

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**DIAGNOSTIKA A TERAPIE PORANĚNÍ DORZÁLNÍ SKUPINY  
SVALŮ STEHNA**

Bakalářská práce

Autor: Matouš Rejman

Studijní program: Fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Ondřej Laštovička, Ph.D.

Olomouc 2023



**Bibliografická identifikace****Jméno autora:** Matouš Rejman**Název práce:** Diagnostika a terapie poranění dorzální skupiny svalů stehna**Vedoucí práce:** Mgr. Ondřej Laštovička, Ph.D.**Pracoviště:** Katedra fyzioterapie**Rok obhajoby:** 2023**Abstrakt:**

Svaly dorzálního stehna jsou nejčastěji poraněné svaly dolní končetiny ve sportu, zejména ve sprinterských disciplínách. V rámci poranění je důležitá přesná diagnostika, v akutní fázi je nejspolehlivějším způsobem pro jejich zjištění magnetická rezonance či ultrazvuk, který je zároveň vhodný pro hodnocení průběhu hojení. Izokinetická dynamometrie představuje možnost diagnostiky svalových dysbalancí. Na základě získaných výsledků můžeme předpovídat riziko poranění, či upravit tréninkový plán. Izokinetika slouží i v terapii. Její přínos je především v hodnocení průběhu rehabilitace a návratu ke sportu. Práce se zabývá rolí izokinetické dynamometrie a ultrazvuku v diagnostice a terapii nejčastějších poranění dorzálního stehna.

**Klíčová slova:**

Izokinetika, dynamometrie, hamstring, ultrasonografie

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

**Bibliographical identification****Author:** Matouš Rejman**Title:** Diagnosis and therapy of posterior thigh muscle injuries**Supervisor:** Mgr. Ondřej Laštovička, Ph.D.**Department:** Department of Physiotherapy**Year:** 2023**Abstract:**

The posterior thigh muscles are the most commonly injured muscles of the lower extremities in sports, especially in sprinting disciplines. This injury requires accurate diagnosis. In the acute phase, magnetic resonance imaging and ultrasound are not only the most reliable ways to detect it, but they are also suitable for assessing the healing process. Isokinetic dynamometry is an option for diagnosing muscle imbalances. Based on the results obtained, we are able to predict the risk of injury and to adjust the training plan. Isokinetics is also used in therapy. Its benefits include the evaluation of the rehabilitation process and return to sport. The thesis explores the role of isokinetic dynamometry and ultrasound in the diagnosis and therapy of the most common posterior thigh injuries.

**Keywords:**

Isokinetics, Muscle Strength Dynamometer, hamstring, ultrasonography

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Ondřeje Laštovičky, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 26. dubna 2023

.....

Děkuji Mgr. Ondřeji Laštovičkovi, Ph.D. za jeho cenné rady, ochotu a veškerý čas, který této práci věnoval. Vážím si toho, že jsem měl možnost psát práci pod jeho vedením. Poděkování patří také Mgr. Zuzaně Gonosové, Ph.D. za pomoc při realizaci izokinetického měření.

## SEZNAM ZKRATEK

BF = musculus biceps femoris

DK = dolní končetina

DKK = dolní končetiny

KYK = kyčelní kloub

KOK = kolenní kloub

MRI = magnetická rezonance

H/Q poměr = poměr momentu síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu

H/Qcon = konvenční H/Q poměr

H/Qfun = funkční H/Q poměr

SLR = test zvednutí proprnuté dolní končetiny (straight leg raise test)

ST = musculus semitendinosus

SM = musculus semimembranosus

UZ = ultrazvuk

## OBSAH

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Cíl práce .....                                     | 10 |
| 2 | Úvod .....  | 11 |
| 3 | Anatomie a kineziologie .....                       | 12 |
| 4 | Biomechanika hamstringů .....                       | 14 |
|   | 4.1 Kinematika běhu a sprintu.....                  | 14 |
|   | 4.2 Elektromyografická analýza sprintu .....        | 14 |
| 5 | Nejčastější poranění .....                          | 16 |
|   | 5.1 Etiologie a incidence .....                     | 16 |
|   | 5.1.1 Natažení svalu .....                          | 16 |
|   | 5.1.2 Další poranění svalů dorzálního stehna.....   | 17 |
|   | 5.2 Klasifikace poranění .....                      | 19 |
|   | 5.3 Rizikové faktory.....                           | 22 |
|   | 5.3.1 Modifikovatelné faktory .....                 | 22 |
|   | 5.3.2 Nemodifikovatelné faktory.....                | 23 |
| 6 | Možnosti diagnostiky svalových poranění.....        | 25 |
|   | 6.1 Klinické vyšetření .....                        | 25 |
|   | 6.2 Zobrazovací metody .....                        | 28 |
|   | 6.2.1 Ultrazvuk.....                                | 28 |
|   | 6.2.2 Magnetická rezonance .....                    | 30 |
|   | 6.2.3 Porovnání UZ a MRI.....                       | 30 |
| 7 | Izokinetická dynamometrie .....                     | 31 |
|   | 7.1 Izokinetické testování.....                     | 31 |
|   | 7.1.1 Parametry na kloubním spojení závislé.....    | 33 |
|   | 7.1.2 Parametry na kloubním spojení nezávislé ..... | 35 |
|   | 7.1.3 Interpretace výsledků.....                    | 35 |
|   | 7.1.4 Reliabilita izokinetického testování.....     | 37 |
|   | 7.2 Izokinetické cvičení .....                      | 37 |
|   | 7.3 Aplikace izokinetiky v rehabilitaci .....       | 40 |
|   | 7.4 Problematika poranění hamstringů .....          | 42 |



|        |   |    |
|--------|---|----|
| 7.5    | Návrat ke sportu s využitím izokinetické dynamometrie ..... | 46 |
| 8      | Kazuistika .....  | 48 |
| 9      | Diskuse.....  | 57 |
| 10     | Závěr .....   | 62 |
| 11     | Souhrn.....   | 63 |
| 12     | Summary.....  | 65 |
| 13     | Referenční seznam .....                                     | 67 |
| 14     | Přílohy.....  | 84 |
| 14.1   | Využité testovací polohy .....                              | 84 |
| 14.1.1 | Sed.....  | 84 |
| 14.1.2 | „lengthen state“ .....                                      | 84 |
| 14.2   | Využitý testovací protokol .....                            | 86 |
| 14.3   | Dokument o potvrzení správnosti anglického překladu.....    | 87 |
| 14.4   | Informovaná souhlas.....                                    | 88 |

# 1 CÍL PRÁCE

Cílem této práce je shrnout současné poznatky studií a odborné literatury věnující se využití izokinetické dynamometrie, ultrazvuku a dalších metod ve vztahu k poranění dorzální skupiny svalů stehna. V teoretické části je popsána anatomie, kineziologie a biomechanika hamstringů. Další kapitoly se věnují etiologii, mechanismy vzniku a rizikovým faktorům spojeným s poraněním svalů zadní části stehna. Část práce týkající se ultrazvuku je primárně zaměřena na využití v souvislosti diagnostiky. Část práce zaměřující se izokinetikou pojednává o jejím praktickém využití v souvislosti s testováním hamstringů, možnou predikci rizika poranění a její roli v rehabilitaci. Součástí práce je také kazuistika pacienta s daným typem poranění, její diagnostika a stanovení rehabilitačního plánu.

## 2 ÚVOD

Poranění dorzální skupiny svalů stehna (tzv. hamstringů) je jedním z nejčastějších zranění dolní končetiny (dále DK) ve sportu. Nejvíce se s nimi setkáváme u disciplín vyžadujících provedení pohybu v maximální rychlosti, maximální startovní akceleraci či kombinaci těchto aktivit (Gabbe et al., 2005). Zranění v oblasti hamstringů tvoří 29 % všech zranění v atletických sprinterských disciplínách (Hibbert et al., 2008), nejvyšší incidence je potom při sprintu obecně (Woods et al., 2004). Např. ve fotbalu se odhaduje sezónní incidence mezi 12 % (Woods et al., 2004) až 22 % (Waldén et al., 2016), ve více než v 70 % případů se jedná o zranění musculus biceps femoris (Grange et al., 2022). Mezi nejčastější poranění patří svalová natažení, parciální či celkové ruptury a tendinopatie úponů (Hrazdira et al., 2006), velmi častá jsou ale i vícečetná poranění (De-Smet & Best, 2000). Zranění bývají multifaktoriální, Petersen a Hölmich (2005) předpokládají, že k nim dochází po překročení určitého „prahu“ negativních faktorů, mezi které podle Thorborg et al. (2020) patří svalová slabost, svalová dysbalance, nedostatečné rozcvičení, svalové zkrácení atd.

Symptomy zranění často přetrvávají, vyžadují tedy dlouhodobou léčbu a zároveň často recidivují (Petersen & Hölmich, 2005). Následkem může být vyřazení sportovce z tréninku na několik měsíců, v některých případech i natrvalo. Úzká spolupráce s odborným zdravotním personálem je tedy nutná (Hrazdira et al., 2006; Javůrek, 1982). Základem pro určení prognózy je správná diagnostika, k níž nejčastěji slouží klinické vyšetření. Další možnosti jsou zobrazovací techniky jako ultrazvuk (dále UZ) nebo magnetická rezonance (dále MRI), přičemž zejména diagnostický UZ je v kontextu svalových zranění stále více využívanou metodou (Hall, 2018).

V terapii se autoři v posledních letech přiklání k časně pohybové rehabilitaci. Studie Glasgow et. al. (2015) prokázala, že zahájením rehabilitace druhý den po úrazu jsme schopni zkrátit dobu rekonvalescence až o tři týdny, oproti zahájení v 7.–9. dni od úrazu. Optimální intenzita zatížení je ovšem individuální. V oblasti diagnostiky a silového tréninku se stále více můžeme setkat s využitím izokinetického dynamometru (Eustace et al., 2019). Izokinetická dynamometrie je dále používána na testování svalové síly svalů dolních končetin, jejichž dysbalance je jedním z faktorů poranění hamstringů, předního zkříženého vazů nebo měkkého kolene (Dauty et al., 2016). Ve sportu se tato metoda využívá také jako prostředek pro testování účinku tréninkového cyklu (Gentil et al., 2017). V neposlední řadě se pak izokinetická dynamometrie využívá k testování pacienta po zranění, kdy je hodnocena účinnost rehabilitace a míra připravenosti pacienta se navrátit zpět do zátěže (Tol et al., 2014).

### 3 ANATOMIE A KINEZILOGIE

Do skupiny svalů dorzální části stehna patří musculus biceps femoris (dále BF), musculus semitendinosus (dále ST) a musculus semimembranosus (dále SM). S výjimkou krátké hlavy BF mají všechny tyto svaly proximální úpon na sedacím hrbolu pánevní kosti (Hudák & Kachlík, 2017) a distálně zasahují až pod kolenní kloub, jedná se tedy o svaly tzv. dvoukloubové (Čihák, 2011). Funkčně patří hamstringy zejména k flexorům kolenního a pomocným extenzorům kyčelního kloubu (Dylevský, 2009). Z hlediska architektury jsou pak krátká hlava BF a ST, svaly vřetenovité s relativně velkou délkou svalových vláken. Mají proto schopnosti rychlejší svalové kontrakce než svaly poloblanité, (tj. dlouhá hlava BF a SM), které by ale podle Lieber a Fridé (2000) měly naopak lépe generovat svalovou sílu. Rozdílná architektura daných svalů by mohla vést k funkčním rozdílů při flexi v kolenním a extenzi v kyčelním kloubu (Fukunaga et al., 1996).

Véle (2007) hovoří o funkční závislosti svalů dorzální strany stehna na postavení kyčelního kloubu (dále KYK), kolenního kloubu (dále KOK) a pánve. Pozice daných kloubů má dle (Gordon et al., 1966) vliv na délku svalových vláken daných svalů, což se prokázalo jako faktor ovlivňující jejich funkci ve smyslu množství točivého momentu a svalové síly, kterou je sval schopen generovat. Studie Guex et al. (2012) a Jeong et al. (2014) dále odhalily, že síla extenze v KYK a flexe v KOK roste přímo úměrně s délkou svalových vláken hamstringů, které se protahují pomocí flexe KYK a/nebo extenze KOK. Biscarini et al. (2014) specifikovali, že aktivita hamstringů ve zmíněném pohybu je závislá na úhlu flexe kolenního kloubu, kde nejvyšší aktivita kontrakce se pohybuje mezi plnou extenzí a 10° flexe. Dalšími faktory jsou intenzita pohybu a zda jedinec vědomě využívá dané svaly k jeho uskutečnění. U probandů, kteří se na práci hamstringů vědomě nezaměřovali, se jejich aktivita zvyšovala lineárně s intenzitou. Zatím co u probandů, kteří se vědomě snažili využít tyto svaly při pohybu, bylo dosaženo jejich maximální aktivity již při 30% intenzitě zátěže. Dylevský (2007) dále uvádí, že dvoukloubové svaly se „kineticky“ výrazněji uplatňují v kloubu, který je nejbližší svalovému úponu, zatímco v kloubech blíže anatomickému začátku svalu mají spíše funkci pomocnou a stabilizační. Při současné aktivaci všech výše uvedených svalů totiž dle (Dylevský, 2009; Linc & Doubková, 1999) dochází ke stabilizaci tibie. František Véle (1997), popisuje tuto stabilizační funkci hamstringů v běžné chůzi a stoji, kde se angažují spíše jako stabilizátory, zajišťující tedy dynamickou rovnováhu mezi pohyby KYK a KOK.

Svaly dorzálního stehna mají ovšem další funkci, a to vnitřní a zevní rotaci bérce při flektovaném kolenu (Čihák, 2011), čímž se podílí na stabilizaci DK například při chůzi či běhu (Véle, 2007). Vnitřní rotaci umožňuje BF sestupující distálně k laterálnímu okraji bérce a upíná se na hlavici fibuly (Dylevský, 2009). Opačnou funkci vzhledem k bérce zajišťují ST a SM. První zmíněný

přes pes anserinus (společný úpon ST, musculus gracili a musculus sartorius), SM přes svůj distální úpon na vnitřní straně tibie (Čihák, 2011). Oba tyto svaly jsou vzhledem k jejich uložení také pomocnými adduktory kyčelního kloubu.

## 4 BIOMECHANIKA HAMSTRINGŮ

### 4.1 Kinematika běhu a sprintu

Běh je přirozeným způsobem lokomoce člověka, při níž na rozdíl od chůze ztrácí člověk při fázi letu kontakt se zemí (Koněcký et al., 1965). Rozdíl mezi během a sprintem je pak cíl, kterého chceme dosáhnout. Běh je zpravidla záležitost dlouhé distance za účelem rozvoje vytrvalosti se zaměřením na aerobní metabolismus. Sprint je naopak vykonáván na krátkou vzdálenost v maximální či submaximální rychlosti. Cílem je se co nejrychleji dostat z bodu A do bodu B, bez úmyslu udržení aerobního metabolismu, a naopak (Kerr et al., 1983).

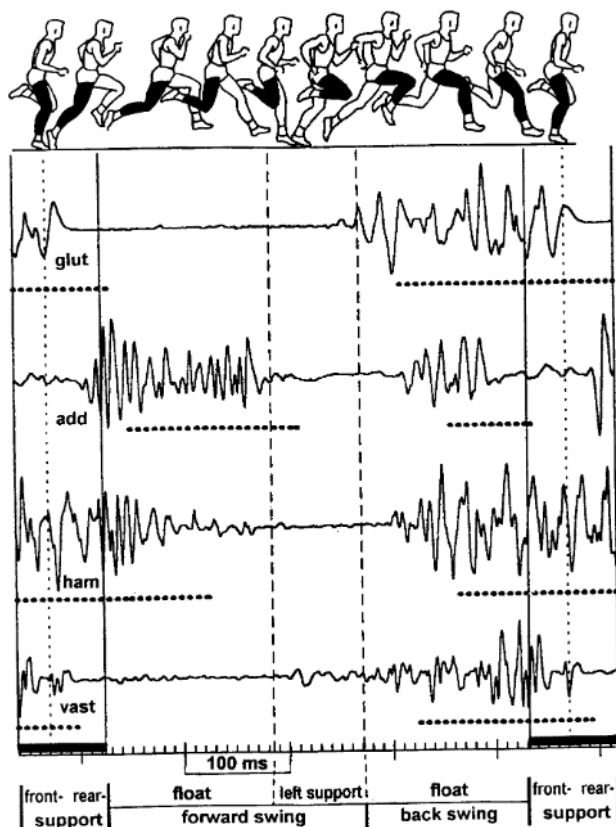
Za základní měřitelnou jednotkou běhu je tzv. „gait cycle“, který začíná a zároveň končí dopadem jedné a té samé DK na podložku (Véle, 2007). Dopadem DK zároveň začíná tzv. stojná fáze, která se zkracuje s rostoucí rychlostí běhu. Při běhu tvoří stojná fáze 36–39% celého cyklu, zatímco u sprintu 20–25%. KOK se postupně dostává do flekčního postavení (asi 45°), a to z důvodu absorpce sil, které na DK v této fázi působí. Přes odraz dochází k extendování KOK do zhruba 20° a zároveň k maximální extenzi v KYK, přechází stojná fáze v tzv. fázi švihovou (letovou), při níž se DK flektuje v KYK v závislosti na rychlosti běhu, čímž se prodlužuje krok (Novacheck, 1998). Kontakt nohy se zemí se mění, při běžném běhu jedinec došlapuje na patu (tzv. „hindfoot“), zatímco u sprintu se pata vůbec nemusí dotýkat země (tzv. „forefoot“), opora je tedy omezena na bříška metatarzů a prstce, resp. odpovídající část podrážky obuvi. Při běhu dále dochází k mírné flexi páteře a antevertzi pánve, závislé na rychlosti běhu, zároveň se posouvá těžiště dopředu, mimo opěrnou bázi. Sprint se tedy z kinematického hlediska od běhu liší částí nohy, na kterou došlapuje, délkou stojné fáze, úhlem flexe KYK při odrazové fázi, úhlem flexe při letové fázi a délkou kroku (Gabbe et al., 2005).

### 4.2 Elektromyografická analýza sprintu

Elektromyografie nám umožňuje pochopit aktivitu jednotlivých svalů při konkrétní fázi sprintu, čímž přispívá k vysvětlení mechanismů mnoha poranění. Hamstringy se stávají dominantními v druhé polovině švihové fáze, kde se aktivují excentricky a musí generovat velký moment síly pro zpomalení dopředného pohybu tibie, přičemž se zvýší na ně kladená zátěž a tím se stanou náchylnější ke zranění (Gabbe et al., 2005). Zároveň je daná svalová skupina aktivní před samotným dopadem, kde působí na DK velký nápor sil. V této fázi působí hamstringy jako pomocné extenzory KYK. Během stojné fáze přechází KYK do extenze činností jeho extensorů a to zejména musculus gluteus maximus, jehož aktivita je nejvyšší při dopadu, nicméně se zapojuje

v celém rozsahu této fáze. Hamstringy mají dominantní roli i v odrazové fázi, kde jsou dle elektromyografické analýzy mnohem aktivnější než ostatní extenzory KYK (Novacheck, 1998). Před samotným odrazem, tedy v konečné části stojné fáze dochází k protažení musculus rectus femoris a musculus illiacus, tedy flektorů KYK, kteří zde pracují excentricky a díky nimž se hned po opuštění země DK začíná flektovat. Musculus rectus femoris je aktivní zejména v počáteční části letové fáze, kdy využívá energii získanou z protažení pro aktivní flexi v KYK a extensi v KOK, čímž urychluje pohyb bérce. Vrcholu činnosti musculus illiacus dochází v druhé polovině letové fáze (Gabbe et al., 2005).

Hamstringy (jako extenzory KYK a flexory KOK) jsou tedy neaktivnější na konci letové fáze, při došlapu a na konci stojné fáze při odrazu, zatímco flexory KYK jako antagonisté, dominují při odrazu a v časně letové fázi. Elektromyografickou analýzu sprintu, kterou popsali (Wiemann & Tidow, 1995), zobrazuje obrázek 1.



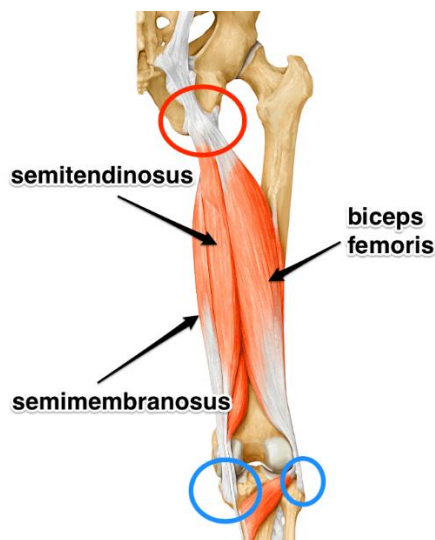
**Obrázek 1:** Elektromyografická analýza PDK při sprintu dle (Wiemann & Tidow, 1995)

Vysvětlivky: front rear support – opora o přední část nohy, float – letová fáze, left support – stojná fáze LDK, forward swing – 1. polovina letové fáze, back swing – 2. polovina letové fáze

## 5 NEJČASTĚJŠÍ PORANĚNÍ

### 5.1 Etiologie a incidence

Dle souhrnné studie Grange et al. (2022) je nejčastěji postiženým svaem dlouhá hlava BF. Tento sval je postižen z téměř 70 % případů všech druhů poranění dorzálních svalů stehna. Dále bývají postiženy ST 15,4 %, SM 13,1 % a krátká hlava BF 1,7 %. Autoři navíc rozlišují tzv. primární a sekundární lézi, kdy v prvním případě dojde pouze k poranění jednoho svalu, zatímco v tom druhém je sval postižen, následkem poranění jiné struktury. Dlouhá hlava BF tak tvoří 76,9 % všech primárních poranění, jeho sekundárním poraněním je pak nejčastěji léze ST, kdy tato kombinace tvoří 82 % případů postižení dvou svalů. Nejčastější lokalitou poranění (51 %) je místo, kde sval přechází ve svou úponovou šlachu (tzv. muscle-tendoneus-junction) (obrázek 2).



**Obrázek 2:** Zobrazení „muscle-tendo-unit“ (Howells, 2018)

#### 5.1.1 Natažení svalu

Natažení svalu nebo také „acute hamstring strain“ je nejčastějším typem poranění hamstringů ve sportu, zejména ve fotbale, americkém fotbale, tancování a atletice (Brukner et al., 2017), kdy například v americké „National Football League (NFL)“ se každoročně objeví asi 180 poranění hamstringů napříč třiceti týmy (Elliott et al., 2011). Sportovec si přitom často moment poranění uvědomuje a má jej spojen s pocitem ostrého bodnutí po konkrétním pohybu (Clark & Clark, 2008).

V současné době se rozlišují dva druhy natažení svalu. K prvnímu typu dochází v průběhu sprintu (typicky při fotbalu či atletice) a z 80 % zde bývá poraněna dlouhá hlava BF (Connell &



Schneider-Kolsky, 2004), konkrétně v proximálním místě spojení svalu a šlachy (Askling et al., 2008) nebo v oblasti svalového bříška (Grange et al., 2022). Názory a studie zabývající se konkrétní fází cyklu, kdy k poškození dochází, se však dělí do dvou táborů. Studie Chumanov, Heiderscheit a Thelen (2011, 2012) a Schache, Dorn, Blanch, Brown a Pandy (2012) například popisují nejvyšší incidenci v tzv. pozdní letové fázi běžeckého cyklu. Právě v této fázi podle zmíněných studií dosahuje sval maximálních délek, zejména tedy v oblasti spojení svalu a šlachy, kde působí největší množství síly, zároveň zde sval pracuje excentricky, což je dle autorů exkluzivní právě pro tuto fázi sprintu. Podobnou situaci můžeme dle zmíněných studií pozorovat i u fáze ranného stoje, nicméně množství sil působících na sval je značně nižší než v pozdní fázi letu. Nutno dodat, že studie Chumanov et al. (2011) byla provedena při běhu na běžeckém páse. Van Hooren a Bosch (2017, 2018) dále zkoumali izometrickou funkci hamstringů při sprintu. Tito autoři zastávají názoru, že síly působící na sval v průběhu pozdní letové fáze mohou být tak velké, že se kontrakce změní z izometrické na excentrickou, čímž se sval stane více zranitelným. Odlišný názor zastávají autoři Liu, Sun, Thu a Yu (2017) a Orchard (2012), kteří považují počáteční fázi stoje jako nejvíce rizikovou. Orchard (2012) dále polemizuje nad tím, že k natažení svalu obvykle nedochází při aktivitách v otevřeném řetězci, ale spíše v uzavřeném.

Pro druhý typ poranění je typické nadměrné natažení svalu – například při k balistických pohybech nebo pohybech o velké amplitudě jako je výkop či rozštěp, což je typické pro balet, tanec či gymnastiku (Askling, 2011; Askling, Malliaropoulos, & Karlsson, 2012). Postižen bývá typicky SM, konkrétně jeho proximální úpon. Mechanismem vzniku poranění je nadměrné protažení do flexe v KYK se současnou extenzí v KOK (Brukner et al., 2017). V porovnání s prvním typem natažení zde dochází k menšímu omezení funkce, rehabilitace ovšem trvá déle (Askling, Tengvar, Tarassova, & Thorstensson, 2014). Startzman, Fowler a Carreira (2017) dále uvádí, že při opakovaném poranění tohoto typu se problém často stává chronickým.

