

Univerzita Karlova

2. lékařská fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

Vojtěch Klein

Univerzita Karlova

2. lékařská fakulta

AKUTNÍ VLIV FOAM ROLLINGU NA ODRAZOVOU SÍLU SVALŮ
DOLNÍCH KONČETIN, VÝŠKU VÝSKOKU A ROZSAH POHYBU

Bakalářská práce

Autor: Vojtěch Klein, obor fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr et. Bc. Kateřina Levínská

Praha 2021

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Vojtěch Klein

Název bakalářské práce: Akutní vliv foam rollingu na odrazovou sílu svalů dolních končetin, výšku výskoku a rozsah pohybu

Pracoviště: Klinika rehabilitace

Vedoucí diplomové práce: Mgr. et Bc. Kateřina Levínská

Rok obhajoby diplomové práce: 2021

Abstrakt: Cílem práce bylo zhodnotit vliv foam rollingu na odrazovou sílu a flexibilitu dolních končetin. Měření bylo provedeno na skupině 20 vrcholových hráčů florbalu týmu Sokoli Pardubice. K objektivizaci efektu foam rollingu jsme využili stand and reach test a drop jump test. Výkony v drop jumpu testu jsme měřili pomocí mobilní aplikace My Jump 2. Pro hodnocení jsme zvolili parametry: hloubka předklonu stand and reach testu, výška výskoku a hodnota RSI v drop jumpu. Změny parametru jsme měřili v různých časech od aplikace foam rollingu a porovnávali jsme hodnoty s těmi dosaženými bez intervence. Statisticky významné zlepšení v námi vybraných parametrech bylo zaznamenáno v hloubce předklonu bezprostředně po válcování a reactive strenght indexu 10 minut po aplikaci.

Klíčová slova:

foam rolling, self myofascial release, flexibilita, fascie, drop jump, stand and reach

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Bibliografická identifikace v angličtině

Author's first name and surname: Vojtěch Klein

Title of the master thesis: Acute effects of foam rolling on jump force, vertical jump high and range of motion.

Department: Department of physiotherapy

Supervisor: Kateřina Levínská, MA.

The year of presentation: 2021

Abstract: The aim of this study was to evaluate the effect of foam rolling on the rebound force and flexibility of the lower limbs. The measurement was performed on a group of 20 top floorball players of the team Sokoli Pardubice. The stand and reach test and the drop jump test were used to objectify the foam rolling effect. The performance in the drop jump test was measured by using a mobile phone application called My Jump 2. For the evaluation, these parameters were chosen: the depth of the stand and reach test, the height of the jump and the RSI in the drop jump. Changes of parameters at various times after rolling were compared with those achieved without intervention. A statistically significant improvement in our selected parameters was recorded in the depth of the stand and reach test immediately after rolling and reactive strength index 10 minutes after application.

Keywords:

self myofascial release, flexibility, fascia, drop jump, stand and reach

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

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. et Bc. Kateřiny Levínské, uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Praze dne 2. 5. 2021

.....

Poděkování autora

Děkuji Mgr. Bc. et Bc. Kateřině Levínské za vstřícnost, trpělivost a cenné rady při vedení a zpracování bakalářské práce. Dále pak své nejbližší za podporu, ochotu a obětavost. Rodičům za úžasnou podporu a všechny ty možnosti. V neposlední řadě patří dík všem, kteří obětovali svůj čas a účastnili se tohoto výzkumu.

- není nezbytně nutné jej uvádět

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK.....	10
1 ÚVOD.....	11
2 PŘEHLED POZNATKŮ.....	13
2.1 Florbal	13
2.2 Fascie a myofasciální systém	16
2.3 Myofasciální relaxace	19
2.4 Foam rolling	22
2.4.1 Druhy a typy válců	23
2.4.2 Účinky a využití	24
2.4.3 Prescribce foam rollingu.....	28
2.5 Testování odrazové síly dolních končetin.....	30
2.5.1 Drop jump.....	35
2.6 Aplikace My Jump 2	40
2.7 Testování ROM dolních končetin (flexibility).....	44
2.7.1 Vybrané metody a testy	52
2.7.2 Stand and reach test	53
3 CÍLE A HYPOTÉZY	57
4 METODIKA.....	58
4.1 Skupina měřených probandů.....	58
4.2 Metody měření	59

4.2.1	Testování drop jumpu.....	59
4.2.2	Testování stand and reach	61
4.3	Průběh měření	62
4.3.1	Protokol intervence foam rollingu.....	64
4.4	Statistická analýza dat	66
5	VÝSLEDKY.....	67
6	DISKUSE	71
7	ZÁVĚR.....	81
8	REFERENČNÍ SEZNAM	82
9	PŘÍLOHY	109

SEZNAM ZKRATEK

CMJ	counter movement jump
DJ	drop jump
DK	dolní končetina
DKK	dolní končetiny
DS	dynamický strečink
FR	foam rolling
IAMFR	instrumentál assisted myofascial release
JH	jump heigh (výška výskoku)
KOKL	kolenní kloub
KYKL	kyčelní kloub
MFR	myofascial release
pROM	pasivní rozsah pohybu
PSIS	spina iliaca inferior posterior
ROM	rozsah pohybu
RSI	reactive strenght index
SaR	stand and reach test
SEC	series elastic component
SMFR	self-myofascial release
SS	statický strečink
SSC	stretch-shortening cycle

1 ÚVOD

Foam rolling je v poslední době stále častěji využívanou metodou myofasciální relaxace u vrcholových i rekreačních sportovců, kteří ji využívají před výkonem i po něm. Mnohé studie ukazují pozitivní vliv této metody na flexibilitu jedince bez ovlivnění produkce síly nebo dokonce s možností jejího zvýšení, čehož je využíváno před výkonem. Po fyzické aktivitě je válcování používáno především pro snižování bolestivosti svalů a urychlení regenerace.

Metoda k uvolnění myofasciálního systému používá nejčastěji pěnový válec (tzv. roller), po kterém pacient přejíždí danou částí těla a vahou vlastního těla vytváří tlak působící přes válec na tkáň. Použití válce je velmi intuitivní a jednoduché, válce mají dlouhou životnost a cenově se pohybují v řádu několika stovek korun, a i proto jsou stále běžnější ve vrcholovém sportu i mezi rekreačními sportovci. Tímto rozšířením mezi laickou veřejností dochází však často k aplikaci foam rollingu bez předchozího zaškolení fyzioterapeutem či jiným odborníkem a bez větší zkušenosti uživatelů s tímto druhem intervence.

Naše práce pozorovala efekt metody na skupině, která foam rolling před měřením používala minimálně rok několikrát týdně, a mohla tedy zhodnotit, zda mělo válcování akutní vliv na flexibilitu a sílu i u jedinců s dlouhodobou zkušeností. Zároveň se naše studie snažila objasnit, zda využití foam rollingu těsně před fyzickou aktivitou nesníží maximální produkovanou sílu u sportovce, což by mohlo negativně ovlivnit jeho výkonnost.

V teoretické části práce jsme stručně uvedli charakteristiku florbalu společně s nejčastěji se vyskytujícími zraněními v tomto sportu. Jelikož naše práce sledovala

změnu flexibility jedince pomocí stand and reach testu, byly v práci shrnuty teoretické poznatky o flexibilitě a způsobech jejího měření především ve sportovním prostředí.

Dále jsme se věnovali vlivu foam rollingu na produkci síly dolními končetinami. K objektivizaci tohoto efektu jsme zvolili testování pomocí drop jumpu. Z tohoto důvodu jsme v teoretické části shrnuli základní poznatky o měření maximální síly a popsali také drop jump samotný. Parametry drop jumpu jsme měřili pomocí mobilní aplikace My Jump 2, jíž jsme se také v teoretické části věnovali.

V praktické části jsme pomocí výše popsaných testů objektivizovali efekt foam rollingu u 20 vrcholových hráčů florbalu. Hodnotili jsme parametry flexibility dolních končetin a bederní části zad, výšku výskoku a reactive strenght index při provedení drop jumpu. Jedinci prováděli válcování dle námi sestaveného 10min protokolu a vliv foam rollingu byl sledován v prvních 15 minutách od aplikace. Tento efekt byl porovnáván s pasivním odpočinkem.

Výsledky byly statisticky zpracovány a porovnány s výsledky dalších autorů.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Florbal

Florbal je relativně mladý halový sport rozšiřující se ze severní (Švédsko, Finsko) a střední (Česká republika, Švýcarsko) Evropy do zbytku světa (Austrálie, Čína, Filipíny, Indie, USA, Pobřeží Slonoviny a další). Nyní Mezinárodní florbalová federace (IFF) čítá 74 zemí (k 21. 8. 2020), 361 666 licencovaných hráčů a k 31.12.2019 odhaduje téměř 3,5 milionu rekreačních hráčů po celém světě (Český florbal, dostupné online, dne 22.4.2021). Tato čísla dokazují stále rostoucí celosvětový zájem o florbal, jelikož v roce 2010, od kterého IFF eviduje odhadované počty rekreačních hráčů, se jednalo o 901 177 neregistrovaných florbalistů, na konci roku 2015 byl tento počet již 3 053 544 (IFF official web sites, statistiky, dostupné online, cit. 22.04.2021).

Mezinárodní florbalová federace byla založena roku 1986 Švédskem, Finskem a Švýcarskem (IFF official web sites, dostupné online, cit. 22. 4. 2021). Česká republika se k této trojici přidala v roce 1992 a tvoří s těmito zeměmi špičku světového florbalu. Ve stejném roce u nás vznikla i hlavní organizace zastřešující florbal – Česká florbalová unie (Skružný, 2005), která se v roce 2017 přejmenovala na Český florbal (ČF) (Český florbal, dostupné online, cit. dne 22.4.2021).

Jak již bylo nastíněno, popularita florbalu ve světě stále roste, což se odráží také na rostoucím počtu hráčů u nás. V roce 2006 bylo v ČR 28 291 hráčů s licenci v 364 klubech, za posledních patnáct let se počet více než zdvojnásobil na 75 737 hráčů registrovaných ve 2514 klubech. Tomuto nárůstu pomohlo především rozšíření a větší výkonnostní diverzifikace florbalových soutěží, a také Mistroství světa ve florbale v roce 2018 pořádané v Praze, které se mimo jiné pyšní nejvyšší celkovou návštěvností v historii pořádání turnaje (celkem 181 518 diváků). Tomuto rekordu dopomohl také úspěšný

projekt zapojující do návštěvy MS základní a střední školy, což vedlo k ještě větší popularizaci tohoto sportu u dětí. (Český florbal, dostupné online, cit. dne 22. 4. 2021)

Florbal je často dáván do souvislostí s basketbalem, jelikož se v obou sportech ve velké míře objevují náhlé změny směru (Obrázek 1), sprinty s rychlými brzdami (Obrázek 2) a komplexní situace při nutnosti vést balon v pohybu. Dále jsou si sporty podobné ve využívání rotačních pohybů a asymetrických pohybových vzorů, obdobné je i nastavení těla ve hře, se srovnatelnou flexí kolenních a kyčelních kloubů. A podobně jako při basketbalovém driblingu, pozice trupu ve florbale obsahuje flexi s rotací dle strany držení hole (respektive míče) (Pasanen et al., 2015). Podle Bernacíková, M. Kapounová & Novotný (2010) převažuje ve florbale intervalový typ submaximální až maximální zátěže se střídavou intenzitou zatížení (tzv. intermitentní či intervalová zátěž). Množství zátěže je dáno délkou pobytu na hřišti, která se pohybuje od několika vteřin do jedné minuty a délkou odpočinku. Nejčastěji stráví hráči na hřišti 40 – 70 vteřin s následujícím 40 – 140 sekundovým odpočinkem. V běžném utkání hráči průměrně naběhají 4 – 7 km. Ačkoli dle stále platných pravidel nejsou cíleně tvrdá hra do těla a srážky bez míčku ve florbale povoleny (Kati Pasanen et al., 2017), již Skružný (2005) zmiňuje, že především v soubojích zejména v rozích hřiště se takové střety hráčů stávají běžnou součástí hry a není výjimkou, že jich hráč během jednoho střídání absolvuje i několik (Obrázek 3).



Obrázek 1 - Florbal změna směru pohybu
(archiv Sokoli Pardubice)



Obrázek 2 - Florbal brzdňný pohyb (excentrická kontrakce)
(archiv Sokoli Pardubice)



Obrázek 3 - Florbal osobní souboj
(archiv Sokoli Pardubice)

Svou podstatou rychlé dynamické hry na omezeném prostoru s fyzickými kontakty klade florbal velké nároky na pohybový aparát, a to především na dolní končetiny. Prudká zrychlení, rychlé změny směru pohybu, otočky a absorpce nárazů od soupeře významně zvyšují riziko zranění. Nejčastěji poraněnými strukturami jsou zejména vazy v oblasti kolenního a hlezenního kloubu (Pasanen et al., 2007; Olsen et al., 2005).

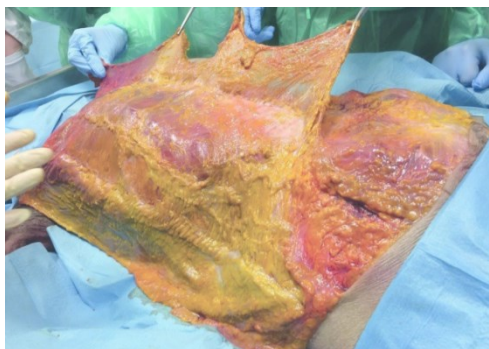
Recentní studie Pasanen et al. (2017) sledující incidenci zranění mužů i žen během Mistroství světa a Pohárů mistrů (turnaj nejlepších klubů Evropy) v letech 2012 – 2015, evidovala 68 zranění, což v přepočtu činí 21,24 zranění na 1000 hodin zápasového zatížení. Celkem 66 % zranění bylo způsobeno kontaktem s tělem nebo holí protihráče, oproti 29 % bezkontaktních zranění. Nejzraňovanější strukturou byla ligamenta (46 %) a nejčastěji postiženou oblastí dolní končetiny (64 %), a to zejména hlezenní kloub (21 %) a kolenní kloub (18 %). Ve studii nebyl nalezen rozdíl v incidenci zranění mezi muži a ženami, avšak studie také uvádí, že z 5 poranění předního křížového vazy se 4 staly ženám (Pasanen et al., 2017).

