy nutné vzít individuální dispozice každého hráče. Důležitým faktorem svalové aktivity jsou její 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. Morfologickými vlastnostmi jsou v tomto případě míněny délka svalového vlákna, „zpeřnosti“ svalu a momentu působící síly. Lze tedy uvažovat o funkčních rozdílech jednotlivých svalů jedné svalové skupiny, což je možné podložit i výsledky Montgomery et al. (1994), kteří se již dávno před těmito autory zabývali popisem zapojování svalů v jednotlivých fázích běžeckého cyklu a dospěli k obdobným závěrům. Stanovení „správného“ timingu zapojení jednotlivých svalů vychází ze základů kinesiologie a neurofyzologie pohybu a z výsledků řady odborníků, kteří se touto problematikou zabývali a většinou 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). Již Janda et al. (1966) popisuje, že hamstringy jsou při klidném a vyrovnaném stoji inaktivní, při chůzi jeví různý fázový posun a různý stupeň aktivace. 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 rychlosti 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 fázickou 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 vychylek. 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. Samozřejmě toto netvrdíme jako dogma, pouze se jedná o možnost nastínění případného aktivačního vzorce svalů v případě tohoto pohybového stereotypu. 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. Neboť rozsah pohybu a rychlost provedení pohybu významně ovlivňuje komplex neuromuskulárních koordinačních vzorů pohybu. Dalším faktorem, který významně může ovlivnit zapojení jednotlivých svalů, jsou předchozí zranění, zejména dolních končetin a lumbopelvicke oblasti. Přestože tato zranění v anamnéze neprokazují významné rozdíly ve svalové síle svalů dolních končetin (Beijsterveldt et al., 2012), což je také pokládáno za jeden z možných rizikových faktorů, 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.

Velmi zajímavé a pravděpodobně i hodnotné výsledky by mohlo přinést spojení EMG záznamu s fotobuňkou nebo Optojumpem, jejichž pomocí je možné hodnotit rychlost provedení pohybu. Následně bychom mohli posoudit, jak se zapojení svalů mění s rychlostí běhu a zda nižší a vyšší rychlost provedení pohybu vede k odlišnostem zapojení svalů. Tímto propojením by bylo možné posoudit, do jaké míry se s rychlostí běhu projevuje fixovaný stereotyp. EMG nám poskytuje možnost posoudit svalovou aktivitu kvalitativně, zatímco fotobuňka či Optojump by mohly přispět v hodnocení kvantitativnímu. Toto by mohlo přispět k ohodnocení, zda daný tréninkový program ovlivní i rychlostní a silové schopnosti jedince. Zároveň je možné pozorovat případné změny timingu zapojení svalů při různé rychlosti běhu. Můžeme uvažovat o rostoucí dyskoordinaci se zvyšujícím se úsilím provedeného pohybu, neboť je známe, že neuromuskulární vzory se v průběhu běžeckého cyklu mění v závislosti na rychlosti běhu a největší změny jsou zaznamenávány při rychlostech blížících se maximální rychlosti sprintu. Podklady pro toto tvrzení přináší i studie provedená autory Higashihara et al. (2010). Rychlost provedení pohybu nyní můžeme pouze usuzovat na základě doby trvání hodnoceného běžeckého cyklu, ale toto hodnocení není dostatečně vypovídající a může být ovlivněno řadou faktorů, které je nutné vzít v úvahu.

Další možností, která by mohla doplnit a rozšířit tuto problematiku je spojení s baropodometrií, kdy by bylo možné posoudit tlak plosky nohy ve stoji, při chůzi a při běhu. Zda a do jaké míry by takto získané výsledky korelovaly s aktivitou a změnami, které vykazují jednotlivé svaly. Je možné se domnívat, že i tento program by mohl mít vliv na postavení nohy při stoji, chůzi a běhu.

Na základě získaných výsledků je možné pozorovat značnou variabilitu v zapojování jednotlivých svalů. Vzhledem k malému zkoumanému souboru nelze zobecnit pořadí zapojování svalů u hráčů fotbalu. Velký vliv na pohybovém projevu každého jedince kromě jeho individuálního pohybového projevu a individuálních antropometrických a biomechanických poměrů může mít vliv i jeho herní post. Oporu pro toto tvrzení bychom pravděpodobně mohli hledat i ve výsledcích vztažených k H:Q poměru, jak popisují Ropiak a Bosco (2012). Přestože zmiňovaný H:Q poměr je považován za faktor ovlivňující zranění hamstringů, pokud je jeho hodnota menší

než 0,6. Studie, které provedli Bennell et al. (1998) i Proske et al. (2004) toto nepotvrzují. Standardně je H:Q poměr stanoven na hodnotu 0,5-0,6. Pokud tento poměr dosahuje této hodnoty, pak je možné předpokládat, že nedojde ke zranění hamstringů, neboť svalová síla m. quadriceps femoris a hamstringů je „optimálně“ vyvážená. Novodobější studie však ukazují, že se tento poměr liší mezi pohlavími, podle sportů, tento poměr není stejný například pro hráče fotbalu a hokeje, ale rozdílnosti v tomto poměru jsou zaznamenány i vzhledem k rozdílnosti herního postu (Ropiak, Bosco, 2012), dále rychlostí provedení pohybu, odporu, který je pohybu dáván. Hodnota H:Q poměru také závisí na testovací poloze a je ovlivněn i samotnou testovanou skupinou (Coombs, Garbutt, 2002).

Synchronní a vyvážená koaktivace svalů je nezbytná pro vyváženější zatížení kloubů a vede ke zvýšení svalové i kloubní „tuhosti“, což pomáhá s udržováním kloubní stability při zatížení v rámci zajišťování funkčních úkolů. Například snížená koaktivace mezi m. quadriceps femoris a hamstringy vede ke zvýšení rizika zranění ligamentum cruciatum anterior (Chimera et al., 2004). Nevyvážená koaktivace mezi jednotlivými svaly nebo svalovými skupinami by mohla být i příčinou dalších sportovních zranění, například zranění hamstringů. Při popisu koaktivačního poměru vzhledem k fixovanému m. biceps femoris vycházíme z předpokladu, že čím více se poměr zapojení svalů blíží hodnotě jedna, pak můžeme uvažovat o větší spolupráci svalů hodnocených koaktivačním poměrem. V případě fixovaného m. gluteus maximus spíše uvažujeme o snížení koaktivačního poměru jako o pozitivním efektu. Vycházíme z předpokladu, že m. gluteus maximus je nejsilnějším svalem a je považován za „motor“ dynamického pohybu, zejména pro odraz. Kapandji (2002) udává, že hamstringy jsou schopny vyvinout pouze dvě třetiny síly m. gluteus maximus. Tento sval zajišťuje nejenom stabilizaci pánve a kyčelního kloubu, ale také by se měl významně účastnit extenze kyčelního kloubu. K tomuto nás také vedou výsledky Sole et al. (2008), kteří popisují zvýšení aktivity hamstringů v případě nedostatečné stabilizace proximálních segmentů, tedy oblasti lumbopelvické, ale i segmentů distálních, kolenního a hlezenního kloubu. Tento kolektiv autorů také prokázal dřívější nástup aktivity a zvýšení aktivity hamstringů v případě epizod „low back pain“ na symptomatické straně. Zvýšená aktivita hamstringů je také pozorována v případě osteoartritidy kolenního kloubu při chůzi (Sole et al., 2008), což opět poukazuje na nežádoucí zvýšení aktivity v této svalové skupině. Přestože účastníci našeho experimentu jsou hráči, kteří neudávají v posledních čtyřech týdnech žádné zdravotní

obtíže vzhledem k pohybovému aparátu, nelze vyloučit, že se u nich žádné obtíže nevyskytují. V případě snížení aktivity hamstringů a/nebo zvýšení aktivity m. gluteus maximus lze usuzovat i na pozitivní vliv programu na tyto komplikace. Zvýšení aktivity ve skupině hamstringů pozorujeme v případech poruchy stability lumbopelvicke oblasti nebo kolenního kloubu. Zvýšení nábory motorických jednotek svalů skupiny hamstringů může být predisponujícím faktorem jejich zranění (Sole et al., 2008). V případě epizod „low back pain“ nebo bolestí v oblasti pánve dochází ke snížení aktivity a opoždění nástupu zapojení m. gluteus maximus, m. transversus abdominis a mm. multifidi. Vzhledem k tomu, že epizody „low back pain“ a snížení schopnosti stabilizace v oblasti lumbopelvicke je považováno za rizikové faktory zranění (Hnátová et al., 2008; Thelen et al., 2006; Kolář, 2006), je možné uvažovat právě na „dysbalanci“ ve svalové aktivitě. Při hodnocení stereotypu extenze kyčelního kloubu u jedinců s předchozím zraněním v oblasti hlezenního kloubu sledujeme zvýšenou aktivitu ve skupině hamstringů, zatímco m. gluteus maximus je v porovnání s nimi méně aktivní a jeho zapojení se opoždí. Facilitace a rehabilitace stabilizačních svalů: m. transversus abdominis a m. gluteus maximus, může vést ke snížení zatížení na skupinu hamstringů (Sole et al., 2008). Obecně je zdůrazňována role m. gluteus maximus při udržení vzpřímeného držení těla. Jeho aktivita se významně zvyšuje v závislosti na sklonu trupu a rychlosti pohybu, který je provázen, aby byla zajištěna dostatečná stabilizace pánve (Wall-Scheffler et al., 2010), což je vzhledem k testovanému pohybu typické, tudíž se opět můžeme domnívat, že by se měla aktivita m. gluteus maximus vůči hamstringům zvyšovat a hodnoty koaktivačního poměru by měly být nižší než hodnota jedna, je-li m. gluteus maximus při výpočtu jmenovatelem tohoto poměru.