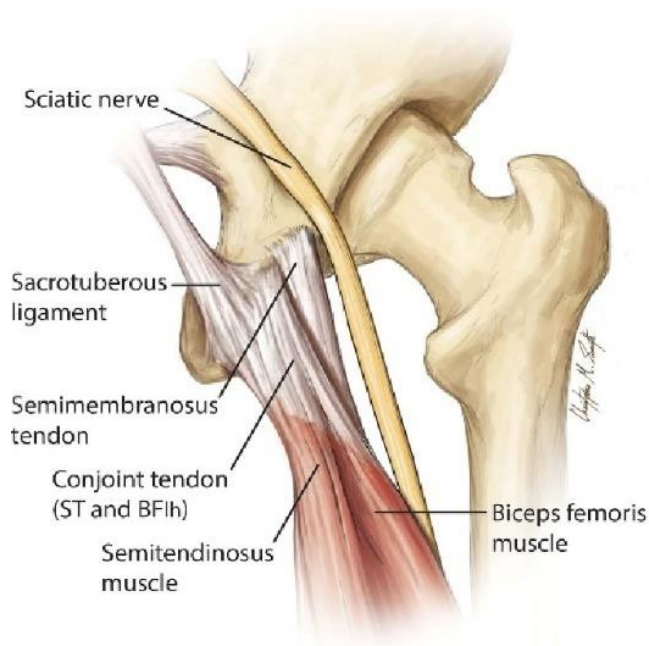
Podobnými symptomy, tedy bolestí ve svalovém bříšku, se projevuje také osifikující myozitida. Na rozdíl od natažení si jedinec není vědom momentu či pohybu, kdy by se mohl zranit. Osifikující myozitida je onemocnění svalů vznikající osifikací svalu, nejčastěji jako následek špatně zvolené předešlé léčby. Onemocnění nejčastěji postihuje mladé sportovce a adolescenty (Davis, 2008).

### **5.1.2 Další poranění svalů dorzálního stehna**

Mimo natažení svalu je dlouhá hlava BF často postižena proximální tendinopatií. Jedná se o chronické poranění způsobené dlouhodobým přetěžováním a repetitivní natahováním proximální šlachy a jejího úponu (Chu & Rho, 2016). Výsledkem je porucha architektury šlachy

a jejího hojení, což vyústí v degenerativní změny (Maganaris, Narici, Almekinders, & M 2004). Dle Cook a Purdam (2012) je šlacha značně odolnější vůči velkému jednorázovému zatížení, než častému vystavování menší zátěži. Dochází zde totiž k opakované kompresi v úponové části šlachy. Tento jev ale může nastat u jakékoliv šlachy, jež se upíná na kostěnou protuberanci a to zejména v konečných rozsazích funkčního pohybu. Příkladem je tendinopatie Achillovy šlachy.

V případě hamstringů dochází k poškození na konci rozsahu pohybu do flexe v KYK a flexe trupu, kdy se úpon obtáčí okolo sedacího hrbolu. BF je ovšem až druhým svaelem, co se etiologie týče, který bývá postižený. Tendinopatie totiž nejčastěji postihuje SM (Beatty et al., 2017), upínající se o něco málo hlouběji a laterálně od společného úponu s dlouhou hlavou BF (Bertiche et al., 2021) (obrázek 3). Nejvyšší incidenci má toto poranění v běžecké sféře, konkrétně u běžců na střední a dlouhou trať, dále se vyskytuje při častých dřepch či dlouhodobém sezení (Chu & Rho, 2016). Podobnou symptomatikou, tedy bolestí v oblasti sedacího hrbolu projektující se do oblasti hamstringů, se jeví ischiogluteální burzitida. Stejně jako u tendinopatie se jedná o chronické poranění s rozdílem, že k burzitidě dochází chronickou iritací burzy pro sedavý způsob života. Burzitida ovšem vzniká jako reakce na již přítomnou patologii, její přítomnost je tedy důvodem pro další vyšetření (Davis, 2008).



**Obrázek 3:** Posteriovní pohled na pravý sedací hrbol (Karagiannidis, 2019)

Nejzávažnějším, avšak relativně vzácným svalovým poraněním hamstringu je tzv. avulze, tedy úplné či částečné odtržení proximálních úponů svalů dorzálního stehna od sedacího hrbolu. Avulze zaujímá zhruba 12 % všech poranění v této oblasti, z čehož 2/3 jsou kompletní odtržení všech tří svalových úponů (Koulouris & Connell, 2003). Typicky k poranění dochází při násilné

flexi v kyčelním a extenzi v kolenním kloubu a to zejména při sportu, uklouznutí či pádu při běžných denních aktivitách (Klinge & Sallay, 2002). Moment, kdy k poranění došlo, se často pojí s prasknutím nebo pocitem utržení a velice intenzivní bolestí. Mezi typické projevy patří poruchy funkce dané končetiny. Zraněný bude tedy mít obtíže přenášet váhu, nebude schopen chodit bez opory, ovšem nejvýraznější omezení (zejména pro bolest) bude čelit v sedě. Kompletní avulze je často doprovázena tvorbou hematomu (obrázek 4), který se může dostávat až pod kolenní kloub (Bertiche et al., 2021). S avulzí se setkáváme ve všech věkových kategoriích s nejvyšším zastoupením ve skupině 45–59 let (Irger et al., 2020). Dále se incidence prokázala stejná bez ohledu na pohlaví (Blakeney et al., 2017; Cohen et al., 2012; Irger et al., 2020). Rozdílem je ovšem věk, kdy k poranění dochází a okolnosti jeho vzniku. Ženy se typicky zraní během každodenních aktivit, kdy s nejvyšší incidencí se setkáme ve věkové kategorii 45 let a starší. Muži na druhou stranu přichází k avulzi nejčastěji při sportu, s tím souvisí vyšší incidence u mužů v nižších věkových skupinách (Irger et al., 2020).



**Obrázek 4:** Hematom po proximální avulzi dorzální skupiny svalů stehna (Bertiche et al., 2021)

## 5.2 Klasifikace poranění

Klasifikace poranění není prospěšná jen pro zdravotnické obory, kterým umožňuje určit prognózu a proces rehabilitace zraněného jedince, ale také pro trenéry, kterým dává informaci o tom, jak dlouho bude sportovec vyřazen z tréninku (Kerkhoffs et al., 2013). Dřívější klasifikace na základě klinického nebo radiologického vyšetření byly poměrně jednoduché a poranění svalu rozdělovaly na lehká, středně těžká a kompletní (Takebayashi et al., 1995). Takové hodnocení

ale nabízí velice široké spektrum poranění v jednotlivých úrovních, což vyústilo v problém s terminologií, diagnostikou a bližší charakteristikou poranění jako přítomnost otoku nebo poranění úponu svalu (Kerkhoffs et al., 2013). Z těchto důvodů byl později přidán také stupeň 0, kam spadají patologické abnormality bez průkazného poranění na zobrazovacích metodách (Mueller-Wohlfahrt et al., 2013).

Tzv. Mnichovská klasifikace, jedna z prvních klasifikací využívajících nálezy jak z MRI, tak z UZ vyšetření, pak rozděluje poranění na funkční a strukturální. Termín „funkční“ je ale dle Cermak, Noseworthy, Bourgeois, Tarnopolsky a Gibala (2012) zavádějící, protože většina poranění, které uvedená klasifikace zařazuje do této kategorie vzniká na základě strukturálního postižení. Naopak strukturální poranění se klinicky projeví poruchou funkce. Proto tento systém neposouvá možnosti diagnostiky dále od dřívějšího hodnocení a je limitovaný v diferenciaci poranění a jejich prognóz (Fyfe, Opar, Williams & Shield, 2013).

Pollock et al. (2014) uvádějí, že mezi lety 2010 - 2013 zaznamenal Britský atletický lékařský tým více než 1000 poranění, nicméně tehdejší rozdělení svalových poranění se ukázalo být nedostatečné z hlediska prognózy. Mnoho z nich bylo totiž identifikováno jako stejný stupeň, ale požadavky na rehabilitaci a návrat ke sportu byly ovšem u každého zranění naprosto odlišné. Uvedený lékařský tým proto přišel s vlastním systémem hodnocení svalových zranění, ve kterém klasifikují poranění do 5 stupňů (tabulka 1). Stupeň 0 značí zranění s negativním nálezem na MRI prezentující se jako ohnisková svalová bolest. Sval je také často citlivý při kontrakci a klinicky zde bývá palpovatelné místo zvýšeného tonu. Stupeň 1 pak tvoří malá svalová zranění, manifestující se bolestí při aktivitě, ale neomezující rozsah pohybu (dále ROM). Jedinec nicméně může cítit diskomfort v průběhu pohybu. Stupeň 2 dále zahrnuje středně těžká poranění projevující se typicky bolestí při aktivitě, limitací ROM a bolestivou kontrakcí. Stupněm 3 jsou označována rozsáhlá poranění svalu s velkou bolestivostí, značným omezením pohybu a značně omezenou schopností kontrakce, zatímco stupeň 4 zahrnují kompletní ruptury svalu nebo jeho úponu doprovázené typicky intenzivní bolestí, značným a rychlým omezením ROM (Pollock et al., 2014). Jednotlivé stupně jsou dále děleny do tří podkategorí (a, b a c) podle místa a rozsahu poranění. Do podkategorie „a“ spadají tzv. „myofasciální poranění“, vyjadřuje tedy, do jaké hloubky je sval postižen směrem z periferie. Podkategorie „b“ je určena pro poranění na svalovém bříšku, nejčastěji na MTJ a udává nám rozsah postižení svalu vzhledem k jeho průřezu v procentech. Podkategorie „c“ popisuje poranění zasahující do svalového úponu, konkrétně udává postižení diametru úponu v procentech a délku postižené oblasti longitudinálně v centimetrech (Pollock et al., 2014).

**Tabulka 1.** Rozdělení svalových poranění dle Britského atletického lékařského týmu (Patel et al., 2015, upraveno)

| Stupeň | Popis  | MRI 24-48 hodin po poranění  |
|--------|--|--|
| 0n     | Přenesená bolest                                       | Bez patologie  |
| 0a     | Mírná svalová bolest, často po cvičení                 | Bez patologie  |
| 0b     | Svalová bolest po nepřiměřené zátěži                   | Nerovnoměrná změna na úrovni jednoho nebo více svalů   |
| 1a     | Malá myofasciální trhlina                              | Vysoká změna signálu v rozsahu do 10 % hloubky svaly   |
| 1b     | Malá trhlina na úrovni svalu nebo musce-tendon-unit    | Vysoká změna signálu v rozsahu do 10 % hloubky svalu nebo 5 cm longitudinálně  |
| 2a     | Střední myofasciální trhlina                           | Vysoká změna signálu v rozsahu 10 - 50 % hloubky svalu   |
| 2b     | Střední trhlina na úrovni svalu nebo muscle-tendo-unit | Vysoká změna signálu v rozsahu 10 - 50 % hloubky svalu nebo 5-15 cm longitudinálně   |
| 2c     | Střední trhlina na úrovni úponu svalu                  | Vysoká změna signálu v rozsahu menším než 5 cm longitudinálně nebo 50% diametru úponu                                      |
| 3a     | Těžká myofasciální trhlina                             | Vysoká změna signálu v rozsahu větším než 50 % hloubky svalu nebo 15 cm longitudinálně, změna architektury o více než 5 cm |
| 3b     | Těžká trhlina na úrovni svalu nebo muscle-tendo-unit   |  |
| 3c     | Těžká trhlina na úrovni úponu svalu                    | Vysoká změna signálu v rozsahu menším než 5 cm longitudinálně nebo 50% diametru úponu, bez kompletního defektu             |
| 4      | Úplná avulze svalu                                     | Kompletní přerušení svalu s retrakcí   |
| 4c     | Úplná avulze úponu                                     | Kompletní přerušení svalového úponu s retrakcí   |

Kruse, Whipple, Schmidt a Wilz (2021) později uvedenou klasifikaci dále modifikovali pro využití UZ jako hlavní metody zobrazení. Specifické charakteristiky svalového poranění jako

délka sonografické abnormality (měřeno kradiokaudálně), procentem vyjádřená oblast abnormální echogenicity v průřezu svalu atd. jsou evaluovány a rozděleny do 3 stupňů poranění. Autoři tato poranění dále klasifikují do 3 podkategorií v závislosti na jeho lokalizaci např. periferní, myofasciální, intramuskulární atd. (Kruse et al., 2021).

### **5.3 Rizikové faktory**

Efektivní identifikace měnících se rizikových faktorů je důležitou komponentou prevence zranění a stanovení rehabilitačních postupů (Liu, Garrett, Moorman & Yu, 2012). Obecně lze rizikové faktory rozdělit na modifikovatelné a nemodifikovatelné. Rizikovými faktory a jejich relevantností se zabývali (Liu et al., 2012,) (Tabulka 2).

#### **5.3.1 Modifikovatelné faktory**

Mezi modifikovatelné faktory patří na příklad zkrácení tzv. optimální délky svalu, kterou Liu et al. (2012) definují jako „délku svalu, která je podobná klidové délce svalu a při které svalový kontraktilní element generuje maximální sílu.“ Brockett, Morgan a Proske (2004) totiž prokázali, že DK s historií poranění hamstringu produkuje maximální kontrakci ve značně větší flexi KOK než zdravá DK. Dle studií Freckleton a Pizzari (2013), Hägglund, Waldén a Ekstrand (2013) a Opar et al. (2015) je pak sportovec, který má historii zranění hamstringů, vystaven až třikrát většímu riziku jejich opětovného poranění.

Určitou spojitost s výše uvedenou redukcí optimální délky svalu má další rizikový faktor svalové zkrácení (flexibilita). Sportovec, který má prokazatelně nedostatečnou flexibilitu svalů dorzálního stehna, může mít zároveň i zkrácenou optimální délku. Nicméně klinické důkazy o skzácení hamstringů jako rizikovém faktoru poranění nejsou konzistentní (Liu et al., 2012). Podobný názor mají i (Wan, Qu, Garret, Liu, & Yo, 2017). Ti zmiňují, že i přes snahu předcházení poranění hamstringů díky zvyšování flexibility, mobility a rehabilitaci, je incidence poranění dané svalové skupiny v posledních desetiletích neměnná.

Dalším rizikovým faktorem je nedostatečné rozezhřátí před aktivitou (tzv. warm-up). Tímto tématem se začali zabývat Ekstrand a Gillquist (1982), kteří si všimli častého vzniku poranění hamstringů na začátku tréninku, což podpořili (Safran, Garret a Seaber (1988), kteří ve své studii prokázali, že pokud je sval více zahřátý, zvýší se i jeho délka. Naopak (Gillette, Holland, Vincent & Loy, 1991) žádnou spojitost mezi zahřátím a flexibilitou hamstringů nenašli. Autoři však zdůrazňují vliv kvalitního rozcvičení na svalovou relaxaci a snížení jejich viskozity.

Ve sportovním prostředí považujeme za významný rizikový faktor také únavu. K poranění vlivem únavy dochází v konečných fázích utkání či závodu (Wing & Bishop, 2020). Mair, Seaber,

Glisson a Garret (1996) spekovali, že unavený sportovec bude pravděpodobně potřebovat větší elongaci svalu pro absorpci působících sil, což nejspíše povede k mikroskopickému poškození svalu.

Do této skupiny rizikových faktorů patří také svalová síla hamstringů, její bilaterální porovnání a rovnováha sil mezi hamstringy a kvadricepsy. Toto téma bude podrobně rozebráno v sekci „izokinetika – problematika hamstringů“ (Liu et al., 2012).

### 5.3.2 Nemodifikovatelné faktory

K nemodifikovatelným faktorům patří na příklad věk, na který se zaměřilo již nespočet studií, jejich výsledky ovšem nejsou jednotné (Freckleton & Pizzari, 2013). Vysvětlení od Gabbe et al. (2005) bylo založeno na snížení svalové síly z důvodu zmenšení průřezu kosterního svalstva a nárůstu pojivové tkáně. Nicméně tato hypotéza stojí na svalové síle jako rizikovém faktoru.

Nemodifikovatelná je také rasa nebo etnicita jedince, což je téma zkoumané zejména ve sféře Australského fotbalu, zejména tedy u hráčů pocházející z domorodých Australských kmenů nebo Afriky (Verrall, Slavotinek, Barnes, Fon & Spriggins, 2001; Woods et al., 2004). Podle Woods et al. (2004) mají původní Australané větší předsazení pánve, vedoucí k vyššímu protažení hamstringů při běhu. Zato zvýšené riziko u Afričanů se vysvětluje větším množstvím rychlých svalových vláken typu II (Verrall et al., 2001). Samotná stavba svalového vlákna je tedy také brána jako rizikový faktor. Vyšší obsah rychlých svalových vláken totiž podle Brukner et al. (2017) umožňuje dosáhnout jedinci vyšší rychlosti při běhu, což už samo o sobě zvyšuje riziko poranění.

**Tabulka 2:** Rizikové faktory a důkazy o jejich relevantnosti (Liu et al., 2012, upraveno)

| Kategorie         | Rizikový faktor                | Důkazy     |              |
|-------------------|--------------------------------|------------|--------------|
|                   |                                | Teoretické | Praktické    |
| Modifikovatelné   | Zkrácená optimální délka svalu | ano        | slabé        |
|                   | Snížená flexibilita            | ano        | kontroverzní |
|                   | Dysbalance svalových sil       | slabé      | kontroverzní |
|                   | Nedostatečné zahřátí           | ano        | Slabé        |
|                   | Únava                          | ano        | Slabé        |
| Nemodifikovatelné | Kompozice svalových vláken     | ano        | slabé        |
|                   | Věk                            | slabé      | kontroverzní |

|  |                       |     |     |
|--|-----------------------|-----|-----|
|  | Pokračování tabulky 2 |     |     |
|  | Rasa/etnicita         | ano | ano |
|  | Předchozí poranění    | ano | ano |



## 6 MOŽNOSTI DIAGNOSTIKY SVALOVÝCH PORANĚNÍ

### 6.1 Klinické vyšetření

Základem každého vyšetření je odebrání anamnézy týkající se dané patologie, během níž se vyšetřující tzv. otevřenými otázkami doptává pacienta např. na mechanismus poranění, symptomy, progresi poranění, zda byl bezprostředně po poranění schopen odejít sám, jestli k poranění došlo při novém druhu pohybu nebo zvýšené zátěži, předchozí poranění nebo v jakých pohybech a aktivitách je momentálně limitován (Schmitt, Wollin, Tyler, Whiteley, & Thorborg, 2020)

Terapeut může také využít dotazníky specificky vytvořené pro poranění hamstringů jako „Functional Assessment Scale for Acute Hamstring Strain (FASH) (tabulka 3) nebo „Perth Hamstring Assessment Tool“ (PHAT), které jsou sestavené tak, aby vyšetřujícího při odebrání anamnézy navedly k veškerým relevantním informacím (Lempainen et al., 2015). Samotná anamnéza má totiž podle Schmitt, Wollin, Tyler, Whiteley a Thorborg (2020) potenciál nastínit pacientovu diagnózu.

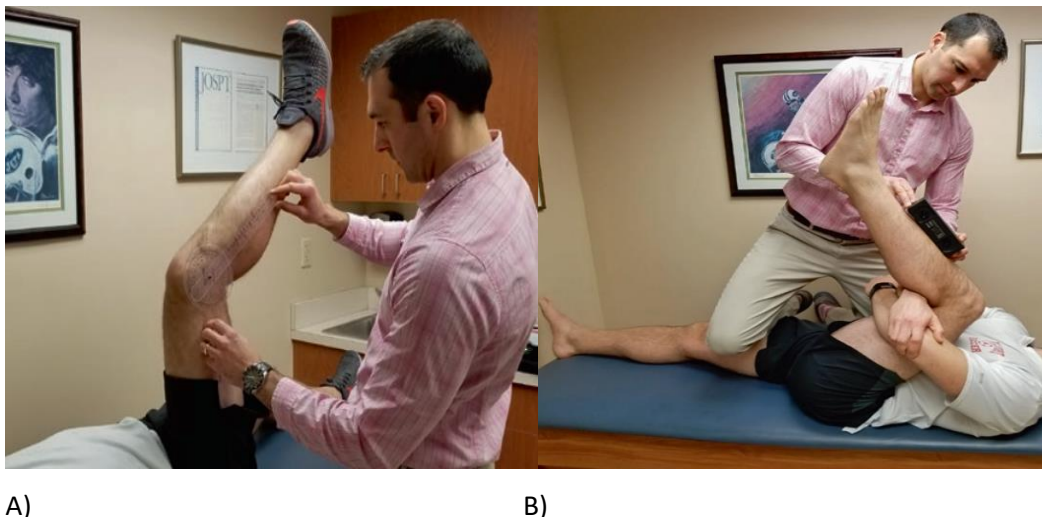
**Tabulka 3.** Functional Assessment Scale for Acute Hamstring Strain (Lohrer, Nauck, Korakakis & Maliaropoulous, 2016, upraveno)

|           |  |
|-----------|--|
| Otázka 1  | Pokud jste již poranění hamstringu utrpěli, udejte míru bolesti/diskomfortu? |
| Otázka 2  | Sportujete, trénujete nebo provádíte jinou fyzickou aktivitu?                |
| Otázka 3  | Jak velkou bolest míváte při chůzi?  |
| Otázka 4  | Jak velkou bolest míváte při běhu?   |
| Otázka 5  | Jak velkou bolest míváte při akceleraci nebo sprintu?                        |
| Otázka 6  | Jak velkou bolest míváte při statickém protahování?                          |
| Otázka 7  | Trápí vás bolest/diskomfort při provedení výpadu?                            |
| Otázka 8  | Jak velkou bolest/diskomfort míváte při provedení výpadu?                    |
| Otázka 9  | Jste schopný provést Nordic hamstring exercise?                              |
| Otázka 10 | Jste schopný provést 3 skoky do dálky na jedné DK?                           |

Klíčovou složkou klinického vyšetření je nicméně aspekce a palpace. Aspekci jsme schopni vyšetřit zejména hematom, který bývá typický pro úplnou avulzi (Järvinen T., Järvinen T., Kaariainen, Kalimo, & Jarvinen, 2005). Palpací by si vyšetřující měl ozřejmit svalové břicho a jeho proximální úpon. Schmitt et al. (2020) doporučují vyšetřovat obě DK zároveň, aby měl pacient referenci ze zdravé DK. Whiteley, Einarsson, Thomson a Hansen (2017) mluví o tzv. mapování

hamstringů, kdy vyšetřující palpuje citlivou oblast, tu si označí a posune palpaci proximálně asi o vzdálenost palce. Pokud pacient udává bolest, vyšetřující si místo znovu označí a posune se v palpaci proximálně. Tento postup pak opakuje, dokud pacient hlásí bolest a stejně postupuje i směrem distálním. Vznikne nám oblast bolesti, podle níž jsme schopni předpovídat dobu návratu ke sportu.

Dále se vyšetřuje svalové zkrácení hamstringů, na jehož testování existuje baterie testů na hodnocení aktivního i pasivního ROM. Pakliže je zde zranění, ROM KYK a KOK postižené DK bude značně omezený, a to zejména v porovnání se zdravou DK (Askling, Saartok, & Thorstensson, 2006). Nejčastěji se využívá tzv. Active knee extension test (AKE) (obrázek 5A). Jedná se o extenzi v KOK při zachování pravého úhlu v KYK. Tento test měří délku hamstringů podle dosaženého úhlu flexe KOK. Test je vykonáván jak pasivně, tak aktivně. Typická je zde redukce rozsahu pohybu o asi 21 % prvních devět dní od poranění, přičemž omezení přetrvává až čtyřicet dní od poranění. Modifikací tohoto testu je tzv. Maximal hip flexion and active knee extension test (MHFAKE) (obrázek 5B), který hodnotí ROM v KOK za maximální pasivní flexi v KYK (Whiteley, van Dyk, Wangensteen, & Hansen, 2018). Autoři Kolt a Lynn (2007) dále využívají tzv. Wallace test, při němž pacient leží na zádech, DKK jsou flektované v KYK i KOK v 90°, terapeut si hlídá neutrální postavení pánve, pacient si horními končetinami stabilizuje tuto pozici držetím za dorzální stranu steh, pacient je vyzván, aby extendoval jednu DK v KOK, kdy druhá DK je ve výchozí poloze. Test je pozitivní, pokud pacient nedokáže provést plnou extenzi v KOK a počítá se úhel, který chybí do plné extenze.