Tento halový sport neustále prochází vývojem a v poslední době je mu věnováno stále více pozornosti, také pro jeho velkou oblíbenost u mládeže. Nejvyšší organizace spravující florbal u nás se snaží prostřednictvím svých seminářů a školení vzdělávat florbalové trenéry a poskytovat jim nejaktuálnější informace z prostředí sportovní vědy

a o nových postupech ve sportovní praxi. V rámci těchto školení je trenérům doporučováno u od kategorií dorostenců (od 14 let) zařazovat do předtréninkové i potréinkové fáze foam rolling (Český florbal, 2020b, záznam webináře ze dne 29. 10. 2020, dostupný online, citováno dne 21. 4. 2020), kterému se budeme věnovat v níže.

2.2 Fascie a myofasciální systém

Fascie neboli povázky stále nemají jasnou a přesnou definici, na které by se odborníci shodli. Historicky byly fascie považovány za membránové šlachy (Crooke, 1651), silné aponeurotické pruhy (Cruveilhier a University, 1834), souhrnný systém pojivových tkání (Still & Northern Micrographics, 1899) nebo měkkou tkáň, která je součástí pojivového tkáňového systému a vytváří po celém těle třídimenzionální nepřerušenu matrix (Schleip et al., 2013). Definice fascie nakonec přijatá většinou členů Fascia Nomenclature Committe (FNC) vzešla v roce 2011 od Federative International Programme on Anatomical Terminologies (FIPAT) a byla zanesená do Terminologia Anatomica takto: „*A fascia is a sheath, a sheet, or any other dissectible aggregations of connective tissue that forms beneath the skin to attach, enclose, and separate muscle and other internal organs*“ (Federative Committee on Anatomical Terminology [FCAT], 1998, str. 33). Volně přeloženo je fascie pouzdrem, listem nebo jakoukoli jinou oddělitelnou agregací pojivové tkáně, která se tvoří pod kůží, aby propojovala, ohraničovala a oddělovala svaly a jiné vnitřní orgány (Obrázek 4). FNC (2014) následně ještě vydala svou rozšířenou verzi, která vyzdvihuje třídimenzionalitu neporušené matrix obsahující kolagen.



Obrázek 4 – Thotrakolumbální fascie (převzato z Luomala et al., 2016)

Celostní holistický pohled na fasciální systém z kongresu výzkumu fascií přináší Findley & Schleip, (2007, str. 2), kteří jej popisují jako třídimenzionální strukturu, která prostupuje celé tělo a poskytuje mu oporu, obklopuje a prochází všechny orgány, svaly, kosti, cévy a nervová vlákna, čímž vytváří jedinečné prostředí pro fungování těla. Zaměření této definice je rozšířeno o všechny fibrotické pojivové tkáně včetně aponeuróz, vazů, šlach, retinákul, kloubních pouzder, obalů orgánů a cév, epineuria, meningeálních obalů, periostu, celého endomyzia, intermuskulárních vláken a myofascií. Většinu z tohoto náhledu následně přejala i definice navrhaná FNC.

Z pohledu anatomického uvedeného v Gray's Anatomy (Standring, 2015), nejrespektovanější anglosaské učebnice anatomie, jsou fascie popisovány jako shluky pojivové tkáně dostatečně velké, aby byly viditelné pouhým okem. Stejně tak česká učebnice anatomie Čihák et al. (2001, str. 321) za fascii neboli povázku svalovou považuje pouze epimysium.

Mezi odbornou veřejností je rozšířen také pohled tensegritického (tenze = napětí, integrita = soudržnost) modelu lidského těla, ve kterém fungují fascie jako vnitřně propojená tenzní síť. Tensegritické struktury jsou složeny z kompresivních struktur (trámů) a tenzních struktur (pásů). V takovéto struktuře na sebe „trámy“ nenavazují přímo, a tedy nepřenášejí působící síly přímo mezi sebou. Naopak „pásy“ jsou propojeny do kontinuálního uskupení a tenzní síly mezi sebou přenášejí z jednoho na druhý.

V architektuře tento model struktur představil ve své práci Fuller (1961) (Snyder, dostupné online, dne 20. 3. 2021). Spojitost s biologickým systémem pak popisují Levin & Martin (2012), kteří zároveň předpokládají vyšší úroveň biotensegrity u lidí schopných provádět elegantní a přesně časované pohyby. Z pohledu lidského těla tato teorie považuje kosti za pevné kompresivní struktury a široký fasciální systém za elastickou síť tenzních struktur.

Přestože stále nepanuje shoda, na jakém principu fasciální systém funguje, medicínské texty se shodují na jeho mechanických funkcích, vlivu na formování a funkci svalů, důležitosti pro fungování nervů, případně vlivu na chronickou únavu, bolest, nebo imunitní odpovědi a emoce (Bordoni, Mahabadi & Varacallo, 2021).

Fasciální struktury napomáhají svalům s produkcí a přenosem síly a zároveň také s jejím částečným uložením. Výraznou úlohu v těchto funkcích hrají buňky zvané fibroblasty. Ty také hrají velkou roli při adaptaci svalu na mechanickou zátěž, jelikož dopomáhají svalů při rychlé změně cytoskeletu. Pokud tato zátěž trvá krátkou dobu, je změna cytoskeletu přechodná, trvá-li však delší dobu, nastává remodelace tkáně s chronickými změnami ve funkci myofasciálního systému (Schleip et al., 2018). Fibroblasty zmiňuje i Bitnar in Kolář, et al. (2009), který zdůrazňuje jejich důležitou roli v regeneraci svalu při poškození, ačkoli se touto regenerací netvoří kontraktilní tkáň, ale vazivová jizva. Ten také popisuje fasciální mikrostruktury nacházející se na pomezí vazivové buňky a hladké svaloviny, tzv. myofibroblasty, a zdůrazňuje jejich vliv na klinickou praxi. Tyto struktury mají schopnost měnit napětí a tah fascie, mohou tak do jisté míry působit na stabilizaci kloubů. Další důležitou funkcí fascií, kterou zastupují především buňky zvané fasciocyty, je produkce kyseliny hyaluronové, která snižuje tření, vyplňuje prostor mezi buňkami a dovoluje klouzání vrstev po sobě. Největší množství

těchto buněk se často nachází v místech s větší mírou inervace (nervová zakončení, Paciniho a Ruffiniho tělíška apod.) (Schleip et al., 2018).

Vznik patologických procesů fascií Bitnar in Kolář et al. (2009, str. 178). vysvětluje tendencí myofibroblastů ke zkrácení, nejen jejich patologickou kontrakcí, ale také přirozenou retrakcí a ztluštěním vazivových částí fascie. Myofibroblasty jsou navíc inervovány vegetativním nervstvem, takže jejich zvýšená aktivita může vyvolat i zvýšení nociceptivní aferentace. V té významnou roli hraje senzitivizací nociceptorů sympatikus. K retrakci fascií může dojít vlivem dlouhodobé imobility, neadekvátní zátěže, traumatu, pravidelné mikrotraumatizace apod. Navíc dodává, že správná mobilita a pružnost facií je jedním z předpokladů volného a fyziologického pohybu, jelikož fascie stejně jako ostatní struktury měkkých tkání mohou sníženou mobilitou reflexně omezovat pohyb nebo jej mohou omezovat i přímo svým zkrácením. (Bitnar in Kolář et al., 2009, str. 178).

2.3 Myofasciální relaxace

Myofasciální uvolňovací techniky (MFR) jsou součástí manuální terapie a mají podíl na diagnostice a léčbě poruch muskuloskeletálního systému (Ajimsha, Al-Mudahka, & Al-Madzhar, 2015). Spočívají v působení přiměřeným stálým tlakem terapeutových rukou na tělo pacienta za účelem snížit svalové napětí a navrátit omezenou mobilitu a délku pojivovým tkáním. Základ technik myofasciální relaxace spočívá ve sledování pacientovy zpětné vazby, ať už tkáňové nebo slovní, k určení adekvátní síly, směru a délky aplikace tlaku. Aplikace většinou končí, když terapeut pod svými rukama cítí snížené napětí tkáně a vznikající teplo pravděpodobně zapříčiněné reflexní vazodilatací (Maganaris & Paul, 2000).

Fyziologický podklad fungování MFR spočívá dle Maganaris & Paul (2000), kteří zkoumali vlastnosti lidských šlach in vivo, ve změně viskoelastických vlastností tkáně,

kteřá reaguje na mechanický stimul změnou své konzistence a přerušením příčných můstků mezi svalovou a pojivovou tkání. Teorii zaměřenou na změnu viskoelastických vlastností pojivové tkáně a přeměnu solu na gel uvádí již autoři Schmitt, Gross & Highberger (1955) a Athenstaedt (1974), na které později ve své publikaci odkazuje Barnes (1997). Tito autoři ve svých publikacích připisují přeměnu změně elektrického náboje kolagenu a proteoglykanů v rámci extracelulární matrix. Tato změna ovlivní celkový jointový stav fascie.

Techniky myofaciální relaxace se řídí pravidlem terapií většiny měkkých tkání, a to dosažením bariéry a následným protažením retrahované tkáně s maximálním využitím fenoménu tání. Bitnar in Kolář et al. (2009, str. 178) také zmiňuje, že myofibroblasty reagují na terapii rychleji než kolagenní vlákna fascie, a proto může být ošetření fascií až překvapivě rychlé a účinné. Autoři také doporučují při snaze ovlivnit vazivovou složku, která bývá retrahovaná vlivem déletrvajících obtíží, použít pozitivní termoterapii. Ta má za účel rozvolnit molekuly tropokolagenu a zvětšit tak mezi nimi mezimolekulární vzdálenost, čímž se fascie změkčí a zvýší se její poddajnost.

Ošetření fascií pomocí MFR je provozováno za účelem analgetického působení, které je často spojeno se snížením svalového napětí nebo se zvýšením protažitelnosti tkáně. Analgetický účinek většina autorů přisuzuje zvýšení extenzibility tkáně a mechanickému odbourání svalových spazmů a adhezí (Stemmans & Sefton, 2004; Burke et al., 2007). Další autoři (Bialosky et al., 2009) se přiklánějí k vrátkové teorii bolesti (dle Melzack, 1996), která předpokládá, že pomocí senzorického vstupu (tlaku), který má rychlejší šíření nervem než bolest, bude omezen vstup nocicepce do mozku, čímž bude snížena vnímaná bolest. Autoři Field et al., (1996) uvádějí také možný vliv celkově zklidňujícího efektu manuální terapie na některé jedince a stejně tak Field (1998)

popisuje zmírnění bolesti vlivem vyplavení serotoninu a sníženým vyplavováním stresových hormonů vlivem lidského dotyku.

MFR, jak již bylo zmíněno, je prováděna manuálně rukama terapeuta, a to bodovým nebo plošným tlakem na tkáň. V poslední době se však znovu rozvíjí koncept IASTM (Instrument assisted soft tissue mobilization) využívající různé pomůcky. Historicky byly k těmto účelům využívány pomůcky ze dřeva, kamenů nebo zvířecích kostí, nyní jsou nástroje nejčastěji z chirurgické oceli, viz Obrázek 5. Mobilizaci měkkých tkání tímto způsobem využívá například Graston Technique (McKivigan & Tulimero, 2020).



Obrázek 5 - Nástroje IASTM z chirurgické oceli, převzato z J. Kim, Sung & Lee (2017)

V posledním desetiletí se do popředí dostává metoda self myofascial release (SMFR), při které pacient pomocí pomůcek sám provádí mobilizaci fascií bez potřeby přítomnosti terapeuta. Nejčastěji využívanými pomůckami) jsou pěnový válec (foam roller) (MacDonald et al., 2014), masážní tyč (roller massager) (Mikesky et al., 2002) a tenisový nebo pěnový míček (Grieve et al., 2015). Recentní souhrn vlivů SMFR přináší přehledová studie Beardsley & Škarabot (2015), která shrnuje poznatky 22 studií a přináší přehled o hlavních vlivech SMFR na lidské tělo. Polovina vybraných studií hodnotila vliv SMFR na flexibilitu probandů, přičemž autoři přehledu dochází k závěru, že tato metoda

je schopna zvýšit rozsah pohybu v kloubu. Tato změna byla ovšem pouze dočasná a trvala v průměru 10 minut. Z vybraných studií se jich 9 věnovalo vlivu na výkon a většina z nich (7 studií) došla k závěru, že tato metoda výkon nijak neovlivňuje. Autoři měřili změny výkonu ve vertikálním výskoku, sprintu a isokinetické extenzi KOKL (Mikesky et al., 2002), změny maximální volní isometrické kontrakce m. quadriceps femoris (MacDonald et al., 2014), counter-movement jumpu (MacDonald et al., 2014; Healey et al., 2014). Na pozitivním vlivu na regeneraci a zmírnění bolestivosti svalů po zátěži se vybrané studie shodují ať už autoři ve svých studiích používali pěnové válce (MacDonald et al., 2014) nebo roller massager (Jay et al., 2014). V přehledu Beardsley & Škarabot (2015) byly nejvíce zastoupeny studie využívající k SMFR foam roller (16 studií), což odpovídá oblíbenosti této pomůcky v populaci.

2.4 Foam rolling

Foam rolling v češtině označovaný často obecně jako válcování je jednou z forem self-myofascial release (SMFR). Jedinec při aplikaci pohybuje danou částí těla po pěnovém válci a pomocí tlaku vytvářeného na válec působí zároveň na tkáň zvolených svalových skupin tlak, kterým válec zpětně působí na tělo (Freiwald et al., 2016; Healey et al., 2014). Foam roller (pěnový válec) se v dnešní době stává stále častější pomůckou v tréninku, u profesionálních i u rekreačních sportovců, a začíná pronikat i do klinické praxe. Děje se tak zejména díky širokým možnostem využití a přijatelné ceně. Foam rolling lze zařadit jako součást přípravy na výkon (rozcvičení), ale také je často zařazován jako pomůcka pro regeneraci. Díky vzrůstající oblíbenosti této metody začíná v poslední době přibývat studií, které se jí věnují a snaží se objektivizovat její efekt.