Hypoteticky na snížení aktivity m. gluteus maximus jako možné příčině zvýšení aktivity svalů skupiny hamstringů poukazují i Mendiguchia et al. (2012), kteří o této souvislosti uvažují jako o riziku pro vznik zranění hamstringů. Heynen (2001) obdobně popisuje větší vyvinutou aktivitu hamstringů pro extenzi kyčle při oslabení m. gluteus maximus a m. adductor magnus. Se zvyšující se aktivitou hamstringů se podle Heynen (2001) zvětšuje jejich zatížení a stávají se náchylnější ke zranění. Toto nás opět vede k domněnce, že by jejich aktivita měla být menší než aktivita m. gluteus maximus.

Byla prokázána zvyšující se aktivita v m. gluteus maximus i ve skupině hamstringů se zvyšující se rychlostí běhu. V případě zkrácení oporové fáze, což je považováno za faktor vedoucí ke zvýšení rychlosti běhu. Nepochází však ke změně doby trvání aktivity tohoto svalu (Kyröläinen et al., 2001). Při odrazu z polovysokého startu můžeme uvažovat o maximální aktivaci těchto svalů pro zajištění maximální propulze a akcelerace běhu. V případě porovnání aktivity m. biceps femoris a m. semitendinosus při chůzi je pozorovatelná vyšší aktivita v m. biceps femoris, která se zvyšuje při běhu, ale zvýšení aktivity m. semitendinosus při běhu zaznamenává vyšší zvýšení, přestože m. biceps femoris vykazuje o něco vyšší aktivitu. Tento rozdíl není příliš významný (Gavilanes-Miranda et al., 2011). Vyšší aktivitu laterální skupiny hamstringů oproti mediální popisují Palmieri-Smith et al. (2009), kteří hodnotili kokontrakční indexy stabilizátorů kolenního kloubu. Pokud budeme hypoteticky uvažovat vyšší aktivitu m. biceps femoris než m. semitendinosus, pak by se koaktivační poměr ST/BF měl blížit hodnotě jedna, ale neměl by být vyšší než hodnota jedna.

Krishnan, Williams (2009) využili pro hodnocení koaktivace a významnosti rozdílu hranici 10 % jako střední rozdíl aktivity. Pokud bychom se pokusili stanovit rozmezí „vyvážené koaktivace“, pak bychom pravděpodobně také mohli hypoteticky uvažovat o dolní i horní hranici stanovené hodnotou 10 %. Celkově bychom pak pracovali s rozmezím koaktivace 20 %. Koaktivace vůči m. biceps femoris by tedy mohla být hodnocena v rozmezí 0,9-1,1. Ovšem je možné uvažovat o vyvážené koaktivaci „pouze“ v celkovém rozmezí 10 %, tedy v rozmezí 0,95-1,05. Všechny hodnoty mimo toto rozmezí by byly hodnoceny jako nevyvážené a rizikové z hlediska svalové koaktivace pro vznik zranění. Pro stanovení normy koaktivačního poměru jednotlivých svalů je však nutný další výzkum, proto se zatím při popisu změn držíme pouze popisu vzhledem k hodnotě jedna a hypoteticky uvažujeme o možných pozitivních či negativních změnách.

Hodnocení kokontrakčního indexu vychází z obecně platného faktu, že snížení kokontrakčního indexu znamená vyrovnání svalové aktivity a větší spolupráci svalů, které jsou v rámci tohoto indexu vůči sobě vztaženy. V případě změny kokontrakčního indexu nebo koaktivačního poměru se mění svalová spolupráce v závislosti na změnách v gama-systému.

Trénink plyometrie je doporučován pro jeho prokazatelné výhody vzhledem k neuromuskulární adaptaci svalů kyčelního a kolenního kloubu (Chimera et al., 2004). Aby však bylo možné bezpečně aplikovat trénink plyometrie, měl by být šlachově-svalový, ale také nervový systém připravený na tuto formu zátěže. Jednou z metod, které by mohly vést k přípravě a postupné adaptaci na tuto zátěž, je námi sestavený tréninkový program, který je svojí podstatou zaměřený na rozvoj rozsahu pohybu v kloubech, zlepšení koaktivace svalů dolních končetin a trupu, zvýšení svalové síly na svalech dolních končetin a zlepšení stabilizačních funkcí svalů v oblasti hlezenního, kolenního a kyčelního kloubu, ale také lumbopelvického regionu. Zejména nácvik správného „squatu“ je vhodná příprava na progresi tréninkové zátěže, kterou je plyometrie a mezi odborníky doporučované „squat jumps“, zejména jako forma tréninku ve fázi návratu k tréninkové činnosti po zranění hamstringů. Vzhledem k doporučení této formy tréninku po zranění v rámci sekundární prevence zranění hamstringů a přípravě na začlenění do „týmového tréninkového procesu“, se můžeme domnívat, že tato forma tréninku by mohla mít své uplatnění i v rámci primární prevence zranění hamstringů.

Plyometrie také facilituje neuromuskulární systém ve smyslu zrychlení schopnosti měnit excentrickou a koncentrickou aktivitu. Tato neuromuskulární adaptace nastává již během prvních čtyř týdnů (Adams et al., 1992). Na základě tohoto tvrzení se můžeme domnívat, že obdobná adaptace nastává i v případě tréninku v uzavřeném kinematickém řetězci, v tomto případě „squatu“, což je možné podložit výsledky zapojení jednotlivých svalů i na základě výsledků jejich koaktivačního poměru, který se v některých případech významně změnil.

Přestože intervence trvala „pouze“ sedm týdnů a v rámci tréninkového mikrocyklu byla zařazena pouze jednou, můžeme některé pozorované změny označit za statisticky významné. U některých probandů je možné pozorovat změny zapojení některých svalů. Celkové zobecnění je bohužel vzhledem k malému souboru neadekvátní. Možností zůstává danou problematiku dále sledovat a rozšířit výzkumný soubor. I v případě, že by intervence probíhala v přípravném období, měla by zpočátku mít stejný charakter, neboť základním předpokladem bezpečného pohybu je jeho správné provedení. Jak je možné v praxi pozorovat, u hráčů fotbalu je poměrně častá nestabilita kolenních kloubů, která se projevuje „mediálním kolapsem kolena“. V případě nestability kolenních kloubů není vhodné zvyšovat tréninkovou zátěž.

Proto by každá speciální intervence zaměřená na posílení svalů dolních končetin měla začínat od základních prvků, v tomto případě squat, a postupně po adaptaci na danou zátěž může být zatížení progresivně zvyšováno. Vrcholem tohoto zvyšování zatížení by mohla být zmiňovaná kombinace „squat“ a „squat-plyometric“ nebo jiných variant.

Přípravné období nabízí velkou příležitost jak pro hráče, tak i trenéry a zdravotnický personál působit preventivně proti zraněním, včetně zranění hamstringů. Základem je znalost rizikových faktorů, ohodnocení stavu jedince a vhodně zvolená intervence (McHugh, 2004). Přestože McHugh (2004) doporučuje sestavení „celoligové“ preventivní intervence, ne pouze dílčí intervence jednotlivých týmů, my se vzhledem k získaným výsledkům domníváme, že v prevenci nekontaktních fotbalových zranění hraje velkou roli individualita, kterou je nutné vzít při sestavování preventivního tréninku v úvahu. Bohužel čistě individuální programy jsou z praktického hlediska téměř nemožné, proto je snahou zařadit alespoň obecné intervence, které jsou aplikovány v rámci tréninkové jednotky nebo skupinově bezprostředně po jejím skončení. S McHughem (2004) se však shodujeme na vhodnosti zařadit začátek preventivních tréninkových programů v rámci přípravného období. Z pozice fyzioterapeuta však není moc zařadit do tréninkové jednotky všechny prvky, které by pro hráče z hlediska prevence byly vhodné, včetně okamžiku jejich zařazení s ohledem na zotavné procesy a s ohledem na tréninkový mikrocyklus.

Z hlediska hodnocení timingu zapojení svalů a jejich koaktivačních poměrů, můžeme usuzovat na pozitivní vliv intervence, ale vzhledem k velikosti souboru a nedostatku podkladů o „správném“ zapojení a koaktivaci, toto nemůžeme říci jistě. Můžeme však o pozitivním efektu tréninku uvažovat na základě známých faktů, například zvýšení svalové síly po zařazení prvku squat, zvýšení protažitelnosti a rozsahu pohybu pravidelným strečkem, ale také zlepšení koordinace po pravidelné aplikaci strečinku. Vzhledem k tomu, že je squat považován i za prvek tréninku hlubokého stabilizačního systému, můžeme usuzovat, že takto sestavený program přináší pro hráče fotbalu řadu výhod. Program by měl být zařazen do tréninkového plánu s tím, že je nutné dlouhodobé sledování efektu tohoto tréninku, včetně rozšíření zkoumaného souboru, abychom případné získané změny mohli označit za statisticky významné a dovolit si jejich zobecnění na fotbalovou populaci. Squat je považován za cvik vedoucí ke zvýšení svalové síly a výbušnosti. Tyto dva faktory nejsou v rámci této práce hodnoceny. Adams et al. (1992) po šestidenní intervenci, jejímž prvkem

je squat, poukazují na zvýšení svalové síly a lepší výsledky při vertikálním výskoku, avšak toto zlepšení není příliš velké. Významné změny nepřináší ani samotná plyometrie „squat plyometric“. Největší efekt je podle Adams et al. (1992) po šesti týdnech možné zaznamenat v případě kombinace „paralel squat“ a „squat plyometric“. Na základě těchto poznatků se můžeme domnívat, že i zařazením „squatu“ do této intervence mohlo dojít k jistému zvýšení svalové síly a výbušnosti, přestože intervence byla prováděna pouze jednou týdně z důvodu nutnosti zachování dostatečného času pro zotavení po této specifické zátěži, se kterou neměli sportovci předchozí zkušenost. Pokud by intervence probíhala v přípravném období, pak by bylo možné zařadit tento program v rámci tréninkového mikrocyklu dvakrát týdně. Vzhledem k nutnosti „podřídit se“ přáním trenérů, na kterých byla spolupráce závislá, nebylo možné intervenci zařadit do přípravného období, proto byla zvolena tato varianta. Původním plánem však bylo zařadit intervenci do tréninkového mikrocyklu dvakrát týdně v průběhu přípravného období, neboť se domníváme, že pozorovatelný efekt by byl při větším týdenním objemu zátěže výraznější.