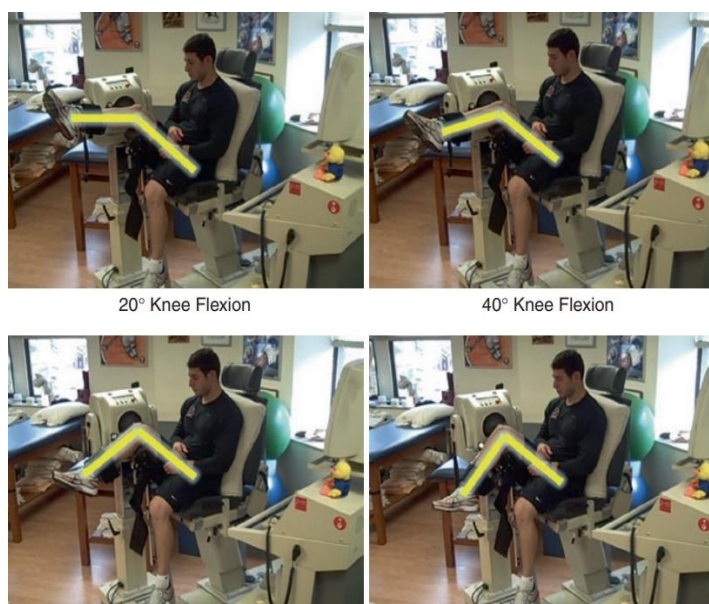


**Obrázek 5:** Možnosti testování flexibility hamstringu po poranění. A) tzv. „Active knee extension test“, B) tzv. „Maximal hip flexion and active knee extension test“ (Schmitt et al., 2020).

Důkladně vyšetřena musí být i svalová síla, která je důležitá zejména pro poraněnou DK, s ohledem na návrat ke sportu. Podle Lord, Ma'ayah a Blazeovich (2018) může totiž dříve poraněný hamstring prokazovat deficit svalové síly až tři roky po zranění. V akutní fázi je svalová síla testována většinou pomocí izometrické kontrakce. Testuje se jak flexe KOK, tak extenze KYK (Reurink et. al., 2016), a to nejčastěji v 90° flexe v KYK a KOK a v 15° flexe KOK při středním postavení v KYK a to jak na břiše, tak na zádech (obrátek 6). Měření může probíhat manuálně pomocí ručního dynamometru nebo za využití izokinetického dynamometru, o kterém bude sděleno více v části „izokinetická dynamometrie“ (Mendiguchia & Brughelli, 2011). Tyler, Schmitt, Nicholas a McHugh (2017) testují také v pozici, kdy je sval natažený. Autoři k tomu využívají pozic 80°, 60°, 40° a 20° flexe KOK za stále flexe KYK 120° (obrázek 7), což prokázalo vysokou reliabilitu. Studie byla provedena pomocí izokinetického dynamometru. Specificky na otestování BF slouží „Test of lateral hamstring“. Pacient leží na břiše, flektuje KOK 90° a v KYK zaujme maximální vnější rotaci, netestovaná DK je v neutrálním postavení (Kolt & Lynn, 2007). Terapeut uchopí testovanou DK nad hlezenní kloub a tlačí KOK do extenze za současné protisměrné kontrakce testovaného. Test je pozitivní pokud pacient cítí bolest nebo není schopen udržet DK ve výchozí pozici. Pakliže ve stejné pozici rotujeme KYK do maximální vnitřní rotace, získáme tzv. „Test of medial hamstring“, který slouží naopak k ozřejmění vnitřní strany hamstringů (SM a ST).



**Obrázek 6:** Izometrické testování svalové síly pomocí ručního dynamometru, A) v pozici břiše v 15° flexe KOK, B) na zádech v 90° flexe KOK a extenční funkce hamstringů C) v pozici na břiše a 90° flexe v KOK a D) v pozici na zádech s plnou extenzí v KOK (Hickey et al., 2022).



**Obrázek 7:** Izometrické testování svalové síly pomocí izokinetického dynamometru v pozicích 80°, 60°, 40° a 20° flexe KOK za stále flexe KYK 120° (Tyler et al., 2017)

## 6.2 Zobrazovací metody

Stále více zejména lékařských oborů si začíná osvojovat využití zobrazovacích metod jako jednu ze základních diagnostických modalit (McCurdie, 2012). V posledních letech došlo k nárůstu jejich využití zejména ve sportovní medicíně, do které spadá více než jedna třetina všech svalových poranění. Zobrazovací metody jsou důležité pro upřesnění diagnózy, stanovení prognózy a určení rehabilitačního plánu. V současné době nejpoužívanějšími modalitami jsou ultrazvuk a magnetická rezonance (Guermazi, Roemer, Robinson, Regatte, & Crema, 2017).

### 6.2.1 Ultrazvuk

UZ je zobrazovací technika využívající vlastnosti ultrazvuku pro diagnostiku svalových i orgánových poranění, která je zároveň zcela neinvazivní a bez dosud prokázaných rizik pro pacienta.

Při vyšetřování měkkých tkání je nutno si uvědomit odrazivost jednotlivých struktur. Zjednodušeně lze poměry vyjádřit v sestupné řadě odrazivosti (tzv. echogenity): kost, vazivo, vazivová chrupavka, sval, tuk, hyalinní chrupavka, tělní tekutiny. Při vyšetření pohybového aparátu posuzujeme zejména změny povrchových kontur a změny echogenity. Zvýšení echogenity je charakteristické pro fibrózní změny, degenerace a atrofie, zatímco její snížení je typické pro zánět či vyplnění defektu tekutinou. Nejvyšší diagnostickou hodnotu má stranové srovnání postižené a nepostižené strany (Hrazdira & Řezanicová, 2020).

K verifikaci svalových poranění a změn vazivových struktur (tendinopatie, léze, degenerativní změny, poškození chrupavky) se hojně využívá zobrazení trojrozměrné (3D) ultrasonografie. Jedná se o cennou diagnostickou metodu akutních svalových poranění, díky které dokážeme posoudit rozsah poškození i vzniklý hematom (Hrazdira & Řezanicová, 2020). V porovnání s 2D modelem nám 3D metoda dle Serafin-Król et al. (2008) umožňuje lepší porozumění anatomických vztahů svalových poranění s okolními tkáněmi. Drobná svalová poranění bývají těžko rozpoznatelná, vyžadují tedy také značné zkušenosti vyšetřujícího. To platí především při jejich diagnostice bezprostředně po úrazu, a proto je vhodné provádět kontrolní vyšetření v následujících 24 – 48 hodinách. Částečná nebo úplná ruptura se na sonografickém vyšetření zobrazí jako narušená kontinuita svalu, což se projeví hypoechogenitou a hematodem, který je naopak hyperechogenní, jeho resorpci lze následně sledovat spolu s hojením poraněné tkáně. Akutní ruptury šlach jsou doprovázeny hematodem, který odtlačuje šlachovou pochvu a peritoneum, v závažných případech dochází až ke ztrátě kontury šlachy. V ultrasonografické diagnostice svalových poranění je důležitá nejen zmíněná echogenita dané oblasti, která se snižuje s otokem nebo svalovou hypotrofií, ale také echostruktura (kontura a vlastní struktura svalu). Svaly jsou totiž ohraničené výrazně echogenní strukturou – svalovou fascií, jejíž oslabení a konvexní vyduťování oproti okolí či kontralaterální straně může svědčit o svalové hernii. (Hrazdira & Řezanicová, 2020). Burša (2021) v diagnostice akutních poranění rozdělil hodnocení na kvalitativní (svalová architektura a její změny, tukové či vazivové infiltrace) a kvantitativní (svalová plocha v rovině řezu, tloušťka svalu a objem svalové hmoty). Autor dále poznamenal, že s objemem svalové hmoty souvisí i svalová síla. Která je jednou z hlavních determinant zachování správné funkce pohybového (Burša, 2021).

Ultrasonografické vyšetření svalových poranění a šlach může být podle Hrazdira a Řezanicová (2020) taky velice přínosné pro fyzioterapeuty, a to nejen v diagnostice a objektivizaci ruptury, ale také k odhalení zánětlivých změn (tendinitidy, kalcifikace atd.). Tendinitidy se při vyšetření jeví jako vřetenovité rozšíření šlachy, entezopatie jako hypoechogenní prosaky úponu. Zároveň jsme pomocí tzv. elastografie schopni posoudit tuhost svaloviny, či odhalit reflexní změny, tedy funkční poruchy měkké tkáně, které nejsou zachytitelné jako strukturální změna, můžeme je ovšem vizualizovat jako zvýšení tuhosti jinak intaktní svalové tkáně. V neposlední řadě nám ultrasonografie v poúrazovém, ale i v pooperačním období umožňuje měřit svalovou hypotrofii z imobilizace a následně posuzovat efekt cvičení při opětovné výstavbě svalu (Hrazdira & Řezanicová, 2020).

### **6.2.2 Magnetická rezonance**

Magnetická rezonance je neinvazivní zobrazovací metoda, které nám umožňuje třírozměrný atomický obraz (Mo Ahn & El-Khoury, 2007). Její vývoj způsobil revoluci v diagnostice a terapii muskuloskeletálních poranění a onemocnění (Chung, Lektrakul, Gigena & Resnick, 2001). MRI se využívá zejména k hodnocení poškození měkkých tkání (Mo Ahn & El-Khoury, 2007). Specificky pro poranění dorzální skupiny svalů stehna jsme schopni rozlišit velikost poranění, určit konkrétní poraněný sval, přesnou lokalizaci a rozsah poranění (Greenky & Cohen, 2017). Díky svým vlastnostem se MRI stalo primární metodou pro hodnocení svalových poranění a jejich klasifikaci (Peetrons, 2002), nicméně s vývojem UZ se začínají objevovat nesouhlasné názory zpochybňující superioritu MRI oproti UZ (Linklater, Hamilton, Carmichael, Orchard, & Woods, 2010; Paoletta et al., 2021)

### **6.2.3 Porovnání UZ a MRI**

V posledních letech se diagnostický UZ stává stále více využívanou zobrazovací metodou v kontextu svalových zranění a to zejména díky jeho potenciálním výhodám oproti MRI (Hall, 2018). V porovnání s MRI je UZ výrazně levnější, skladnější a umožňuje vyhodnotit stav okolních struktur (Tok, Özçakar, De Muynck, Kara, & Vanderstraeten, 2012), zároveň je interaktivní a umožňuje dynamické vyšetření (Manara et al., 2013; Paoletta et al., 2021). Primární výhodou je ovšem možnost vykonávat vyšetření opakovaně a tím monitorovat proces hojení (Megliola et al., 2006; Paoletta et al., 2021). Velkou nevýhodou je vysoká závislost kvality vyšetření na vyšetřující osobě (Pasta, Nanni, Molini, & Bianchi 2010).

MRI se zdá být jasnou volbou při vyhodnocování svalové avulze, kde umožňuje podrobnější popis závažnosti poranění, na rozdíl od UZ, na kterém je těžká orientace z důvodu echogenního hematomu. MRI se dále jeví jako spolehlivější volbou jedná-li se o poranění svalů, které již v minulosti poraněné byly a to díky lepšímu zobrazení jizvy (Chu & Rho, 2016). Naopak UZ je podle Linklater et. al. (2010) citlivější pro vyhodnocování poranění nižších stupňů na příklad jeho natažení. Dále je UZ preferenční metodou při tendinitidách, kde jsme schopni hodnotit texturu postiženého svalu, hyperemii úponu, potenciální iregularity tělesných struktur a také pro tendinitidy typické zesílení postiženého úponu, což je patrné na obou modalitách (Linklater et al., 2010). Dle Paoletta et al. (2021) je MRI lepší volbou vyšetření svalových poranění nižšího stupně, nicméně bavíme-li se o závažnějších poranění, jejich vypovídající hodnota je srovnatelná. Pokud bychom však brali v potaz zmíněné výhody UZ oproti MRI, můžeme dojít k závěru, že UZ je opravdu ideálnější modalitou pro tuto potřebu.

## 7 IZOKINETICKÁ DYNAMOMETRIE

Pojem „izokinetika“ vyjadřuje pohyb prováděný konstantní rychlostí, kdy sval či svalové skupiny pracují proti neustále se přizpůsobujícímu odporu (Dvir, 2004). Izokinetické dynamometry představují efektivní způsob dynamického testování svalu nebo svalové skupiny do jeho maxima v celém rozsahu pohybu, a to díky odporu přímo úměrnému síle, kterou pacient vyvíjí. Zároveň je testování pro pacienta bezpečné, protože se nikdy nesetká s odporem, který by nebyl schopný zvládnout (Davies & Ellenbecker, 2012). Základními komponentami testování jsou nicméně motivace a spolupráce. (Spencer-Wimpenny, 2010).

Všechny izokinetické dynamometry pracují na stejném principu, kdy se rameno páky, které je v kontaktu s testovaným, pohybuje v jedné ose otáčení konstantní rychlostí. Na rameni se nachází odporová podložka, do níž testovaný tlačí. Dynamometry mají dále tzv. hlavu, která umožňuje samotné měření rychlosti, polohy a působící síly. Informace o naměřených hodnotách jsou zaznamenávány tzv. „kontrolní jednotkou“, kterou tvoří počítač (Dvir, 2004). Mezi tyto hodnoty patří nejčastěji moment síly (torque, Nm), jehož velikost je dána produkcí svalové síly v průběhu testovaného ROM. V publikacích se nejčastěji setkáme s maximálním momentem síly (peak torque, PT), ke kterému dochází v tzv. úhlu maximálního momentu síly, rozumí se tím pozice, kterou testovaná končetina zaujímá při dosažení PT. Autoři obvykle hodnotí také svalovou práci (work, J), tedy součin svalové síly, a dráhy pohybu a výkon (power, W), počítaný jako množství práce vykonané za jednotku času. Počítačová zpětná vazba nám poté umožňuje přesnou diagnostiku, a to nejčastěji v podobě grafu, který zároveň tvoří zpětnou vazbu pro testovaného. Pacient má tedy možnost sledovat průběh testování, což může sloužit také jako motivace (Kim & Kramer, 1997). U většiny moderních dynamometrů lze využít více režimů a to koncentrický, excentrický či izometrický (Brown, 2000).

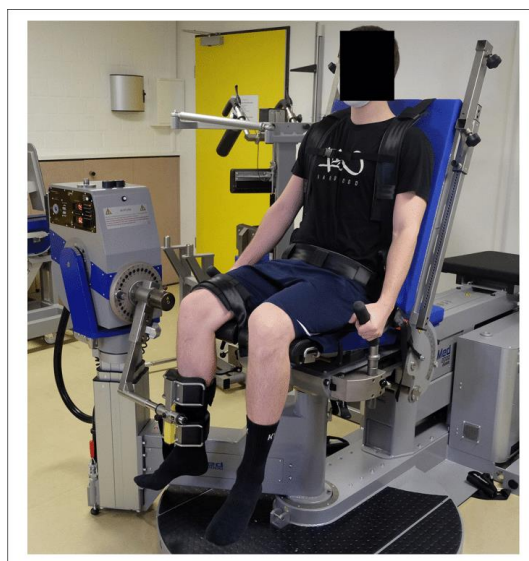
### 7.1 Izokinetické testování

Izokinetika je velice komplexní způsob měření svalové aktivity. Aby tedy bylo testování validní, je třeba předem specifikovat kontrolní parametry. Obecně lze tyto parametry rozdělit do dvou skupin na kloubním spojení závislé a nezávislé. Mezi parametry na kloubním spojení závislé patří rozsah pohybu, úhlová rychlost, pozice a stabilizace pacienta/probanda, nastavení osy dynamometru a testovaného kloubu a nastavení režimu měřené kontrakce. Mezi parametry na kloubním spojení nezávislé patří izometrická preaktivace (dále IPA) nebo na příklad zpětná vazba (Dvir, 2004).



Testování by mělo probíhat dle předem zvoleného protokolu, který by dle Davies a Ellenbecker (2012) měl obsahovat edukaci pacienta, testování zdravé končetiny před poraněnou (čímž stanovíme hodnoty pro porovnání), zahřátí pacienta ve všech testovaných úhlových rychlostech, kalibraci a nastavení přístroje. Brown (2000) navíc uvádí počet opakování, interval odpočinku, rozsah pohybu a testovací pozici.

Jednou z důležitých proměnných je volba kinematického řetězce. Každý pohyb lidského těla je totiž realizován mezi dvěma segmenty (proximální a distální) společně označovanými termínem „pohybový segment“. Jestliže je distální segment volný, lze tedy uskutečnit pohyb se změnou postavení v jediném kloubu (na příklad předkopávání, kde noha je volná a pohyb je uskutečněn v kolenním kloubu), hovoříme o řetězci otevřeném (dále OKC). O uzavřený řetězec (dále CKC) se bude jednat za podmínek, kdy distální segment bude nehybný vůči proximálnímu (nohy jsou pevně na zemi a já vykonávám dřep) (Dvořák, 2003). Testování v CKC na dolních končetinách se využívá převážně formou „leg press“. Díky tomuto způsobu jsme schopní hodnotit funkci DK jako celku, dochází při něm totiž ke koaktivaci všech svalů testované končetiny (Brown, 2000). Ovšem právě tento fakt je podle Davies a Ellenbecker (2012) schopný maskovat případnou patologii, některé svalové skupiny mohou totiž vykompenzovat potenciální patologii jiných. Autoři dále uvádí, že chceme-li hodnotit svaly kolenního kloubu, je nutné je testovat samostatně využitím OKC (obrázek 8), čímž získáme větší kontrolu nad testovaným segmentem a schopnost optimálního nastavení parametrů. Argumentem pro využití CKC je jeho potenciálně vyšší stupeň korelace s reálným pohybem, čímž se dle (Brown, 2000) CKC jeví jako superiorní volbou pro funkční testování dané končetiny. Tento argument podpořili (Blackburn & Morrissey, 1998), kteří demonstrovali lepší korelaci mezi CKC a skokem do výšky.



**Obrázek 8:** Testování na izokinetickém dynamometru Izomed 2000 v pozici v sedě (Kolodziej et al., 2021)



### **7.1.1 Parametry na kloubním spojení závislé**

Následující parametry si nastavuje testující před samotným zahájením testování tak, aby co nejlépe odpovídali cíli testování a možnostem pacienta – můžeme je tedy nazvat také jako parametry „předem nastavitelné“. Pro správný průběh a validitu je nutné zajistit výchozí pozici. Testování v OKC, které je tedy častější volbou, se běžně provádí ve třech polohách: sed a supinovaná nebo pronovaná poloha. Nejčastěji se využívá poloha sedu, při které testovaný sedí vzpřímeně (trup s DKK svírá úhel asi 100–110°), vyšší záklon by dle Bohannon, Williams a Brodie (1986) měl efekt na testování musculus quadriceps. Přesnost testování je dále zajištěna stabilizací pacienta a to běžně v oblasti stehen a pánve pomocí fixačních pásů. Měření probíhá v rámci jedné končetiny. Někdy se využívají také fixace trupu či horních končetin, nicméně je potřeba zdůraznit potenciální zkreslení výsledné hodnoty vlivem přidání nebo ubrání fixace. Je tedy třeba využívat stejnou fixaci při každém měření konkrétního klienta. Supinovaná poloha je typická tím, že je zde netestovaná DK držena ve flektované pozici, s cílem snížení zátěže na bederní páteř. Jak v supinované, tak v pronované poloze je fixace za pánev (Dvir, 2004). Pronovaná pozice by měla být podle Worrell, Perrin a Denegar (1989) nejideálnější pro testování hamstringů, nicméně většina novodobých studií i v tomto případě využívá polohu sedu. Zmíněné polohy byly mezi sebou porovnávány již mnoha studiemi, na příklad Findley et al. (2006) zkoumali rozdíl hodnot jak maximálního, tak průměrného momentu síly a svalové práce. V této studii vyšla poloha sedu jako superiorní ve všech třech hodnotách, následována pozicí pronovanou (tabulka 4). Dle (Brown, 2000) je také velice důležité každého pacienta testovat výhradně v jedné pozici, aby byla udržena reprodukovatelnost a validita měření.

S testováním v OKC se dále pojí nastavení pozice odporové podložky, ta je za normálních okolností nastavena těsně nad úroveň mediálního malleolu (Dvir, 2004). Ve studii od Kramer, Hill, Jones, Sandrin a Vyse (1989) více než 70 % testovaných jedinců preferovalo zmíněnou pozici, ostatní preferovali podložku ve 2/3 délky bérce, načež Siewert, Ariki, Davies a Rowinski (1975) uvádí, že hodnoty testovaných veličin se přímo úměrně snižují se vzdáleností mezi KOK a podložkou.

**Tabulka 4:** Porovnání hodnot naměřených v jednotlivých polohách (Findley et al., 2006, upraveno)

|                                   | Úhlová rychlost (°/s) | Flexe |                                    | Extenze |                                    |
|-----------------------------------|-----------------------|-------|------------------------------------|---------|------------------------------------|
|                                   |                       | Sed   | Pronovaná poloha (% hodnoty vsedě) | Sed     | Pronovaná poloha (% hodnoty vsedě) |
| <b>Maximální Moment síly (Nm)</b> | 60                    | 99,2  | 87,1 (87,8 %)                      | 189,9   | 173,7 (91,5 %)                     |
|                                   | 120                   | 91,4  | 73,9 (80,9 %)                      | 163,4   | 129,2 (76,1 %)                     |
|                                   | 180                   | 86,0  | 71,0 (83,6 %)                      | 139,9   | 115,8 (82,8 %)                     |
|                                   | 240                   | 83,5  | 66,4 (79,5 %)                      | 123,3   | 108,9 (88,3 %)                     |
|                                   | 360                   | 98,7  | 67,0 (67,9 %)                      | 106,2   | 91,3 (86,0 %)                      |
| <b>Průměrný Moment síly (Nm)</b>  | 60                    | 355,4 | 331,4 (93,2 %)                     | 576,1   | 531,3 (92,2 %)                     |
|                                   | 120                   | 347,1 | 256,7 (74,0 %)                     | 536,1   | 398,2 (74,3 %)                     |
|                                   | 180                   | 314,9 | 234,7 (75,0 %)                     | 464,5   | 371,9 (80,0 %)                     |
|                                   | 240                   | 260,3 | 216,7 (83,6 %)                     | 396,0   | 341,2 (86,2 %)                     |
|                                   | 360                   | 209,7 | 170,0 (81,1%)                      | 310,7   | 253,3 (81,5 %)                     |
| <b>Svalová práce (J)</b>          | 60                    | 72,2  | 61,0 (84,5 %)                      | 126,3   | 94,0 (76,0 %)                      |
|                                   | 120                   | 118,2 | 90,8 (76,8 %)                      | 209,3   | 137,2 (65,6 %)                     |
|                                   | 180                   | 139,2 | 119,1 (85,6 %)                     | 252,3   | 180,6 (71,6 %)                     |
|                                   | 240                   | 165,9 | 137,8 (83,1 %)                     | 263,9   | 209,9 (79,5 %)                     |
|                                   | 360                   | 172,2 | 132,0 (71,4)                       | 265,0   | 200,0 (75,5 %)                     |

Pro testování je dále důležitá volba ROM, kterým se rozumí pohyb ramene páky, nikoliv testovaného kloubu. ROM je předem stanovený parametr, který můžeme rozdělit na tři části: akcelerace, fáze konstantní úhlové rychlosti a decelerace (Dvir, 2004). Ačkoliv princip izokinetické dynamometrie vychází z konstantní úhlové rychlosti, každému pohybu, ať už při testování nebo cvičení, předchází fáze akcelerace, tedy doba, kterou sval potřebuje na vyprodukování síly potřebné pro kontrakci (Brown, & Whitehurst, 2000). Poté následuje fáze konstantní úhlové rychlosti (tzv. load range), kde dochází k měření většiny požadovaných hodnot (Brown, Whitehurst, Gilbert, & Buchalter, 1995) a pohyb je ukončen fází decelerační. Autoři se obecně shodují na tom, že by testovaný pohyb měl být vyšetřen v celém ROM, jelikož některé

dysfunkce se projeví jen v určitém stupni flexe či extenze (Davies & Ellenbecker, 2012). Je-li pozice kontraindikována, lze testovaný rozsah upravit.

Výsledky testování závisí také na rychlosti pohybu, ve kterém testování probíhá, tedy úhlová rychlost. Hodnoty úhlové rychlosti můžeme rozdělit na nízké (do 180°/s), střední (180–300°/s) a rychlé (nad 300°/s). Komfortní hodnoty úhlové rychlosti se pohybují mezi 60°/s a 180°/s, v tomto rozsahu je dle (Dvir, 2004) nejvyšší stupeň validity, nicméně případná patologie by se dle Zemach, Almoznino, Barak a Dvir (2009) měla projevit v celém rychlostním spektru. Kues, Rothstein a Lam (1992) však uvádí problém s využitím vysoké úhlové rychlosti. Dle autorů zde dochází ke zkrácení fáze, kdy je úhlová rychlost konstantní, což vede ke zkreslení výsledků, zřejmě díky prodloužení akcelerace a decelerace. Dvir (2004) dále uvádí, že ze zmíněného důvodu nám úhlové rychlosti nad 300°/s nepřinesou užitečné informace. Pokud se ale domníváme, že patologie je spojena s rychlým pohybem, je zde dle autora na místě udělat výjimku.

### **7.1.2 Parametry na kloubním spojení nezávislé**

Mezi tyto parametry se řadí izometrická preaktivace, feedback nebo také již zmíněná akcelerace a decelerace. IPA je izometrická kontrakce testovaného svalu proti rameni páky před samotným provedení pohybu ve stanovené úhlové rychlosti. Nejčastěji se s tímto parametrem setkáme v podobě určitého procenta z maximální volní izometrické kontrakce (Dvir, 2004). Studie Narici, Sirtori, Mastore a Mognoni (1991) prokázala, že aplikace IPA v hodnotě 25 % maximální volní svalové kontrakce vedla k vyšším hodnotám PT. S podobným závěrem přišli i (de Morton & Keating, 2002).