2.4.1 Druhy a typy válců

Válce určené k foam rollingu lze na trhu najít v několika velikostech, s různými povrchy a s různou tvrdostí. Většina výrobců dnes preferuje válce s dutinou uprostřed pro snížení váhy válce, lepší manipulaci s ním a také pro úsporu materiálu. U některých modelů je možné do dutiny válce zavést vibrační modul, který by měl podpořit vliv FR na tělo. Dnes nejpoužívanější válce mají v průměru 14 až 15 cm a dlouhé jsou 30 až 35 cm. Rollery jsou vyrobeny buď z tvrzeného polypropylenu (BLACKROLL, Německo, 2009) nebo jako pevný plastový válec potažený strukturovanou pěnou EVA (ethylvinylacetát) (TriggerPoint, USA). Samotní výrobci dodávají na trh válce různé tvrdosti, velikosti a také struktury povrchu (Obrázek 6).



Obrázek 6 – Hladký pěnový válec BLACKROLL STANDARD (vlevo), strukturovaný válec TriggerPoint Therapy (vpravo) (převzato z <https://www.tejpy.cz/masazni-valce/>)

Právě vliv strukturovanosti povrchu zkoumala studie Cheatham and Stull (2019), která porovnávala působení hladkého, strukturovaného a víceúrovňového povrchu válce na pasivní ROM v kolenním kloubu a také na bolestivost tkáně měřenou pomocí PPT (pressure pain treshold). Výsledky studie ukázaly, že větší akutní efekt mělo využití strukturovaného válce oproti hladkému, což bylo přisuzováno většímu bodovému tlaku, který působil na tkáň. Rozdíl vlivu různých válců na zvýšení ROM KOKL byl do 3°, zvýšení PPT se mezi různými povrchy lišil nejvíce mezi hladkým a dvěma

strukturovanými (hladký 14 kPa, $p = 0,562$; multilevelový 179 kPa, $p < 0.001$; vroubkovaný 182 kPa, $p < 0.001$). Již studie Curran, Fiore and Crisco (2008), která měřila tlak na laterální stranu stehna působený válcováním pomocí dvou různě tvrdých a strukturovaných válců, považovala vyvinutí většího tlaku na tkáň za důležitý faktor zvětšující účinnost FR. Dle předpokladu byl pomocí tvrdšího a strukturovanějšího rolleru vytvořen významně větší tlak na válcovanou oblast laterální strany stehna (tvrdší: 51.8 ± 10.7 kPa; měkkí: 33.4 ± 6.4 kPa; $p < 0,001$). Ti samí autoři již v roce 2017 ve svém měření vlivu různě tvrdých válců se stejným povrchem na ROM KOKL a PPT nenalezli signifikantní rozdíl mezi jednotlivými tvrdostmi válce, nicméně jistý trend většího efektu u tvrdších válců měření naznačilo (Cheatham and Stull, 2017).

2.4.2 Účinky a využití

Nejzkoumanějším vlivem FR na lidské tělo je změna rozsahu pohybu v kloubech a vliv na flexibilitu. Většina studií došla k závěru, že FR pomáhá k akutnímu zvýšení ROM v kloubech a má pozitivní vliv na flexibilitu. Nezávisle na sobě pozorovali autoři po aplikaci FR zlepšení extenze kyčelního kloubu v pozici výpadu (Bushell, Dawson, and Webster, 2015), flexe kyčelního kloubu (Mohr, Long, and Goad, 2014; Murray et al., 2016; Behara and Jacobson, 2017), flexe kolenního kloubu (MacDonald et al., 2014; Murray et al., 2016), dorsiflexe hlezenního kloubu (Škarabot, Beardsley, and Štirn, 2015; Kelly and Beardsley, 2016) a zvýšení předklonu v sit and reach testu (Peacock et al., 2014; Su et al., 2017; Roylance et al., 2013) i stand and reach testu (D. H. Junker and Stöggel, 2015). S postupujícím výzkumem se stále častěji ukazuje tento efekt významným především v prvních 10 až 20 minutách od intervence (Beardsley and Škarabot, 2015; Kelly and Beardsley, 2016). Většina studií věnuje pouze akutnímu vlivu FR (MacDonald et al., 2013; Peacock et al., 2014; Behara and Jacobson, 2017; S. Cheatham and Stull, 2017; E. Monteiro et al., 2017; Morales-Artacho, Lacourpaille, and Guilhem, 2017; Su

et al., 2017). Pozorování dopadu dlouhodobého používání válcování na lidské tělo provedli ve svém výzkumu Junker and Stöggl (2015), kteří porovnávali vliv dvouměsíčního pravidelného FR se strečinkem vycházejícím z PNF. Obě metody přinesly dle autorů srovnatelné zlepšení flexibility hamstringů.

O přesném biomechanickém a fyziologickém podkladu, kterým foam rolling zvyšuje flexibilitu se stále vedou spory. Mnoho autorů se přiklání k názoru, že pomocí mechanického působení válce na tkáň dochází k uvolnění fasciálních adhezí a spasmů, změně tixotropie tkáně, zlepšení hydratace tkáně, uvolnění jizev a triggerpointů, a to mechanickou manipulací s tkání, přes kterou přejíždíme (Beardsley and Škarabot, 2015; D. G. Behm and Wilke, 2019). Tento pohled však bývá z biomechanické hlediska často kritizován, jelikož k takové manipulaci by bylo potřeba vytvořit tlak, který není člověk schopný na válci vlastní vahou těla vytvořit (Chaudhry et al., 2008).

Studie Behm and Wilke (2019) shrnuje možné varianty působení FR. Jedna z uváděných je ovlivnění velkého počtu mechanoreceptorů ve fascii (Ruffiniho, Meissnerova, Pacciniho tělíska, Merkelovi disky) pomocí tlaku, čímž skrze Ruffiniho a Paciniho tělíska může docházet ke svalové relaxaci (pomocí snížení tonu sympatiku). Další variantou působící na neurofyziologickém podkladě je snížení aferentní excitability alfa motoneuronu, které bylo pozorováno také při provedení manuální masáže (Goldberg, Sullivan, and Seaborne, 1992). Aplikací FR může docházet k ovlivnění Golgiho šlachového tělíska, jehož protažením pomocí válce může docházet k inhibici tonu svalu, a tím ke zvýšení rozsahu pohybu. Velmi častým vysvětlením lokálních změn po aplikaci FR je také změna tixotropie fascií, čímž je umožněn větší skluz tkání po sobě, což poté pozitivně ovlivní flexibilitu (Behm and Wilke, 2019). Další autoři zastávají názor, že ke

zvýšení flexibility může docházet adaptací tkáně na protažení (S. Cheatham and Stull, 2017).

V poslední době přibývá studií zabývajících se změnou výkonu po použití pouze FR v porovnání s kombinací FR a různých warm-up protokolů. Výsledky ukazují, že FR ve vhodné kombinaci s klasickými prvky rozcvičky (SS, DS, lehká aerobní aktivita) napomáhá ke zvýšení výkonu, ale použití samotného FR má výrazně menší efekt. Zvýšení výkonu bylo pozorováno autory při produkci maximální síly při extenzi KOKL (Su et al., 2017), měření výšky výskoku drop jumpu (Tsai and Chen, 2021) a vertikálního výskoku (Peacock et al., 2014; MacDonald et al., 2014). Někteří autoři tedy doporučují změnu příprav a rozcvičení před výkonem a nahrazení statického strečinku, u kterého je předpokládán negativní vliv na neuromuskulární aktivitu (D. Behm and Chaouachi, 2011), právě FR v kombinaci s dynamickým strečinkem (Su et al., 2017) a lehkou dynamickou fyzickou aktivitou (Martínez-Cabrera and Núñez-Sánchez, 2016; Morales-Artacho, Lacourpaille, and Guilhem, 2017). Výhodou zařazení FR do aktivní rozcvičky je zvýšení flexibility bez zhoršení kontraktility svalu (Healey et al., 2014; Jones et al., 2015; Martínez-Cabrera and Núñez-Sánchez, 2016; Behara and Jacobson, 2017; Morales-Artacho, Lacourpaille, and Guilhem, 2017), bez změny napětí a tuhosti svalu (Martínez-Cabrera and Núñez-Sánchez, 2016; Morales-Artacho, Lacourpaille, and Guilhem, 2017) a s následným snížením únavy po výkonu (Healey et al., 2014).

Dalším z často zkoumaných účinků je vliv FR na regeneraci EIMD (cvičením způsobené poškození svalů), redukci DOMS (opožděná bolest svalů po zátěži), ztuhlost a bolestivost svalů. Za tímto účelem je aplikován FR po zátěži jako nástroj k urychlení regenerace. Autoři sice volili různé protokoly zátěže i měření bolestivosti, ztuhlosti a unavenosti svalů, nicméně docházeli v průběhu času opakovaně k pozitivním

výsledkům. Autoři volili k vytvoření DOMS dřepy s těžkou váhou určenou dle 1RM jedince (MacDonald et al., 2014; Romero-Moraleda et al., 2019; Pearcey et al., 2014), běžný fotbalový trénink (Rey et al., 2019), protokol obsahující provedení 100 drop jumpů z 50cm platformy (Romero-Moraleda et al., 2017), mrtvé tahy (Jay et al., 2014) a další metody obsahující především excentrickou kontrakci svalu. Studie prezentují významné snížení bolestivosti měřené buď PPT nebo pomocí vizuálních škál (D. Junker and Stöggel, 2019; Freiwald et al., 2016; MacDonald et al., 2014; Rey et al., 2019; Romero-Moraleda et al., 2017; 2019; Jay et al., 2014; Kalén et al., 2017). Autoři také hovoří o zlepšení výkonu v době po zátěži, a to vlivem snížení negativních dopadů DOMS na výkon (MacDonald et al., 2014; Rey et al., 2019; Romero-Moraleda et al., 2017; 2019; Pearcey et al., 2014).

Tento vliv FR si autoři vysvětlují různě, ale nejčastějšími teoriemi jsou zlepšení arteriální funkce a neurální inhibice. Zlepšení arteriální funkce pomocí předpokládaného zvýšení prokrvení (vliv NO, zvýšení teploty atd.) uvádí ve své práci MacDonald et al. (2014), kterého podporuje Hotfiel et al. (2017) sledující změnu maximálního průtoku krve laterálním stehnem ihned po válcování. Práce však tuto změnu průtoku neporovnávala s jinou intervencí. Pro zlepšenou endoteliální funkci arterií hovořila také studie Okamoto, Masuhara, and Ikuta (2014) prokazující zvýšené množství plazmatického oxidu dusnatého, který má vliv na dilataci cév, v krvi po válcování. Vliv na urychlení regenerace pomocí krevního transportního systému dokládá také Kalén et al. (2017), který naměřil významné snížení hladiny laktátu v krvi po zátěži při použití FR oproti pasivnímu odpočinku. Snížení množství laktátu v krvi pomocí FR bylo srovnatelné s efektem běhu mírné intenzity.

Snížení bolestivosti svalů po zátěži vlivem neurální inhibice popisuje ve své práci Pearcey et al. (2014), který po vyvolání DOMS měřil u skupiny 8 studentů PPT, rychlost ve 30m sprintu, skok do dálky a agilní T-test. Při použití FR došlo ke snížení bolestivosti svalů a k redukci poklesu výkonu v uvedených testech. Autoři snížení bolestivosti připisují mimo jiné vlivu vrátkové teorie bolesti (Melzack, 1996), jelikož mechanickými podmínkami z válce může docházet k modulaci vnímané nocicepce. K neurohormonálnímu vysvětlení se přiklání Kim et al. (2014), který sledoval ve své studii koncentraci kortizolu v krvi u skupiny provádějící 30 min FR a u kontrolní skupiny 30 min klidně ležící na zádech. Pokles kortizolu byl u obou skupin srovnatelný. Někteří autoři ve svých publikacích také uvažují o vlivu FR na snížení tonu sympatiku, vstřebávání otoku, potlačování lokálního zánětu a další (Hendricks et al., 2020).

V posledních letech se součástí výzkumů také stává pozorování vlivu FR na proprioreceptci. Mnozí autoři se přiklánějí výsledky svých studií na stranu pozitivního vlivu FR na proprioreceptci v různých kloubech. Studie Naderi, Rezvani, and Degens (2020) sledovala zlepšení vnímání polohy kloubu po sérii excentrických kontrakcí a následného využití FR oproti pasivnímu odpočinku. David et al. (2019) zmiňují akutní vliv FR na vnímání pozice kloubu a na přesnost produkce síly se závěrem zlepšené proprioreceptce kolenního kloubu.

2.4.3 Prescribce foam rollingu

Způsob válcování se odvíjí od očekávaného účinku, a ačkoli neexistuje jeden přesný unifikovaný manuál pro použití, předpokládá se, že rychlejší dynamičtější válcování je vhodnější před výkonem a klidnější pomalejší po něm (Tsai and Chen, 2021; Rey et al., 2019).

Recentní studie zabývající se akutním vlivem foam rollingu na flexibilitu a svalovou sílu jednice používají ve svém protokolu měření válcování několika oblastí na těle se snahou obsáhnout velké svalové partie minimálně DKK nebo případně i celého těla. Velmi často se setkáváme v těchto studiích s 30 - 60 s aplikací FR na jedno místo. Po aplikaci se buď plynule přechází na další partii, nebo je případně zařazena krátká pauza (řádově jednotky nebo nízké desítky vteřin). Aplikace foam rollingu před výkonem zpravidla nepřesahuje 10 min (Healey et al., 2014; Behara and Jacobson, 2017; Peacock et al., 2014; Su et al., 2017; Roylance et al., 2013; Godwin et al., 2020).

Pro ovlivnění bolestivosti svalů bylo dle studie Hughes and Ramer (2019), která shrnovala poznatky 22 studií, doporučeno válcovat jednu svalovou skupinu minimálně 90 s (bez horního časového limitu aplikace). Meta-analýza dat také nastínila možnou závislost mezi délkou FR a dobou trvání efektu. Studie předpokládá, že delší trvání intervence vede k prodloužení účinku, avšak závislost určitě není lineární. Někteří autoři popisují negativní dopad na výkon jedince při aplikaci FR na jedenu oblast delší než 120 s (Cavanaugh et al., 2017; Healey et al., 2014; Jones et al., 2015).