Vzhledem k výše uvedeným teoretickým poznatkům o obecné prevenci sportovních zranění a zranění hamstringů je z našeho pohledu vytvořen „bezpečný“ program, který by měl být mimo jiné šetrný na pohybový systém. Tento aspekt dle našeho názoru nesplňuje například řadou autorů (Askling et al., 2003; Bahr et al., 2008; Gabbe et al., 2006; Brukner, P., Khan, K., 2007; Arnason et al., 2008) doporučené „Nordic hamstring“, které je z našeho pohledu velmi zatěžující na kolena, která jsou u fotbalistů často bolestivá, nejenom z přetížení, ale také v důsledku častých kontaktních zranění, ke kterým dochází nejčastěji při osobních soubojích během fotbalového utkání. Proto jsme se snažili najít jinou formu možné prevence, která by však mohla být označena i za komplexní prevenci zranění dolních končetin, neboť z tréninkové praxe víme, že není možné mít vytvořené programy vzhledem k jednotlivým druhům zranění. 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.

Tento program z hlediska prevence zranění hamstringů ovlivňuje rizikové faktory, které jsou často popisovány v souvislosti s tímto zraněním. Jedním z nich je



nestabilita kolenního kloubu. Nedostatečná koaktivace m. quadriceps femoris a hamstringů může přispívat k instabilitě kolenního kloubu (Palmieri-Smith et al., 2009). Zlepšení koaktivace a mezisvalové koordinace svalů zajišťuje zařazení „squat“ jako vícekloubového cviku do tréninkového programu (Kolář, 2009). Zlepšení koordinace a koaktivace mezi agonistickými a antagonistickými svalovými skupinami můžeme podle Arajol et al. (2010) dosáhnout pomocí strečinku. Jiným popisovaným rizikovým faktorem zranění, nejenom hamstringů, je nedostatečná posturální stabilita, kterou opět prvky zařazenými v našem programu ovlivňujeme. Posturální instabilita vede k chybnému náboru svalů při stabilizaci, což se přenáší do všech vykonávaných pohybů. Sportovec si takto fixuje nesprávný pohybový stereotyp, jehož důsledkem je přetěžování daných segmentů, neboť sval je schopen vyvinout značnou sílu i při nesprávné stabilizaci. Toto má za následek vznik řady poruch pohybové soustavy (Kolář, 2009). Složení našeho programu na základě poznatků jiných studií vede ke zlepšení stabilizace a koordinace. Schoenfeld (2010) popisuje velkou biomechanickou a neuromuskulární podobnost „squat“ s velkým množstvím pro sport typických pohybů. Podle Schoenfeld (2010) a Escamilla (2001) vede zařazení „squat“ do tréninkového programu k minimalizaci rizika zranění, ale také k rozvoji sportovní výkonnosti. Squat by jako cvik v uzavřeném kinematickém řetězci měl podporovat koaktivaci hamstringů (De Oliveira Sousa et al., 2007; Schulthies et al., 1998). Prevence vzniku zranění při využití „squat“ je vysvětlována na základě současného tréninku agonistických a antagonistických svalových skupin. Trénink agonistických a antagonistických svalových skupin považuje Brukner (2012) za vhodnou metodu prevence vzniku dysbalancí, které mohou být příčinou zranění. Posturální stabilitu kromě „squat“ a „squat“ na jedné noze ovlivňuje také strečink. Vliv strečinku na zlepšení posturální stability popisuje Costa et al. (2009). Správná spolupráce agonistických a antagonistických svalových skupin souvisí se správnou neuromuskulární kontrolou a řízením z CNS. Nedostatečná nebo pomalu se rozvíjející neuromuskulární kontrola „nezajistí“ správné nastavení zejména velkých kloubů tak, aby byly schopny odolávat velkým silám, což vede k riziku vzniku zranění. Neuromuskulární kontrola také značně ovlivňuje rovnováhu. Pokud sportovec nemá dostatečnou posturální kontrolu, aby udržel rovnováhu, opět se stává náchylnějším ke zranění, neboť se pro udržení polohy musí zapojit náhradní pohybové mechanismy. Význam má však i neuromuskulární kontrola v souvislosti s excentrickým tréninkem. „Optimální“ excentrická síla koordinovaných svalových aktivit má dle F-MARCH

(2008) významný podíl na neuromuskulární kontrole a stabilizaci jednotlivých kloubů. Toto je podstatné zejména u dvoukloubových svalů, v našem případě hamstringů, které jsou při fotbale vysoce excentricky zatíženy. Právě špatná nebo nedostatečná neuromuskulární kontrola může vést k narušení integrity muskulotendinózní jednotky. Neuromuskulární trénink se značně osvědčuje zejména v prevenci zranění kolenního kloubu u fotbalistů, ale excentrický silový trénink, tzv. „Nordig hamstring“ se také ukazuje jako vhodná složka prevence svalových zranění v rámci tréninkových metod (Askling et al., 2003; Bahr et al., 2008). Vzhledem k tomu, že se nám cvičení „Nordic hamstring“ zdá velmi zatěžující na kolena, přikláníme se k využití plyometrických cvičení pro rozvoj excentrické síly. Vliv, výhody a nevýhody těchto dvou forem cvičení pro ovlivnění síly hamstringů jsou ovšem značně diskutabilní.

Vzhledem k prevenci zranění je vhodné již zmiňované zařazení „squatů“ před zařazením plyometrických cvičení. Plyometrická cvičení zahrnují střídání koncentrické a excentrické složky pohybu. Tento program využívá excentrické svalové aktivity, která je náhle vystřídána výbušnou aktivitou koncentrickou (Hamilton et al., 2012). Příkladem plyometrie je například „squat jump“. Pokud chceme zvýšit zátěž a využívat tuto formu tréninku, je nezbytné, aby svaly řádně plnily svoji stabilizační funkci, neboť hrozí riziko zranění, zejména kolenního kloubu. Zranění kolenního kloubu je popisováno jako jedno z rizik zranění hamstringů (Hnátová et al., 2008). Proto musíme začít trénink jednoduššími prvky a v okamžiku, kde se systém na danou zátěž adaptoval, můžeme zatížení progresivně zvyšovat. Plyometrická cvičení je následně možné doporučit také z hlediska prevence zranění hamstringů, neboť pomocí tohoto typu tréninku ovlivňujeme další z rizikových faktorů zranění hamstringů, rychlé střídání koncentrické a excentrické svalové aktivity (Hnátová et al., 2008).

Obecně se squat zdá být vhodným cvikem pro sportovce, kteří se zotavují po zranění dolních končetin (Wretenberg et al., 1993), zejména po úrazech a operacích kolenního kloubu (Escamilla, 2001). Squat je doporučován jako součást rehabilitačních programů, ale i v rámci primární prevence sportovních zranění (McCaw, Melrose; 1999). S obdobnými doporučeními v prevenci zranění, nejenom hamstringů, se setkáváme i u strečinku (Arnason et al., 2008; Gabbe et al., 2006; Verrall et al., 2005).

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.

### 6.3 Omezení experimentu

Výrazným omezením experimentu je malý výzkumný soubor a s tím související malé množství dat pro statistické vyhodnocení. 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. Přestože snahou bylo vytvořit co nejvíce homogenní skupinu, což bylo zajištěno přísným dodržением stanovených kritérií, nebylo možné zajistit hráče na stejném herním postu, což také může výsledky ovlivňovat, neboť na každého hráče jsou v průběhu zápasu kladeny různé nároky, zejména z hlediska počtu sprintů a celkové vzdálenosti, kterou za zápas uběhne. V některých případech se setkáváme i s drobnými tréninkovými odlišnostmi. Omezením experimentu je i absence kontrolní skupiny bez intervence, u které by byl také sledován timing zapojení svalů a jejich koaktivace. 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 tohoto charakteru, přestože je popisována řada rizikových faktorů a jejich vliv na zranění hamstringů, nesetkáváme se například s popisem správného „bezpečného“ timingu zapojení svalů, který by měl vést k prevenci zranění hamstringů.

Výsledky experimentu mohou být ovlivněny i motivací a psychickým stavem probandů, což se může odrazit nejen v rámci pre- a post-intervenčního měření, ale také v průběhu celé intervence. Přestože hráči byli seznámeni s programem a bylo jim doporučeno nezařazovat jiné pohybové aktivity po dobu probíhající intervence, není toto možné vyloučit. 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.

## 7. 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 timngu 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.