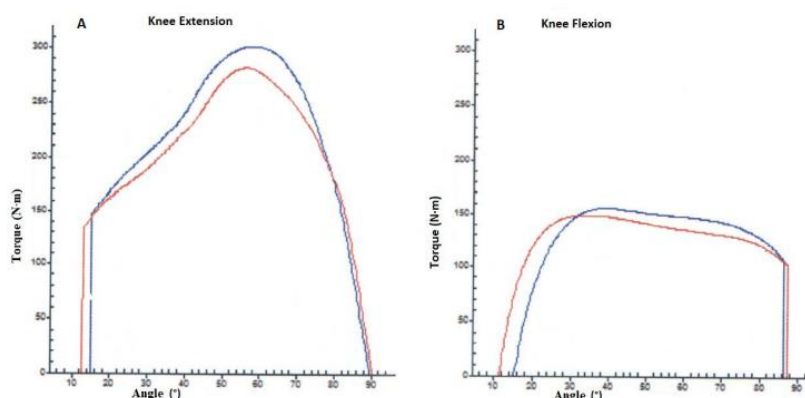
Stejně tak jako u jiných motoricko-senzorických modalit je i výkon při izokinetickém testování ovlivněn zpětnou vazbou (feedback), který má vliv na motivaci, udržení výkonnosti nebo také umožňuje korekci chyby (Dvir, 2004). Jak moc se feedback projeví na výsledném testování zkoumali Hobbel a Rose (1993), a to konkrétně v podobě PT. Subjektem studie byli 2 skupiny. Obě skupiny byly nejdříve testovány bez zpětné vazby a následně při druhém testování jedna skupina feedback dostala, zatím co druhá, kontrolní skupina, ho nedostala. Výsledkem bylo značné zlepšení první skupiny a to ve všech testovaných úhlových rychlostech, což odpovídá konsenzu, se kterým přišli (Peacock, Westers, Walsh, & Nicholson, 1981).

### **7.1.3 Interpretace výsledků**

Svalová síla umožňuje dynamickou stabilizaci kloubu, čímž snižuje riziko poranění. Nejedná se ovšem primárně o sílu jednoho svalu, nýbrž o poměr svalové síly mezi agonisty

a antagonisty (Calton & Coupe, 1998). V našem případě flexorů a extenzorů kolenního kloubu, tedy poměr hamstringů vůči musculus quadriceps femoris (H/Q ratio). S tímto parametrem se nejčastěji setkáme v podobě konvenčního poměru (H/Qcon), z jehož výsledných hodnot jsme schopni určit výskyt předchozího poranění (Houweling, Head, & Hamzech, 2009). Poměr je vyjádřen podílem PT koncentrické kontrakce hamstringů a PT koncentrické kontrakce musculus quadriceps (Dvir, 2004). Z toho by ale vyplývalo, že koncentrická kontrakce probíhá v obou svalových skupinách zároveň, což neodpovídá reálné situaci. Při fyziologickém pohybu v kolenním kloubu dochází současně ke koncentrické kontrakci jedné skupiny a excentrické kontrakci druhé a naopak. Někteří autoři proto zpochybňují validitu konvenčního H/Q poměru. Z tohoto důvodu se v mladší literatuře začal objevovat pojem funkční H/Q poměr (H/Qfun), který vyjadřuje schopnost flexorů kolene brzdit pohyb prováděný zapojením jeho extenzorů nebo naopak (Dvir, 2004). Nicméně podle Coombs, Garbutt a Cramp (2002) k dosažení PT excentrické flexe a PT koncentrické extenze dochází ve značně odlišných úhlech. Funkční poměr tedy srovnává síly, které se během pohybu nikdy neobjevují současně.

Izokinetická dynamometrie zaznamenává průběh pohybu a znázorňuje jej graficky v podobě křivky momentů síly (Davies, Riemann, & Ellenbacker, 2018). Pakliže testovaný netrpí žádnou patologií v oblasti KOK, křivka by měla mít charakteristický tvar. V případě poranění hamstringů se projev liší mezi publikacemi v závislosti na zaměření studie. Ve studii Van Dyk et al. (2016) se hamstring na poraněné DK prokázal jako silnější (obrázek 9), nicméně například studie (Yamamoto, 1993) ukázala opak. Podrobněji se této problematice věnuje např. (Zajončková, 2022).



**Obrázek 9:** Fyziologická křivka průběhu pohybu kolenního kloubu při flexi a extenzi měřených v rozmezí 10°–90° (Stastny, Lenhert & Tufano, 2018).

### 7.1.4 Reliabilita izokinetického testování

Izokinetika obecně dosahuje vysokých hodnot reliability a validity, a to zejména při správném nastavení parametrů vzhledem k cíli prováděného testování. Otázkou reliability izokinetické dynamometrie se zabývali (Perrin & Perrin, 1986) (tabulka 5). Dle dané studie byla průměrná hodnota reliability hodnocení PT 0,88, K podobnému výsledku došli i (Johnson & Siegel, 1978). Nízkou reliabilitou se ve zmíněné studii prezentovala jen vytrvalost, kterou autoři vypočítali pomocí celkové práce při prvním a posledním opakování.

**Tabulka 5:** Koeficienty reliability izokinetického testování KOK pomocí dynamometru Cybex (Perrin & Perrin, 1986, upraveno)

| Pohyb v KOK    | Maximální moment síly |      | Vytrvalost |      | Průměrný moment síly |      | Celková práce |      |
|----------------|-----------------------|------|------------|------|----------------------|------|---------------|------|
|                | L                     | P    | L          | P    | L                    | P    | L             | P    |
| Extenze 60°/s  | 0.84                  | 0.85 | -          | -    | -                    | -    | -             | -    |
| Extenze 120°/s | 0.93                  | 0.87 | 0.41       | 0.62 | 0.94                 | 0.90 | 0.91          | 0.91 |
| Flexe 60°/s    | 0.83                  | 0.92 | -          | -    | -                    | -    | -             | -    |
| Flexe 120°/s   | 0.88                  | 0.89 | 0.45       | 0.21 | 0.95                 | 0.90 | 0.94          | 0.96 |

Vysvětlivky: L – levá DK, P- pravá DK

## 7.2 Izokinetické cvičení

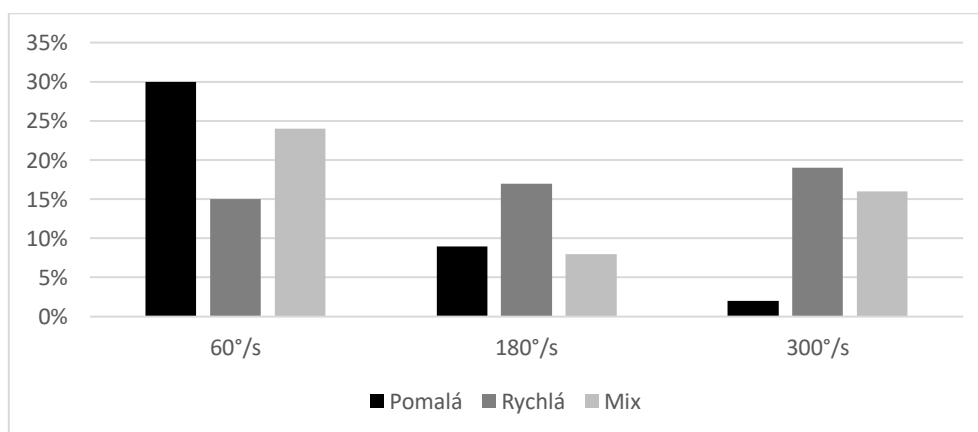
Přestože dle Grimby (1982) jsme dříve nebyli schopni pro izokinetické cvičení vytvořit vyhovující podmínky, je v dnešní době využití izokinetiky ve sportovním tréninku a cvičení běžné. Princip maximálního zatížení v plném ROM se dle Brown (2000) prokázal užitečným nejen v rozvoji síly, ale také výkonu a svalové hypertrofie. Nicméně v rehabilitaci se s izokinetikou setkáváme až v posledních letech, a to zejména u pacientů po poranění předního zkříženého vazů nebo měkkého kolena (Pořánský, 2005).

S izokinetickým tréninkem se váží dvě zásadní otázky. Jaké je optimální tréninková úhlová rychlost? Pokud cvičím v jedné úhlové rychlosti, zlepší se můj výkon i v ostatních úhlových

rychlostech? Pokud by byla jedna úhlová rychlost superiorní oproti ostatním, nedocházelo by k navýšení síly pouze v dané rychlosti, ale i ve všech ostatních, což by značně zvýšilo potenciál rehabilitace i sportovního tréninku. Na tuto problematiku se soustředilo již mnoho autorů. Bell a Snyder (1991) se zaměřili na rozdíl ve cvičení v 60°/s a 180°/s, autoři však nenašli žádné výkyvy v nárůstu PT mezi skupinami, s čím souhlasili i (Lacerte, deLateur, Alquist, & Questad, 1992), podle jejichž názoru dochází při tréninku v těchto úhlových rychlostech ke stejnému nárůstu PT napříč celého spektra. Vliv rychlosti otáčení se tak zdá být viditelný až při porovnání nízké a vysoké rychlosti.

Hislop a Perrine (1967) porovnávali dvě skupiny, které cvičili v 60°/s a 240°/s třikrát týdně po dobu šesti týdnů. Maximální moment síly u pomalé skupiny se zlepšil v nízkých a středních rychlostech, zatímco rychlá skupina se zlepšila ve všech rychlostních pásmech. Konkrétnější byli Ewing, Wolfe, Rogers, Amundson a Stull (1990), kteří při podobných podmínkách naměřili zlepšení pomalé skupiny s o zhruba 10 % a rychlé skupiny ve o zhruba 18 %. Coyle et. al. (1981) do své práce zahrnuli i skupinu, která rychlosti ve svém tréninku kombinovala. Pomalá skupina (60°/s) cvičila 5 sérií po 6 maximálních kontrakcích, rychlá (300°/s) stejný počet sérií po 12 maximálních kontrakcích. Autoři tedy zvolili různé počty opakování pro obě skupiny, díky čemuž lze zpochybňovat její validitu. Nicméně výsledky ukazují, že ideálním rozsahem pro trénink je 180 – 240°/s (graf. 1), s čímž souhlasí i (Brown, 2000), avšak podotýká, že pokud se chceme zlepšovat v konkrétní úhlové rychlosti, tak bychom ji také měli trénovat.

**Graf 1:** Efekt izokinetického tréninku v úhlových rychlostech 60°/s, 300°/s a v jejich kombinaci (Coyle et al., 1981, upraveno)



V konverzaci o izokinetickém cvičení se často objevuje jeho funkční hledisko, které bylo podnětem hned několika studií. Brown (2000) nachází problém izokinetiky v oblasti cvičení a rehabilitace ve využití řetězce. Většina „funkčních“ pohybů se neuplatňuje pouze v jednom

kloubu, natož v jedné rovině pohybu, autor tedy zpochybňuje validitu OCK při testování a cvičení. Mladší studie ovšem demonstrovaly efekt využití OKC v rehabilitaci na funkci v CKC, na příklad Sekir, Yildiz, Hazneci, Ors a Aydin (2007) demonstrovali efekt izokinetického cvičení v OKC na funkci kotníku. Probandi cvičili v úhlové rychlosti 120°/s po dobu šesti týdnů. Výsledné testování prokázalo zlepšení ve všech deficitních hodnotách, a to včetně rovnováhy či propriocepce. Nutno podotknout, že autoři měli specifickou stabilizaci pro testování a trénink kotníku. Podle Kannus (1994) využití izokinetického cvičení v rehabilitaci dále naráží na problém neustále se měnící úhlové rychlosti, a to u většiny „funkčních“ pohybů. Autor udává příkladem dřep s výskokem, kdy se při descendentní fázi vlákna kvadricepsu natahují a působí excentricky, tento pohyb je většinou pomalejší, mimo jiné z důvodu potřebné kontroly nad pohybem a při ascendentní fázi dochází ke koncentrické kontrakci ve vysoké rychlosti.

V posledních letech se spousta studií soustředí na vliv typu kontrakce na efektivitu izokinetického cvičení. Využívají k tomu různé svalové skupiny a úhlové rychlosti. Hlavním cílem těchto studií je zjistit, zda cvičení v koncentrických kontrakcích povede ke zlepšení výkonnosti pouze v trénované kontrakci nebo zda dojde ke zlepšení i v excentrické síle a naopak (Sharma et al., 2022). Duncan, Chandler, Cavanaugh, Johnsin a Buehler (1989) porovnávali 2 skupiny, které cvičili v úhlové rychlosti 120°/s po dobu šesti týdnů. První skupina trénovala kontrakci koncentrickou a druhá excentrickou. Autoři zaznamenali zlepšení pouze v kontrakcích, které konkrétní skupina trénovala. Pro kontrast Pavone a Moffat (1985) uvádí, že tréninkem v koncentrických a excentrických kontrakcích došlo k pozitivním změnám i v kontrakci izometrické. Podle této studie efektivita cvičení není závislá na druhu kontrakce. Názory na dané téma se rozcházejí, nicméně zásadní vliv koordinace antagonistických svalových skupin při běžných denních aktivitách pro normální fungování zůstává faktem. Sharma et al. (2022) ovšem uvádí, že za předpokladu existence specifity pro kontrakci, je pro rehabilitaci, prevenci zranění i navýšení výkonnosti potřeba vykonávat oba druhy kontrakce, pokud by však byla specifita vyloučena, mohli bychom s pacienty cvičit jen jeden typ kontrakce. Sharma et al. (2022) proto otevřeli studii, ve které porovnávali výsledky dvou patnáctičlenných skupin (koncentrická a excentrická), kdy obě využívali izokinetického principu kontrakce. Pro test byla zvolena vždy nedominantní DK. Samotný test byl proveden v ROM mezi 5–100° flexe KOK. Autoři zvolili úhlovou rychlost 60°/s pro testování obou skupin. Jedinci dále trénovali ve svých určených kontrakcích 2x týdně 3 série po 10 opakování po dobu 6 týdnů, než byli znovu pozváni na konečné testování. Obě skupiny, jak excentrická, tak koncentrická, navýšily hodnoty maximálního momentu síly při excentrické kontrakci (excentrická o 21,55 %, koncentrická o 12,95 %), avšak v koncentrické síle se neukázalo výrazné zlepšení ani u jedné ze skupin (tabulka 6). Významnější změna byla v H/Qfun poměru, jehož hodnoty se u excentrické skupiny zlepšili z původních 0,76 na 0,87 a u

koncentrické skupiny z 0,76 na 0,83. Studie dále poukazuje na snížení doby akcelerace u obou skupin. Z výsledků je patrné, že oba druhy kontrakce vedly ke zlepšení měřených hodnot (až na koncentrický maximální moment síly), nicméně nelze říci, že by jeden typ kontrakce byl superiorní, je však potřeba zdůraznit, že testování bylo provedeno pouze v nízkých úhlových rychlostech (Sharma et al., 2022).

**Tabulka 6:** Porovnání vlivu koncentrické a excentrické kontrakce na efektivitu izokinetického tréninku (Sharma et al., 2022, upraveno).

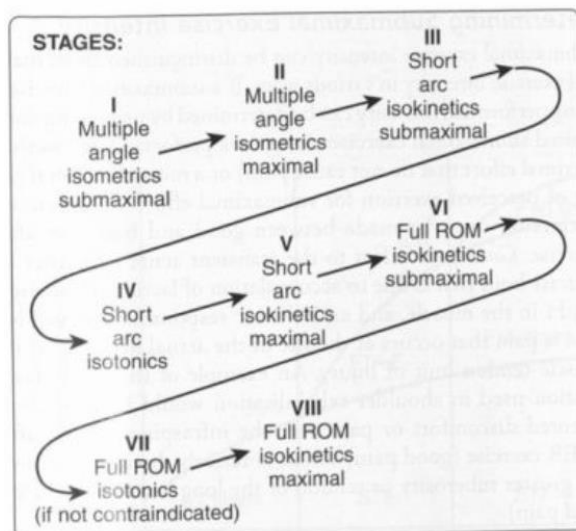
| Testované hodnoty | Excentrická skupina |           | Koncentrická skupina |           |
|-------------------|---------------------|-----------|----------------------|-----------|
|                   | 1. měření           | 2. měření | 1. měření            | 2. měření |
| PTecc (Nm)        | 119.77              | 145.58    | 115.34               | 130.28    |
| PTcon (Nm)        | 162.18              | 166.73    | 149.84               | 157.65    |
| Hecc/Qcon (Nm)    | 0.74                | 0.87      | 0.76                 | 0.83      |

Vysvětlivky: PTecc – maximální moment síly excentrické kontrakce, Ptcon – maximální moment síly koncentrické kontrakce, Hecc/Qcon – funkční hodnota H/Q poměru

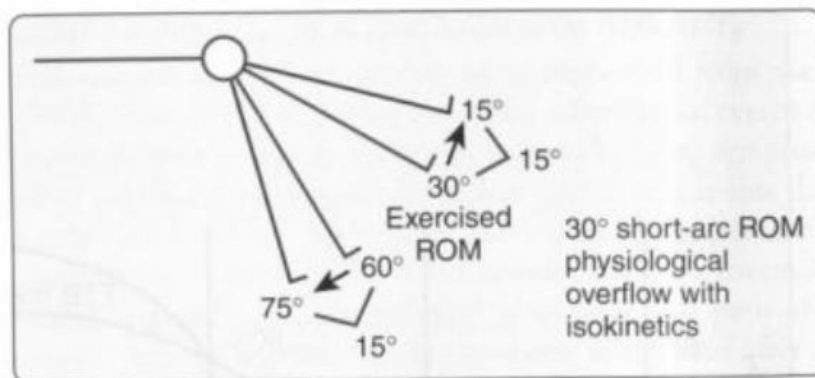
### 7.3 Aplikace izokinetiky v rehabilitaci

Ellenbecker a Davies (2000) navrhli rehabilitační plán, který je relevantní dodnes. Plán je rozdělený do 8 částí, stupňovaných od nejjednodušších cviků ke složitějším (obrázek 10). Rehabilitace začíná cvičením v submaximálních izometrických kontrakcích. Pacient provádí kontrakci každých 20° možného ROM, čímž se fyziologicky procvičí celý pacientův rozsah. Jestliže cvik neprovokuje pacientovy symptomy, může terapeut navýšit zátěž na jednu zkušební sérii a sleduje, zda se pacient nezhorší, pokud ne, už se k předchozímu cviku nevrací. Dalším krokem je přechod z izometrické kontrakce na izotonickou, v níž pacient vykonává dynamický pohyb v omezeném rozsahu. Autoři v této fázi pracují s pojmem „physiological overflow“ o velikosti 30° ROM (obrázek 11) Tento pojem znamená, že pakliže pacient cítí bolest v určité fázi pohybu, cvičí například pouze 15° před a 15° za bolestivým rozsahem, kdy na základě „physiological overflow“ se efekt cvičení dostaví i ve zbylém rozsahu (Ellenbecker & Davies, 2000).



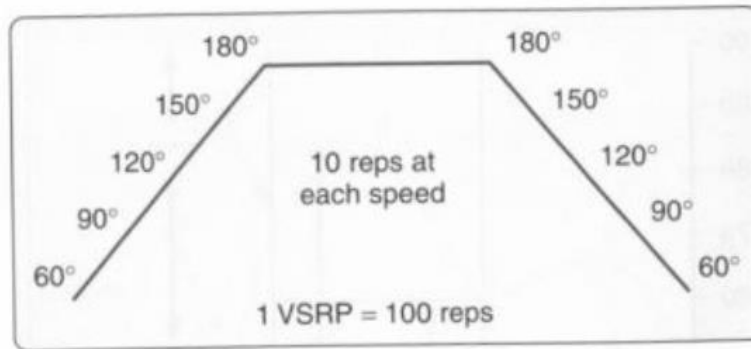


**Obrázek 10:** Schéma jednotlivých fází odporového tréninku (Ellenbecker & Davies, 2000)



**Obrázek 11:** Schéma „overflow efektu“ při cvičení ve zkráceném ROM (Ellenbecker & Davies, 2000)

Počet opakování je vždy stejný. V izometrické fázi pacient vykonává 10 s kontrakce a 10 s relaxace (10 sérií), kdy kontrakce je dále rozdělena na tři části: 2 s akcelerace, 6 s „load range“ a 2 s decelerace. V izotonické fázi autoři následují protokol rehabilitace v celém spektru úhlových rychlostí od 60 do 180°/s, kdy postupují vždy o 30°/s mezi sériemi (obrázek 12). Využívají tak účinku „physiological overflow“ efektu, díky kterému dochází k procvičení v celém spektru. Podle tohoto protokolu provádí pacient 10 kontraktí v každé úhlové rychlosti s intervalem odpočinku 40-90 s. Podrobněji se této problematice věnuje např. (Zajončková, 2022).



**Obrázek 12:** Schéma opakování v protokolu rehabilitace v celém spektru úhlových rychlostí (Ellenbecker & Davies, 2000)

#### 7.4 Problematika poranění hamstringů

V problematice svalových zranění v oblasti hamstringů se literatura často zaměřuje na vyhodnocování naměřených hodnot s cílem předpovědi rizika pro poranění. Původní literatura zabývající se touto problematikou, byla zaměřena primárně na bilaterální rozdíl měřených hodnot mezi dolními končetinami. Jednu z původních studií na toto téma publikoval (Burkett, 1970), který se domníval, že zvýšené riziko poranění hamstringů mají jedinci s 10 % a větším bilaterálním rozdílem v síle dané svalové skupiny. Tuto myšlenku podpořili následující studie (Orchard, Marsden, Lord, & Garlick, 1997; Yamamoto, 1993). Naopak v práci Croisier, Gauteaume, Binet, Genty a Ferret (2008) se zmíněná dysbalance projevila u 216 z 462 testovaných jedinců, nicméně incidence poranění v následujících sezónách byla u obou skupin srovnatelná. S podobnými výsledky přišli i (Bennell et al. (1998); Dauty, Menu, Fouasson-Chailloux, Frréol, & Dubois (2016, 2017); Freckleton & Pizzari, 2013). Subjektem testování ve studii Bennell et. al. (1998) bylo více než 100 hráčů australského fotbalu rozdělených do dvou skupin, na zdravé hráče a hráče s historií poranění hamstringu. Obě skupiny byly testovány v úhlových rychlostech 60 a 180°/s a následně sledovány po dobu několika sezón. Bilaterální deficit byl naměřen u 47 % testovaných hráčů, vyšší riziko poranění se však neprokázalo. Zároveň se jednalo o jednu z prvních studií, zabývajících se touto problematikou, využívajících H/Qfun. Nicméně na základě naměřených hodnot nebyli autoři schopni poranění předpovídat. Jediným validním parametrem se podle autorů jeví konvenční H/Q poměr ve 180°/s, s jehož výpovědní hodnotou souhlasili také Dauty et al. (2016), kteří ve své studii stanovili predikční hodnotu daného parametru na 36,9 %, pakliže je jeho hodnota nižší než 0,47.

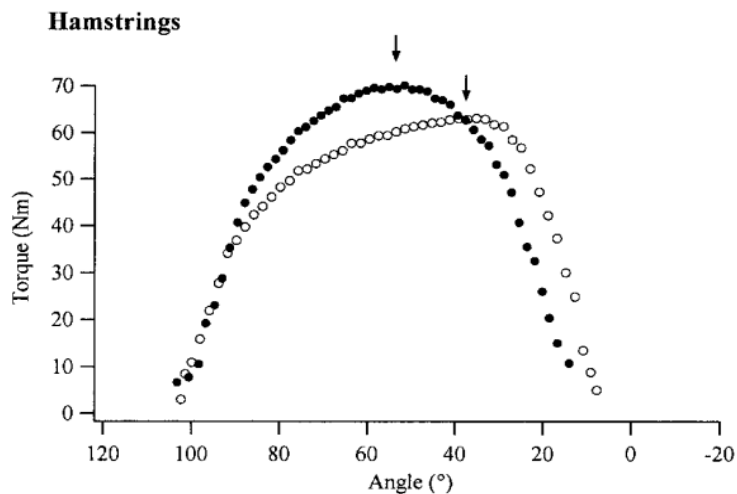
Predikční hodnotu Izokinetického testování ve vztahu k riziku poranění zpochybňují (Dauty et al., 2018b), kteří ve své studii testovali téměř všechny běžně testované parametry u

194 hráčů, z čehož 37 se v následující sezóně zranilo. Studie však mezi nimi neukázala žádné rozdíly v měřených hodnotách. S podobnými výsledky vystoupili také Green, Bourne a Pizzari (2018), kteří provedli metaanalýzu s cílem identifikovat validitu izokinetického testování ve vztahu k predikci poranění hamstringů. Ze studie je patrné, že důkazy o souvislosti oslabení extensorů či flexorů KOK získané danou metodou s rizikem vzniku poranění jsou velice slabé. Podle zmíněné metaanalýzy izokinetika nejspíše není nejlepší způsob identifikace rizika poranění hamstringů pro svalové dysbalance z důvodu své komplexnosti a množství faktorů, které do testování vstupují, jako testovaná poloha, úhlová rychlost nebo druh kontrakce. Toto tvrzení se shoduje s názorem Schache, Brown a Pandy (2015), že přestože testovaná poloha má replikovat švihovou fázi, nejspíše není schopná zachytit funkční deficit testovaného jedince.