Recentní studie často přesně nespecifikují tlak, kterým by měl proband na válec tlačit, ale většina autorů nabádá probandy, aby použili maximální tlak, který jsou schopni tolerovat a vyvinout vlastním tělem (E. R. Monteiro, Cavanaugh, et al., 2017; MacDonald et al., 2013; Su et al., 2017; Godwin et al., 2020; Peacock et al., 2014; Wan et al., 2021).

V začátcích používání a studování foam rollingu se studie Peacock et al. (2015) zaměřila na vliv směru válcování na efekt aplikace. Jedna skupina prováděla válcování ve frontální a druhá v sagitální rovině. Výsledky ukázaly signifikantně větší vliv na zlepšení předklonu v sit and reach testu u skupiny válcující se v mediolaterálním směru oproti skupině válcující se kraniokaudálním směrem. I přes to ale většina studií využívá

směr válcování kraniokaudálním s respektováním průběhu daného svalu pro jednoduchost provedení.

Současné studie čím dál více používají protokoly, ve kterých FR aplikují na celé DKK a zádovou oblast, jelikož je to nejčastější a nejsnazší způsob použití před výkonem u sportovců. Čas válcování použitý ve studiích se pohybuje od 30 do 90 s a autoři před výkonem volí rychlejší tempo válcování (1-3 s pohyb jedním směrem). Velikost tlaku si často probandi určují sami dle vlastní tolerance, nikdy ne však méně než vahou segmentu (Tsai and Chen, 2021; Beardsley and Škarabot, 2015; Hendricks et al., 2020).

2.5 Testování odrazové síly dolních končetin

Síla dolních končetin je jedním z klíčových faktorů ovlivňujících výkony sportovců a rizika vzniku zranění, ať už se jedná o plavání (West et al., 2011), gymnastiku (French et al., 2004), atletiku (Knapik et al., 1992) nebo kolektivní míčové sporty jakou jsou basketbal (Wen et al., 2018), fotbal (Paul & Nassis, 2015), ragby (Appleby, Newton, & Cormie, 2012) nebo florbal (Hietamo et al., 2020; Grástén, Forsman, & Watt, 2018). Její vliv na výkon dokládá mimo jiné fakt, že se výsledky silových testů často využívají při výběru talentované mládeže do speciálních tréninkových programů různých sportů (Unnithan et al., 2012; Gonçalves, Rama, & Figueiredo, 2012). Review de la Motte et al. (2019), které hodnotilo riziko vzniku svalového poranění na sportující a vojenské populaci, potvrdilo pravděpodobný vliv síly DKK na výkon a v 11 zkoumaných studiích našlo také souvislost mezi silou, respektive jejím nedostatkem, a rizikem svalového poranění, přičemž nejčastěji používanými testy síly dolních končetin byly varianty skokových testů, dřep se zátěží nebo isometrické měření maximální síly.

S ohledem na velké množství pohledů na pojem síly ve sportu je nutné při výběru testů zvážit, které svalové skupiny mají na provedení konkrétního úkonu v testu největší

vliv. Dále jaký pohybový vzor testujeme, například při snaze zjistit produkci síly, která může ozřejmovat dosažené výkony v běhu nebo skocích, je vhodnější volit testy obsahující více kloubový pohyb podobný testovanému vzorci, než volit testování síly jednotlivých svalů nebo svalových skupin, například isokinetickým testováním (Young, 2006) nebo svalovým testem dle Jandy (2004). Vzhledem k pohybové charakteristice florbalu je na dolních končetinách třeba zohlednit zejména silové komponenty, které se týkají změny směru pohybu a běhu.

Je třeba si také uvědomit, jaký typ kontrakce chceme testovat. Pokud chceme opět hodnotit sílu, která ovlivňuje výkony při běhu a skocích, je potřeba volit testy obsahující excentrickou i koncentrickou kontrakci, jelikož obě při běhu hrají svou roli. Stejně důležitým faktorem ovlivňujícím například rychlost sprintu je rychlost kontrakce svalu nebo vykonávaného pohybu (Young, 2006).

V závislosti na vybraném způsobu testování se také volí způsob měření jednotlivých parametrů. Mezi nejvyužívanější metody dle přehledu McMaster et al. (2014) patří analýza videozáznamu, měření optickými pohybovými senzory, GPS, stopky, kontaktní podložky, silové plošiny, tenzometry, akcelerometry a gyroskopy.

Maximální síla, kterou lze definovat jako maximální množství síly (dynamické nebo isometrické) produkované člověkem proti vnějšímu zatížení v daném momentu (Stølen et al., 2005), je důležitou součástí kontaktních sportů v ragby a americkém fotbalu při přetlačování soupeře v mlýnech a klincích (Duthie, 2006; Pincivero & Bompa, 1997), v basketbalu při odstavování soupeře při doskoku (box out) a v clonách (Wen et al., 2018), analogicky pak také ve florbale při soubojích před brankou a v rozích hřiště (Kati Pasanen et al., 2017).

Dle review 412 studií zabývajících se hodnocením síly u sportovců (McMaster et al., 2014) je dynamická maximální síla nejčastěji stanovena jako 1 RM (jedno maximální opakování) u zadního dřepu, bench pressu nebo nadhozu, tedy jako maximální váha závaží, se kterou je testovaná osoba schopna správně provést daný cvik pouze jednou a další opakování se stejnou vahou je schopná provést až po odpočinku trvajícím řádově desítky minut (Máček & Radvanský, 2011). Autoři také uvádějí tabulku pro přepočítání maximálního počtu opakování a daným procentem zátěže z 1 RM, přičemž bylo zjištěno, že tento vztah platí pro zdatného sportovce i netrénovaného seniora nebo motivované dítě. Tento přepočítání lze použít i opačným směrem pro výpočet teoretického 1 RM, jelikož testování pomocí jednoho maximálního výkonu může být pro řadu pacientů rizikové. Při výpočtu teoretického 1 RM pacient provádí cvik s pro něj bezpečnou nízkou vahou do vyčerpání. Hmotnost, se kterou pacient cvik prováděl, následně vydělíme koeficientem odpovídajícím počtu dosažených opakování. Hodnota 1 RM je ovlivněna počtem zapojených motorických jednotek daných svalových skupin, dostatečnou relaxací antagonistických skupin a také motivací jedince provést daný cvik s maximálním úsilím (Máček & Radvanský, 2011, str. 54, 55).



Obrázek 7- Isokinetický dynamometr
(Převzato z <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1046.html>)

Paul & Nassis (2015) ve své studii věnující se měření síly u hráčů fotbalu uvádí jako zlatý standard měření na isokinetických dynamometrech (Obrázek 7). Měření probíhá většinou v křesle, ve kterém může být pacient fixován, pomocí dynamometru, který určuje zátěž a rychlost pohybu a zaznamenává vyvíjenou sílu a její proměny v čase. Nejčastěji testovanými pohyby jsou flexe a extenze kyčelního, kolenního, hlezenního a ramenního kloubu společně s abdukci a addukci kyčelního kloubu. Měření pomocí isokinetického dynamometru je využíváno pro určení unilaterální i bilaterální symetrie jako preventivní ukazatel dysbalancí a s nimi souvisejícího rizika vzniku zranění (FTVS, dostupné online, dne 22. 4. 2021).

Testy isometrické maximální síly jsou více náročné na vybavení a používají se v terénních měřeních mnohem méně. Studie Beattie et al. (2017) ověřovala tento vztah při porovnávání výsledků z maximální síly vyvinuté při isometrickém nadhozovém výtahu a hodnot RSI při drop jumpu. Autoři prezentují výsledky poukazující na vyšší hodnoty RSI u probandů s větší hodnotou maximální síly. U slabších jedinců v experimentu byl také prokázán výrazný pokles RSI se zvyšující se výškou plošiny,

ze které byl drop jump prováděn, a naopak silnější jedinci byli schopni se mnohem lépe vyrovnat se zvyšujícím se excentrickým zatížením.

Dnes se ve sportu při moderním tréninku mnohem častěji používají testy zaměřující se na silou ovlivněné atributy konkrétního výkonu, jelikož ty mnohem více odpovídají zatížení a výkonu na hřišti (Delextrat & Cohen, 2008). Jinak řečeno dnes zejména kondiční trenéři volí silové testy pro specifické pohyby a dovednosti v daném sportu.

Studie Alemdaroğlu (2012) provedená na 20 hráčích basketbalu neprokázala souvislost mezi velikostí síly měřené na isokinetickém dynamometru a terénními testy rychlosti, obratnosti a výskoku. Naopak korelace mezi jednotlivými terénními testy byla významná, tedy hráči, kteří dosahovali vyšších výskoků, dosahovali lepších výsledků v obratnostních a rychlostních testech, což ne vždy korelovalo s jejich dynamometrem naměřenou silou. S baterií testů zaměřených na silové dovednosti dolních končetin pro použití v basketbalu přichází práce Wen et al. (2018). Mimo testy rychlosti a uvádí studie také skokové testy. Mezi nejpoužívanější v basketbalu patří squat jump, při kterém je prováděn výskok ze statické pozice dřepu. Proband tedy setrvává při provádění testu 1-3 s ve statické isometrické kontrakci před samotným maximálním vertikálním výskokem, který provede bez doprovodného pohybu horních končetin. Dalším typem testovaného skoku je countermovement jump without arm swing, při jehož provedení dochází k excentrické kontrakci ve fázi přechodu do podřepu a následné maximální koncentrické kontrakci podpořené energií ze stretch-shortening cyklu (SSC), který bude vysvětlen níže (Wen et al., 2018). Poměr výsledků skoků squat jump ku countermovement jump without arm swing bývá často označován jako eccentric utilization ratio (poměr excentrické utilizace energie), který charakterizuje schopnost člověka využít elastickou energii uloženou v SSC (McGuigan et al., 2006).

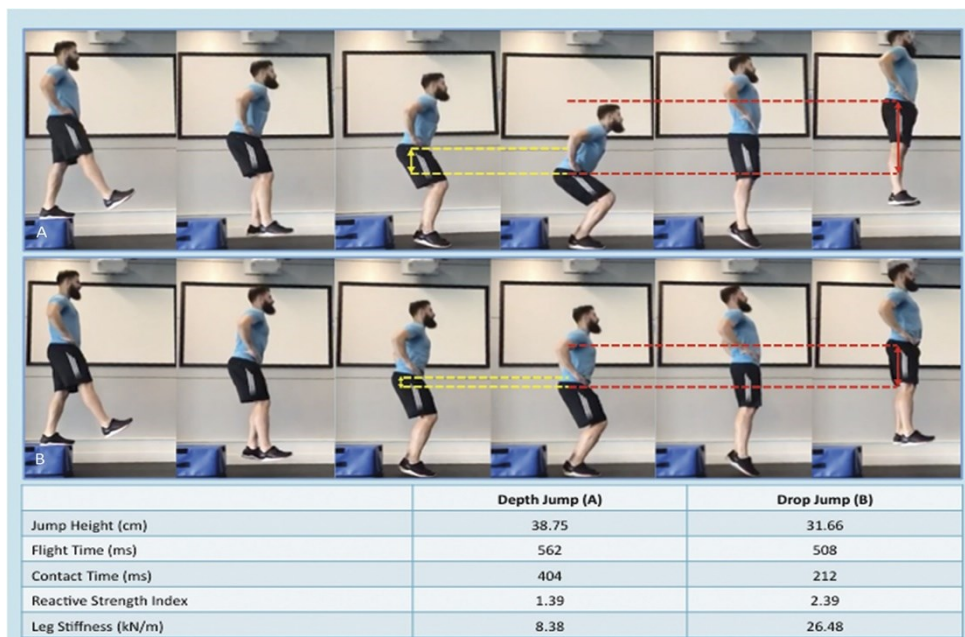
Pomocí skokových testů velmi často měří sílu dolních končetin také fotbalové prostředí. Například studie Arnason et al. (2004) dává do spojitosti konečné umístění fotbalového týmu v lize s průměrnou výškou výskoku hráčů daného týmu a poukazuje na fakt, že týmy s průměrně vyšší výškou výskoku dosahovaly lepších výsledků v dlouhodobé soutěži. Z výše uvedeného vyplývá, že použití skokových testů je zcela běžnou praxí pro určování reaktivní síly dolních končetin u sportovců.

2.5.1 Drop jump

Součástí tréninku mnoha sportovců pro zlepšení výbušnosti, tedy rychlé svalové kontrakce (např. sprint, skok), je již od osmdesátých let minulého století takzvaný plyometrický trénink (Wilt, 1978; Costello, 1984; Berryman, Maurel & Bosquet, 2010; Ebben, Hintz & Simenz, 2005) Jednou z jeho nejznámějších částí je cvik zvaný drop jump, v literatuře občas směřován s podobným cvikem tzv. depth jumpem (Wilt, 1978).

Drop jump má od svých počátků dvě formy provedení. V anglosaské literatuře se označují jako bounce drop jump nebo drop jump (BDJ, DJ) a countermovement drop jump neboli depth jump (CDJ) (Bobbert, Huijing, & van Ingen Schenau, 1987). Autoři ve své práci popisují BDJ jako techniku skoku, při které je třeba přeměnit energii směřující po seskoku dolu k podložce v opačnou, směřující směrem vzhůru, a to v co nejkratším možném čase. Druhá forma cviku, tedy countermovement drop jump (CDJ), obsahuje pozvolnější tlumení dopadu s větším pohybem směrem dolů, do větší flexe kolenních kloubů, a delším časem na přeměnu energie, podobně jako tomu je u provedení countermovement skoku prováděného pouze jako výskok ze země, bez seskoku (Bobbert, Huijing, & van Ingen Schenau, 1987). Práce Verkhoshansky & Verkhoshansky (2011) popisuje tento skok (CDJ neboli depth jump) jako cvik, při kterém člověk vykročí a dopadne na zem z boxu a následně provede maximální

vertikální výskok. Provedení není limitováno omezováním flexe dolních končetin při dopadu nebo omezováním času na odraz, ale i tak by cvik měl být proveden rychle (Obrázek 8). Pro náš experiment jsme vybrali variantu skoku bounce drop jump (BDJ), která klade vyšší důraz na rychlý odraz.