## 8. SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY

1. GABBE, B J., FINCH, C. F., BENNELL, K. L., WAJSWELNER, H. Risk factors for hamstring injuries in community level Australian football. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 39, No. 2, 2005, pp. 106-110.
2. KELTON, J. Predisposition to hamstring injury cannot be determined! [on-line]. 2007 [cit. 21.10.2007]. Dostupné na World Wide Webb: <<http://physiotherapy.curtin.edu.au/>>.
3. 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.
4. HNÁTOVÁ, I. Problematika zranění hamstringů u sportovců. Diplomová práce (Vedoucí práce: PhDr. Aleš Kaplan, PhD.). Praha: UK FTVS, 2008. 172 s
5. KOLT, S. G., SNYDER-MACKLER, L. Physical therapies in sport and exercise. Auckland: Churchill Livingstone, 2003. ISBN 0 443 071543
6. 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](http://www.garystebbling.com/uploads/files/Prevention_of_hamstring.pdf)>.
7. VERRALL, G. M., SLAVOTINEK, J. P., BARNES, P. G., FON, G. T., SPRIGGINS, A. J. Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 35, No. 6, 2001, pp. 435-440.
8. GABBE, B., FINCH, C., WAJSWELNER, H., BENNELL, K. Australian football: injury profile at the community level. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Vol. 5, No. 2, 2002, pp. 149-60.
9. 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.
10. ORCHARD, J., MARSDEN, J., LORD, S. Preseason hamstring weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 25, No. 1, 1997, pp. 81-85

11. PAVLŮ, D., PÁNEK, D. EMG-analýza vybraných svalů horní končetiny při pohybu ve vodním prostředí a pohybu proti odporu elastického tahu. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 4, 2008, pp. 167-173.
12. ČIHÁK, R. *Anatomie 1*, Praha: Grada, 2001. ISBN 80-7169-970-5
13. DYLEVSKÝ, I., DRUGA, R., MRÁZKOVÁ O. *Funkční anatomie člověka*, Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-681-1
14. LINC, R., DOUBKOVÁ, A. *Anatomie hybnosti 1*, Praha: Karolinum, 1999. ISBN 80-7184-993-6
15. BRUKNER, P., KHAN, K. *Clinical sports medicine*. Australia: McGraw-Hill Companies, 2007. ISBN 007471520
16. KOLT, S. G., SNYDER-MACKLER, L. *Physical therapies in sport and exercise*. Auckland: Churchill Livingstone, 2003. ISBN 0 443 071543
17. LIPERT, L. S. *Clinical kinesiology for physical therapist assistants*. Philadelphia: F. A. Davis Company, 2000. 3 ed. ISBN 0-8036-0453-X
18. KAPANDJI, I. A. *The physiology of the joints volume two Lower limb*, Edinburgh: Churchill Livingstone, 2002. 5 edition<sup>th</sup>. ISBN 0 443 03618 7
19. PETERSEN, J., HÖLMICH P. Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 39, No. 6, 2005, pp. 319-323.
20. CHMIELEWSKI, T. L., HURD, W. J., RUDOLPH, K. S., AXE, M. J., SNYDER-MACKLER, L. Perturbation Training Improves Knee Kinematics and Reduces Muscle Co-contraction After Complete Unilateral Anterior Cruciate Ligament Rupture. *Physical Therapy*. Vol. 85, No. 8, 2005, pp. 740-749.
21. PALMIERI-SMITH, R. M., McLEAN, S. G., ASHTON-MILLER, J. A., WOJTYS, E. M. Association of Quadriceps and Hamstrings Cocontraction Patterns With Knee Joint Loading. *Journal of Athletic Training*. Vol. 44, No. 3, 2009, pp. 256-263.
22. DYLEVSKÝ, I. *Obecná kineziologie*. Praha: Grada, 2007. 192 s. ISBN 978-80-247-1649-7
23. VÉLE, F. *Kineziologie*, Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9
24. MAYER, M., SMÉKAL, D. Měkké struktury kolenního kloubu a poruchy motorické kontroly. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. č. 3, 2004, s. 111-117.



25. HURD, W. J., SNYDER-MACKLER, L. Knee instability after acute ACL rupture affects movement patterns during mid-stance phase of gait. *Journal of Orthopedic Research*. Vol. 25, No. 10, 2007, pp. 1369-1377.
26. PAVLŮ, D., PÁNEK, D., LOUČKOVÁ, Z., ČEMUSOVÁ, J. Analýza stupně dynamické kokontrakce vybraných svalů horní končetiny při cvičení s vibrační činkou. *Rehabilitácia*. Vol. 49, No. 1, 2012, pp. 47-54
27. ANDERSON, M. K., HALL, S. J., MARTIN, M. *Foundations of athletic training*. Baltimore, Maryland USA: Lippincot Williams & Wilkins, 2004. 3<sup>rd</sup> ed. ISBN 0-7817-5001-6.
28. KOLÁŘ, P. ET AL. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009. 713 s. ISBN 978-80-7262-657-1.
29. FRANKLYN-MILLER, A., FALVEY, E., McCRORY, P., BRUKNER, P. *Clinical Sports Anatomy*. Sydney: McGraw-Hill, 1 ed. 2011<sup>th</sup> 428 p. ISBN – 13: 978-007028555-2.
30. HAMILTON, N., WEIMAR, W., LUTTGENS, K. *Kinesiology: Scientific Basis of Human Motion*. New York: McGraw Hill, 12 ed. 2012<sup>th</sup>. 622 p. ISBN 978-007-108643-1
31. MUSCOLINO, J. E. *Kinesiology The Skeletal and Muscle Function*. St. Louis: Elsevier Mosby, 2 ed.<sup>nd</sup> 2011. 690 p. ISBN 978-0-323-06944-1
32. VÉLE, F. *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada, 1997. 272 s. ISBN 80-7169-256-5
33. 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.
34. ROBERTSON, K., MOLLOY, L. Hamstring Muscle Strain. *Modern Athlete & Coach*. Vol. 45, No. 2, 2007, pp. 10-14.
35. HEIDERSCHEIT, B. C., HOERTH, D. M., CHUMANOV, E. S., SWANSON, S. C., THELEN, B. J., THELEN, D. G. Identifying the time of occurrence of a hamstring strain injury during treadmill running: A case study. *Clinical Biomechanics*. Vol. 20, No. 10, 2005, pp. 1072-1078.
36. HOSKINS, W. T., POLLARD, H. P. Successful management of hamstring injuries in Australian Rules footballers: two case reports [online]. *Chiropractic*

& Osteopathy, 2005, [cit. 21.10.2007]. Dostupné na World Wide Webb:

<<http://www.chiroandoosteo.com/content/13/1/4>>.

37. JACKSON, R. *Sport Medicine Manual 2000*. Lausanna: International Olympic Committee Medical Commission, 2000. p. 476. ISBN 0-9687146-0-9
38. BAHR, R., HOLME, I. Risk factors for sports injuries – a metodological approach. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 37, No. 5, 2003, pp. 384-392.
39. 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.
40. MacAULEY, D. *Oxford Handbook of Sport and Exercise Medicine*. Oxford: Oxford University Press, 2007. ISBN 0-19-856839-8
41. SHEPHARD, R. J., ASTRAND, P.-O. *Endurance in sport*. Oxford: Blackwell Science, 2000. ISBN 0-632-05348-8
42. GIBBS, N. J., CROSS, T. M., CAMERON, M., HOUANG, M. T. The accuracy of MRI in predicting recovery and recurrence of acute grade one hamstring muscle strains within the same season in Australian Rules football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Vol. 7, No. 2, 2004, pp. 248-58.
43. ORCHARD, J. W. Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strain in Australian football. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 29, No. 3, 2001. pp. 300-3
44. DONALDSON, C. T., DREESE, J. C. Hamstring and quadriceps injuries. *Current Opinion in Orthopaedics*. Vol. 17, No. 2, 2006, pp. 145-148.
45. HEYNEN, M. Hamstring injuries in sprinting. *New Studies in Athletics*. Vol. 16, No. 3, 2001, pp. 43-48.
46. WITVROUW, E., DANNEELS, L., ASSELMAN, P., D'HAVE, T., CAMBIER, D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 31, No. 1, 2003, pp. 41-6.
47. 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.
48. KOULOURIS, G., CONNELL, D. A., BRUKNER, P., SCHNEIDER-KOLSKY, M. Magnetic Resonance Imaging Parameters Assessing Risk of

- Recurrent Hamstring Injuries in Elite Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*. Vol. 35, No. 9, 2007, pp. 1500-1506.
49. 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>.
50. BENCARDINO, J. T., MELLADO, J. M. Hamstring injuries of the hip. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America*. Vol. 13, No. 4, 2005, pp. 677-690.
51. 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
52. 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.
53. WALLDEN, M., WALTERS, N. Does lumbo-pelvic dysfunction predispose to hamstring strain in professional soccer players? *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. Vol. 9, No. 2, 2005, pp. 99-108.
54. HRAZDIRA, L., BERÁNKOVÁ, L., SEBERA, M. Poranění hamstringů. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*, Vol. 15, No. 2, 2006, p. 66.
55. THELEN, D. G., E. S. CHUMANOV, D. M. HOERTH, T. M. BEST, S. C. SWANSON, L. LI, M. YOUNG, and B. C. HEIDERSCHEIT. Hamstring Muscle Kinematics during Treadmill Sprinting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 37, No. 1, 2005, pp. 108–114.
56. SCHEXNAYDER, I. Applied Kinesiological Concerns For Athletics [online]. *Track & Coach*, 1998, [cit. 24.3.2007]. Dostupné na World Wide Webb: <http://www.tranckandfieldnews.com>.
57. 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.

58. 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
59. KOLÁŘ, P. LEWIT, K. Význam hlubokého stabilizačního systému v rámci vertebrogenních obtíží. *Neurologie pro praxi*. Vol. 5, 2005, str. 270-5.
60. 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.
61. HEIDERSCHEIT, B. C., HOERTH, D. M., CHUMANOV, E. S., SWANSON, S. C., THELEN, B. J., THELEN, D. G. Identifying the time of occurrence of a hamstring strain injury during treadmill running: A case study. *Clinical Biomechanics*. Vol. 20, No. 10, 2005, pp. 1072-1078.
62. 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
63. TVRZŇÍK, A., SOUMAR, L., SOULEK, I. Běhání. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0715-2
64. BRUKNER, P. Brukner & Khan's Clinical Sports Medicine/Peter Brukner, Karim Khan. Australia: McGraw-Hill, 4th ed, 2012. pp. 1296. ISBN 978-007099813-1
65. 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.
66. HAVLÍČKOVÁ L. A KOL. Fyziologie tělesné zátěže 1. Praha: Karolinum, 2003. ISBN 80-7184-875-1
67. JAVŮREK, J. Léčebná rehabilitace sportovců. Praha: Olympia, 1982.
68. KOVACS, M. S., The Argument Against Static Stretching Before Sport and Physical Activity. *Athletic Therapy Today*. Vol. 11, No. 3, 2006, pp. 6-8.
69. GLEIM, G. W., McHUGH, M. P. Flexibility and Its Effects on Sports Injury and Prevention. *Sports Medicine*. Vol. 24, No. 5, 1997, pp. 289-299.