S novým pohledem na izokinetické testování v problematice hamstringů přišli (Croisier & Crielaard, 2000). Tato studie se původně zaměřila na H/Qfun 240°/s, narazili však na problém ve validitě takto rychlé excentrické kontrakce. Z tohoto důvodu byla ve studii Croisier, Forthomne, Namurois, Vanderthmmen a Crielaard (2002) zvolena úhlová rychlost 30°/s pro excentrickou kontrakci hamstringu. Autoři izokineticky testovali zdravé sportovce a sportovce, kteří se v minulosti již zranili. Studie ukázala Hecc30/Qcon240 jako jediný výrazně rozdílný parametr při porovnání mezi zdravou končetinou a v minulosti poraněnou, ačkoliv paradoxně nebyl nalezen žádný izolovaný izokinetický deficit mezi končetinami. Na základě těchto výsledků autoři označili daný parametr jako nejlépe vystihující reálné biomechanické podmínky ve sprintu. Ve navazující studii Croisier, Ganteuame, Binet, Grenty a Ferret (2008) porovnávali pouze zdravé jedince, kde se daný parametr ukázal jako deficitní u 87 % testovaných sportovců, kteří prokázali svalovou dysbalanci (deficitní hodnota byla autory stanovena na 0.85 a nižší). Ze studie také vyplývá, že pokud u jedinců se svalovou dysbalancí nedojde ke korekční intervenci, riziko zranění stoupá až čtyřnásobně. Vysoké hodnoty tohoto funkčního poměru byly naopak asociovány s nižším rizikem poranění. Croisier et al. (2008) tedy zastávají názoru, že diskutovaný parametr má predikční hodnotu v oblasti poranění hamstringů, a to jak při určení rizika obnovení poranění, tak rizika vzniku poranění nového. S tímto názorem souhlasí i Dauty et al. (2016), kteří stanovili predikční hodnotu daného parametru na 40,1 % při hodnotách nižších než 0,80.

Předešlým poraněním hamstringu jako rizikovým faktorem se zabývali i Brockett, Morgan a Proske (2004) a Opar, Williams, Timmims, Dear a Shield (2013). Pohled na danou problematiku byl však odlišný od přecházejících autorů. Zmíněné studie se zaměřily na porovnání rychlosti dosažení PT při koncentrické kontrakci. Brockett et al. (2004) při porovnání koncentrické kontrakce zdravé a poraněné DK v úhlové rychlosti 60°/s zjistili, že hamstring na poraněné DK dosáhl PT při 53.5° (0° bylo stanoveno při plné extenzi KOK), což bylo o 16° později, než na zdravé DK 37.5° (obrázek 9). Zároveň hodnoty PT u poraněné DK byly vyšší než na zdravé. Pro kontrast

úhel PT pro kvadricepsy se lišil o 0.2° mezi končetinami. Podobné výsledky přinesla studie Opar et al. (2013), kde byla testována také úhlová rychlost 180°/s. Poraněný sval tedy podle zmíněných studií produkuje sílu pomaleji. Princip zvýšeného rizika spočívá dle Opar et al. (2013) v tom, že ve druhé polovině letové fáze při sprintu dochází k rychlé flexi KYK a extenzi KOK, kde se hamstring zapojuje excentricky, je tedy natahován, a pakliže není schopen rychle produkovat opačně působící sílu, dojde k jeho nadměrnému natažení, při kterém dochází k většímu mikroskopickému poškození svalu, vedoucímu k vyššímu riziku poranění (Brockett et al., 2004).



**Obrázek 13:** Závislost momentu síly (Torque) vyprodukované svaly dorzálního stehna při koncentrické kontrakci na úhlu (Angle) (Brockett et al., 2004)

Vysvětlivky: Angle = úhel ROM do flexe (0 = plná extenze v KOK), Torque = moment síly, tečky – poraněná DK, kolečka – zdravá DK

Na testování hamstringů většina autorů v posledních letech téměř striktně využívá pozici sedu (Burkett, 1970; Croisier et al., 2008; Dauty et al., 2018a, 2020; Freckleton & Pizzari, 2013; Gabbe et al., 2006; Orchard et al., 1997; Yamamoto, 1993). Thomas (2020) se na svém blogu zaměřil na využití polohy sedu v tzv. lengthen state, kde využívá vyšší stupeň elevace testované DK, za současně zvýšeným sklonem opěrky, čímž bychom měli dosáhnout větší elongace testovaného hamstringu a zaměřit tak testování na jeho distální část (obrázek 13), přičemž kdybychom chtěli cílit spíše na proximální část svalu, museli bychom testovat ve větší flexi KOK (osobní sdělení, 27. 3. 2023).



**Obrázek 14:** Izokinetické testování v pozici „lengthed state“ (vlastní zdroj)

V terapii poranění hamstringů se izokinetika v současnosti používá převážně jako nástroj pro testování a tedy porovnávání deficitu mezi končetinami nebo za účelem zisku zpětné vazby z dosavadní rehabilitace. Nicméně se jedná o potenciálně velice užitečný nástroj v rozvoji svalové síly (Harris-Love et al., 2017). Zmínění autoři ve své studii spojili rehabilitaci s využitím izokinetické dynamometrie a některými koncepty běžně využívanými ve sportu, jako programování tréninku za účelem dosažení konkrétního cíle (př. rozvoj svalové síly) nebo koncept periodizace tréninku. V programu byla využita pouze excentrická kontrakce z důvodu lepší pozitivní adaptace svalů (LaStayo et al., 2007; Lindstedt, LaStayo, & Reich, 2001) (tabulka 7). Tento model se prokázal jako bezpečný a současně umožnil cvičenci se seznámit s pohybem v průběhu úvodních fází, což značně zvýšilo efektivitu cvičení v dalších fázích programu. Autoři ovšem vychází se sportovního prostředí, účinnost a možnosti využití programu u starších nebo chronicky nemocných jedinců je tedy otázkou.

**Tabulka 7.** Protokol na zvýšení svalové síly flexorů a extenzorů KOK pomocí excentrické kontrakce (Harris-Love et al., 2017)

| Jednotka | Počet opakování x počet sérií | Úhlová rychlost (°/s) | Zátěž (%) |
|----------|-------------------------------|-----------------------|-----------|
| 1        | 3 x 10                        | 45                    | 40-50     |
| 2        | 3 x 10                        | 60                    | 50        |
| 3        | 3 x 10                        | 60                    | 60        |
| 4        | 3 x 10                        | 60                    | 70        |
| 5        | 4 x 10                        | 60                    | ±5        |
| 6        | 3 x 1                         | 60                    | ±5        |
|          | 1 x 10                        | 90                    |           |
| 7        | 2 x 1                         | 60                    | ±5        |
|          | 2 x 10                        | 90                    |           |
| 8        | 1 x 1                         | 60                    | ±5        |
|          | 3 x 10                        | 90                    |           |
| 9        | Aktivní regenerace            |                       |           |
| 10       | 4 x 10                        | 60                    | ±5        |
| 11       | 3 x 1                         | 60                    | ±5        |
|          | 1 x 10                        | 90                    |           |
| 12       | 2 x 1                         | 60                    | ±5        |
|          | 2 x 10                        | 90                    |           |
| 13       | 1 x 1                         | 60                    | ±5        |
|          | 3 x 10                        | 90                    |           |
| 14       | Aktivní regenerace            |                       |           |

## 7.5 Návrat ke sportu s využitím izokinetické dynamometrie

Přestože se v posledních letech dává větší důraz na návrat ke sportu po poranění hamstringu, navázání cviků s cílem progresivního přetížení poraněného svalu/svalové skupiny a samotná kritéria pro návrat ke sportovní aktivitě bývají často přehlíženy. Přesun od jednodušších cviků k náročnějším v rehabilitaci poranění hamstringu 1. a 2. stupně je nejčastěji založen na potlačení až eliminaci bolesti (Hickey, Timmins, Maniar, Williams, & Opar, 2017). V klinické rehabilitaci může být progres v zátěži založen na patofyziologii hojení měkkých tkání nebo s využitím specifických kritérií jako konkrétní cvik, který musí pacient zvládnout bez bolesti.

Specifická kritéria se začala popisovat teprve nedávno, avšak tento postup se zdá být lépe individualizovatelným, čímž si vysloužil popularitu ve sportu, ačkoliv doposud existuje pouze omezené množství studií, které ho v rehabilitaci popisují (Tol et al., 2014).

Existuje velké množství specifických kritérií k návratu ke sportu napříč studii. Jedním z již zmíněných kritérií progresu v terapii je bolest. Většina programů zabývajících se touto problematikou přistupuje k další fázi za absence bolesti (Hamilton et al., 2015; Reurink et al., 2015), pouze (Kilcoyne, Dickens, Kewish, Rue, & Chronister, 2011) umožnili progresy za přítomnosti mírné bolesti. Nejčastěji implementovanou strategií jsou klinické testy (Hamilton et al., 2015; Reurink et al., 2015). Dále výkonostní testy jako sprint nebo jiné pohybové úkony spojené s konkrétním sportem (Askling, Tengvar, Tarassova, & Thorstensson, 2013, 2014). Izokinetickou dynamometrii, jako součásti kritérií návratu ke sportovní aktivitě po poranění hamstringů 1. a 2. stupně, zakomponovaly pouze tři studie (Hamilton et al., 2015; Kilcoyne et al., 2011; Malliaropoulos et al., 2010). Kilcoyne et al. (2011) zařadili izokinetiku 6. den po zranění s využitím dvou technik využívající střídání koncentrické kontrakce hamstringů a kvadricepsů. Technika na rozvoj rychlosti se skládala z cvičení na dynamometru v úhlové rychlosti 300°/s, 90 s běh a 90 s pauza, zatímco technika 90, 180, 240, 120°/s (15 s každá) následovaná 300°/s do selhání, měla rozvíjet zároveň i sílu. Sportovec se mohl vrátit ke sportu pakliže jak on sám, tak dynamometr ukázali absenci funkčního nebo silového deficitu mezi končetinami. Malliaropoulos et al. (2010) využili dynamometr pouze k testování svalové síly, a to v 60 a 180°/s. Návrat ke sportu byl umožněn jedincům, kteří prokázali deficit mezi dolními končetinami v hodnotě 5 % a menší. Studie, které využily izokinetickou dynamometrii v rehabilitaci, se zdají být výrazně výhodnější oproti ostatním studiím při porovnání průměrného intervalu od poranění do návratu ke sportu a pravděpodobnosti obnovení poranění, s průměrným časem 17 dnů a menší než 10 % šancí na „re-ijury“. Pro porovnání studie využívající klinických a výkonostních testů potřebovaly průměrně 30 dní do návratu a 35,5 % jedinců se poranilo znovu (Hickey et al., 2017). Podle Bohannon (2005) je hodnocení klinického vyšetření značně subjektivní, záleží tedy jak na testujícím, tak na testovaném, čímž se snižuje jeho reliabilita. Hickey et al. (2017) dále zdůrazňují závislost rehabilitace na pacientově percepce bolesti a subjektivní interpretaci klinického testování vyšetřujícím. Z těchto důvodů se využití více objektivních způsobů testování, jako izokinetického či ručního dynamometru, ukázalo jako více reliabilní průvodce rehabilitací. Hickey et al., 2017 a Maniar, Shield, Williams, Timmins a Opar (2016) publikovali, že za současného využití objektivního způsobu hodnocení svalové síly a klinického vyšetření rozsahu pohybu, by mělo dojít k nejlepší optimalizaci rehabilitačního procesu. Izokinetika je ovšem velice nákladná a vyžaduje technické vybavení a znalosti metodologie jejích využití, díky čemuž je její dostupnost velice nízká.

## 8 KAZUISTIKA

**Jméno:** J.M.

**Věk:** 23 let

**Diagnóza:** stav po částečné ruptuře musculus biceps brachi caput longum l. dx.

### **Osobní anamnéza:**

- Občasný kolaps (1x ročně, neléčen, nesledován, domnívá se, že ke kolapsu dochází z únavy z tréninku)
- podezření na částečnou páteřní stenózu L5/S1 2020 (MRI negativní, přítomny klinické příznaky – bolesti bederní páteře, sakroiliakálního skoubení a hýždí při chůzi, stojí, ale silový trénink bez potíží)

**Rodinná anamnéza:** nevýznamná

**Sociální anamnéza:** nevýznamná

**Pracovní anamnéza:** student

**Sportovní anamnéza:** profesionální atlet (10-14 h týdně trénink)

**Farmakologická anamnéza:** doplňky stravy: Mg, Zn, vitamíny C a D, omega 3

**Alergologická anamnéza:** nejuje

**Abúzus:** alkohol příležitostně

**Lateralita:** pravák

**Nynější onemocnění:** před 2 lety utrpěl poranění hamstringů vpravo. K úrazu došlo při tréninku při běhu na 70-75 % maximální rychlosti, kdy pacient ucítil ostrou bolest v oblasti dorzálního stehna a nebyl schopen v tréninku pokračovat. Pacient udává náročný trénink na rozvoj maximální rychlosti den před poraněním a výraznou změnu venkovních teplot (leden), trénoval venku. Diagnostikován ultrazvukovým vyšetřením, které prokázalo částečnou rupturu musculus biceps brachii caput longum na pravé DK, ložisko o velikost 9 x 6 mm odpovídá ruptuře jednoho svalového vlákna.

Léčen konzervativně, terapii prováděl sám, bez stanoveného protokolu. Po poranění byl 2 dny v klidu, poté kolo, plavání, izometrie, lehký klus a postupné zvyšování intenzity zátěže. Nyní v plném tréninku, bez obtíží. V současnosti se více zaměřuje na kompenzaci hamstringů v tréninku pomocí cviků jako obrácený mrtvý tah, hip thrust nebo nordic hamstring exercise.



## KINEZIOLOGICKÝ ROZBOR A VYŠETŘENÍ ze dne 21. 3. 2023

### ASPEKCE

**Stoj zezadu:** pánev mírně šikmá (levá strana výš), gluteální a popliteální rýhy symetrické, DKK v mírné vnější rotaci, klenba fyziologická, trofika dolních končetin symetrická, hypertrofie paravertebrálních svalů dolní hrudní páteře, mezilopatkových svalů a musculus trapezius bilaterálně, pravé rameno výš, horní končetiny ve vnitřní rotaci

**Stoj z boku:** hlava mírně předsunutá, zvýšená hrudní kyfóza, prohloubená bederní lordóza, mírná antevertze pánve, mírné předsazení ramen, kolenní klouby v semi-flexi

**Stoj zepředu:** postavení patel symetrické, trofika dolních končetin symetrická, umbilicus tažen vzhůru

**STOJ NA JEDNÉ DOLNÍ KONČETINĚ:** mírná hra šlach, pozici dokáže udržet více než 20 s, a to i se zavřenýma očima (na levé dolní končetině mírná titubace, nutná kompenzace horními končetinami)

**CHŮZE:** tělo ve střední rovině, mírná antevertze pánve bez poklesu, DKK v mírné vnější rotaci, došlap na patu, zatěžována zevní strana plosky, kotníky v mírné valgozitě, délka kroku symetrická, symetrický souhyb horních končetin, ramena ve stejné výšce, předsunutá držení hlavy

**BĚH:** horní polovina těla mírně nakloněna vpravo, pánev v antevertzi bez poklesu, dopad předonoží (zatěžována zevní strana plosky), kotníky v mírné valgozitě, mírná zevní rotace v pravém kyčelním kloubu, souhyby horních končetin symetrické, předsunutá držení hlavy

**SPRINT:** horní polovina těla mírně nakloněna vpravo, pánev v antevertzi bez poklesu, dopad na předonoží (zatěžována vnitřní strana plosky), kotníky valgózní, délka kroku symetrická, nesouměrné souhyby horních končetin (levá více), ramena ve stejné výšce

**Shrnutí:** šikmá antevertzní pánev, mírná valgozita hlezenních kloubů, při běhu dochází k mírnému náklonu těla doprava (náklon se ve spritu nezvyšuje), dále k většímu zatížení zevní hrany plosky při dopadu na vnější stranu předonoží, který se při sprintu přesouvá na střed až vnitřní stranu předonoží, nesouměrné souhyby horních končetin při sprintu (levá výraznější)

**PALPACE SVALŮ DORZÁLNÍHO STEHNA:** bez otoku a bolesti, povšechně zvýšená citlivost bilaterálně (zejména musculus biceps femoris)

**DIAGNOSTICKÉ TESTY PRO PORANĚNÍ SVALŮ DORZÁLNÍHO STEHNA:**

**Active knee extention test:** aktivní rozsah pohybu pravé dolní končetiny omezen o 10° oproti levé, pasivní rozsah symetrický

**Maximal hip flexion and active knee extention test:** aktivní rozsah pohybu pravé dolní končetiny do extenze v kolenním kloubu omezen o 15° oproti levé

**Wallace test:** pozitivní, rozsah pohybu pravé dolní končetiny do extenze v kolenním kloubu omezen o 10° oproti levé

**Test of lateral hamstring:** negativní, pacient při testování nepocítoval bolest a byl schopný terapeutovi klást symetrický odpor na obou dolních končetinách

**Test of medial hamstring:** negativní, pacient při testování nepocítoval bolest a byl schopný terapeutovi klást symetrický odpor na obou dolních končetinách

**VYŠETŘENÍ STEREOTYPU EXTENZE V KYK (dle Jandy):** Test nebyl proveden ve správném pořadí aktivace svalů, pacient při zanožování dolní končetiny aktivoval nejdříve musculus gluteus maximus, paravertebrální svaly na kontralaterální straně a poté ischiookurální svaly. Při testu byla dominantní aktivita musculus gluteus maximus.

**SHRNUTÍ:** diagnostické testy prokazují snížený aktivní rozsah pohybu pravé dolní končetiny oproti levé, největší deficit se prokázal při „MHFAKE testu“, pasivní rozsah pohybu žádnou asymetrii neprokázal, testy na rozlišení mediálního a laterálního hamstringu neprokázaly bolestivost, zřejmě z důvodu dokončeného hojení, chybný stereotyp extenze v KYK, kdy se paravertebrální svaly zapojily dříve než ischiookurální svaly

**ORIENTAČNÍ VYŠETŘENÍ ČITÍ** (testováno pro předešlé podezření na stenózu páteřního kanálu)

**Taktilní čítí:** pacient hlásí totožný vjem na obou dolních končetinách

**Ostré x tupé:** 10/10 bilaterálně, testování na laterálním a předním stehnu

**Statestézie:** 9/10 PDK, 10/10 LDK, testováno na celé dolní končetině

**Kinestézie:** 10/10 bilaterálně, testováno na prstcích obou dolních končetin

**ORIENTAČNÍ VYŠETŘENÍ SVALOVÉ SÍLY** (podle svalového testu dle Jandy, bez fixace):

**Tabulka 8.** Naměřené hodnoty při vyšetření svalové síly na dolních končetinách

| Vyšetřovaný pohyb        | Levá dolní končetina (stupeň) | Pravá dolní končetina (stupeň) |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Flexe kyčelního kloubu   | 5                             | 5                              |
| Extenze kyčelního kloubu | 5                             | 5                              |
| Flexe kolenního kloubu   | 5                             | 5                              |
| Extenze kolenního kloubu | 5                             | 5                              |

**ZKRÁCENÉ SVALY** (dle Jandy):

**Tabulka 9.** Hodnoty svalového zkrácení na dolních končetinách

| Sval/svalová skupina          | Leva dolní končetina | Pravá dolní končetina |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Hamstringy                    | 1                    | 1                     |
| Musculus rectus femoris       | 0                    | 1                     |
| Musculus iliopsoas            | 1                    | 1                     |
| Musculus tensor fasciae latae | 1                    | 1                     |

Vysvětlivky: 0 – nejde o zkrácení, 1 – mírné zkrácení

## ANTROPOMETRIE:

**Tabulka 10.** Naměřené hodnoty antropometrického měření (měřeno z důvodu šikmé pánve)

| Měřená vzdálenost                         | Levá dolní končetina (cm) | Pravá dolní končetina (cm) |
|---|---------------------------|----------------------------|
| Obvod stehna:10 cm nad patelou            | 53                        | 54                         |
| Obvod stehna: těsně nad kolenem           | 41                        | 41                         |
| Obvod přes kolenní kloub (středem pately) | 39,0                      | 39,5                       |
| Délka dolní končetiny: Anatomická         | 90                        | 90                         |
| Délka dolní končetiny: Umbilikomaleolární | 105                       | 105                        |
| Délka dolní končetiny: Funkční            | 95,5                      | 95                         |

## GONIOMETRIE

**Tabulka 11.** Hodnoty rozsahů pohybu měřené goniometrem a zapsané metodou SFTR

| Kloub   | Norma                                   | Levá dolní končetina                 | Pravá dolní končetina                |
|---------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Kyčelní | Flexe: 120°-130°<br>10°-30°<br>Extenze: | Sa: 15 – 0 – 125<br>Sp: 20 – 0 – 135 | Sa: 15 – 0 – 115<br>Sp: 20 – 0 – 130 |
| Kolenní | Flexe: 125°-160°<br>0°-10°<br>Extenze:  | Sa: 0 – 0 – 145<br>Sp: 0 – 0 – 160   | Sa: 0 – 0 – 150<br>Sp: 5 – 0 – 160   |

Norma byla stanovena na základě hodnot dle (Janda & Pavlů, 1993)

**SHRNUTÍ:** svalová síla bez deficitu na obou dolních končetinách, mírné svalové zkrácení všech testovaných svalů až na musculus rectus femoris vlevo, pacient tvrdí, že se důkladně věnuje udržování optimálního ROM (kompenzační cviky zmíněny výše), může se tedy jednat o adaptaci těla na specifickou zátěž, antropometrie a goniometrie bez výrazných odchylek mezi končetinami

**MAXIMÁLNÍ IZOMETRICKÁ SÍLA** (měřena pomocí ručního dynamometru polohách odpovídajících následnému izokinetickému testování)

**Tabulka 12:** Průměrné hodnoty maximální izometrické síly měřené pomocí ručního dynamometru, přepočtené na maximální moment síly. Průměr byl vypočítán ze 3 pokusů.

| Testovaná poloha   | Levá dolní<br>končetina<br>(Nm) | Pravá dolní<br>končetina<br>(Nm)<br>(% hodnoty<br>LDK) |
|--|---------------------------------|--|
| Flexorová skupina KOK v sedě při 90° flexe v KYK a KOK   | 225,0                           | 220,4<br>(98,0 %)                                      |
| Flexorová skupina KOK v sedě při 90° flexe v KYK a semi-flexe 30° v KOK                            | 308,6                           | 314,0<br>(101,7 %)                                     |
| Extenzorová skupina KOK v sedě při 90° flexe v KYK, KOK a hleznu                                   | 243,2                           | 272,2<br>(111,9 %)                                     |
| Extenzorová skupina KOK v sedě při 90° flexe v KYK a semi-flexe 30° v KOK                          | 245,2                           | 245,1<br>(99,96 %)                                     |
| Flexorová skupina KOK a extenzorová skupina KYK v sedě při 110° flexe v KYK a 70° flexe v KOK      | 257,7                           | 228,7<br>(88,7 %)                                      |
| Flexorová skupina KOK a extenzorová skupina KYK v sedě při 110° flexe v KYK a semi-flexe 30° v KOK | 196,2                           | 200,6<br>(102,2 %)                                     |
| Extenzorová skupina KOK v sedě při 110° flexe v KYK a 70° flexe v KOK                              | 248,1                           | 275,5<br>(111,0 %)                                     |
| Extenzorová skupina KOK v sedě při 110° flexe v KYK a semi flexe 30° v KOK                         | 300,9                           | 283,0<br>(94,1 %)                                      |
| Flexorová skupina KOK v pronované poloze, 90° flexe v KOK  | 218,3                           | 254,6<br>(116,2 %)                                     |
| Flexorová skupina KOK a extenzorová skupina KYK v pronované poloze v semi-flexi 30° v KOK          | 276,7                           | 297,1<br>(107,4 %)                                     |

**IZOKINETICKÉ MĚŘENÍ:** (pomocí izokinetického dynamometru Izomedu 2000)

**Testovací protokol:** individuální rozcvičení probanda (10 min), při testování proband prováděl nejprve pět opakování extenze v KOK v podobě koncentrické kontrakce kvadricepsu v úhlové rychlosti 240°/s s pauzami 10 s mezi opakováními a poté tři opakování excentrické kontrakce hamstringů v podobě rezistované extenze v KOK v úhlové rychlosti 30°/s s pauzami 1 min mezi opakováními, a to v obou testovaných polohách, každému testovanému pohybu přecházelo několik tréninkových opakování pro seznámení s přístrojem

**Poloha sed:** opěrka nastavena na 75°, rozsah pohybu v KOK 10-90° flexe (0 = plná extenze), pro stabilizaci trupu, pánve a ramen byly použity fixační pásy a ramenní opěrky, probandovi bylo umožněno se držet horními končetinami postranních madel a zpětná vazba v podobě číselného znázornění průběžných výsledků

**Tabulka 13.** Průměrné hodnoty získané při izokinetickém měření.

| Testovaný pohyb                                   | Peak torque (Nm)<br>levá dolní končetina | Peak torque (Nm)<br>pravá dolní končetina<br>(% hodnoty LDK) | Úhel dosažení peak torque (°)<br>levá dolní končetina | Úhel dosažení peak torque (°)<br>pravá dolní končetina |
|---|--|--|---|--|
| Extenze KOK<br>Koncentrická kontrakce<br>(240°/s) | 222,8                                    | 240,1<br>(107,8 %)   | 64,6  | 65,8   |
| Extenze KOK<br>Excentrická kontrakce<br>(30°/s)   | 129,5                                    | 127,8<br>(98,7 %)  | 20,1  | 32,7   |

Vysvětlivky: PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina

**Poměr Hecc30/Qcon240:** PDK – 0,53 LDK – 0,58

**Poloha „leghten state“:** testovaný ROM v KOK 40-110° (0 = plná extenze), testovaná DK v 90° flexi v KYK, opěrka nastavena na 50°, pro stabilizaci trupu, pánve a ramen byly použity fixační pásy a ramenní opěrky, stabilizace testované dolní končetiny byla dosažena externí fixací pomocí fixačního pásku, probandovi bylo umožněno se držet horními končetinami postranních madel a zpětná vazba v podobě číselného znázornění průběžných výsledků

**Tabulka 14.** Průměrné hodnoty získané při izokinetickém měření

| Testovaný pohyb                                   | Peak torque (Nm)<br>levá dolní končetina | Peak torque (Nm)<br>pravá dolní končetina<br>(% hodnoty LDK) | Úhel dosažení peak torque (°)<br>levá dolní končetina | Úhel dosažení peak torque (°)<br>pravá dolní končetina |
|---|--|--|---|--|
| Extenze KOK<br>Koncentrická kontrakce<br>(240°/s) | 195                                      | 185,2<br>(95,0 %)  | 47  | 48,6   |
| Extenze KOK<br>Excentrická kontrakce<br>(30°/s)   | 96,4                                     | 99,5<br>(103,2 %)  | 4,7   | 22,3   |

Vysvětlivky: PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina

**Poměr Hecc30/Qcon240:** PDK – 0,54 LDK – 0,49

**Shrnutí:** porovnáním síly dolních končetin pomocí ručního dynamometru byl prokázán mírný deficit PDK oproti LDK v pozici zvýšená flexe v KYK (110°), nejvýraznější rozdíl mezi končetinami byl naměřen v pronované poloze, avšak ve prospěch PDK, která zde byla výrazně silnější v obou testovaných pozicích, při měření na izokinetickém dynamometru byl prokázán velký rozdíl v úhlu dosažení maximálního momentu síly při excentrické kontrakce hamstringů (12,6° respektive 17,6°) při relativně malém rozdílu v samotné hodnotě PT (2–3 Nm), hodnoty Hecc/Qcon byly v porovnání s normami bilaterálně nedostatečné.