Obrázek 8 - Charakteristika depth jumpu a drop jumpu (převzato z Pedley et al. (2017))

Hlavním cílem cviku je vybudování explozivní a maximální síly stimulací centrálního nervového systému (Verkhoshansky & Verkhoshansky, 2011). Variantu BDJ (drop jump) popisuje práce Komi & Bosco (1978) jako skok, při kterém po dopadu z platformy následuje okamžitý vertikální výskok. Velký důraz je kladen na co nejkratší kontakt s podložkou s malým zapojením flexe v kloubech dolních končetin. Cílem je vyvinutí rychlého short-stretching cyklu (SSC) na systému šlacha-sval extenzorů dolních končetin (P V Komi & Bosco, 1978). Postupem času došlo k zaměňování termínů a nejasné terminologii v učebnicích a studiích. V dnešní době se za opětovnou standardizaci pojmů postavila studie Pedley et al. (2017), která označuje drop jump jako cvik s omezenou amplitudou flexe dolních končetin a omezeným co nejkratším

kontaktem se zemí. Depth jump naproti tomu definuje jako cvik s neomezenou flexí dolních končetin při dopadu a menším důrazem na krátký kontakt s podložkou. Studie také přináší podrobně popsaný technický model pro provedení drop jumpu:

Drop jump lze rozdělit na 5 po sobě jdoucích fází. Ve všech fázích by kyčelní, kolenní a hlezenní klouby měly být umístěny paralelně nad sebou ve frontální rovině a laterální náklon pánve by měl být minimální, páteř v neutrálním postavení. Během provedení cviku by měl být pohled fixován na bod ve výšce hlavy před probandem. Velmi často je forma cviku doplněna o fixování horních končetin pozicí v bok pro eliminování švihů horních končetin. Tímto se standardizuje umístění těžiště během celého cviku a minimalizuje se anterioposteriorní posun těžiště mezi dvěma dopady (Pedley et al., 2017). Naproti tomu, při využití švihů horních končetin došlo ke zvýšení výšky výskoku a tento skokový stereotyp se považuje za přirozenější pro pohyb sportovce (Adrian Lees, Vanrenterghem & Clercq, 2004).

První fází drop jumpu je vykročení (step off), při kterém proband vykročí jednou nohou z platformy. Nemělo by dojít k seskakování nebo pouhému sejití z platformy (zejména u nižších platforem. Následuje fáze klesání/pádu, při níž dochází k pohybu směrem k podložce, nohy jsou ve stejné výšce, tělo se připravuje na kontakt s podložkou. Tímto by mělo dojít k nárůstu napětí ve svalech těla (především dolní končetiny a trup). Mírná flexe kyčelního a kolenního kloubu je možná, hlezenní kloub by měl být v neutrální pozici.

Třetí je fáze kontaktu DKK s podložkou. Hlezenní klouby by měly být na šířku ramen od sebe a nemělo by dojít ke kontaktu paty s podložkou. Častými chybami je měkký dopad s přílišnou flexí kolenních a kyčelních kloubů a s dlouhou dobou kontaktu

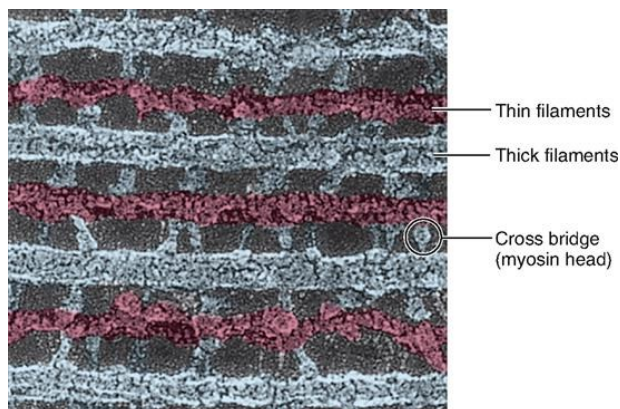
s podložkou, dopad na paty, velmi tvrdý dopad s velkou extenzí kyčelních a kolenních kloubů či valgózní zkolabování kolenních kloubů.

Poté přichází fáze odrazu, při které palce opouštějí podložku jako poslední a dochází k plné extenzí kyčelních a kolenních kloubů a plantární flexi hlezenního kloubu. Nejčastějšími chybami jsou nedostatečná extenze kloubů a špatná synchronizace pohybů. Následuje fáze vertikálního letu vzhůru a druhý dopad, který by měl být měkký do pozice polovičního dřepu, první kontakt s podložkou by opět měla mít přední část nohy. Nemělo by docházet k příliš těžkému či tvrdému dopadu a velkému posunu od místa prvního dopadu (Pedley et al., 2017; Bobbert, Huijing & van Ingen Schenau, 1987).

Z pohledu extenzorů dolních končetin vnímáme tři fáze drop jumpu. První letová fáze, při které dochází k přípravě na kontakt s podložkou. Druhá fáze akumulace energie, dochází k prodloužení komplexu sval-šlacha. Třetí fáze odrazu, při které se opět komplex sval-šlacha zkracuje (Komi, 2000).

Jak bylo zmíněno výše, drop jump patří do skupiny plyometrických cviků, které cílí na zlepšení SSC (Steben & Steben, 1981). Pro produkci síly během SSC je důležitá absorpce energie elastickou složkou svalu a reflexní aktivace neuromuskulárního systému. Tyto složky hrají klíčovou roli pro sílu odrazu po prvním dopadu po drop jumpu (Bosco et al., 1982). Schopnost svalu absorbovat a využít elastickou energii je závislá na délce svalu před dopadem a rychlosti jeho protažení (Cavagna, Saibene & Margaria, 1965), dále na síle, která na něj působí na konci protažení, a čase potřebném k přechodu z excentrické na koncentrickou fázi odrazu (Bosco, Komi & Ito, 1981). Studie Cavagna, Komarek & Mazzoleni (1971) popisuje, jak protažení excentrickou kontrakcí již předem aktivovaného svalu s vyšším svalovým tonem ukládá elastickou energii do cross-bridge

systemu (příčné můstky hlaviček myozinu a vlákny aktinu) svalových vláken (Obrázek 9) a do šlach svalů. Takto uložená elastická energie může být využita v následující koncentrické fázi výskoku (Giovanni, Cavagna, Komarek & Mazzoleni, 1971).



Obrázek 9 - Cross-bridge spojení

(převzato z <https://basicmedicalkey.com/wp-content/uploads/2016/05/F500220f12-11-9780323096003.jpg>)

Za zmínku také stojí výsledky studie Mrdaković et al. (2018) zkoumající vliv různých výšek a volní submaximální snahy (65, 80 a 95 % maximální výšky výskoku) při drop jumpu na elektromyografickou aktivitu m. soleus. Výsledky ukázaly nezměněnou aktivitu m. soleus při různé míře snahy v prvních dvou fázích drop jumpu (fáze přípravy na dopad a fáze krátce po přistání). Změny ve volní aktivitě byly patrné až v dalších fázích skoku při výškách platformy 20 a 40 cm, při seskokové výšce 60 cm nebyl rozdíl mezi volní aktivitou patrný. S přibývajícím výškou rostla celkově i aktivita svalu ve všech fázích. Studie dochází k závěru, že svalová aktivita před dopadem je součástí předprogramovaného neboli tzv. feedforward ovládnání (Taube et al., 2008).

V průběhu let se ve studiích objevují různé názory na optimální výšku platformy u provádění drop jumpu. Pohybujeme se v rozmezí od 12 cm (Lees & Fahmi, 1994) do 80 cm (Viitasalo, Salo & Lahtinen, 1998). Studie z roku 2020 testovala vliv různé výšky platformy na parametry drop jumpu u hráčů fotbalu. Výšky platformy byly 35, 45, 50, 65 a 72 cm. Ke statisticky významnému zvýšení výskoku došlo pouze u přechodu z 35 cm

na 45 cm, mezi výškami 45, 50 a 65 cm nebyl významný rozdíl ve výšce výskoku. Mezi dalšími metrikami (odrazová síla, maximální koncentrická síla, maximální rychlost, rychlost výskoku) nebyl nalezen významný rozdíl. Studie tedy doporučuje trenérům zařazovat do tréninků drop jumpy z výšky od 35 do 72 cm pro zvýšení koncentrické síly, odrazové rychlosti a zlepšení silových vlastností. Pro zlepšení maximálního výskoku doporučuje studie skoky z 65 až 72 cm (Thapa, Kumar & Sharma, 2020).

Ačkoli je historicky drop jump popisován převážně jako součást plyometrického tréninku, autoři se snaží o jeho prosazení jako standardizovaného testu pro určení síly dolních končetin (Viitasalo, Salo & Lahtinen, 1998; Malfait et al., 2014; Matic et al., 2015), případně jako součásti rehabilitačních programů v rámci cviků pro posílení DKK (Markovic, 2007) či jako sceeriningové metody pro sledování únavy hráčů (Komi, 2000) a určení rizika zranění (především ACL) u sportovců pomocí analýzy dopadu a výskoku během drop jumpu (Lloyd et al., 2020; Grip et al., 2019).

2.6 Aplikace My Jump 2

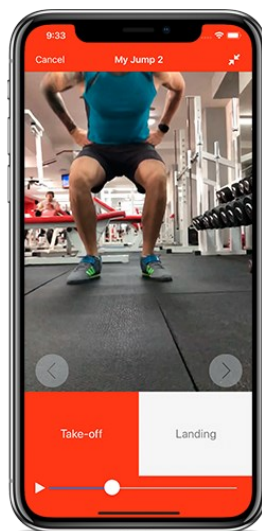
Existuje mnoho způsobů měření a vyhodnocení výkonů při vertikálních skokových testech. U vertikálních skoků se zaměřujeme především na výšku výskoku, případně na čas letu, ze kterého lze výšku vypočítat jako $h = \frac{1}{8}gt^2$, kde h je výška výskoku, g je tíhové zrychlení a t je doba letu (Carmelo Bosco, Luhtanen & Komi, 1983). U některých přístrojů lze měřit také sílu vyvinutou při odrazu od podložky (vertical ground reaction force). Při hodnocení drop jumpu se ještě přidává parametr doby odrazu a s ním provázaný reactive strenght index (RSI), který přímo úměrně udává schopnost jedince rychle přejít z excentrické kontrakce (dopadu) do koncentrické kontrakce (odrazu). Nejpoužívanějším výpočtem RSI je poměr výšky výskoku k času, který je potřeba k odrazu, tedy $RSI = \text{výška výskoku (metry)} \div \text{doba kontaktu (sekundy)}$ (Flanagan

& Comyns, 2008; Beattie & Flanagan, 2015). Tyto parametry lze měřit přímo nebo je získat přepočtem. Za zlatý standard měření se považují silové plošiny přímo měřící vyvíjenou sílu na podložku a její změnu (Glatthorn et al., 2011; Requena et al., 2012; Sayers et al., 1999), dále lze měřit pomocí plošin vyhodnocujících tlak na ně působící (García-López et al., 2013), akcelerometrů (Casartelli, Müller & Maffiuletti, 2010), analýzy videozáznamu (Hatze, 1998; Balsalobre-Fernández et al., 2014), infračervených plošin (García-López et al., 2013; Bogataj, Pajek, Andrašić, et al., 2020) a mechanických přístrojů, jako je například Vertec (Sports Imports, Kolumbus, OH), který měří výšku výskoku přímo.

Významný posun v možnostech měření mimo laboratoř přinesla studie (Balsalobre-Fernández et al., 2014) porovávající validitu a reliabilitu levnějších vysokorychlostních kamer oproti do té doby používaným profesionálním zařízením.

Významný posun přišel, když firma Apple Inc. (USA) uvedla v roce 2013 na trh telefon iPhone 5S (Apple Inc, USA) se zabudovanou vysokorychlostní kamerou schopnou nahrávat videa s frekvencí 120 Hz, kvalitou videa 720 p a s možností vývoje mobilní aplikace schopné video analýzy díky softwaru telefonu (XCode5.0.5. for Mac OSX 10.9.2; Apple Inc., USA). První měření pomocí mobilního telefonu přináší studie Balsalobre-Fernández, Glaister & Lockey (2015) se svou aplikací My Jump pro analýzu videí skoků, výpočet času (v milisekundách) mezi dvěma zvolenými částmi videa (snímek s odrazem a snímek s dopadem) a následným výpočtem výšky výskoku. S dalším vývojem mobilních telefonů prošla aplikace My Jump úpravami a ve finální verzi je od března roku 2020 dostupná ve formě aplikace My Jump 2 na iOS, Android, Windows 10/8.1/8/7/Vista i Mac OS X 12.0 (dostupné z: <https://pcmacstore.com/en/app/1148617550/my-jump-2>, dne 9.4.2021).

Jak bylo zmíněno výše, pomocí aplikace My Jump 2 při analýze zpomaleného videozáznamu drop jumpu, označujeme tři snímky, a to snímek prvního kontaktu s podložkou (dopad z platformy), následně snímek, na kterém již ani jedna DKK není v kontaktu s podložkou (odraz), a jako poslední snímek prvního kontaktu s podložkou po výskoku (druhý dopad). Z těchto úseků aplikace vypočítá dobu reakce, respektive čas potřebný k odrazu po dopadu z platformy, a dobu následného letu po výskoku (Obrázek 10). Aplikace následně vypočítá čas (v milisekundách) mezi danými snímky, dále se pak vypočítává přibližná výška výskoku i RSI (Balsalobre-Fernández et al., 2014; Haynes et al., 2019).



Obrázek 10 - Aplikace My Jump 2 analýza videozáznamu
(převzato z <https://www.carlos-balsalobre.com/>)

Studie zaměřující se na validitu a reliabilitu aplikace My Jump 2 jsou dávány do blízkého vztahu se staršími studiiemi používajícími aplikaci My Jump, zde je na místě připomenout, že jedním z hlavních limitů byla technologie videozáznamu povolující záznam o frekvenci maximálně 120 snímků za vteřinu. S dnešní technologií mobilních telefonů jsme schopni pořizovat zpomalené záběry s 240 snímků za vteřinu v rozlišení 1080p a dá se tedy předpokládat, že analýza videa je tak přesnější (Bogatay, Pajek, Hadžić, et al., 2020).