70. PAGE, P. Pathophysiology of Acute Exercise-Induced Muscular Injury: Clinical Implications. *Journal of Athletic Training*. Vol. 30, No. 1, 1995, pp. 29-34.
71. BRADLEY, P. S., OLSEN, P. D., PORTAS, M. D. The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 21, No. 1, 2007, pp. 223-226.
72. ARAJOL, L. P., TIRADO, J. J. G. On the application of stretching to healthy and injured sportsmen and women. *Apunts Medicina De L'Esport*. Vol. 45, No. 166, 2010, pp. 109-125.
73. O'SULLIVAN, K., MURRAY, E., SAINSBURY, D. The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects [online]. *BMC Musculoskeletal Disorders*. Vol. 10, No. 2009 [cit. 16.06.2012]. Dostupné na World Wide Webb: <http://www.biomedcentral.com/1471-2472/10/37>
74. MAREK, S. M., CRAMER, J. T., FINCHER, A. L., MASSEY, L. L., DANGELMAIER, S. M., PURKAYASTHA, S., FITZ, K. A., CULBERTSON, J. Y. Acute Effects of Static and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Muscle Strength and Power Output. *Journal of Athletic Training*. Vol. 40, No. 2, 2005, pp. 94-103.
75. FELAND, J. B., MYRER, J. W., MERRILL, R. M. Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. *Physical Therapy in Sport*. Vol. 2, 2001, pp. 186-193.
76. NELSON, A. G., DRISCOLL, N. M., LANDIN, D. K., YOUNG, M. A. & SCHEXNAYDER I. C. Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 23, No. 5, 2005, pp. 449-454.
77. WELDON, S. M., HILL, R. H. The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: a systematic review of the literature. *Manual Therapy*. Vol. 8, No. 3, 2003, pp. 141-150.

78. TORRES, R., APPELL, H.-J., DUARTE, J. A. Acute Effects of Stretching on Muscle Stiffness after a Bout of Exhaustive Eccentric Exercise. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 28, 2007, pp. 590-594.
79. DECOSTER, L. C., SCANLON, R. L., HORN, K. D., CLELAND, J. Standing and Supine Hamstring Stretching Are Equally Effective. *Journal of Athletic Training*. Vol. 39, No. 4, 2004, pp. 330-334.
80. WINCHESTER, J. B., NELSON, A. G., LANDIN, D., YOUNG, M. A. Static Stretching Impairs Sprint Performance in Collegiate Track and Field Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 22, No. 1, 2008, pp. 13-18.
81. COSTA, P. B., GRAVES, B. S., WHITEHURST, M., JACOBS, P. L. The Accute Effects of Different Durations of Static Stretching on Dynamic Balance Performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 23, No. 1, 2009, pp. 141-147.
82. BRADY, W. D., IRION, J. M., BRIGGLER, M. The Effect of Static Stretch and Dynamic Range of Motion Training on the Flexibility of the Hamstring Muscles. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. Vol. 27, No. 4, 1998, pp. 295-300.
83. FIELD, K. B., BURNWOTH, C. M., DELANEY, M. Should athletes stretch before exercise? [on-line]. 14.6.2007, [cit. 25.3.2009]. Dostupné na World Wide Webb: <<http://www.gssiweb.com/ShowArticle.aspx?articleid=736>>.
84. CHAN, S. P., HONG, Y., ROBINSON, P. D. Flexibility and passive resistance of hamstring of young adults using two different static stretching protocols. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sport*. Vol. 11, 2001, pp. 81-86
85. LARSEN, R., LUND, H., CHRISTENSEN, R., RØGIND, H., DANNESKIOLD-SAMSØE, B., BLIDDAL, H. Effect of static stretching of quadriceps and hamstring muscle on knee joint position sense. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 39, 2005, pp. 43-46.
86. SMITH, C. A. The Warm-Up Procedure: To Stretch or Not to Stretch. A brief Review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. Vol. 19, No. 1, 1994, pp. 12-17.

87. CHAN, K., MAHOMOODALLY, F. M., VEEREN, R. Stretching in the prevention of hamstring strains: Attitudes, beliefs and current practices among football coaches in Mauritius. *Journal of Preventative Medicine*. Vol. 2, No. 2, 2012, pp. 141-148
88. VASCONCELLOS, F. V. A., ET AL. The vertical jump height of soccer players after static overstretching. *Human Movement*. Vol. 13, No. 1, 2012, pp. 4-7.
89. WITVROUW, E., MAHIEU, N., DANNEELS, L., McNAIR, P. Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Medicine*. Vol. 34, No. 7, 2004, pp. 443-449.
90. WOODS, K., BISHOP, P., JONES, E. Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Medicine*. Vol. 37, No. 12, 2007, pp. 1089-1099.
91. FLETCHER, I. M., JONES, B. The Effect of Different Warm up Stretch Protocols on 20m-Sprint Performance in Trained Rugby Union Players. [online]. *Technical Journal*, 2004, [cit. 25.9.2012]. Dostupné na World Wide Webb: [www.rfu.com/takingpart/coach/coachresourcearchive/technicaljournalarchive/~media/Files/2009/Coaching/Articles/TechnicalJournal/2004/1stQuarter/sprintperformance.ashx](http://www.rfu.com/takingpart/coach/coachresourcearchive/technicaljournalarchive/~media/Files/2009/Coaching/Articles/TechnicalJournal/2004/1stQuarter/sprintperformance.ashx)
92. FELAND, J. B., MYRER, J. W., MERRILL, R. M. Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. *Physical Therapy in Sport*. Vol. 2, 2001, pp. 186-193.
93. SILVEIRA, G., SAYERS, M., WADDINGTON, G. Effect of dynamic versus static stretching in the warm-up on hamstring flexibility. *The Sport Journal*. Vol. 14, 2011.
94. SAMSON, M., BUTTON, D. C., CHAOUACHI, A., BEHM, D. G. Effects of dynamic and static stretching within general and activity specific warm-up protocols. *Journal of Sports Science and Medicine*. Vol. 11, 2012, pp. 279-285
95. Da COSTA, B. R., VIEIRA, E. R. Stretching to reduce work-related musculoskeletal disorders: a systematic review. *Journal of Rehabilitation Medicine*. Vol. 40, 2008, pp. 321-328.

96. DUNCAN, M. J., WOODFIELD, L. A. Acute Effects of Warm-up Protocol on Flexibility and Vertical Jump in Children. *Journal of Exercise Physiology*. Vol. 9, No. 3, 2006, pp. 9-16
97. McMILLIAN, D. J., MOORE, J. H., HATLER, B. S., TAYLOR, D. C. Dynamic vs. Static-Stretching Warm-Up: The Effect on Power and Agility Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 20, No. 3, 2006, pp. 492-499.
98. YUKTASIR, B., YILDIRIM, N. U. The Effects of Stretch Time Exertion on Joint Flexibility. *Studia Sportiva*. Vol. 1, No. 1, 2007, pp. 32-39.
99. ALTER, M. J. *Strečink*. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-763-X
100. KOKKONEN, J., NELSON, A. G., ELDREDGE, C., WINCHESTER, J. B. Chronic Static Stretching Improves Exercise Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 39, No. 10, 2007, pp. 1825-1831.
101. KIRKENDALL, D. T., JUNGE, A., DVORAK, J. Prevention of Football Injuries. *Asian Journal of Sports Medicine*. Vol. 1, No. 2, 2010, pp. 81-92.
102. WEPLER, C. H., MAGNUSSON, S. P. Increasing Muscle Extensibility: A Matter of Increasing Length or Modifying Sensation? *Physical Therapy*. Vol. 90, No. 3, 2010, pp. 438-449.
103. JONHAGEN, S., NEMETH, G., ERIKSSON, E. Hamstring injuries in sprinters. The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *The American Journal of Sports Medicine*. Vol. 22, No. 2, 1994, pp. 262-266.
104. POPE, R. P., HERBERT, R. D., KIRWAN, J. D., GRAHAM, B. J. A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. Vol. 32, No. 2, 2000, pp. 271-277.
105. De WEIJER, V. C., GORNIK, G. C., SHAMUS, E. The Effect of Static Stretch and Warm-up Exercise on Hamstring Length Over the Course of 24 Hours. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. Vol. 33, No. 12, 2003, pp. 727-733.