**Závěr:** šikmá anteverzní pánev, mírná valgozita hlezenních kloubů, při běhu dochází k mírnému náklonu těla doprava (náklon se ve spritu nezvyšuje), dále k většímu zatížení zevní hrany plosky při dopadu na vnější stranu předonoží, AKE a MHFAKE testy pozitivní

(snížení aktivního ROM na PDK), mírné svalové zkrácení všech testovaných svalů až na musculus rectus femoris vlevo, při měření ručním dynamometrem pozorována výrazná asymetrie pouze v pronované poloze, kde se LDK jevila výrazně slabší, při měření na izokinetickém dynamometru se prokázala asymetrie v úhlu dosažení PT při excentrické kontrakci hamstringů, ke kterému došlo výrazně později na PDK, hodnoty Hecc30/Qcon240 bilaterálně nedostatečné, subjektivně bez vnímaného deficitu mezi DKK



## 9 DISKUSE

K poranění dorzální skupiny svalů stehna nastává typicky v tzv. "pozdní letové fázi běžeckého cyklu", konkrétně při sprintu, kdy je sval v největší elongaci díky flexi v KYK a extenzi v KOK. V této pozici na sval zároveň působí největší množství sil (Chumanov et al., 2011). Tato situace je typická např. pro sprinterské disciplíny v atletice, kde se jedná 29 % všech poranění (Hibbert et al., 2008) nebo ve fotbale s incidencí mezi 12 % (Woods et al., 2004) až 22 % (Waldén et al., 2016). Druhým nejčastějším mechanismem je nadměrné natažení svalu – například při balistických pohybech nebo pohybech o velké amplitudě jako výkop či rozštěp (Askling, 2011; Askling et al., 2012). Nejvíce ohroženým svalem je dlouhá hlava BF (70 % případů) (Grange et al., 2022). Nejzajímavější faktor vypovídající o potenciálním riziku poranění je zkrácená optimální délka svalu (Liu et al., 2012), která se zároveň zdá být nejvýznamnějším projevem předchozího poranění, díky čemuž jednou poraněný hamstring dosahuje PT ve značně větší flexi KOK než zdravý (Liu, Sun, Zhu & Yu, 2012).

Pro diagnostiku svalových poranění se mimo klinické testy téměř výhradně používá UZ nebo MRI. Z hlediska množství a kvality poskytnutých informací o poranění se MRI stále zdá jako lepší volbou (Paoletta et al., 2021), zejména pokud se jedná o avulzi svalu, kdy jsme schopni lépe vyhodnotit závažnost poranění. MRI se dále jeví jako spolehlivější volbou jedná-li se o poranění svalů, které již v minulosti poraněné byly a to díky lepšímu zobrazení jizvy (Chu & Rho, 2016). Argumentem pro využití UZ je jeho dostupnost, díky které je možné monitorovat vývoj poranění v čase (Hall, 2018), zároveň je interaktivní, umožňuje tedy dynamické vyšetření (Manara et al., 2013; Paoletta et al., 2021). Pro efektivní využití UZ v praxi je ovšem potřeba zkušeností vyšetřujícího, nemůže ho tedy provádět každý (Pasta et al., 2010). Z klinického hlediska je diagnostika zaměřena na testování ROM, na což existuje komplexní baterie testů v různých testovacích pozicích (Wan et al., 2017). ROM je zároveň jeden z rizikových faktorů potenciálního poranění, souvisí totiž se zkrácením optimální délky svalu (Liu et al., 2012). Dále se testuje svalová síla, která je důležitým faktorem při diagnostice akutních svalových poranění. Při hodnocení svalové síly se v klinické praxi nejčastěji setkáme se svalovým testem dle Jandy, test je však primárně určen pro periferní parézy (Janda & Pavlů, 1993). Pokud se tedy u pacienta neprojeví silná hypertrofie, na škále 0–5 se budeme pohybovat v rozmezí mezi 4–5. Pro testování svalové síly můžeme také využít klinickými testy, nicméně pokud bychom chtěli více objektivní vyšetření, mnozí autoři doporučují využití ručního dynamometru (Tyler et al., 2017). Získáme tak možnost porovnávat výkony obou DK, tedy zhodnotit potenciální svalové dysbalance (Šťastný et al., 2018). Chceme-li svalovou sílu testovat více dynamicky, můžeme využít izokinetickou dynamometrii, ta nám zároveň umožní testovat svalovou skupinu v celém jejím

dostupném ROM, a to díky odporu přímo úměrnému síle, kterou pacient vyvíjí (Davies & Ellenbecker, 2012; Dvir, 2004). Relevantní role izokinetiky z hlediska poranění hamstringů nastává v predikci potenciálního rizika poranění, spíše než akutních poranění. Právě z tohoto důvodu jsme pro kazuistiku zvolili profesionálního sportovce s historií poranění hamstringu, který momentálně není limitován při běžných denních činnostech ani sportovní aktivitě, za účelem predikce potenciálního rizika.

Cílem této práce bylo i zapojení izokinetické dynamometrie do rehabilitačním procesu a porovnání s běžně používanými postupy terapie. Tomuto tématu se v současnosti věnovalo pouze omezené množství studií (Askling et al., 2013; Hamilton et al., 2015; Hickey et al., 2017; Reurink et al., 2015; Tol et al., 2014). Názory autorů se však moc nerozcházejí. Využití izokinetiky v rehabilitaci nám zřejmě umožní značně redukovat čas navrácení ke sportu a riziko obnovení poranění (Hickey et al., 2017). Většina autorů však využila izokinetiky pouze k testování efektivity rehabilitačního procesu a stanovení kritérií pro návrat do plné zátěže. I tento způsob využití prokázal již zmíněné benefity (Hamilton et al., 2015). Nevýhodou v tuto chvíli je, že neexistuje velké množství studií, které by využívaly izokinetiku v problematice hamstringů, tudíž neexistuje ani jednotný protokol pro terapii, či testování. Dvir (2004) proto doporučuje vytvořit si jeden standardizovaný testovací i terapeutický protokol a ten vždy individuálně upravit pro konkrétního pacienta. Zároveň vzhledem k ceně přístroje, metodologií jeho využívání a velkému množství nastavitelných parametrů, nacházíme omezení v dostupnosti. Je tedy nutné docházet do externího pracoviště nebo ještě lépe navázat sportovně-rehabilitační spolupráci s takovým pracovištěm.

Z možných parametrů, které izokinetika umožňuje testovat, se v problematice hamstringů autoři nejčastěji zaměřují na hodnotu PT a její bilaterální deficit. Názory autorů se však rozcházejí. Orchard et. al. (1997) a Yamamoto (1993) tvrdí, že bilaterální deficit nad 10 % představuje riziko poranění, ovšem Bennell et al. (1998), Dauty et. al. (2016, 2018) a Freckleton a Pizzari (2013) toto tvrzení vyvrací. Zároveň podle Brockett et al. (2004) již v minulosti poraněný hamstring může prokazovat vyšší hodnoty PT než zdravý. My jsme při testování svalové síly markantní rozdíl mezi končetinami nenašli a pro ověření validity našeho měření budeme s probandem v kontaktu v průběhu následujících sezón, nicméně o predikční hodnotě svalové síly pro budoucí poranění v tuto chvíli můžeme pouze polemizovat. Testování proběhlo na přístroji Izomed 2000, jehož reliabilitu stanovili (Dirnberger, Weisinger, Kösters, & Müller, 2012) na 0,9–0,98.

Svalovou sílu jsme dále testovali pomocí ručního dynamometru Lafayette (model 01165, Lafayette Instrument Co, Lafayette, IN, USA), jehož reliabilitu stanovili (Chamorro et al., 2017) v rozmezí 0.87–0.97 pro flexory a 0.52–0.92 pro extenzory kolenního kloubu. Při porovnání výsledků testování pomocí ručního a izokinetického dynamometru zjistíme, že se naměřené

hodnoty značně liší. Je zde potřeba vzít v potaz neoptimální polohu a fixaci testovaného při použití ručního dynamometru, přestože jsme se snažili co nejvíce se přiblížit pozicím testovaných izokineticky. Do jaké míry můžeme tyto výsledky považovat za spolehlivé, je otázkou.

Obě metody měření však poukázaly na mírně vyšší svalovou sílu poraněné DK, což by dle testovaného mohlo být důsledkem kompenzačních cviků, které po zranění do svého tréninku zařadil. Stranový rozdíl se při měření nejvíce projevil v pronované poloze s 90° flexe v KOK, kde byla zdravá DK značně slabší než poraněná (měřeno ručním dynamometrem). Tato poloha se v izokinetice poranění hamstringů často nevyužívá, nicméně (Dvir, 2004) ji zmiňuje jako potenciálně nejvhodnější polohu pro jejich testování. My jsme ovšem testovali v poloze sedu, která je jednoznačně nejvíce využívaná mezi autory a v přímém porovnání poloh ve studii Findley et al. (2006) vyšla jako nejcitlivější. S ohledem na naše testování, kde jediný relevantní bilaterální rozdíl svalové síly byl naměřen v pronované poloze, by i tato poloha mohla být zajímavá pro další výzkum. Nutno však podotknout reliabilitu ručního dynamometru, který byl pro měření využit.

Pro naše testování jsme dále zvolili pozici v tzv. „lengthed state“, kdy bychom v pozici sedu s elevací testované DK měli být schopni zaměřit testování na distální hamstring (vyšší sklon opěrátko) nebo na proximální hamstring (vyšší sklon opěrátko a úhel flexe v KOK) (Thomas, 2020). Vzhledem k tomu, že náš proband měl poranění spíše v distální části BF, zvolili jsme variantu s větším sklonem opěrátko, kde i on subjektivně cítil větší zapojení distální části hamstringu. Na tuto polohu neexistuje mnoho dat, se kterými bychom mohli porovnávat, domníváme se však, že principy platící v pozici v sedě budou aplikovatelné i v této pozici.

Z pohledu poměru síly hamstringů a kvadricepsů se obecně zdá tento parametr jako irelevantní z hlediska poranění hamstringu (Dauty et al., 2018b; Green et al., 2018). Predikční hodnotu by dle Croisier et al. (2008) a Dauty et al. (2016) mohl mít pouze funkční poměr Hecc30/Qcon240. Námi naměřené hodnoty tohoto poměru se pohybovaly v rozmezí 0,50-0,60, což bylo značně pod úrovní deficitní hodnoty, která byla autory stanovena na 0,80 (Dauty et al., 2016). Podle této studie by náš proband byl indikovaný ke korekci tohoto poměru pro snížení rizika tzv. „reinjury“.

Dalším parametrem, na který jsme se při testování zaměřili, byl úhel dosažení PT. Tento parametr by podle Brockett et al. (2004) a Opar et al. (2013) mohl souviset s již zmíněným zkrácením optimální délky svalu, což je mimo jiné typické pro v minulosti poraněný sval. Autoři se domnívají, že u takového svalu dochází k PT značně později oproti svalů zdravému. Tento jev se projevil i při našem testování a to v obou testovaných pozicích. Citlivější se zdá být poloha „lengthed state“, kde byl naměřen rozdíl 17,6°, nejspíš právě díky možnosti zaměřit testování na distální část svalu. Z důvodu nedostatku dat ovšem nejsme schopni učinit závěr, nicméně podobné výsledky prokázala i poloha sedu, kterou využívali pro testování i zmínění autoři, a to

konkrétně 12,6°. Pro porovnání Brockett et al. (2004) v této pozici naměřili rozdíl 16°. Naše výsledky tedy korespondují s hypotézou zmíněných autorů, mladší studie bohužel nejsou k dohledání.

Vzhledem k rozporu mezi autory co se týče měřených parametrů, nastává problém s výběrem testovacího protokolu. My jsme nakonec testovali probanda podle našeho vlastního protokolu, při jehož tvorbě jsme vycházeli z protokolů navržených (Dauty et al., 2016b) za současného zapojení H30ecc/Q240con poměru od (Croisier et al., 2008). Testování předcházelo individuální rozcvičení probanda a zkušební pokusy pro jeho seznámení s přístrojem Testovaný nejdříve prováděl extenzi v KOK pomocí koncentrické kontrakce kvadricepsu v úhlové rychlosti 240°/s. Provedli jsme pět opakování s pauzami 10 s mezi nimi. Poté následovala excentrická kontrakce hamstringů v podobě rezistované extenze v KOK v úhlové rychlosti 30°/s. Provedli jsme 3 opakování s pauzami 1 min (viz příloha).

Z pohledu funkčního testování jsme se věnovali konkrétním testům na poranění hamstringu, pozitivní byly pouze „AKE test“ a „MHFAKE test“, které prokázaly snížený aktivní rozsah pohybu. To by mohlo poukazovat na svalové zkrácení hamstringů, které se potvrdilo i při testování zkrácených svalů se podle Jandy. Mohlo by se také jednat o zkrácení optimální délky svalu.

Při rozboru běžecského stereotypu byl pozorován mírný náklon trupu na pravou stranu nezávisle na rychlosti běhu, což je nejspíš reakce těla na jednostrannou zátěž při běhu na atletickém stadionu, kde se zatáčí pouze doleva. Tuto hypotézu sdílí i pacient. Zároveň při sprintu docházelo k nesouměrným pohybům horních končetin, kdy se levá horní končetina pohybovala ve výrazně větších exkurzích než pravá, což pravděpodobně souvisí s náklonem trupu.

Součástí této práce bylo také určit možnosti zařazení izokinetiky do rehabilitačního procesu. Obecný konsenzus je takový, že s jejím využitím je návrat do plné zátěže po akutním poranění hamstringu téměř vždy rychlejší. Náš pacient je již v plné tréninkové zátěži, nicméně vzhledem k hodnotám Hecc30/Qcon240 poměru, které byly značně nedostačující, by bylo na místě zařadit izokinetické cvičení do tréninkového programu za účelem vyrovnání zmíněného deficitu. Jaký protokol využít je opět těžké určit vzhledem k nedostatku dostupných dat, obecně však platí, že testovací protokol může sloužit i jako rehabilitační, bylo by však na místě zakomponovat princip progresivního přetěžování, jako tomu bylo ve zmíněném protokolu od (Harris-Love et al., 2017).

Pro upřesnění diagnózy, a tedy i závažnosti poranění svalového aparátu, je možné využití zobrazovacích technik. Na jednorázové vyšetření se hodí spíše MRI (Chu & Rho, 2016), nicméně i pomocí UZ jsme schopni dosáhnout požadovaného výsledku. Pakliže bychom chtěli monitorovat hojení měkkých tkání v čase, UZ je značně výhodnější variantou pro svou

dostupnost (Hall, 2018). V současném stavu našeho pacienta by nejspíše stálo za jednorázové vyšetření s cílem zhodnocení vytvořené jizvy ve svalu, nicméně stálý monitoring se v tuto chvíli jeví jako nadbytečný.

Závěrem je dle mého názoru vhodné konstatovat, že izokinetická dynamometrie v problematice hamstringů má potenciál zejména v podobě průběžného testování, kde dokáže upozornit na svalové dysbalance a potenciální rizika poranění, čímž dokáže v mnohých případech až zachránit kariéru. Pokud však jedinec přijde pozdě, spolupráce fyzioterapeuta, dynamometru a potenciálně trenéra by na základě uvedených studií mohla značně urychlit dobu rekonvalescence.

## 10 ZÁVĚR

Svaly dorzálního stehna jsou nejčastěji postiženou svalovou skupinou dolních končetin ve sportu. Jednou z jejich hlavních funkcí je zpomalení dopředného pohybu tibie, kde pracují excentricky. Tato funkce je důležitá zejména u sprintu. Zároveň se jedná o nejčastější mechanismus jejich poranění, protože zde svaly dosahují maximálních délek. Z pohledu etiologie je nejvíce ohrožený BF.

V diagnostice se začíná preferovat UZ oproti MRI, a to zejména díky jeho dostupnosti a možnosti sledovat vývoj poranění v čase. Z klinického hlediska se zaměřujeme na ROM. Optimální délka svalu a svalové zkrácení jsou považovány za důležité rizikové faktory. Svalová síla se jako rizikový faktor nejeví, nicméně její deficit je jedním z diagnostických parametrů akutního poranění.

Izokinetická dynamometrie se jeví jako spolehlivá a přesná možnost testování svalové kontrakce, která je zároveň bezpečná pro testovaného. Při výsledné analýze se nejčastěji používá maximální moment síly (PT), na jehož základě se hodnotí poměr síly hamstringů a kvadricepsu (H/Q poměr) nebo její rozdíl mezi končetinami. Tento parametr však není rozhodující při předpovědi poranění. Významným parametrem pro predikci potenciálního poranění hamstringů se zdá být úhel dosažení PT, jehož hodnoty se pojí se zkrácením optimální délky svalu. Typicky se s tím setkáme u svalu, který byl již v minulosti zraněn, kde dochází k dosažení maximálního PT později oproti zdravé končetině, což bylo pozorováno i u mého pacienta.

Zapojením izokinetické dynamometrie do terapie akutního poranění, ať už v podobě cvičení nebo testování, se zdá být bez rozporu nejideálnější formou rehabilitace. Tímto způsobem bychom měli být schopni urychlit návrat sportovce o tréninku a výrazně zredukovat riziko obnovení poranění.

## 11 SOUHRN

Tato bakalářská práce poskytuje sjednocení poznatků týkající se využití izokinetiky a ultrazvuku v diagnostice a terapii poranění svalů dorzálního stehna v porovnání s konvenčními způsoby. Cílem práce je popsat možnosti využití izokinetického dynamometru, diagnostického ultrazvuku a dalších metod běžně užívaných v diagnostice a rehabilitaci a jejich zařazení do cvičebního plánu.

Úvodní kapitola teoretické části byla věnována stručnému přehledu anatomie, kineziologie a biomechaniky hamstringů potřebné k uvedení do problematiky. Text popisuje aktivitu a funkci této svalové skupiny pro správné fungování pohybového stereotypu běhu a sprintu. Další část se věnuje etiologii a mechanismu vzniku nejčastějších poranění, mezi které patří svalové natažení či částečná ruptura. Z hlediska incidence bývá nejčastěji zasažený musculus biceps femoris, často však dochází k poranění kombinovaným, kde většinou bývá zasažený i musculus semitendinosus. Většina poranění hamstringů je spojena se sportovní aktivitou. Pro zhodnocení závažnosti postižení lze využít orientační klinické testy, díky kterým jsme schopni určit postiženou strukturu, či oblast. Pro upřesnění diagnózy je však většinou nutné zobrazovací vyšetření. Z diagnostického hlediska je možné využít MRI nebo UZ, který je značně dostupnější. Mezi nejzávažnější rizikové faktory patří zkrácení optimální délky svalu a s tím související flexibilita, ale také rozcvičení před zátěží, věk nebo etnicita.

The beginning of the theoretical part of this study serves as an introduction to the topic and consists of anatomical

Pro diagnostiku potenciálního rizika poranění můžeme využít izokinetické dynamometrie, díky níž jsme na základě hodnocení poměru svalové síly mezi končetinami nebo antagonistickými svalovými skupinami schopni určit, do jaké míry je jedinec dekompenzován a tedy ohrožen potenciálním poraněním. Pomocí této metody jsme schopni testovat izometrickou, excentrickou i koncentrickou kontrakci. Nejčastěji určovaným parametrem je poměr mezi hamstringy a kvadricepsy (tzv. H/Q poměr), jehož výpovědní hodnota je v problematice poranění hamstringů závislá na úhlových rychlostech a druhu kontrakce. V souvislosti s poraněním hamstringu existují tabulky optimálních hodnot, nicméně jejich validita bývá často zpochybňována. Pomocí izokinetické dynamometrie můžeme určit také rychlost zapojení svalu v rámci dostupného rozsahu pohybu. Sval, který se zapojuje pomalu oproti kontralaterálnímu protějšku, čelí zvýšenému riziku poranění. Následná rehabilitace je v tomto případě zaměřena na odstranění nalezených dysbalancí a nedostatků. Izokinetika má své místo i v akutní rehabilitaci, kde se využívá jako tréninková metoda nebo metoda průběžného testování, čímž můžeme určit, zda je zraněný schopen se vrátit k plné aktivitě.

V současnosti se využití izokinetické dynamometrie v rehabilitaci poranění hamstringů potýká s omezeným množstvím veřejných dat. Autoři izokinetiku v terapii používají spíše pro testování jedince za účelem splnění kritérií určených pro návrat ke sportovní aktivitě. Obecně se dá říci, že v porovnání s běžnými metodami rehabilitace je izokinetika nejbezpečnější z hlediska procentuální pravděpodobnosti obnovení původního poranění a nejrychlejší z hlediska návratu ke sportu. K testování je nutné zvolit vhodný protokol, který splňuje náležitosti spojené s reliabilitou a jeho reprodukovatelností. Zároveň je nutná znalost parametrů a jejich relevance pro danou problematiku, dále pak nastavení přístroje, či edukace pacienta.

Součástí práce je také kazuistika pacienta po částečné ruptuře musculus biceps brachii. V rámci vyšetření bylo otestování dolních končetin na izokinetickém dynamometru v OKC a určení rychlosti aktivace hamstringů při excentrické kontrakci a H/Q poměr ve specifických úhlových rychlostech.



## 12 SUMMARY

This bachelor's thesis summarises the knowledge on the application of isokinetics and ultrasound in the diagnosis and therapy of posterior thigh muscle injuries compared to conventional methods. The thesis aims to describe the potential of using the isokinetic dynamometer, diagnostic ultrasound and other methods commonly used in diagnostics and rehabilitation and their incorporation in the exercise plan.

The introductory chapter of the theoretical part provides a brief overview of the anatomy, kinesiology and biomechanics of the hamstring to introduce the reader to the topic. The text describes the activity and function of this muscle group for the proper functioning of the running and sprinting movement patterns. The following section focuses on the aetiology and mechanism of the most common injuries, including muscle strains and partial ruptures. In terms of incidence, musculus biceps femoris is the most commonly affected muscle with combined injuries, where musculus semitendinosus is usually also affected, being a frequent occurrence. Most hamstring injuries are associated with sports activity. The severity of the injury may be assessed during an indicative clinical examination that allows us to determine the affected structure or region. However, imaging is usually required to clarify the diagnosis. From the perspective of diagnostics, MRI or ultrasound may be used with ultrasound being considerably more commonly available. The most significant risk factors include shortening of the optimal muscle length and the associated flexibility, but also warming up before the activity, age and ethnicity.

Isokinetic dynamometry can be used to diagnose the risk of injury as it allows us to assess the ratio of muscle strength between limbs or the antagonist muscle groups in order to determine the extent to which an individual is decompensated and therefore at risk of an injury. Using this method, we are able to test isometric, eccentric and concentric contraction. The most commonly determined parameter is the ratio between hamstrings and quadriceps ('H/Q ratio') with its relevance for hamstring injuries depending on angular velocities and the type of contraction. Tables of optimal values for hamstring injuries exist, but their validity is often challenged. Isokinetic dynamometry can be also used to determine the rate of muscle engagement within the available range of motion. A muscle that engages slowly compared to its contralateral counterpart faces an increased risk of injury. In this case, the rehabilitation recommendations focus on eliminating the imbalances and deficiencies identified. Isokinetics also has its place in acute rehabilitation where it is used as a training method or a method of continuous testing that allows us to determine whether the injured person is able to return to unrestricted activity.