První studie, pro kterou byla aplikace ad hoc vytvořena, Balsalobre-Fernández et al. (2014) testovala validitu a reliabilitu na vzorku 20 studentů rekreačně sportujících. Studenti před měřením absolvovali rozcvičku skládající se z lehkého běhu, dynamického strečinku a vertikálních výskoků. Po rozcvičce provedli pět countermovement skoků měřených silovou plošinou (Kistler 9287 BA, Kistler Instruments Ltd., Hook, UK), které byly zároveň natáčeny vysokorychlostní kamerou iPhone 5S (Apple, Inc., USA). Tyto záběry byly poté analyzovány pomocí aplikace My Jump dvěma nezávislými osobami, které neměly předchozí zkušenost s videoanalýzou. Autoři porovnávali výsledky vypočtené výšky výskoků z aplikace a z plošiny. Výsledky studie ukázaly perfektní shodu aplikace a silové plošiny při měření výšky CMJ (ICC = 0,997, 95% CI: 0,996-0,998, $P < 0,001$) u obou examinátorů s průměrným rozdílem měření $1,3 \pm 0,5$ cm a $1,1 \pm 0,5$ cm oproti plošině. Ovšem hodnoty výšky výskoku byly signifikantně nižší při měření aplikací oproti plošině. Dobrá reliabilita měření aplikací byla prokázána i pro opakovaná měření skoků u obou pozorovatelů (první $\alpha = 0,997$, CV = 3,4 %; druhý $\alpha = 0,988$, CV = 3,6 %). Při hodnocení reliability mezi dvěma examinátory byla prokázána perfektní shoda v měřeních (ICC = 0,999, 95%, CI = 0,998-0,999, $p < 0,001$), průměrná odchylka měření byla $0,1 \pm 0,4$ cm. Aplikace se tedy jeví být reliabilní a validní formou analýzy CMJ v porovnání se silovou plošinou (Balsalobre-Fernández et al., 2014). Spolehlivých a reliabilních výsledků dosahovala aplikace i v porovnání se silovou plošinou AMTI BP400 800-2000 (Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, Austin, Tx) při testování výkonů při CMJ a drop jumpu z 30 cm výšky (Stanton, Wintour & Kean 2017). Při porovnání validity a reliability první verze aplikace, tedy My Jump, s mechanickým zařízením Vertec ve studii Yingling et al., (2018), dochází autoři k podobným výsledkům reliability jako s použitím zařízení Vertec, aplikace ovšem vykazuje statisticky významně nižší hodnoty při měření výšky výskoku

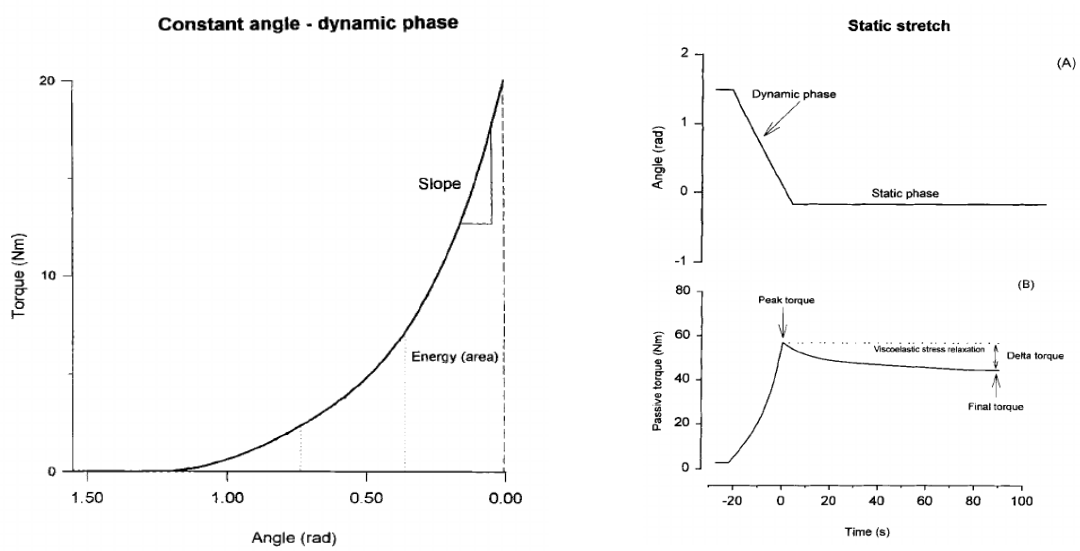
(43.05 ± 12.13 cm; $t(134) = 12.69$, $p < 0.0001$) oproti Vertecu (51.93 ± 14.36 cm). Autoři tak doporučují nepoužívat aplikace pro hodnocení maximální výšky výskoku.

I přes tento nedostatek lze z výše uvedených studií usuzovat, že aplikace My Jump 2 je validním i reliabilním nástrojem pro jednoduché měření různých parametrů výskoku. Především jednoduchost a dostupnost měření přináší mnoho výhod a mohou ji používat, kromě fyzioterapeutů a lékařů, také sportovní a kondiční trenéři v rámci tréninku. Tento názor sdílí i (Bogataj, Pajek, Hadžić, et al., 2020) ve studii potvrzující reliabilitu a validitu v porovnání s plošinou využívající k měření infračervené světlo Optojump (Microgate, Bolzano, Itálie). Na základě svých pozorování ji pak doporučují jako nástroj k vyhodnocování skokových výkonů na školách. Studie Bender et al. (2019) využívá aplikaci pro hodnocení skoků v experimentu zabývajícím se vlivem masáže na výkon a aplikaci také používá Devereux et al. (2019) pro vyhodnocování výkonů při cviku squat jump po uvolnění trigger pointů v m. rectus femoris a mm. gastrocnemii. Tyto studie ukazují možnost využití My jump 2 pro měření výkonu v DJ po myofasciální intervenci, o níž usiluje i tato práce.

2.7 Testování ROM dolních končetin (flexibility)

Měření flexibility bývá označováno jako testování schopnosti kosterního svalu a jeho šlachy prodloužit svou délku (The American Orthopaedic Society for Sports Medicine, 1988). Magnusson, (2007) přichází s definicí, ve které označuje flexibilitu jako maximální rozsah pohybu v daném kloubu, a vyvrací názor, že by flexibilita měla být vnímána pouze jako závislost napětí na délce svalu, jelikož ke zvýšení rozsahu pohybu v kloubu může dojít i bez změny v tomto vztahu. S podrobnějším rozdělením flexibility na statickou a dynamickou se setkáváme ve studii Gleim & McHugh (1997), v níž za statickou flexibilitu autoři považují možný rozsah pohybu v kloubu nebo více

kloubech, který je proveden pasivně, při relaxaci pacienta. Autoři upozorňují na možnou záměnu s laxitou kloubu, která je ovšem ovlivněna kloubním pouzdrém a vazy. Dynamickou flexibilitou označují odpor, který sval klade v dané fázi pohybu a je velmi záleží na tuhosti (stiffness) kosterního svalu, kterou lze z fyzikálního hlediska definovat jako odpor tkáně k deformaci (Gleim & McHugh, 1997). Přesnější biomechanický model tuhosti svalu popisuje ve své studii Magnusson (2007), jenž odpor svalu k protažení definuje jako pasivní točivý moment produkovaný svalovou skupinou zadní části stehna při pasivní extenzi kolene prováděné isokinetickým dynamometrem. Souběžně byla měřena aktivita hamstringů pomocí EMG. Měření se skládalo z dynamické fáze, při které pohyboval dynamometr kolenním kloubem stálou rychlostí 5°/s do předem určené maximální extenze kloubu s následnou statickou 90s fází v daném maximu. Křivku závislosti odporu k protažení (pasivního točivého momentu) na dosaženém úhlu pohybu v dynamické části experimentu lze rozdělit na tři části, přičemž tuhost svalu je definována jako změna točivého momentu ku změně pozice v kloubu a je vyjádřena sklonem křivky



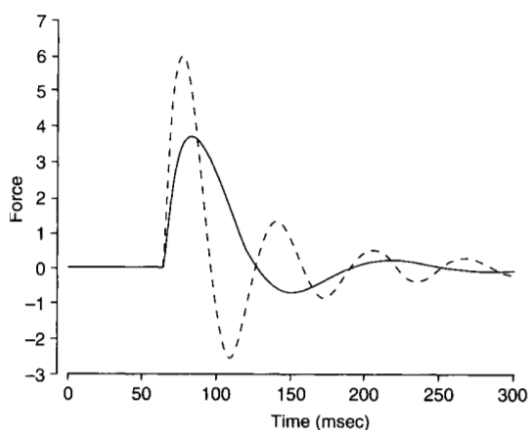
Obrázek 11– Graf závislosti odporu tkáně na protažení (vpravo) a graf průběhu zvyšování úhlu extenze kolenního kloubu (A) a odporu tkáně (B) v čase (vlevo), (převzato z Magnusson, 2007)

v poslední třetině rozsahu pohybu. Energie potřebná k danému protažení byla definována jako obsah plochy pod křivkou (Obrázek 11).

Tento vztah odpovídá vztahu z Hookova zákona, tedy že tužší materiály se budou deformovat méně při působení stejné vnější síly neboli budou klást větší odpor. Při 90s statické fázi pokusu, tedy po dosažení maximálního točivého momentu, byl zaznamenán pokles odporu hamstringů k protažení během statického setrvání v dosažení pozici. Tento pokles je připisován viskoelastické relaxaci vyvolané statickým protažením svalu. Studie se také zaměřuje na zkoumání tolerance člověka k protažení svalu. Pro toto měření byl upraven protokol, a to tak, že pohyb dynamometru zastavoval vyšetřovaný až při pocítění bolesti. V tomto bodě byla zaznamenána tuhost svalu a maximální dosažený točivý moment. Výsledky studie ukazují, že zvýšení rozsahu pohybu v kloubu při dlouhodobé aplikaci (3 týdny) statického strečinku je způsobeno více vlivem změněné tolerance k protažení svalu nežli změnou viskoelastických vlastností tkáně. Studie také poukazuje na rychle mizející efekt strečinku na tkáň, který vyprchá v průměru do jedné hodiny od provedení. Autoři také upozorňují na fakt, že neflexibilní jedinci (dle toe touch testu) vykazují větší svalovou tuhost a menší toleranci k protažení v porovnání se skupinou jedinců vykazujících normální flexibilitu. (Magnusson, 2007).

Schopnost již kontrahovaného svalu přechodně se deformovat popisuje pojem active stiffness (aktivní tuhost), která je měřena pomocí tlumené oscilace předem kontrahovaného svalu (Gleim & McHugh, 1997). Bližší popis měření přináší studie (Wilson, Elliott & Wood, 1992), ve které autoři měří na skupině osmnácti vzpěračů vliv zařazení osmítýdenního tréninku flexibility horní části těla na výkony při bench pressu. Ve studii je měřena takzvaná tuhost sériových elastických komponent (SEC – series elastic component) svalu, které představují především šlachy a aponeurózy svalů, ale také

například příčné můstky tvořené myozinem ve svalovém vlákne a molekuly titinu. Tuhost SEC měřila studie pomocí oscilační metody, ve které probandi provádějí isometrickou kontrakci proti odporu závaží (zde olympijská tyč s kotouči) v poloze, ve které jsou testované svaly v protažení, zde 3 cm nad hrudníkem jako při provádění bench pressu s excentrickou i koncentrickou složkou pohybu. Následně přijde rychlé a krátké zatížení silou 100 N doprostřed tyče. Elastický systém svalu začne oscilovat okolo rovnovážné polohy (Wilson, Elliott & Wood, 1992). Základním předpokladem je, že tužší systém umožní větší maximální zatížení a bude po zatížení kmitat s vyšší frekvencí, jak ukazuje Obrázek 12.



Obrázek 12 – Graf tlumení oscilace tužším (čárkovaně) a poddajnějším (plně) svalem (převzato z Gleim & McHugh, 1997)

Studie Wilson, Elliott & Wood (1992) prováděla měření tuhosti SEC při zatížení činkou a závažím odpovídající 15, 30, 45, 60 a 70 % maxima daného jedince. Výsledky ukazují na významné snížení maximální tuhosti SEC vlivem osmitýdenního tréninku flexibility. Toto snížení umožnilo probandům větší uložení energie při excentrické kontrakci, která byla následně využita při koncentrické kontrakci. V návaznosti na to byla skupina po intervenci schopna vyprodukovat o 20 % větší práci v bench pressu, což umožnilo v průměru uzvednou o 5,4 % větší váhu. Během měření nebylo prokázáno snížení tuhosti SEC při zatížení činky na 15, 30, 45 a 60 % maxima jedince, což si autoři

vysvětlují tím, že ovlivněna byla především poddajnost šlachy a tento efekt se projevuje až při vyšším zatížení. Podobný systém měření svalo-šlachové tuhosti využívají ve své studii i Walshe & Wilson (1997), kteří používají zatížení dolních končetin na leg pressu odpovídající 30, 40, 50, 60 a 70 % maxima jedince. Autoři následně zkoumají vliv změřené míry tuhosti na výkony při provádění drop jumpu z různých výšek. Výsledky studie ukazují na horší výkony u jedinců s vyšší tuhostí při skocích z větších výšek (80 a 100 cm), která odpovídá výraznějšímu zapojení SSC. Autoři si tento fakt vysvětlují výraznější inhibicí pomocí Golgiho šlachových tělísek nebo zhoršenou schopností uložení energie do SSC.

V recentních studiích dochází ke zjednodušení pojmu flexibilita a využívá se definice dle (Alter, 1996), která označuje flexibilitu jako maximální možný rozsah pohybu v daném kloubu nebo více kloubech bez vyvolání bolesti. Studie se dnes spíše zabývají měřením flexibility mimo laboratoře a jejím vlivem na sportovní odvětví.