106. SUGUIRA, Y., SAITO, T., SAKURABA, K., SAKUMA, K., SUZUKI, E.  
Strength Deficits Identified With Concentric Action of the Hip Extensors and  
Eccentric Action of the Hamstrings Predispose to Hamstring Injury in ELite  
Sprinters. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. Vol. 38, No. 8,  
2008, pp. 457-464.
107. COPLAND, S. T., TIPTON, J. S., FIELDS, K. B. Evidenced-Based Treatment  
of Hamstring Tears. *Current Sports Medicine Reports*. Vol. 8, No. 6, 2009, pp.  
308-314.
108. 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.
109. HOLCOMB, W. R., RUBLEY, M. D., LEE, H. J., GUADAGNOLI, M. A.  
Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring:quadriceps  
strength ratios. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 21, No. 1,  
2007, pp. 41-47
110. DVORAK, J. JUNGE, A., FULLER, C. Prevention strategy. In: Roi, G. S.,  
Della Villa, S. *Football Medicine Strategies for Knee Injuries*. XXI International  
Conference on Sports Rehabilitation and Traumatology. Torgiano: Calzetti  
Mariucci Editori, 2012, s. 11. ISBN 978-88-6028-299-6.
111. NOVACHEK, T. F. The biomechanic of running. *Gait & Posture*, Vol. 7,  
1998, pp. 77-95.
112. 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.
113. 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

114. CHUMANOV, E. S., WILLE, CH., M., MICHALSKI, M. P., HEIDERSCHEIT, B. C. Changes in muscle activation patterns when running step rate is increased. *Gait & Posture*. Vol. 36, 2012, pp. 231-235
115. 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
116. KOLÁŘ, P. Diferenciace svalové funkce z hlediska posturální podstaty. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*. Vol. 1, 1996, str. 4-8.
117. KOLÁŘ, P. Ke vztahům mezi strukturálními a funkčními změnami pohybového systému. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. č. 1, 1999, str. 6-8.
118. KOLÁŘ, P. Senzomotorická podstata posturálních funkcí jako základ pro nové přístupy ve fyzioterapii. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. č. 4, 1998, s. 142-147.
119. PAVLŮ, D. Cvičení s Thera-Bandem se zřetelem ke konceptu dle Brüggera. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-7204-334-X
120. HIBBERT, O., CHEONG, K., GRANT, A., BEERS, A., MOIZUMI, T. A systematic review of the effectiveness of eccentric strength training in the prevention of hamstring muscle strains in otherwise healthy individuals. *North American Journal of sports physical therapy*. Vol. 3, No. 2, 2008, pp. 67-81
121. LORENZ, D., REIMAN, M. The role and implementation of eccentric training in athletic rehabilitation: tendinopathy, hamstring strains, and ACL reconstruction. *The International Journal of Sports Physical Therapy*. Vol. 6, No. 1, March 2011, pp. 27-44.
122. NEUMANN, D. A. *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for Rehabilitation*. St. Louis: Mosby Elsevier, 2<sup>nd</sup> ed. 2010. 725 p. ISBN 978-0-323-03989-5
123. SHERRY, M. A., BEST, T. M. A comparison of 2 rehabilitative programs in the treatment of acute hamstring strains. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. Vol 34., 2004, pp. 116-125

124. WATKINS, J. *An Introduction to Biomechanics of Sport and Exercise*.  
Edinburgh, Churchill Livingstone Elsevier, 2007. ISBN 978-0-443-10282-0
125. McCRAW, S. T., MELROSE, D. R. Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 31, No. 3, 1999, pp. 428-436.
126. RAHIMI, R. Effect of different rest intervals on the exercise volume completed during squat bouts. *Journal of Sports Science and Medicine*. Vol. 4, 2005, pp. 361-366.
127. WRIGHT, G. A., DELONG, T. H., GEHLSSEN, G. Electromyographic Activity of the Hamstrings During Performance of the Leg Curl, Stiff-Leg Deadlift, and Back Squat Movements. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 13, No. 2, 1999, pp. 168-174.
128. WRETENBERG, P., FENG, Y., LINDBERG, F., ARBOREILUS, U. P. Joint moments of force and quadriceps muscle activity during squatting exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. Vol. 3, No. 4, 1993, pp. 244-250.
129. GORSUCH, J., LONG, J., MILLER, K., PRIMEAU, K., RUTLEDGE, S., SOSSONG, A., DUROCHE, J. The effect of squat depth on muscle activation in male and female cross-country runners [online]. *International Conference on Biomechanics in Sports*, 2010, [cit. 5.8.2012]. Dostupné na World Wide Webb: <<http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/4516/0>>
130. JAMES, M., IVESDAL, H., MOHR, T., FRAPPIER, J., An EMG Study of a Leg Press and a Squat Lift [online]. [cit. 11.1.2011]. Dostupné na World Wide Webb: <<http://www.med.und.edu/depts/pt/PT%20Website/research/Plyo3/LegPressvsSquat.htm>>
131. ESCAMILLA, R. F. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Medicine of Science and Sports Exercise*. Vol. 33, No. 1, 2001, pp. 127-141.

132. SCHOENFELD, B. J. Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 24, No. 12, 2010, pp. 3497-3506
133. HWANG, S., KIM, Y., KIM, Y. Lower extremity joint kinetics and lumbar curvature during squat and stoop lifting [online]. *BMC Musculoskeletal Disorders*. Vol. 10, No. 15, 2009 [cit. 5.8.2012]. Dostupné na World Wide Webb: <<http://www.biomedcentral.com/1471-2474/10/15>>
134. WISLØFF, U., CASTAGNA, C., HELGERUD, J., HOFF, J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 38, 2004, pp. 285-288
135. De OLIVEIRA SOUSA, C., De ALMEIDA FERREIRA, J. J., VERAS MEDEIROS, A. C. L., De CARVALHO, A. H., PEREIRA, R. C., GUEDES, D. T., De ALENCAR, J. F. Electromyographic activity in squatting at 40°, 60° and 90° knee flexion positions. *The Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 13, No. 5, 2007, pp. 280e-286e
136. McCURDY, K., KUTZ, M. O'KELLEY, E., LANGFORD, G., ERNEST, J. External Oblique Activity During the Unilateral and Bilateral Free Weight Squat [online]. *Clinical Kinesiology (online)*. 2010 [cit. 11.1.2011]. Dostupné na World Wide Webb: <<http://www.faqs.org/periodicals/201007/2118684941.html>>
137. DIONISIO, V. C., ALMEIDA, G. L., DUARTE, M., HIRATA, R. P. Kinematic, kinetic and EMG patterns during downward squatting. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. Vol. 18, 2008, pp. 134-143
138. SCHULTHIES, S. S., RICARD, M. D., ALEXANDER, K. J., MYRER, W. M. An Electromyographic Investigation of 4 Elastic-Tubing Closed Kinetic Chain Exercises After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Athletic Training*. Vol. 33, No. 4, 1998, pp. 328-335
139. CLARK, R., BRYANT, A., CULGAN, J.-P., HARTLEY, B. The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and

isokinetic strength parameters: a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport*. Vol. 6, 2005, pp. 67-73

140. BROCKETT, C. L., MORGAN, D. L., PROSKE, U. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 33, 2001, pp. 783-790.
141. BRUGHELLI, M., MENDIGUCHIA, J., NOSAKA, K., IDOATE, F., LOS ARCOS, A. Effect of eccentric exercise on optimum length of knee flexors and extensors during the preseason in professional soccer player. *Physical Therapy in Sport*. Vol. 11, 2010, pp. 50-55
142. CROISIER, J. L., GANTEAUME, S., BINET, J., FERRET, J. M. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 36, No. 8, 2008, pp. 469-475
143. CROISIER, J. L., FORTHOMME, B., NAMUROIS, M. H. ET AL. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 30, 2002, pp. 199-203.
144. EKSTRAND, J. GILLQUIST, J. LILJEDAHL, S. Prevention of soccer injuries: Supervision by doctor and physiotherapist. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 11, No. 3, 1983, pp. 116-120.
145. 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
146. HARTIG, D. E., HENDERSON, J. M. Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 27, No. 2, 1997, pp. 173-176
147. HEISER, T. M., WEBER, J., SULLIVAN, G., CLARE, P., JACOBS, R. R. Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 12, No. 5, 1984, pp. 368-370

148. KAMINSKI, T. W., WABBERSEN, CH. V., MURPHY, R. M. Concentric Versus Enhanced Eccentric Hamstring Strength Training: Clinical Implications. *Journal of Athletic Training*. Vol. 33, No. 3, 1998, pp. 216-221
149. MJØLSNES, R., ARNASON, A., ØSTHAGEN, T., RAASTAD, T., BAHR, R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. Concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. Vol. 14, 2004, pp. 311-317
150. NELSON, R. T., BANDY, W. D. Eccentric Training and Static Stretching Improve Hamstring Flexibility of High School Males. *Journal of Athletic Training*. Vol. 39, No. 3, 2004, pp. 254-258
151. QUEIROS, D. S. C., COTTE, T. VICARD, L. ET AL. Interest of eccentric isokinetic exercise in cases of calcanean tendinosis and thigh muscular injuries: Prospective study results. *Isokinetics Exercise Science*. Vol. 13, 2005, pp. 39-44.
152. SAFRAN, M. R., GARRETT, W. E., SEABER, A. V., ET AL. The role of warm-up in muscular injury prevention. *American Journal of Sports Medicine*. Vol. 16, 1988, pp. 123-129.
153. UPTON, P. A., NOAKES, T. D., JURITZ, J. M. Thermal pants may reduce the risk of recurrent hamstring injuries in rugby players. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 30, No. 1, 1996, pp. 57-60
154. VERALL, 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
155. 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.
156. 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.
157. YU, B., QUEEN, R. M., ABBEY, A. N., LIU, Y., MOORMAN, C. T., GARRETT, W. E. Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting. *Journal of Biomechanics*. Vol. 41, 2008, pp. 3121-3126.
158. 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.
159. LIEBERMAN, D. E., RAICHLIN, D. A., PONTZER, H., BRAMBLE, D. M., CUTRIGHT-SMITH, E. The human gluteus maximus and its role in running. *The Journal of Experimental Biology*. Vol. 209, 2006, pp. 2143-2155.
160. ARNASON, A. Which is the scientific evidence for prevention programs for muscle strains? *Apuntes Medicina de l'Esport*. Vol. 164, 2009, pp. 174-177
161. 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
162. 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
163. GRECO, C. C., da SILVA, W. L., CAMARDA, S. R. A., DENADAI, B. S. Fatigue and rapid hamstring/quadiceps force capacity in professional soccer players. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. July, 2012, pp. 6
164. EKSTRAND, J., HEALY, J. C., WALDÉN, M., LEE, J. C. Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 46, No. 2, 2012, pp. 112-117

165. 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.
166. CARLSON, CH. The natural history and management of hamstring injuries. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. Vol. 1, 2008, pp. 120-123
167. MENDIGUCHIA, J., ALENTOM-GELI, E., BRUGHELLI, M. Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction? *British Journal os Sports Medicine*. Vol. 46, No. 2, 2012, pp. 81-85
168. HOUGLUM, P. A. *Therapeutic Exercise for Muskuloskeletal Injuries*. 2<sup>nd</sup> ed. Champaign: Human Kinetice, 2005. p. 1004. ISBN 0-7360-5136-8
169. 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
170. 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
171. ROPIAK, CH. R., BOSCO, J. A. Hamstring injuries. *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Disease*. Vol. 70, No. 1, 2012, pp. 41-48
172. KYRÖLÄINEN, H., BELLI, A, KOMI, P. V. Biomechanical factors affecting running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 33, No. 8, 2001, pp. 1330-1337.
173. 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
174. 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