Currently, the use of isokinetic dynamometry in the rehabilitation of hamstring injuries is faced with limited public data. Therefore, the authors use isokinetics in therapy mainly to test individuals to see whether they meet the criteria for returning to sports activity. Generally speaking, isokinetics is, compared to conventional rehabilitation methods, the safest in terms of the probability of reinjury and the fastest in terms of returning to sport. A suitable testing protocol, which meets the reliability and reproducibility requirements, must be selected for testing. In addition, knowledge of the parameters and their relevance to the issue, as well as the device settings and patient education is necessary.

The thesis also contains a case report of a patient recovering from a partial rupture of musculus biceps brachii. The examination includes testing of the lower limbs using an isokinetic dynamometer in an OKC and determining the rate of hamstring activation during eccentric contraction and the H/Q ratio at specific angular velocities.

## 13 REFERENČNÍ SEZNAM

- Askling, C. (2011). Types of hamstring injuries in sports. *British Journal of Sports Medicine*, 45(2), e2–e2. <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.081570.15>
- Askling, C. M., Malliaropoulos, N., & Karlsson, J. (2012). High-speed running type or stretching-type of hamstring injuries makes a difference to treatment and prognosis. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 46, Issue 2, pp. 86–87). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090534>
- Askling, C. M., Tengvar, M., Saartok, T., & Thorstensson, A. (2008). Proximal hamstring strains of stretching type in different sports: Injury situations, clinical and magnetic resonance imaging characteristics, and return to sport. *American Journal of Sports Medicine*, 36(9), 1799–1804. <https://doi.org/10.1177/0363546508315892>
- Askling, C. M., Tengvar, M., Tarassova, O., & Thorstensson, A. (2014a). Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: A prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 532–539. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093214>
- Askling, C. M., Tengvar, M., & Thorstensson, A. (2013). Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *British Journal of Sports Medicine*, 47(15), 953–959. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092165>
- Askling, C., Saartok, T., & Thorstensson, A. (2006). Type of acute hamstring strain affects flexibility, strength, and time to return to pre-injury level. *British Journal of Sports Medicine*, 40(1), 40–44. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018879>
- Beatty, N. R., Félix, I., Hettler, J., Moley, P. J., & Wyss, J. F. (2017). Rehabilitation and Prevention of Proximal Hamstring Tendinopathy. *Current sports medicine reports*, 16(3), 162–171. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000355>
- Bell G. J., & Snyder G. D. (1991). The effect of high and low velocity resistance training on aerobic power output in cyclist. *Hum. Mov. Studies*, 16, 81–173.
- Beňáčka J. (2020). Všeobecné principy ultrazvukovej diagnostiky. In *Praktická muskuloskeletální ultrasonografie pro lékaře a fyzioterapeuty* (pp. 9–21). Paido.
- Bennell, K., Wajswelner, H., Lew, P., Schall-Riauour, A., Leslie, S., Plant, D., & Cirone, J. (1998). Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *British journal of sports medicine*, 32(4), 309–314. <https://doi.org/10.1136/bjism.32.4.309>

- Bertiche, P., Mohtadi, N., Chan, D., & Hölmich, P. (2021). Proximal hamstring tendon avulsion: State of the art. In *Journal of ISAKOS* (Vol. 6, Issue 4, pp. 237–246). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/jisakos-2019-000420>
- Biscarini, A., Benvenuti, P., Botti, F. M., Brunetti, A., Brunetti, O., & Pettorossi, V. E. (2014). Voluntary enhanced cocontraction of hamstring muscles during open kinetic chain leg extension exercise: Its potential unloading effect on the anterior cruciate ligament. *American Journal of Sports Medicine*, 42(9), 2103–2112. <https://doi.org/10.1177/0363546514536137>
- Blackburn, J. R., & Morrissey, M. C. (1998). The relationship between open and closed kinetic chain strength of the lower limb and jumping performance. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 27(6), 430–435. <https://doi.org/10.2519/jospt.1998.27.6.430>
- Blakeney, W. G., Zilko, S. R., Edmonston, S. J., Schupp, N. E., & Annear, P. T. (2017). A prospective evaluation of proximal hamstring tendon avulsions: improved functional outcomes following surgical repair. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 25(6), 1943–1950. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4475-0>
- Bohannon, R. W. (2005). Manual muscle testing: does it meet the standards of an adequate screening test? *Clinical Rehabilitation*, 19(6), 662–667. <https://doi.org/10.1191/0269215505cr873oa>
- Bohannon, R. W., Gajdosik, R. L., & LeVeau, B. F. (1986). Isokinetic knee flexion and extension torque in the upright sitting and semireclined sitting positions. *Physical therapy*, 66(7), 1083–1086. <https://doi.org/10.1093/ptj/66.7.1083>
- Brockett, C. L., Morgan, D. L., & Proske, U. (2004). Predicting Hamstring Injury in Elite Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3), 379–387. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000117165.75832.05>
- Brown, L. , E. (2000). *Isokinetics in human performance*. Human Kinetics.
- Brown, L. E., Cscs', M., Whitehurst, R., Gilbert, M., & Buchalter, D. N. (1995). The Effect of Velocity and Gender on Load Range During Knee Extension and Flexion Exercise on an Isokinetic Device. *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 19, 107–112. Doi: 10.2519/jospt.1995.21.2.107
- Brown L. E., & Whitehurst M. (2000). Load range. In *Isokinetics in human performance* (pp. 97–121). Human Kinetics.
- Brukner P., Clarsen, B., Cook, J., Cools, A., Crossley, K., Hutchinson, M. R., McCrory, P., Bahr, R., & Khan, K. (2017). *Brukner & Khan's clinical sports medicine* (5th ed., Vol. 1). McGrawHill Education.

- Burkett, L. N. (1970). Causative factors in hamstring strains. *Medicine and Science in Sports*, 2(1), 39–42.
- Burša Filip. (2021). *Ultrasonografie v intenzivní a urgentní medicíně*. Maxdorf.
- Calton T. O., & Coupe K. J. (1998). Hamstring Strains in Athletes: Diagnosis and Treatment. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 6(4), 237–248. Doi: 10.5435/00124635-199807000-00005
- Cermak, N. M., Noseworthy, M. D., Bourgeois, J. M., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2012). Diffusion tensor MRI to assess skeletal muscle disruption following eccentric exercise. *Muscle and Nerve*, 46(1), 42–50. <https://doi.org/10.1002/mus.23276>
- Chamorro, C., Armijo-Olivo, S., De la Fuente, C., Fuentes, J., & Javier Chiroso, L. (2017). Absolute reliability and concurrent validity of hand held dynamometry and isokinetic dynamometry in the hip, knee and ankle joint: systematic review and meta-analysis. *Open Medicine*, 12(1), 359–375. <https://doi.org/10.1515/med-2017-0052>
- Chu, S. K., & Rho, M. E. (2016). Hamstring Injuries in the Athlete: Diagnosis, Treatment, and Return to Play. *Current sports medicine reports*, 15(3), 184–190. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000264>
- Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2011). Hamstring musculotendon dynamics during stance and swing phases of high-speed running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(3), 525–532. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181f23fe8>
- Chumanov, E. S., Schache, A. G., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2012). Hamstrings are most susceptible to injury during the late swing phase of sprinting. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 46, Issue 2, p. 90). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090176>
- Chung, C. B., Lektrakul, N., Gigena, L., & Resnick, D. (2001). Magnetic resonance imaging of the upper extremity: advances in technique and application. *Clinical orthopaedics and related research*, (383), 162–174. <https://doi.org/10.1097/00003086-200102000-00018>
- Čihák R. (2011). *Anatomie 1: Třetí, upravené a doplněné vydání*. Grada.
- Clark, R., & Clark, R. A. (2008). *Hamstring injuries: Risk assessment and injury prevention The influence of neck pain on postural control View project Hamstring Injuries: Risk Assessment and Injury Prevention* (Vol. 37, Issue 4). <https://www.researchgate.net/publication/5392269>
- Cohen, S. B., Rangavajjula, A., Vyas, D., & Bradley, J. P. (2012). Functional results and outcomes after repair of proximal hamstring avulsions. *American Journal of Sports Medicine*, 40(9), 2092–2098. <https://doi.org/10.1177/0363546512456012>
- Connell, D. A., Schneider-Kolsky, M. E., Hoving, J. L., Malara, F., Buchbinder, R., Koulouris, G., Burke, F., & Bass, C. (2004). Longitudinal study comparing sonographic and MRI

- assessments of acute and healing hamstring injuries. *AJR. American journal of roentgenology*, 183(4), 975–984. <https://doi.org/10.2214/ajr.183.4.1830975>
- Cook, J. L., & Purdam, C. (2012). Is compressive load a factor in the development of tendinopathy? In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 46, Issue 3, pp. 163–168). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090414>
- Coombs, R., Garbutt, G., & Cramp, M. (2002). Communications to the Annual Conference of the British Association of Sport and Exercise Sciences (BASES) PART I: BIOMECHANICS Comparison of conventional and functional hamstring± quadriceps moment ratios through a 90° range of leg motion. *CONFERENCE COMMUNICATIONS Journal of Sports Sciences*, 20, 3–74. <http://www.tandf.co.uk/journals>
- Coyle, E. F., Feiring, D. C., Rotkis, T. C., Cote Iii, R. W., Roby, F. B., Lee, W., & Wilmore, J. H. (1981). Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training Specificity of power improvements through SLOW and fast isokinetic training. In *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol* (Vol. 51, Issue 6). [www.physiology.org/journal/jappl](http://www.physiology.org/journal/jappl)
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469–1475. <https://doi.org/10.1177/0363546508316764>
- Croisier, J.-L., & Crielaard, J.-M. (2000). Hamstring muscle tear with recurrent complaints: An isokinetic profile. *Isokinetics and Exercise Science*, 8, 175–180. Doi: 10.3233/IES-200020048
- Croisier, J. L., Forthomme, B., Namurois, M. H., Vanderthommen, M., & Crielaard, J. M. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *The American journal of sports medicine*, 30(2), 199–203. <https://doi.org/10.1177/03635465020300020901>
- Dauty, M., Menu, P., & Fouasson-Chailloux, A. (2018a). *Hamstring Muscle Injury Prediction by Isokinetic Ratios Depends on the Method Used*. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000568>
- Dauty, M., Menu, P., & Fouasson-Chailloux, A. (2018b). Cutoffs of isokinetic strength ratio and hamstring strain prediction in professional soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 28(1), 276–281. <https://doi.org/10.1111/sms.12890>
- Dauty, M., Menu, P., & Fouasson-Chailloux, A. (2020). Hamstring Muscle Injury Prediction by Isokinetic Ratios Depends on the Method Used. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 30(1), 40–45. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000568>

- Dauty, M., Menu, P., Fouasson-Chailloux, A., Ferréol, S., & Dubois, C. (2016a). Prediction of hamstring injury in professional soccer players by isokinetic measurements. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 6(1), 116–123. <https://doi.org/10.11138/mltj/2016.6.1.116>
- Davies, G. J., & Ellenbecker, T. S. (2012). Application of Isokinetics in Testing and Rehabilitation. In *Physical Rehabilitation of the Injured Athlete* (pp. 548–570). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-2411-0.00025-3>
- Davies, G. J., Riemann, B., & Ellenbecker, T. (2018). Role of Isokinetic Testing and Training After ACL Injury and Reconstruction. In *ACL Injuries in the Female Athlete* (pp. 567–588). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-56558-2\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-662-56558-2_24)
- Davis, K. W. (2008). Imaging of the hamstrings. In *Seminars in Musculoskeletal Radiology* (Vol. 12, Issue 1, pp. 28–41). <https://doi.org/10.1055/s-2008-1067935>
- de Morton, N. A., & Keating, J. L. (2002). The effect of preload on variability in dynamometric measurements of knee extension. *European Journal of Applied Physiology*, 86(4), 355–362. <https://doi.org/10.1007/s00421-001-0557-1>
- De-smet, A. A., & Best, T. M. (2000). *MR Imaging of the Distribution and Location of Acute Hamstring Injuries in Athletes*. 174(2), 393–399.
- Dirnberger, J., Wiesinger, H.-P., Kösters, A., & Müller, E. (2012). Reproducibility for isometric and isokinetic maximum knee flexion and extension measurements using the IsoMed 2000-dynamometer. *Isokinetics and Exercise Science*, 20(3), 149–153. <https://doi.org/10.3233/IES-2012-0451>
- Duncan, P. W., Chandler, J. M., Cavanaugh, D. K., Johnson, K. R., & Buehler, A. G. (1989). Mode and speed specificity of eccentric and concentric exercise training. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 11(2), 70–75. <https://doi.org/10.2519/jospt.1989.11.2.70>
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics. muscle testing, interpretation and clinical applications* (2nd ed.). Elsevier.
- Dvořák, R. (2003). *Zaklady\_kinezioterapie* (2nd ed.). Univerzita Palackého.
- Dylevský, I. (2007). *Obečná kineziologie*. Grada.
- Dylevský I. (2009). *Funkční anatomie člověka*. Grada.
- Ekstrand, J., & Gillquist, J. (1982). The frequency of muscle tightness and injuries in soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 10(2), 75–78. <https://doi.org/10.1177/036354658201000202>
- Ellenbecker, T. S., & Davies, G. J. (2000). The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *Journal of Athletic Training*, 35(3), 338–350.

- Elliott, M. C. C. W., Zarins, B., Powell, J. W., & Kenyon, C. D. (2011). Hamstring muscle strains in professional football players: A 10-year review. In *American Journal of Sports Medicine* (Vol. 39, Issue 4, pp. 843–850). <https://doi.org/10.1177/0363546510394647>
- Eustace, S., Page, R. M., & Greig, M. (2019). Novel isokinetic dynamometry of the thigh musculature during anterior cruciate ligament rehabilitation in professional soccer: An explorative case study. *International Journal of Athletic Therapy and Training*, 24(2), 44–49. <https://doi.org/10.1123/ijatt.2017-0081>
- Ewing, J.L., Wolfe, D.R., Rogers, M.A. *et al.* Effects of velocity of isokinetic training on strength, power, and quadriceps muscle fibre characteristics. *Eur J Appl Physiol* 61, 159–162 (1990). <https://doi.org/10.1007/BF00236711>
- Finch, C. (2006). A new framework for research leading to sports injury prevention. In *Journal of Science and Medicine in Sport* (Vol. 9, Issues 1–2, pp. 3–9). <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.02.009>
- Freckleton, G., & Pizzari, T. (2013). Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: A systematic review and meta-analysis. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 47, Issue 6, pp. 351–358). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090664>
- Fukunaga, T., Roy, R. R., Shellock, F. G., Hodgson, J. A., & Edgerton, V. R. (1996). Specific tension of human plantar flexors and dorsiflexors. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 80(1), 158–165. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.80.1.158>
- Fyfe, J. J., Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2013). The role of neuromuscular inhibition in hamstring strain injury recurrence. In *Journal of Electromyography and Kinesiology* (Vol. 23, Issue 3, pp. 523–530). <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.12.006>
- Gabbe, B. J., Branson, R., & Bennell, K. L. (2006). A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian Football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(1–2), 103–109. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.02.001>
- Gabbe, B. J., Finch, C. F., Bennell, K. L., & Wajswelner, H. (2005). Risk factors for hamstring injuries in community level Australian football. *British Journal of Sports Medicine*, 39(2), 106–110. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.011197>
- Gentil, P., del Vecchio, F. B., Paoli, A., Schoenfeld, B. J., & Bottaro, M. (2017). Isokinetic Dynamometry and 1RM Tests Produce Conflicting Results for Assessing Alterations in Muscle Strength. *Journal of Human Kinetics*, 56(1), 19–27. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0019>



- Gillette, T. M., Holland, G. J., Vincent, W. J., & Loy, S. F. (1991). Relationship of Body Core Temperature and Warm-up to Knee Range of Motion. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 13(3), 126–131. <https://doi.org/10.2519/jospt.1991.13.3.126>
- Glasgow, P., Phillips, N., & Bleakley, C. (2015). Optimal loading: Key variables and mechanisms. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 49, Issue 5, pp. 278–279). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094443>
- Gordon, A. M., Huxley, A. F., & Julian, F. J. (1966). The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres. *The Journal of physiology*, 184(1), 170–192. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1966.sp007909>
- Grange, S., Reurink, G., Nguyen, A. Q., Riviera-Navarro, C., Foschia, C., Croisille, P., & Edouard, P. (2022). Location of Hamstring Injuries Based on Magnetic Resonance Imaging: A Systematic Review. In *Sports Health*. SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/19417381211071010>
- Green, B., Bourne, M. N., & Pizzari, T. (2018). Isokinetic strength assessment offers limited predictive validity for detecting risk of future hamstring strain in sport: A systematic review and meta-analysis. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 52, Issue 5, pp. 329–336). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098101>
- Greenky, M., & Cohen, S. (2017). Magnetic resonance imaging for assessing hamstring injuries: clinical benefits and pitfalls &ndash; a review of the current literature. *Open Access Journal of Sports Medicine, Volume 8*, 167–170. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s113007>
- Grimby, G. (1982). Isokinetic Training. *Int. J. Sports Med.*, 3, 61–64.
- Guermazi, A., Roemer, F. W., Robinson, P., Tol, J. L., Regatte, R. R., & Crema, M. D. (2017). Imaging of muscle injuries in sports medicine: Sports imaging series. In *Radiology* (Vol. 282, Issue 3, pp. 646–663). Radiological Society of North America Inc. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017160267>
- Guex, K., Gojanovic, B., & Millet, G. P. (2012). Influence of hip-flexion angle on hamstrings isokinetic activity in sprinters. *Journal of Athletic Training*, 47(4), 390–395. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.4.04>
- Häggglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2013). Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: The UEFA injury study. *American Journal of Sports Medicine*, 41(2), 327–335. <https://doi.org/10.1177/0363546512470634>
- Hall, M. M. (2018). *Return to Play After Thigh Muscle Injury: Utility of Serial Ultrasound in Guiding Clinical Progression*. <http://journals.lww.com/acsm-csmr>
- Hamilton, B., Tol, J. L., Almusa, E., Boukarroum, S., Eirale, C., Farooq, A., Whiteley, R., & Chalabi, H. (2015). Platelet-rich plasma does not enhance return to play in hamstring injuries: a

- randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 49(14), 943–950. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094603>
- Harris-Love, M. O., Seamon, B. A., Gonzales, T. I., Hernandez, H. J., Pennington, D., & Hoover, B. M. (2017). Eccentric Exercise Program Design: A Periodization Model for Rehabilitation Applications. *Frontiers in Physiology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00112>
- Hibbert, O., Cheong, K., Grant, A., Beers, A., & Moizumi, T. (2008). 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: NAJSPT*, 3(2), 67–81.
- Hickey, J. T., Opar, D. A., Weiss, L. J., & Heiderscheit, B. C. (2022). Hamstring Strain Injury Rehabilitation. *Journal of Athletic Training*, 57(2), 125–135. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0707.20>
- Hickey, J. T., Timmins, R. G., Maniar, N., Williams, M. D., & Opar, D. A. (2017). Criteria for Progressing Rehabilitation and Determining Return-to-Play Clearance Following Hamstring Strain Injury: A Systematic Review. In *Sports Medicine* (Vol. 47, Issue 7, pp. 1375–1387). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0667-x>
- Hislop, H. J., & Perrine, J. J. (1967). The isokinetic concept of exercise. *Physical Therapy*, 47(2), 114–117.
- Hobbel, S. L., & Rose, D. J. (1993). The relative effectiveness of three forms of visual knowledge of results on peak torque output. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 18(5), 601–608. <https://doi.org/10.2519/jospt.1993.18.5.601>
- Houweling, T. A. W., Head, A., & Hamzeh, M. A. (2009). Validity of isokinetic testing for previous hamstring injury detection in soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 17(4), 213–220. <https://doi.org/10.3233/IES-2009-0356>
- Howells Robert. (2018). *Park Clinic Orthopedics*. Proximal Hamstring Injury.
- HRAZDIRA, L., BERÁNKOVÁ, L., & SEBERA, M. (2006). Poranění hamstringů. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*, 15(2), 66.
- Hrazdira L., & Řezanicová J. (2020). Zobrazovací možnosti sonografie. In *Praktická muskuloskeletální ultrasonografie pro lékaře a fyzioterapeuty* (pp. 35–61). Paido.
- Hudák J., T., & Kachlík D. (2017). *Memorix anatomie: 3. vydání* (Vol. 3). Triton.
- Irger, M., Willinger, L., Lacheta, L., Pogorzelski, J., Imhoff, A. B., & Feucht, M. J. (2020). Proximal hamstring tendon avulsion injuries occur predominately in middle-aged patients with distinct gender differences: epidemiologic analysis of 263 surgically treated cases. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 28(4), 1221–1229. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05717-7>

- Järvinen, T. A. H., Järvinen, T. L. N., Kääriäinen, M., Kalimo, H., & Järvinen, M. (2005). Muscle Injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(5), 745–764. <https://doi.org/10.1177/0363546505274714>
- JAVŮREK, J. (1982). *Léčebná rehabilitace sportovců*. Olympia.
- Jeong, H.-J., Lee, J.-H., Choi, W.-J., & Cynn, H.-S. (2014). Knee Flexion Angles Influence Hip Extensor Activity During Prone Heel Squeeze. *Physical Therapy Korea*, 21(4), 15–22. <https://doi.org/10.12674/ptk.2014.21.4.015>
- Johnson J., & Siegel D. (1978). Reliability of an isokinetic movement of the knee extensors. *The Research Quarterly*, 49(1), 88–90.
- Kannus, P. (1994). Isokinetic Evaluation of Muscular Performance: Implications for Muscle Testing and Rehabilitation. *Lot. J. Sports Med*, 15, 11–18.
- Karagiannidis Alex. (2019). *Active physiotherapy solutions*. Proximal Hamstring Tendinopathy - Key Issues in Diagnosis and Treatment.
- Kerkhoffs, G. M. M. J., van Es, N., Wieldraaijer, T., Sierevelt, I. N., Ekstrand, J., & van Dijk, C. N. (2013). Diagnosis and prognosis of acute hamstring injuries in athletes. In *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* (Vol. 21, Issue 2, pp. 500–509). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2055-x>
- Kerr B.A., Beauchamp L., Fisher V., Neil R., ED Nigg B.M., & ED Kerr B. (1983). Footstrike patterns in distance running: Biomechanical aspects of sport shoes and playing surfaces. *University of Calgary Press*, 135–141.
- Kilcoyne, K. G., Dickens, J. F., Keblish, D., Rue, J. P., & Chronister, R. (2011). Outcome of grade I and II hamstring injuries in intercollegiate athletes: A novel rehabilitation protocol. *Sports Health*, 3(6), 528–533. <https://doi.org/10.1177/1941738111422044>
- Kim, H. J., & Kramer, J. F. (1997). Effectiveness of visual feedback during isokinetic exercise. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 26(6), 318–323. <https://doi.org/10.2519/jospt.1997.26.6.318>
- Klinge, K. E., & Sallay, P. I. (2002). Surgical repair of complete proximal hamstring tendon rupture. *The American journal of sports medicine*, 30(5), 742–747. <https://doi.org/10.1177/03635465020300051901>
- Kolodziej, M., Nolte, K., Schmidt, M., Alt, T., & Jaitner, T. (2021). Identification of Neuromuscular Performance Parameters as Risk Factors of Non-contact Injuries in Male Elite Youth Soccer Players: A Preliminary Study on 62 Players With 25 Non-contact Injuries. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.615330>
- Kolt, G., & Lynn, S. (2007). *Physical Therapies in Sport and Exercise* (Vol. 2). Churchill Livingstone.