Často diskutovaná témata výzkumů zabývajících se flexibilitou jsou její vliv na riziko vzniku zranění a vliv na výkon. Při zkoumání poznatků o vlivu flexibility na riziko vzniku zranění je častým limitem multifaktorialita vzniku zranění a jejich sportovní specifická (McHugh & Cosgrave, 2009; Gleim & McHugh, 1997). V minulosti se nejčastěji vyskytoval názor, že napjatý, tuhý sval má vyšší pravděpodobnost k poškození (Worrell et al., 1991; Worrell & Perrin 1992). Tyto úvahy však velmi často vycházejí z výsledků laboratorních testování mechanické ho selhání svalů na animálních modelech, které v praxi odpovídají stupni 3 natažení svalu, tedy kompletní ruptuře, přestože většina svalových zranění při sportovním výkonu odpovídá stupni 1 a 2. (Hasselman et al., 1995; Safran et al., 1988).

Přehled dostupných poznatků o vlivu strečinku, tedy metody, která se snaží zvýšit flexibilitu svalu, na riziko vzniku zranění, (McHugh & Cosgrave, 2009), dochází k závěrům, že, ačkoli vybrané studie nedokazují jasnou souvislost flexibility a vzniku zranění (Verrall, 2001; Tyler et al., 2001), není vyloučeno, že strečink před výkonem nemůže jako vnější faktor preventivně působit. Autoři v novějších studiích se začínají přiklánět k pozitivnímu vlivu flexibility na prevenci zranění. Studie (Wan et al., 2021) porovnávala vliv osmitýdenního tréninku flexibility a silového tréninku na snížení rizika poranění hamstringů při sprintu u skupiny 20 vysokoškolských studentů. Autoři porovnávají vliv dvou různých intervencí na optimální délku svalu, stanovenou jako délku, při které je sval schopen generovat největší isometrickou sílu. Obě intervence vedly k prodloužení optimální muskulotendineální délky m. semimembranosus a m. biceps femoris a snižovaly tak riziko vzniku jejich poranění. Autoři na základě svých výsledků tedy tyto intervence doporučují zařadit do preventivních programu pro rekreační sportovce.

Systematické review de la Motte et al. (2019) shrnující poznatky z 27 studií, publikuje závěry potvrzující mírnou spojitost mezi flexibilitou a snižováním rizika svalového zranění. Ovšem i v tomto review se vykytují protichůdné výsledky a pouze jedna studie provedená na malém vzorku fotbalistů anglické Premier League přesvědčivě potvrdila přímou spojitost mezi zvýšenou flexibilitou hamstringů a snížením rizikem jejich zranění (Henderson, Barnes, & Portas, 2010).

Ve sportovní vědě je na flexibilitu nahlíženo i z pohledu vlivu na výkon, přičemž je důležité zohlednit jednotlivá specifika sportů. Pro gymnastiku je flexibilita jedním z klíčových aspektů výkonu (Sands et al., 2016), oproti jiným sportům, v nichž není tak akcentovaná, například hokej (Tyler et al., 2001) nebo fotbal (Henderson, Barnes

& Portas, 2010). Potřebná míra flexibility je různá i u jednotlivých hráčských postů v kolektivních sportech. U hráčů fotbalu byla zjištěna větší míra flexibility u brankářů oproti ostatním postům (Espada et al., 2020), významné rozdíly byly nalezeny i ve studii (Sporis et al., 2011) mezi obránci, záložníky a útočníky, přičemž nejnižší flexibilitou disponovali obránci.

Míra flexibility a tuhosti svalů má také vliv na ukládání mechanické energie do elastických složek svalu. Již Cavagna (1970) tvrdí, že 50 – 70 % práce konané při běhu pochází z uložené mechanické energie. Využití potenciální elastické energie je popisováno v literatuře pod pojem SSC. Tento cyklus charakterizuje využití excentrické kontrakce svalu pro zlepšení následující rychlé koncentrické kontrakce. Tento mechanismus je velmi častý v dynamických sportech, jako je volejbal, basketbal, fotbal. (Wilson, Elliott, & Wood, 1992; Komi & Bosco, 1978). Florbal je jako halový sport s velkými nároky na změny směru ve hře často spojován ve studiích právě s basketbalem (Rossi et al., 2020; Leppänen et al., 2015) a lze tedy předpokládat, že nároky na SSC u florbalu budou podobné.

Autoři v minulém století zastávali názor, že trénink flexibility sníží svalové napětí alepší funkčnost SSC (Wilson, Elliott, & Wood, 1992; Shorten, 1987). Studie Wilson, Wood & Elliott, 1991 uvádí, že vztah tuhosti svalů a množství produkované síly a rychlosti produkce síly pomocí SSC, je opačný oproti čisté koncentrické kontrakci, a tedy snížená aktivní tuhost zvýší schopnost absorpce energie a rychlost produkce síly pomocí SSC. Proti tomu však stojí fakt, že absolutní síla produkovaná SSC se zvyšuje se zvýšenou tuhostí systému.

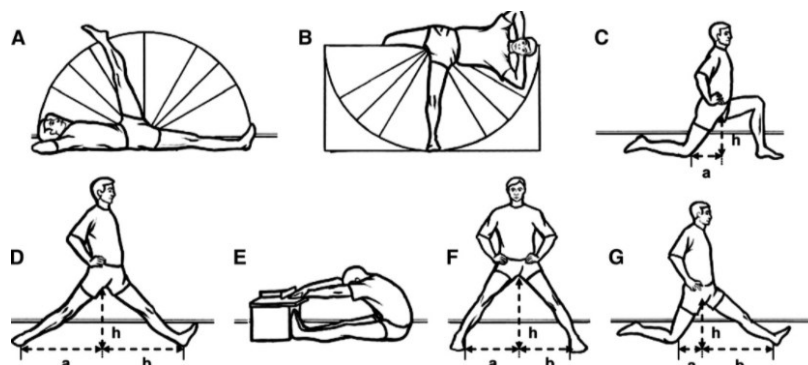
Tvrzení o větší schopnosti uložení energie také podporuje teorie publikovaná studií (Shorten, 1987), která ukazuje zvýšenou schopnost uložení elastické energie z protažení

ve více poddajném svalu. Tento trend jde proti vztahu aktivní tuhosti svalu a isometrické a koncentrické kontrakce, ve kterém je zvýšená tuhost výhodou pro efektivní přenos síly produkované svalem, jelikož kontraktální složky tužšího svalu musí vykonat menší zkrácení pro vygenerování stejného napětí oproti poddajnějším svalům (Wilson, Murphy, & Pryor, 1994; Wilson, Wood, & Elliott, 1991). Ovšem studie Walshe & Wilson (1997) uvádí snížení výšky výskoku v drop jumpu u osob s vyšší tuhostí svalů při vyšších nárocích na SSC. Při ovlivnění absorpce energie je tedy potřeba vhodná míra tuhosti svalstva. Shrnutí poznatků k ovlivnění stiffness pomocí statického a dynamického strečinku přináší například studie Kallerud & Gleeson (2013) nebo Behm & Chaouachi (2011), které uvádí značné výhody dynamického strečinku, který nepřináší akutní zhoršení výkonu v porovnání se statickým strečkem. Naše studie se pomocí aplikace foam rollingu také snaží ovlivnit flexibilitu jedince a zároveň sledovat akutní vliv metody na jeho výkony v drop jump testu, ve kterém velkou roli hraje právě SSC.

Míra flexibility je faktorem zlepšující kvalitu života a je nezbytná pro optimální výkony ve výkonnostních sportech (Herbert & Gabriel, 2002; Gleim & McHugh, 1997; D. Chu & Vermeil, 1983). Využití reliabilních a validních testů flexibility je základem pro včasné odhalení rizika zranění, případně jeho prevenci (Bahr, 2003; Orchard, 2002; Witvrouw et al., 2003), monitoraci efektivity tréninku (Beedle & Mann, 2007; Zakas et al., 2003) či pro zjištění faktorů limitujících výkon (Gleim & McHugh, 1997; Harvey, 1998). V klinické praxi a laboratorních testech se spíše využívá přesnějšího, přímého měření rozsahu pohybu v jednotlivých kloubech, tedy měření úhlů rozsahu pohybu goniometry, inklinometry nebo počítačovou analýzou pohybu (Nussbaumer et al., 2010; Gajdosik & Bohannon, 1987; Zhou & Hu, 2008; V Janda & Pavlů, 1993; Altug, Altug, & Altug, 1987). Pro měření v terénu se však často využívají modifikované testy, které jsou přiblíženy níže.

2.7.1 Vybrané metody a testy

V průběhu let bylo představeno několik způsobů testování flexibility cílících na různé části těla, které mají přijatelnou reliabilitu. Asi nejpodrobnější popis testů uvádí studie Sporis et al. (2011), která ověřovala reliabilitu a validitu vybraných testů na 150 juniorských fotbalistech, 60 házenkářích a 60 basketbalistech ve věku osmnácti let. Mimo jiné uvádí zejména sit and reach test (Obrázek 13E), který lze provádět ve vnitřních i vnějších prostorech. K měření je potřeba speciální sit and reach box nebo jemu podobné



Obrázek 13 - Testy flexibility (převzato z Bozic et al., 2010)

nástroje. Oficiální měřidlo je složeno z kvádru, na jehož horní stěně je připevněno délkové měřidlo vystupující směrem k probandovi a proband po něm sune ruce. Následně je měřena dosažená vzdálenost předklonu. Při měření provádí proband v sedě maximální předklon, dolní končetiny jsou při měření extendovány a nohy jsou ploškami v kontaktu s přední stěnou měřicího boxu, pod vystupujícím měřidlem. Všechny hodnoty od okraje kvádru směrem k probandovi jsou na měřící škále označeny záporně, všechny hodnoty od místa kontaktu plosek se zařízením jsou zaznamenávány kladně. Vyšetřovaný se snaží extendovanými pažemi s překrytými dlaněmi, které jsou v pronačním postavení, dosáhnout co nejdále na stupnici a v této pozici setrvat minimálně 2 vteřiny. Test je zaměřen především na měření flexibility hamstringů a lumbální oblasti zad (Sporis et al.,

2011). Studie Bozic et al., (2010) provedená na 48 studentech tělesné výchovy popisuje další testy flexibility, jejichž reliabilitu a validitu hodnotila pomocí 3D kinematické analýzy a kinantropometru (ruler and protractor [2,2 × 1,1 m]), tedy úhlooměru s delšími rameny. Některé z nich jsou například variantou goniometrických pozic pro měření ROM dle Janda and Pavlů (1993) či obdobou Lassequovy a obrácené Lassequovy zkoušky.

Výsledky měření byly porovnávány s daty získanými pomocí 3D kinematické analýzy. Terénní testy dle závěrů Bozic et al. (2010) dosahovaly srovnatelných výsledků jako 3D kinematická analýza a také vykazovaly vysokou test-retest reliabilitu.

Jedním z nejčastěji využívaných testů flexibility je již výše popsáný sit and reach test, který v mnoha recentních studiích prokazuje velkou reliabilitu a validitu (Vernetta, Peláez-Barrios, & López-Bedoya, 2020; Ayala et al., 2012; Bozic et al., 2010; Davis et al., 2008; Sporis et al., 2011; Invernizzi et al., 2020). Také proto tento test získává stále nové podoby a modifikace, které se jeví být podobně reliabilní. Například Baltaci (2003) popisuje variantu chair sit and reach prováděnou ze židle flexí trupu zvláště k pravé a levé extendované dolní končetině. Další, dnes stále více používanou variantou sit and reach testu, je stand and reach test, kterému se věnujeme podrobněji dále.

2.7.2 Stand and reach test

Stand and reach test (Obrázek 14) je modifikací sit and reach testu. Tato varianta testu cílí především na měření flexibility hamstringů a bederní části zad. Stand and reach test je prováděn ve stoje na vyvýšené platformě, dolní končetiny jsou rozkročeny nejvýše na šířku pánve a proband provádí pomalý maximální předklon s extendovanými koleny. Při testu dochází k mírnému anteriornímu překlopení pánve, elevaci lopatek, flexi a horizontální addukci v ramenních kloubech a extenzi v loketních kloubech, zápěstí i prstech. Výsledkem testu je vzdálenost, které je proband schopen dosáhnout nejdelším

prstem ruky pod (případně nad) platformu (Holt, Pelham, & Burke, 1999; D. P. K. Chu, Luk, & Hong, 1998; Niessner et al., 2020). Jelikož měření pobíhá ve stoje, klade test při provádění předklonu větší nároky na aktivitu svalů. Což potvrzuje i měření EMG ve studii Chu, Luk, & Hong (1998). Oproti sit and reach musí proband vynakládat větší aktivitu při předklonu pro excentrickou kontrakci m. semitendinosus, m. biceps femoris a bederní část m. erector spinae, a při napřimování se vytváří větší nároky na koncentrickou kontrakci stejných svalů. I celková aktivita svalů je při tomto testu vyšší oproti variantě v sedě, jelikož společně s předklonem klade provádění testu větší nároky na stabilizaci prováděného pohybu a stabilitu probanda. V této variantě testu nebyl zjištěn výrazný rozdíl ve výsledku měření flexibility oproti klasické variantě v sedě (Chu, Luk & Hong, 1998). Dle Fetz (1978) se reliabilita ($r = 0.88-0.98$) i objektivita ($r = 0.95-0.98$) stand and reach testu pohybuje v mezích pro použití ve vědě.



Obrázek 14 - Stand and reach test (převzato z Kurt & Firtin, 2016)

Dříve téměř stejný test ovšem s jiným názvem, toe touch test (dotyk palců u nohy), popisují ve své práci Kippers & Parker (1987). Ti ve svém testu popisují pojem FFD (finger-floor distance, vzdálenost prstu od země) a, pokud bylo třeba, využívali k měření zvýšenou platformu. Reliabilita test-retest jejich metody byla velmi podobná stand and reach testu ($r = .88 -.97$).

Je vhodné připomenout, že tento test má mnohé společné s Thomayerovou zkouškou, pomocí které hodnotíme rozvoj celé páteře, a také s testem hypermobility, takzvanou zkouškou předklonu, dle Janda & Pavlů (1993). Stand and reach test se oproti zkoušce předklonu soustředí na klinický výstup, tedy konečnou dosaženou vzdálenost. Důraz je při provedení kladen pouze na extenzi kolenních kloubů, Janda & Pavlů (1993) oproti tomu popisují detailně průběh provedení předklonu bez pokrčení kolen, při kterém se soustředí na překlápění pánve a plynulost rozvíjení celé páteře. Autoři také popisují změny v provedení pohybu při disociaci hypermobility, při zkrácení flexorů kolenních kloubů se pánev překlápí málo a při zkrácených paravertebrálních svalech dochází ke kompenzačnímu zvýšení kyfózy především v hrudním segmentu páteře, a to při málo rozvinutém bederním úseku (Janda & Pavlů, 1993, str. 317).