175. GAVILANES-MIRANDA, B., DE GANDARIAS, J. J. G., GARCIA, G. A.  
Walking and Jogging: Quantification of Muscle Activity of the Lower  
Extremities [online]. *Advances in Applied Electromyography*. Mizrahi, J. (Ed.),  
ISBN: 978-953-307-382-8 [cit. 5.8.2012]. Dostupné na World Wide Webb:  
<[http://www.intechopen.com/books/advances-in-applied-  
electromyography/walking-and-jogging-quantification-of-muscle-activity-of-  
the-lower-extremities](http://www.intechopen.com/books/advances-in-applied-electromyography/walking-and-jogging-quantification-of-muscle-activity-of-the-lower-extremities)>.
176. JANDA, V., POLÁKOVÁ, Z., VÉLE, F. Funkce hybného systému. Fysiologie  
a patofysiologie hybnosti a kinesiologie z hlediska rehabilitace. Státní  
zdravotnické nakladatelství. Praha, 1966. 08-054-66
177. McHUGH, M. P. The prevention of muscle strains in sport: Effective pre-  
season interventions? *International SportMed Journal*. Vol. 5, No. 3, 2004, pp.  
177-187
178. JANDA, V. A KOL. Svalové funkční testy. Praha: Grada, 2004, 328 s. ISBN  
80-247-0722-5.

## 9. SEZNAM ZKRATEK A JEJICH DEFINIC

ACL	ligamentum cruciatum anterior
ADD	m. adductor magnus
BF	m. biceps femoris
CNS	centrální nervový systém
ČFL	Česká fotbalová liga
d	délka běžeckého kroku
DOMS	Delayed Onset Muscle Soreness
EMG	elektromyografie
EMGS	elektromyografie hodnota méně aktivního svalu
EMGL	elektromyografie hodnota více aktivního svalu
FIFA	Fédération Internationale de Football Association
F-MARCH	FIFA 's Medical Assessment and Research Centre
GAT	„stabilizační skupina“ tvořená svaly m. gluteus maximus, m. adductor magnus a m. tensor fasciae latae
GM	m. gluteus maximus
HAM	hamstringy
H:Q	poměr hamstringy: m. quadriceps femoris
H <sub>con</sub>	hamstringy koncentricky
Q <sub>con</sub>	m. quadriceps femoris koncentricky
H <sub>ecc</sub>	hamstringy excentricky
Q <sub>con</sub>	m. quadriceps femoris koncentricky
Hz	hertz

kg	kilogram
km	kilometr
L	lumbální
m.	musculus
m	metr
mm.	musculi
MVC	maximal voluntary contraction
MVIC	maximal voluntary isometric contraction
n.	nervus
N	Newton
PDK	pravá dolní končetina
PES	pre-exercise stretching
PNF	proprioceptivní neuromuskulární facilitace
polyEMG	polyelektromyografie
Pre	preintervenčně
Post	postintervenčně
RF	m. rectus femoris
S	sakrální
ST	m. semitendinosus
t	doba trvání běžeckého kroku
TFL	m. tensor fasciae latae
TUT	time under tension
v	rychlost

## 10. PŘÍLOHY

Příloha 1 - Otázky trenérům ohledně intenzity a charakteru zátěže v rámci tréninkového mikrocyklu v soutěžním období

1. Jaká je struktura týdenního tréninkového mikrocyklu?
2. Jaký je počet utkání týdně a v sezoně celkem?
3. Kolik týdenních mikrocyklů je věnováno přípravnému období?
4. Kolik času je v rámci týdenního tréninkového mikrocyklu v přípravném i v soutěžním období věnováno tréninku rychlosti, hbitosti, síly, vytrvalosti, specifickým herním dovednostem?
5. Kteří hráči jsou pravidelně nasazováni do základní sestavy (a odehrají pravidelně alespoň 60 minut zápasu)?
6. Jaké využíváte formy regenerace a prevence zranění?
7. Mají hráči doporučeny výživové doplňky nebo se o toto starají individuálně?

## Příloha 2 - Otázky hráčům v průběhu tréninkové intervence

1. Jak se cítíte při provádění jednotlivých cviků při strečinku?
2. Jak vnímáte „squaty“ z hlediska náročnosti?
3. Jak vnímáte „squaty“ z hlediska stability dolních končetin?
4. Pociťujete při provádění „squatů“ únavu, slabost nebo bolest svalů dolních končetin?
5. Pociťujete při provádění „squatů“ bolesti kolenních kloubů?
6. Cítíte se po této formě „rozcvičení“ připraveni na následující tréninkovou zátěž nebo máte potřebu se více protáhnout nebo protáhnout nějakou jinou svalovou skupinu více?

### Příloha 3 - Dotazník pro potřeby disertační práce a průvodní informace

#### Průvodní informace k vyplnění dotazníku pro potřeby disertační práce

Dobrý den,

prosím Vás o vyplnění dotazníku, který slouží pro potřeby disertační práce zabývající se problematikou zranění svalů zadní strany stehna.

V případě, že jste se v posledních dvou letech nepotýkali se zraněním svalů zadní strany stehna (hamstringy) – otázka č. 5, prosím, vyplňte ještě poslední dvě otázky, otázku č. 14 a otázku č. 15. Tyto dvě otázky by měli vyplnit všichni hráči, nezranění i zranění.

Otázka č. 6 – prosím o vyplnění nejenom, zda ke zranění došlo na pravé nebo levé dolní končetině, ale také, zda se jednalo o švihovou nebo oporovou končetinu, či ke zranění došlo při specifickém pohybu provedení kopu, a na které končetině k tomuto zranění došlo.

Pokud ke zranění došlo na obou končetinách, prosím o vyplnění dvou dotazníků, ke každému zranění jeden. Nezapomeňte prosím uvést, o jakou končetinu se jednalo, pravá/levá, oporová/švihová.

Prosím trenéry nebo vedoucího mužstva o přiložení soupisky hráčů včetně čísel dresů pro případnou další možnost spolupráce s některými hráči. Vybraní hráči by se mohli účastnit výzkumu, který se zabývá snížením rizikových faktorů vzniku zranění svalů zadní strany stehna. Spolupráce je dobrovolná! Spolupráce spočívá v zařazení několika cviků do tréninkového plánu, který však nenaruší celkový tréninkový plán týmu.

Děkuji Vám za ochotu a spolupráci a přeji mnoho úspěchů nejenom ve Vaší sportovní kariéře.

S pozdravem

Iva Hnátová

Příloha 3 pokračování - Dotazník pro potřeby disertační práce a průvodní informace

Dotazník pro potřeby disertační práce

Zpracovala: Mgr. Iva Hnáťová, studentka PDS kinantropologie UK FTVS v Praze

Dotazník slouží pro potřeby disertační práce a údaje z ní budou použity pro účely výzkumu dané problematiky

Téma:

Zranění svalů zadní strany stehna a přístup k tomuto zranění u vrcholových sportovců.

(Vaši odpověď zakřížkujte do )

Úroveň soutěže – fotbal, muži: 1. liga  2. liga  ČFL  divize  číslo dresu.....

1. Věk: do 20 let  20-22 let  23-24 let  25-26 let  27-28 let  29-30 let  nad 31 let

2. Výška: méně než 170 cm  170-175 cm  175-180 cm  180-185 cm  více než 185 cm

3. Hmotnost: méně než 70 kg  70-75 kg  75-80 kg  80-85 kg  více než 85 kg

4. Fotbalová vyhraněnost hráče:

A) Vyhraněný                      a) Pravák                      b) Levák

B) Nevyraněný (nedělá rozdíl při činnosti ovládní míče P nebo L nohou)

.....

5. Potýkal jste se během posledních 2 let s problémy se svaly zadní strany stehna?

A) Ano

B) Ne

6. Na které dolní končetině k tomuto zranění došlo?

- A) Pravá
- B) Levá
- C) Oporová (při běhu)
- D) Švihová (při běhu)
- E) Specifický pohyb odkopu na.....noze

7. Bylo nutné ošetření lékařem?

- A) Ano
- B) Ne

8. Kdy došlo k projevu obtíží či k samotnému zranění?

- A) Během zápasu      a) v průběhu 1. poločasu b) v průběhu 2. poločasu
- B) Při tréninku

Pokud při tréninku, při jaké aktivitě k tomu došlo – výběr:

- a) Trénink rychlosti
- b) Trénink vytrvalosti
- c) Trénink síly
- d) Při strečinku
- e) Ani jedna varianta nevyhovuje (prosím o její upřesnění).....

9. V jaké části přípravného či soutěžního období došlo ke vzniku zranění?

- A) Na začátku přípravného období po individuální přípravě
- B) Uprostřed přípravného období
- C) Na konci přípravného období
- D) Na začátku soutěžního období
- E) Uprostřed soutěžního období
- F) Na konci soutěžního období



10. Jak jste tyto akutní obtíže léčil?

- A) Klid a ledování
- B) Klid, ledování, komprese elastickým obinadlem či tejpem
- C) Klid, ledování, komprese elastickým obinadlem či tejpem, vyvýšená poloha končetiny, léčba medikamentózní (Ibuprofen či jiné nesteroidní protizánětlivé látky)
- D) Pouze kompresí elastickým obinadlem, se kterým bylo možné sportovat
- E) Nebylo potřeba tyto obtíže léčit, nebyly nijak výrazné
- F) Jinak .....

11. Měl jste při návratu po zranění vytvořen individuální tréninkový plán? Pokud ano, z čeho se skládal?

- A) Ano
- B) Ne

Pokud ano:

- a) strečink
- b) posilovací trénink
- c) aerobní běžecký trénink
- d) jiný.....