- Koněcký K. A kol. (1965). *Technika lehkootletických disciplín*. SPN.
- Koulouris, G., & Connell, D. (2003). Evaluation of the hamstring muscle complex following acute injury. *Skeletal Radiology*, *32*(10), 582–589. <https://doi.org/10.1007/s00256-003-0674-5>
- Kramer J. F., Hill K., Jones I. C., Sandrin M., & Vyse M. (1989). Effect of dynamometer application arm length on concentric and eccentric torques during isokinetic knee extension. *Physiotherapy Canada*, *41*, 100–106.
- Kruse, R. C., Whipple, M. T., Schmidt, E., & Wilz, L. (2021). Role of Ultrasound in Managing Hamstring Muscle Injuries. In *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports* (Vol. 9, Issue 4, pp. 237–242). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s40141-021-00330-7>
- Kues J. M., Rothstein J. M., & Lam R. L. (1992). Obtaining reliable measurements of knee extensors torque produced during maximal voluntary contractions: An experimental investigation. *Physical Therapy*, *41*, 492–504.
- Lacerte, M., deLateur, B. J., Alquist, A. D., & Questad, K. A. (1992). Concentric versus combined concentric-eccentric isokinetic training programs: effect on peak torque of human quadriceps femoris muscle. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *73*(11), 1059–1062.
- LaStayo, P., McDonagh, P., Lipovic, D., Napoles, P., Bartholomew, A., Esser, K., & Lindstedt, S. (2007). Elderly Patients and High Force Resistance Exercise—A Descriptive Report. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, *30*(3), 128–134. <https://doi.org/10.1519/00139143-200712000-00008>
- Lempainen, L., Banke, I. J., Johansson, K., Brucker, P. U., Sarimo, J., Orava, S., & Imhoff, A. B. (2015). Clinical principles in the management of hamstring injuries. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *23*(8), 2449–2456. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-2912-x>
- Lieber, R. L., & Fridé N, J. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. In *Muscle Nerve* (Vol. 23). Doi: [https://doi.org/10.1002/1097-4598\(200011\)23:11<1647::AID-MUS1>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/1097-4598(200011)23:11<1647::AID-MUS1>3.0.CO;2-M)
- Linc R., & Doubková A. (1999). *Anatomie hybnosti 1*. Karolinum.
- Lindstedt, S. L., LaStayo, P. C., & Reich, T. E. (2001). When Active Muscles Lengthen: Properties and Consequences of Eccentric Contractions. *Physiology*, *16*(6), 256–261. <https://doi.org/10.1152/physiologyonline.2001.16.6.256>
- Linklater, J. M., Hamilton, B., Carmichael, J., Orchard, J., & Wood, D. G. (2010). Hamstring injuries: Anatomy, imaging, and intervention. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, *14*(2), 131–161. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1253157>

- Liu, H., Garrett, W. E., Moorman, C. T., & Yu, B. (2012). Injury rate, mechanism, and risk factors of hamstring strain injuries in sports: A review of the literature. *Journal of Sport and Health Science, 1*(2), 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2012.07.003>
- Liu, Y., Sun, Y., Zhu, W., & Yu, J. (2017). The late swing and early stance of sprinting are most hazardous for hamstring injuries. In *Journal of Sport and Health Science* (Vol. 6, Issue 2, pp. 133–136). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.01.011>
- Lohrer, H., Nauck, T., Korakakis, V., & Malliaropoulos, N. (2016). Validation of the FASH (Functional Assessment Scale for Acute Hamstring Injuries) questionnaire for German-speaking football players. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 11*(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-016-0464-0>
- Lord, C., Ma'ayah, F., & Blazeovich, A. J. (2018). Change in knee flexor torque after fatiguing exercise identifies previous hamstring injury in football players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 28*(3), 1235–1243. <https://doi.org/10.1111/sms.13007>
- Maganaris, C. N., Narici, M. v, Almekinders, L. C., & Maffulli, N. (2004). Biomechanics and Pathophysiology of Overuse Tendon Injuries Ideas on Insertional Tendinopathy. In *Sports Med* (Vol. 34, Issue 14).
- Mair, S. D., Seaber, A. v., Glisson, R. R., & Garrett, W. E. (1996). The Role of Fatigue in Susceptibility to Acute Muscle Strain Injury. *The American Journal of Sports Medicine, 24*(2), 137–143. <https://doi.org/10.1177/036354659602400203>
- Malliaropoulos, N., Papacostas, E., Kiritsi, O., Papalada, A., Gougoulias, N., & Maffulli, N. (2010). Posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes. *American Journal of Sports Medicine, 38*(9), 1813–1819. <https://doi.org/10.1177/0363546510366423>
- Manara, M., Manari, D., & Past, G. (2013). Diagnostic Imaging in Muscle Injury. In *Muscle Injuries in Sport Medicine*. InTech. <https://doi.org/10.5772/56472>
- Maniar, N., Shield, A. J., Williams, M. D., Timmins, R. G., & Opar, D. A. (2016). Hamstring strength and flexibility after hamstring strain injury: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine, 50*(15), 909–920. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095311>
- McCurdie, I. (2012). Imaging in sport and exercise medicine: “a sports physician’s outlook and needs.” *The British Journal of Radiology, 85*(1016), 1198–1200. <https://doi.org/10.1259/bjr/14729770>
- Megliola, A., Eutropi, F., Scorzelli, A., Gambacorta, D., de Marchi, A., de Filippo, M., Faletti, C., & Ferrari, F. S. (2006). Ruolo dell’ecografia e della risonanza magnetica nello studio delle lesioni muscolari. *Radiologia Medica, 111*(6), 836–845. <https://doi.org/10.1007/s11547-006-0077-5>

- Mendiguchia, J., & Brughelli, M. (2011). A return-to-sport algorithm for acute hamstring injuries. In *Physical Therapy in Sport* (Vol. 12, Issue 1, pp. 2–14). <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2010.07.003>
- Mo Ahn, J., & El-Khoury, G. Y. (2007). Role of Magnetic Resonance Imaging in Musculoskeletal Trauma. *Top Magn Reson Imaging*, 18(3), 155–168. <https://doi.org/10.1097/RMR.0b013e318093e670>
- Mueller-Wohlfahrt, H. W., Haensel, L., Mithoefer, K., Ekstrand, J., English, B., McNally, S., Orchard, J., van Dijk, N., Kerkhoffs, G. M., Schamasch, P., Blottner, D., Swaerd, L., Goedhart, E., & Uebliacker, P. (2013). Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement. *British Journal of Sports Medicine*, 47(6), 342–350. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091448>
- Narici, M. v, Sirtori, M. D., Mastore, S., & Mognoni, P. (1991). The effect of range of motion and isometric pre-activation on isokinetic torques. In *Eur J Appl Physiol* (Vol. 62).
- Novacheck, T. F. (1998). The biomechanics of running. In *Gait and Posture* (Vol. 7).
- Opar, D. A., Williams, M. D., Timmins, R. G., Dear, N. M., & Shield, A. J. (2013a). Rate of torque and electromyographic development during anticipated eccentric contraction is lower in previously strained hamstrings. *American Journal of Sports Medicine*, 41(1), 116–125. <https://doi.org/10.1177/0363546512462809>
- Opar, D. A., Williams, M. D., Timmins, R. G., Dear, N. M., & Shield, A. J. (2013b). Rate of torque and electromyographic development during anticipated eccentric contraction is lower in previously strained hamstrings. *American Journal of Sports Medicine*, 41(1), 116–125. <https://doi.org/10.1177/0363546512462809>
- Opar, D. A., Williams, M. D., Timmins, R. G., Hickey, J., Duhig, S. J., & Shield, A. J. (2015). Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(4), 857–865. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000465>
- Orchard, J., Marsden, J., Lord, S., & Garlick, D. (1997a). *Preseason Hamstring Muscle Weakness Associated with Hamstring Muscle Injury in Australian Footballers \**.
- Orchard, J., Marsden, J., Lord, S., & Garlick, D. (1997b). *Preseason Hamstring Muscle Weakness Associated with Hamstring Muscle Injury in Australian Footballers \**. *The American Journal of Sports Medicine*, 25(1), 51–85.
- Orchard, J., Steet, E., Walker, C., Ibrahim, A., Rigney, L., & Houang, M. (2001). Hamstring Muscle Strain Injury Caused By Isokinetic Testing. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 11(4), 274–276. <https://doi.org/10.1097/00042752-200110000-00011>

- Orchard, J. W. (2012). Hamstrings are most susceptible to injury during the early stance phase of sprinting. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 46, Issue 2, pp. 88–89). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090127>
- Paoletta, M., Moretti, A., Liguori, S., Snichelotto, F., Menditto, I., Toro, G., Gimigliano, F., & Iolascon, G. (2021). Ultrasound Imaging in Sport-Related Muscle Injuries: Pitfalls and Opportunities. *Medicina*, *57*(10), 1040. <https://doi.org/10.3390/medicina57101040>
- Pasta, G., Nanni, G., Molini, L., & Bianchi, S. (2010). Sonography of the quadriceps muscle: Examination technique, normal anatomy, and traumatic lesions. *Journal of Ultrasound*, *13*(2), 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.jus.2010.07.004>
- Patel, A., Chakraverty, J., Pollock, N., Chakraverty, R., Suokas, A. K., & James, S. L. (2015). British athletics muscle injury classification: A reliability study for a new grading system. *Clinical Radiology*, *70*(12), 1414–1420. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2015.08.009>
- Pavone, E., & Moffat, M. (1985). Isometric torque of the quadriceps femoris after concentric, eccentric and isometric training. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *66*(3), 168–170.
- Peacock, B., Westers, T., Walsh, S., & Nicholson, K. (1981). Feedback and maximum voluntary contraction. *Ergonomics*, *24*(3), 233–228.
- Peetrons, P. (2002). Ultrasound of muscles. *European Radiology*, *12*(1), 35–43. <https://doi.org/10.1007/s00330-001-1164-6>
- Perrin, D. H., & Perrin, A. (1986). Reliability of isokinetic Measures. *Athletic Training*, *21*, 319–3221. <http://www.nata.org/jat/>
- Petersen, J., & Hölmich, P. (2005). Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 39, Issue 6, pp. 319–323). <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018549>
- Poľanský B. (2005). Rehabilitácia kolena po operácii ligamentu cruciatae v izokinetickom režime. In *Rehabilitácia 1* (1st ed., Vol. 42, pp. 3–10).
- Pollock, N., James, S. L. J., Lee, J. C., & Chakraverty, R. (2014). British athletics muscle injury classification: a new grading system. *British Journal of Sports Medicine*, *48*(18), 1347–1351. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093302>
- Reurink, G., Goudswaard, G. J., Moen, M. H., Tol, J. L., Verhaar, J. A. N., & Weir, A. (2016). Strength measurements in acute hamstring injuries: Intertester reliability and prognostic value of handheld dynamometry. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *46*(8), 689–696. <https://doi.org/10.2519/jospt.2016.6363>
- Reurink, G., Goudswaard, G. J., Moen, M. H., Weir, A., Verhaar, J. A. N., Bierma-Zeinstra, S. M. A., Maas, M., & Tol, J. L. (2015). Rationale, secondary outcome scores and 1-year follow-

- up of a randomised trial of platelet-rich plasma injections in acute hamstring muscle injury: the Dutch Hamstring Injection Therapy study. *British Journal of Sports Medicine*, 49(18), 1206–1212. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094250>
- Safran, M. R., Garrett, W. E., Seaber, A. v., Glisson, R. R., & Ribbeck, B. M. (1988). The role of warmup in muscular injury prevention. *The American Journal of Sports Medicine*, 16(2), 123–129. <https://doi.org/10.1177/036354658801600206>
- Schache, A. G., Brown, N. A. T., & Pandy, M. G. (2015). Modulation of work and power by the human lower-limb joints with increasing steady-state locomotion speed. *Journal of Experimental Biology*, 218(15), 2472–2481. <https://doi.org/10.1242/jeb.119156>
- Schache, A. G., Dorn, T. W., Blanch, P. D., Brown, N. A. T., & Pandy, M. G. (2012). Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(4), 647–658. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318236a3d2>
- Schmitt, B., Wollin, M., Tyler, T., Whiteley, R., & Thorborg, K. (2020). Clinical Assessment of Hamstring Injury and Function. In *Prevention and Rehabilitation of Hamstring Injuries* (pp. 199–223). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-31638-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31638-9_9)
- Sekir, U., Yildiz, Y., Hazneci, B., Ors, F., & Aydin, T. (2007). Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 15(5), 654–664. <https://doi.org/10.1007/s00167-006-0108-8>
- Serafin-Król, M., Król, R., Ziólkowski, M., Jedrzejczyk, M., Marianowska, A., Mlosek, R., Jakubowski, W., & Deszczyński, J. (2008). Potential value of three-dimensional ultrasonography in diagnosing muscle injuries in comparison to two-dimensional examination--preliminary results. *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja*, 10(2), 137–145.
- Sharma, K. N., Quddus, N., Hameed, U. A., Khan, S. A., Kumari, A., Alghadir, A. H., & Khan, M. (2022). Mode-specific effects of concentric and eccentric isokinetic training of the hamstring muscle at slow angular velocity on the functional hamstrings-to-quadriceps ratio-a randomized trial. *PeerJ*, 10, e13842. <https://doi.org/10.7717/peerj.13842>
- Siewert M. W., Ariki P. W., Davies G. J., & Rowinski M. J. (1975). Isokinetic strength changes upon lever arm placement. *Physical Therapy*, 65, 715.
- Spencer-Wimpenny, P. (2010). *Isokinetic Explained*.
- Startzman, A. N., Fowler, O., & Carreira, D. (2017). Proximal hamstring tendinosis and partial ruptures. In *Orthopedics* (Vol. 40, Issue 4, pp. e574–e582). Slack Incorporated. <https://doi.org/10.3928/01477447-20170208-05>



- Stastny, P., Lehnert, M., & Tufano, J. J. (2018). Muscle Imbalances: Testing and Training Functional Eccentric Hamstring Strength in Athletic Populations. *Journal of Visualized Experiments*, 135. <https://doi.org/10.3791/57508>
- Takebayashi, S., Takasawa, H., Banzai, Y., Miki, H., Sasaki, R., Itoh, Y., & Matsubara, S. (1995). *Sonographic Findings in Muscle Strain Injury: Clinical and MR Imaging Correlation*.
- Thomas Gareth. (2020). *Biodex*. Physical Medicine Blog.
- Thorborg, K., Opar, D., & Shield, A. (2020). *Prevention and Rehabilitation of Hamstring Injuries*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-31638-9>
- Tok, F., Özçakar, L., de Muynck, M., Kara, M., & Vanderstraeten, G. (2012). Musculoskeletal ultrasound for sports injuries. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 48(4), 651–663; quiz 707.
- Tol, J. L., Hamilton, B., Eirale, C., Muxart, P., Jacobsen, P., & Whiteley, R. (2014a). At return to play following hamstring injury the majority of professional football players have residual isokinetic deficits. *British Journal of Sports Medicine*, 48(18), 1364–1369. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093016>
- Tyler, T. F., Schmitt, B. M., Nicholas, S. J., & McHugh, M. P. (2017). Rehabilitation After Hamstring-Strain Injury Emphasizing Eccentric Strengthening at Long Muscle Lengths: Results of Long-Term Follow-Up. *Journal of Sport Rehabilitation*, 26(2), 131–140. <https://doi.org/10.1123/jsr.2015-0099>
- Van Dyk, N., Bahr, R., Whiteley, R., Tol, J. L., Kumar, B. D., Hamilton, B., Farooq, A., & Witvrouw, E. (2016). Hamstring and Quadriceps Isokinetic Strength Deficits Are Weak Risk Factors for Hamstring Strain Injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 44(7), 1789–1795. <https://doi.org/10.1177/0363546516632526>
- van Hooren, B., & Bosch, F. (2017). Is there really an eccentric action of the hamstrings during the swing phase of high-speed running? part I: A critical review of the literature. *Journal of Sports Sciences*, 35(23), 2313–2321. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1266018>
- van Hooren, B., & Bosch, F. (2018). *Preventing hamstring injuries-Part 2. Preventing hamstring injuries-Part 2: There is possibly an isometric action of the hamstrings in high-speed running and it does matter*.
- Véle, F. (2007). *Kineziologie*. Triton.
- Verrall, G. M., Slavotinek, J. P., Barnes, P. G., Fon, G. T., & Spriggins, A. J. (2001). Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *British journal of sports medicine*, 35(6), 435–440. <https://doi.org/10.1136/bjism.35.6.435>

- Vladimír Janda, & Dagmar Pavlů. (1993). *Goniometrie*. Institut pro další vzdělávání středních zdravotnických pracovníků.
- W Findley, B., E Brown, L., Whitehurst, M., Keating, T., P Murray, D., & M Gardner, L. (2006). The influence of body position on load range during isokinetic knee extension/flexion. *Journal of Sports Science & Medicine*, 5(3), 400–406.
- Waldén, M., Hägglund, M., Magnusson, H., & Ekstrand, J. (2016). ACL injuries in men's professional football: A 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates reveals only 65% of players still play at the top level 3 years after ACL rupture. *British Journal of Sports Medicine*, 50(12), 744–750. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095952>
- Wan, X., Qu, F., Garrett, W. E., Liu, H., & Yu, B. (2017). The effect of hamstring flexibility on peak hamstring muscle strain in sprinting. *Journal of Sport and Health Science*, 6(3), 283–289. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.03.012>
- Whiteley, R., Einarsson, E., Thomson, A., & Hansen, C. (2017). Is the swing or stance phase more likely to injure the hamstrings during running? An EMG investigation using a reduced bodyweight (Alter-G®) treadmill. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20, e125. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.01.220>
- Whiteley, R., van Dyk, N., Wangensteen, A., & Hansen, C. (2018). Clinical implications from daily physiotherapy examination of 131 acute hamstring injuries and their association with running speed and rehabilitation progression. *British Journal of Sports Medicine*, 52(5), 303–310. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097616>
- Wiemann, K., & Tidow, G. (1995). Relative activity of hip and knee extensors in sprinting-implications for training. In *New Studies in Athletics* (Vol. 10, Issue 1).
- Wing, C., & Bishop, C. (2020). Hamstring Strain Injuries: Incidence, Mechanisms, Risk Factors, and Training Recommendations. *Strength & Conditioning Journal*, 42(3), 40–57. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000538>
- Woods, C., Hawkins, R. D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., & Hodson, A. (2004a). The Football Association Medical Research Programme: An audit of injuries in professional football - Analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 38(1), 36–41. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.002352>
- Worrell, T. W., Perrin, D. H., & Denegar, C. R. (1989). The Influence of Hip Position on Quadriceps and Hamstring Peak Torque and Reciprocal Muscle Group Ratio Values. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 11(3), 104–107. <https://doi.org/10.2519/jospt.1989.11.3.104>

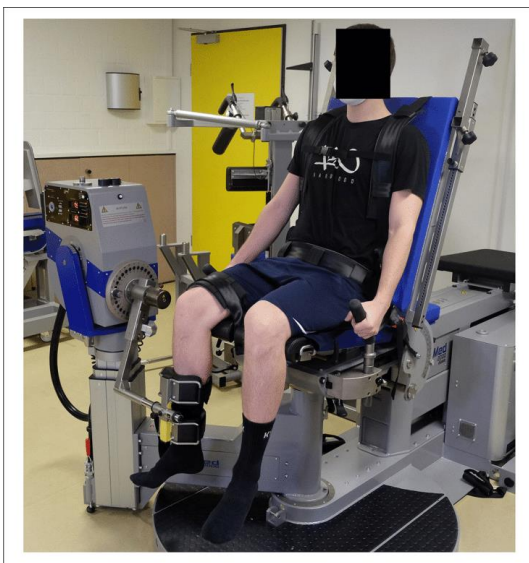
- Yamamoto, T. (1993). Relationship between hamstring strains and leg muscle strength. A follow-up study of collegiate track and field athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33(2), 194–199.
- Zajončková, K. (2022). *Možnosti využití izokinetického dynamometru v prevenci a terapii měkkého kolene*. Dostupné z: <https://theses.cz/id/dh2nzk/>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury.
- Zemach, L., Almoznino, S., Barak, Y., & Dvir, Z. (2009). Quadriceps insufficiency in patients with knee compromise: How many velocities should an isokinetic test protocol consist of? *Isokinetics and Exercise Science*, 17(3), 129–133. <https://doi.org/10.3233/IES-2009-0344>

## 14 PŘÍLOHY

### 14.1 Využité testovací polohy

#### 14.1.1 Sed

V základní poloze v sedě byl pacient fixován standartně přes trup, ramena a stehno testované DK. Rozsah pohybu byl nastaven na 10-90° flexe (0 = plná extenze). Zároveň bylo probandovi umožněno se držet horními končetinami postranních madel a zpětná vazba v podobě číselného znázornění průběžných výsledků.



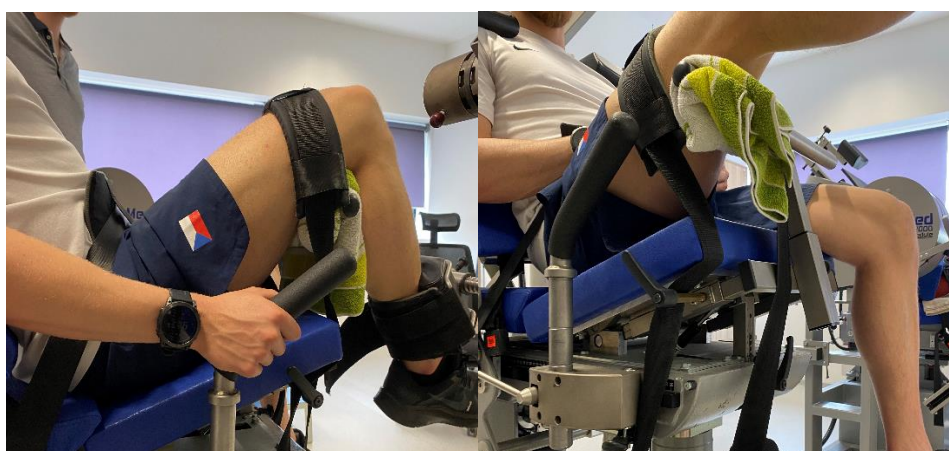
Testování na izokinetickém dynamometru Izomed 2000 v pozici v sedě (Kolodziej et al., 2021)

#### 14.1.2 „lengthen state“

V této poloze byl testovaný rozsah pohybu nastaven na 40-110° (0 = plná extenze) díky elevaci testované DK. Zároveň jsme volili vyšší sklopení lehátka (50°), čímž jsme udrželi 90° v KYK na testované DK. Pacient byl fixován standartně přes trup a ramena. Fixace přes stehno testované končetiny byla řešena improvizovaně externím pásem omotaným okolo ramene dynamometru, což se odrazí na validitě testování. Zároveň bylo probandovi umožněno se držet horními končetinami postranních madel a zpětná vazba v podobě číselného znázornění průběžných výsledků.



**Obrázek 15.** Izokinetické testování v pozici „lengthed state“ (vlastní zdroj)



**Obrázek 16.** Fixace přes stehno testované končetiny externím pásem (vlastní zdroj)

## 14.2 Využitý testovací protokol

Probanda jsme testovali podle našeho vlastního protokolu, při jehož tvorbě jsme vycházeli z protokolů navržených (Dauty et al., 2016) za současného zapojení H30ecc/Q240con poměru od (Croisier et al., 2008). Samotnému testování předcházelo individuální rozcvičení probanda a zkušební pokusy pro jeho seznámení s přístrojem. Testovaný nejdříve prováděl extenzi v KOK pomocí koncentrické kontrakce kvadricepsu v úhlové rychlosti 240°/s. Provedli jsme pět opakování s pauzami 10 s mezi nimi. Poté následovala excentrická kontrakce hamstringů v podobě rezistované extenze v KOK v úhlové rychlosti 30°/s. Provedli jsme 3 opakování s pauzami 1 min.

**Tabulka 15.** Využitý protokol izokinetického testování (vlastní zdroj)

| Testovaný pohyb | Typ kontrakce | Úhlová rychlost (°/s) | Počet opakování | Pauza |
|-----------------|---------------|-----------------------|-----------------|-------|
| Extenze KOK     | koncentrická  | 240                   | 5               | 10 s  |
| Extenze KOK     | excentrická   | 30                    | 3               | 1 min |

## 14.3 Dokument o potvrzení správnosti anglického překladu

### PŘEKLADATELSKÁ DOLOŽKA

Já, Ing. Tereza Adams, IČO: 73751367, soudní překladatelka jazyka českého a jazyka anglického zapsaná v seznamu tlumočnicků a překladatelů vedeném Ministerstvem spravedlnosti České republiky, tímto stvrzuji, že jsem osobně provedla překlad připojené listiny, a že tento překlad souhlasí s textem předmětné listiny. Při provádění překladu nebyl přibrán konzultant.

Tento překladatelský úkon byl proveden v elektronické podobě v souladu s ust. § 27 zákona č. 354/2019 Sb., o soudních tlumočnících a soudních překladatelích v platném znění, a ust. § 27 odst. 2 vyhl. č. 506/2020 Sb., o výkonu tlumočnické a překladatelské činnosti v platném znění.

Tento úkon je zapsán v evidenci úkonů pod číslem položky: 044182/2023.

V Praze dne 26. 4. 2023

### TRANSLATOR'S CLAUSE

I, Tereza Adams, ID Number (IČO): 73751367, a court translator of the Czech and English languages registered in the list of court interpreters and court translators maintained by the Ministry of Justice of the Czech Republic, hereby certify that I have personally translated the attached document and that this translation corresponds to the text of the attached document. No consultant was engaged during the translation.

This translation was issued electronically in accordance with the provisions of Section 27 of Act No. 354/2019 Sb., on court interpreters and court translators, as amended, and the provisions of Section 27 (2) of Decree No. 506/2020 Sb., on the performance of interpreting and translation services, as amended.

This translation is recorded in the register of translations under no. 044182/2023.

Prague, 26 April 2023

**Ing. Tereza Adams, BA**

 Digital signature:  
04/26/2023 09:44AM  
Location: Praha

Ing. Tereza Adams



## 14.4 Informovaná souhlas

### Informovaný souhlas

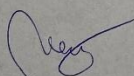
**Název studie (projektu):** Diagnostika a terapie poranění dorzální skupiny svalů stehna

Jméno: [REDACTED]

Datum narození: [REDACTED]

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Pokud je studie randomizovaná, beru na vědomí pravděpodobnost náhodného zařazení do jednotlivých skupin lišících se léčbou.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:



Podpis např. studenta pověřeného touto studií:



Datum: 26.4.2023

Datum: 26.4.2023