12. Jak dlouho tyto obtíže trvaly, než bylo možné začít trénovat na stejné úrovni jako před vznikem obtíží?

- A) Několik dní
- B) Týden
- C) 2 týdny
- D) 1 měsíc
- E) Déle (uveďte prosím jak dlouho).....

13. Měl jste opakované obtíže se zadní stranou stehna po návratu do tréninkového procesu?

- A) Ano, ihned po návratu do tréninku, resp. soutěže (1.-14. den po zranění)
- B) Ano, během 1. měsíce (po zranění)
- C) Ano, během 2.-4. měsíce (po zranění)
- D) Ano, během 4.-6. měsíce (po zranění)
- E) Ano, během 1 roku (po zranění)
- F) Ano, po době delší 12 měsíců (po zranění)
- G) Ne, k návratu obtíží/zranění nedošlo (po zranění)

14. Utrpěl jste nějaká další zranění dolních končetin popřípadě v oblasti pánve v posledních dvou letech? Pokud ano, uveďte na které končetině.

- A) Zranění předního zkříženého vazů kolene. ....
- B) Zranění hlezna a nohy. ....
- C) Jiné svalové zranění, uveďte prosím jaké.....
- D) Zranění třísla. ....
- E) Zranění menisků kolenního kloubu.....
- F) Jiné zranění, uveďte prosím jaké. ....

15. Trpíte v současné době (v posledních 4 týdnech):

- A) Bolestmi zad v oblasti beder
- B) Bolestmi třísel
- C) Bolestmi v oblasti kolenního kloubu
- D) Jinými bolestmi, zejména dolních končetin či páteře a žeber.  
.....

Děkuji za ochotu vyplnit tento dotazník. Přeji mnoho úspěchů ve Vaší sportovní kariéře.

## Příloha 4 - Tréninkový program se zaměřením na prevenci zranění hamstringů u fotbalistů

### Tréninkový program se zaměřením na prevenci zranění hamstringů u fotbalistů

Doporučená doba pro provedení celého programu je 30 minut. Program je doporučeno aplikovat 1× týdně v rámci prvního tréninku týdenního mikrocyklu, tzv. „pozápasového tréninku“.

#### ROZCVIČENÍ

##### Rozběhání

- 5 minut běh kolem hřiště bez míče v mírném tempu

##### Strečink

- výdrž v každé poloze 10 sekund, každý cvik opakovat 3x na každou končetinu

#### 1. ADDUKTORY STEHNA

VP: Sed roznožný skrčmo, spojte plosky chodidel, rukama uchopte chodidla nebo kotníky a přitáhněte paty co nejbliž k tříslům, pak položte lokty na vnitřní stranu stehů nebo na kolena. S výdechem nakloňte trup vpřed s rovnými zády a současně tlačte kolena k zemi.

## 2. ADDUKTORY STEHNA, HAMSTRINGY, ZEVNÍ ROTÁTORY KYČELNÍHO KLOUBU, SVALY LÝTKA

VP: Sed skrčmo únožný levou (pravou), koleno zevnitř tak, aby se chodidlo (zevnitř) dotýkalo druhého stehna co nejbližší pánvi. Vnější strana levého stehna by měla být celou plochou na podložce. Proveďte rovný náklon trupu, rukama uchopte špičku natažené nohy a přitáhněte ji. Pravá dolní končetina musí zůstat v koleně natažená.

### 3. HÝŽĎOVÉ SVALY, ZEVNÍ ROTÁTORY KYČELNÍHO KLOUBU

VP: Sed skrčmo dovnitř přednožný pravou (levou), pravé (levé) chodidlo opřete vedle levého kolena ze zevní strany. Pokrčenou končetinu chytte oběma rukama za koleno a přitáhněte patu co nejbliže k hýždím a koleno ke vzpřímenému trupu.

#### 4. HAMSTRINGY, ADDUKTORY STEHNA, SVALY LÝTKA

VP: Vzpor vzadu sedmo, jednou rukou uchopte chodidlo stejné nohy z vnitřní strany a unožte povýš až do pravého úhlu s podložkou.

#### 5. M. QUADRICEPS FEMORIS

VP: Leh na bříše, skrčit přinožmo pravou (levou) dolní končetinu, pravou rukou uchopte nárt pravé (levé) nohy a přitáhněte patu co nejbliže k hýždím.

## 6. FLEXORY KYČELNÍHO KLOUBU, HÝŽDOVÉ SVALY, M. QUADRICEPS FEMORIS

VP: Klek na pravé (levé), přenosem vpřed tlačte pánev vpřed (úhel v pravém (levém) koleni 90°). Levý (pravý) nárt opřený o zem. V pravém koleni úhel 90°, tlačte pánev vpřed a zadní stehno směrem k zemi. Ruce jsou volně opřeny o pravé (levé) koleno. Trup vzpřímený. Nepředklánějte se!

## 7. HAMSTRINGY, LÝTKOVÉ SVALY, ZÁDOVÉ SVALY, SVALY RAMEN

VP: Vzpor stojmo, ruce podál, s výdechem střídavě krčit pravou/levou a tlačit patu druhé nohy k podložce

## 8. HAMSTRINGY, LÝTKOVÉ SVALY, HÝŽĎOVÉ SVALY, FLEXORY KYČELNÍHO KLOUBU

VP: Stoj rozkročný pravou/ levou vpřed čelem k opoře. Ruce se opírají o oporu (zed', zábradlí, atd.). Obě chodidla směřují špičkami vpřed. Obě chodidla po celou dobu v plném kontaktu s podložkou (se zemí). S výdechem postupný podřep zánožný na plných chodidlech. Hlava, trup a zadní dolní končetina tvoří jednu přímku.



## 9. HAMSTRINGY, LÝTKOVÉ SVALY, SVALY ZAD A PLETENCE RAMENNÍHO

VP: Stoj, přednožte pravou (levou) povýš a položte na oporu – nejlépe ve výši boků. Špička stojné nohy je kolmo k opoře. S výdechem provedte rovný předklon k přednožené končetině a rukama uchopte špičku pravé (levé) nohy.

## 10. HAMSTRINGY, ADDUKTORY STEHNA, ZÁDOVÉ SVALY

VP: Stoj bokem k opoře. Unožit levou nejlépe ve výši boků vnitřní stranou nohy na oporu. S výdechem proved'te hluboký předklon ke stejné končetině. Chodidlo stejné nohy a obě kolena směřují vpřed.

## 11. EXTENSORY KYČELNÍHO KLOUBU A ZAD, (FLEXORY KYČELNÍHO KLOUBU)

VP: Stoj, skrčit přednožmo pravou (levou), oběma rukama chyt'te pravé (levé) koleno. Pravé (levé) koleno přitahujte co nejvíce k hrudníku. Neprohýbejte se v bedrech a nekrčte koleno stojné končetiny.

## 12. FLEXORY KYČELNÍHO KLOUBU, M. QUADRICEPS FEMORIS

VP: Stoj, pokrčít přinožmo pravou (levou) končetinu v koleně, uchopte pravou (levou) rukou nárt ze zevní strany a přitáhněte patu k hýždím. Levá horní končetina je ve vzpažení. Kolena držte u sebe. Neprohýbejte se v zádech a neuklánějte trup.

## SPECIÁLNÍ ROZCVIČENÍ

- 3 série, počet opakování v sérii – 12, 10, 8 opakování v sérii. Pauza mezi sériemi 1 minuta. Trvání sestupné fáze 3 sekundy, setrvání v konečné poloze 1 sekunda a trvání vzestupné fáze 2 sekundy.

### 1. SQUAT NA ŠÍŘKU PÁNVE

Mírný stoj rozkročný (na šířku pánve) – „podřep“, bérce zůstávají co nejvíce kolmo k zemi, kolena se nesmí dostat před špičky, osa dolní končetiny (procházející přes střed kolena) směřuje mezi druhý a třetí prst nohy. Ruce nataženy před tělem, možné i ruce v týl.

## 2. SQUAT ŠIROKÝ STOJ ROZKROČNÝ

Provedení jako squat na šířku pánve. Široký stoj rozkročný je o šířku chodidla na každou stranu širší než mírný stoj rozkročný.

### 3. SQUAT NA JEDNÉ NOZE

Zásady provedení jako squat na šířku pánve. “Volná” dolní končetina je v zanožení poníž.

Příloha 5 - EMG timing zapojení svalů proband 5 před intervencí Běh 1



Příloha 6 - EMG timing zapojení svalů proband 5 po intervenci Běh 1

Příloha 7 - Vzor informovaného souhlasu

V Praze dne.....

Souhlasím s tím, aby Mgr. Iva Hnáťová ve své disertační práci použila mé osobní údaje a údaje o mém zdravotním stavu. V rámci experimentu podstoupím vyšetření pomocí povrchového EMG. Jedná se o metodu neinvazivní. Této metody bude využito na začátku a na konci experimentu, aby bylo možno ohodnotit efekt tréninkového programu, na kterém se budu aktivně účastnit 1x týdně. Byl jsem srozumitelně seznámen s postupem celého projektu a účastním se ho dobrovolně. Osobní data nebudou zneužita.

.....

Podpis

Příloha 8 - Vyjádření etické komise

## 11. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Otázky trenérům ohledně intenzity a charakteru zátěže v rámci tréninkového mikrocyklu v soutěžním období

Příloha 2 – Otázky hráčům v průběhu tréninkové intervence

Příloha 3 – Dotazník pro potřeby disertační práce a průvodní informace

Příloha 4 – Tréninkový program se zaměřením na prevenci zranění hamstringů u fotbalistů

Příloha 5 – EMG timing zapojení svalů proband 5 před intervencí Běh 1

Příloha 6 – EMG timing zapojení svalů proband 5 po intervencí Běh 1

Příloha 7 – Vzor informovaného souhlasu

Příloha 8 – Vyjádření etické komise