Při vyšetření Thomayerovy zkoušky považujeme za ještě fyziologickou vzdálenost 10 cm od podložky, při větší vzdálenosti mluvíme již o hypomobilitě. Pokud se pacient při vyšetření dotkne podlahy celou dlaní, uvažujeme u pacienta generalizovanou hypermobilitu, při dotyku předloktí se jedná již o závažnou poruchu vaziva (Kolář in Kolář, 2009, str 139).

Z recentní studií stand and reach test využívají například Granacher & Borde (2017) k hodnocení vlivu sportovně specifického tréninku na flexibilitu u dětí ve věku 10 let. Při zkoumání vlivu nových terapeutických postupů u dětí a dospělých s hematologickým onemocněním založených na využití fyzické aktivity je použit stand and reach test k hodnocení vlivu postupů na flexibilitu pacientů (Lanfranconi et al., 2020). Test byl také použit při vytváření percentilových křivek fyzické zdatnosti v Německu u chlapců a dívek ve věku od 4 do 23 let při záznamu vývoje zdatnosti od raného dětství po ranou dospělost (Niessner et al., 2020). Mimo jiné je stand and reach test také využíván

v řadě studií hodnotících vliv foam rollingu na flexibilitu a rozsah pohybu (D. Junker & Stöggl, 2019; D. H. Junker & Stöggl, 2015) a za tímto účelem jej používá i naše studie.

3 CÍLE A HYPOTÉZY

Cílem naší práce bylo zjistit, zda použití FR před výkonem mělo vliv na flexibilitu a odrazovou sílu DKK v prvních 15 minutách po aplikaci u skupiny vrcholových florbalistů. Vliv FR na flexibilitu jsme objektivizovali pomocí hloubky předklonu při stand and reach testu a dopad FR na odrazovou sílu pomocí výšky výskoku a hodnot RSI při testování drop jumpu.

Pro naši práci jsme stanovili následující hypotézy.

- H1: V porovnání s pasivním odpočinkem bude předklon v čase T0 více zlepšen po aplikaci FR.
- H2: Zvýšení předklonu po aplikaci FR bude větší v čase T0 oproti času T15.
- H3: Výška výskoku i hodnota RSI při drop jumpu bude zlepšena více při použití FR před výkonem oproti pasivnímu odpočinku, a to ve všech měřených časech
- H4: Výška výskoku a hodnota RSI v čase T0 bude při použití FR nižší než v čase T15.

4 METODIKA

4.1 Skupina měřených probandů

Studie se účastnilo celkem 20 probandů ve věku od 17 do 24 let ($20,1 \pm 1,98$), všichni vrcholoví hráči florbalu nejvyšší české ligy (Livesport Superliga). Každý z hráčů byl zaškolen klubovým fyzioterapeutem na začátku sezóny a měl minimálně roční zkušenost s foam rollingem. Skupina neměla výrazné antropometrické výchylky ve výšce ($183 \text{ cm} \pm 6,4 \text{ cm}$), váze ($78 \text{ kg} \pm 10,5 \text{ kg}$) ani BMI ($23,2 \pm 2,07$) (Tabulka 1). Skupinu tvořilo 5 střelců praváků a 12 leváků (určeno dle strany držení hole) a 3 brankáři (Tabulka 2). Všichni zúčastnění hráči měli dominantní pravou nohu, určeno dle preferované končetiny pro kop do míče (Matsuda, Demura & Uchiyama, 2008), avšak pouze 13 probandů zvolilo tuto pravou dolní končetinu pro vykročení do seskoku z plyoboxu. Zbývajících 7 probandů zvolilo jako výkročnou levou DK (Tabulka 3). Před samotným měřením absolvovali probandi 5 zkušebních drop jumpů, při nichž si vybírali preferovanou DK pro vykročení z boxu, zvolenou dolní končetinou následně vykročovali celé měření.

	Věk (roky)	Váha (kg)	Výška (cm)	BMI
Mean	20.1	78.2	183	23.2
Median	20.0	77.0	185	23.1
Standard deviation	1.98	10.5	6.35	2.07
Minimum	17.1	63	172	20.3
Maximum	24.0	99	193	27.6

Tabulka 1 Antropometrická tabulka probandů (vlastní zpracování)

	Počet	% z celku
levé	12	60.0 %
pravé	5	25.0 %
brankář	3	15.0 %

Tabulka 2 - Držení hole (vlastní zpracování)

	Počet	% z celku
pravá	13	65.0 %
levá	7	35.0 %

Tabulka 3 - Výkročná noha (vlastní zpracování)

U nikoho z testovaných hráčů se nevyskytovalo onemocnění či zranění, které by mělo vliv na výkon při dopadu, výskoku nebo testu flexibility. Všichni probandi byli klinicky vyšetřeni fyzioterapeutem za účelem vyloučení patologie pohybového systému.

4.2 Metody měření

Jak bylo popsáno výše, jedním z hlavních účinků foam rollingu je zvýšení flexibility těla (Beardsley & Škarabot, 2015; D. H. Junker & Stöggl, 2015). Tento efekt jsme se rozhodli ověřit pomocí stand and reach (SaR) testu. Efektem, který není zatím zcela jasně ozřejměn, je vliv foam rollingu na sílu odrazu a reaktivní sílu jedince. V naší práci jsme se zaměřili na rozdíl výkonů v drop jumpu při použití foam rollingu jako přípravy k výkonu v porovnání s výkony po stejně dlouhém pasivním odpočinku. Zvolené parametry shrnuje Tabulka 4.

Parametr	Jednotka
Předklon stand and reach test	cm
Výška výskoku drop jump	cm
RSI $\left(\frac{\text{výška výskoku}}{\text{čas potřebný pro odraz}} \right)$	-

Tabulka 4 - Přehled měřených parametrů a jejich jednotek (vlastní zpracování)

4.2.1 Testování drop jumpu

Drop jump test v našem měření byl prováděn z 51 cm vysokého dřevěného plyoboxu od firmy Ironlife. Probandi začínali test se špičkami na okraji plyoboxu

a vykročovali z něj nohou, kterou si před měřením určili jako výkročnou. Před sestupem a následným výskokem byli slovně instruováni k co nejrychlejšímu odrazu po dopadu na podložku s následným co nejvyšším výskokem. Skok musel být proveden s extendovanými kolenními klouby a s možností přitažení špiček k tělu. Výskok mohl být doprovázen pomocným souhybem horních končetin. Každé měření drop jump testu obsahovalo tři po sobě jdoucí skoky, z nichž se vypočítával aritmetický průměr, který byl následně zaznamenán do tabulky jako výkon v daném pokusu DJ.

Všichni hráči zahrnutí v experimentu byli seznámeni s provedením drop jump testu již během tréninkové přípravy na florbalovou sezonu, podrobné zaškolení hráčů na začátku přípravy provedl klubový kondiční trenér ve spolupráci s klubovým fyzioterapeutem. Před měřením byl také způsob provedení testu probandům znovu vysvětlen a názorně předveden.

Výkony při DJ byly vyhodnocovány pomocí aplikace My Jump 2 (Carlos Balsalobre, Španělsko, 2020). Při měření byl pořizován zpomalený záběr skoků s frekvencí 240 snímků za vteřinu pomocí zadní kamery mobilního telefonu iPhone SE



Obrázek 15 - Měření pomocí aplikace My Jump 2 (archiv autora)

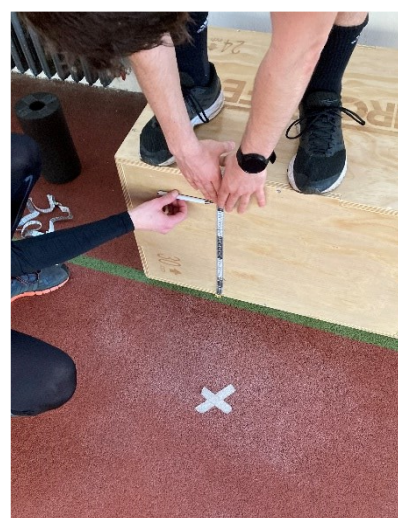
2020 (Apple Inc, USA, 2020). Zařízení bylo drženo examínátorem u země 150 cm od plyoboxu, z kterého při měření probandi seskakovali (Obrázek 15). Získané zpomalené záběry byly zpětně analyzovány a výpočtem byly získány parametry výška výskoku (v cm) a RSI. Měření obsahovalo 3 po sobě jdoucí drop jumpy, jejichž výsledky byly zprůměrovány.

4.2.2 Testování stand and reach

Při testu jsme měřili hloubku maximálního předklonu ve stoji s extendovanými kolenními klouby. Během měření stáli probandi špičkami bot na okraji 51 cm vysokého plyoboxu a provedli 2 maximální předklony s cílem dosáhnout prsty horních končetin co nejhluběji. A v tomto předklonu měli vydržet 5 s, přičemž byli instruováni k využití výdechu pro zvýšení rozsahu předklonu (Obrázek 16). Mezi jednotlivými pokusy byla 15 s dlouhá pauza, kterou probandi trávili v napřímené poloze. Lepší (hlubší) ze dvou pokusů byl zaznamenán. Hloubka byla měřena jako kolmá vzdálenost od země k daktylionu pravé ruky. Měření vzdálenosti bylo provedeno pásovou mírou.



Obrázek 16 - Provedení SaR testu
(archiv autora)



Obrázek 17 - Detail měření SaR testu
(archiv autora)

Čím hlouběji proband v tomto testu dosáhne, tedy podá lepší výkon, tím menší je hodnota měřeného parametru v centimetrech (Obrázek 17).

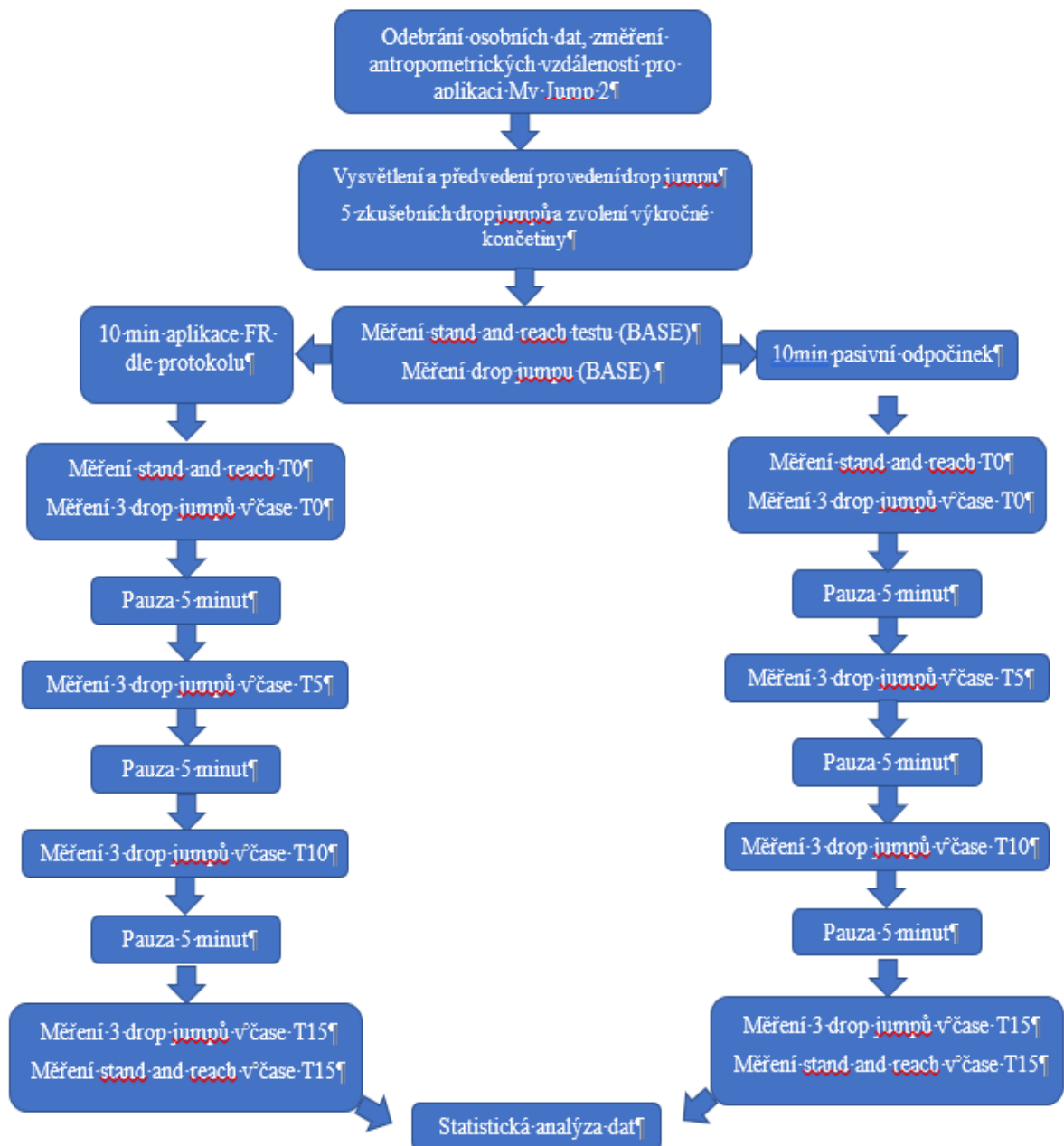
4.3 Průběh měření

Měření proběhlo během jednoho měsíce na začátku roku 2021 v tréninkových prostorech florbalového klubu Sokoli Pardubice. Probandi absolvovali dvě měření s rozestupem minimálně 24 hodin. Před začátkem měření byli seznámeni s průběhem celého experimentu, s provedením jednotlivých testů i s hodnocenými parametry. Také byli požádáni, aby ve dnech, ve kterých absolvují měření, měli podobnou fyzickou i psychickou zátěž. Zároveň jsme dbali na to, aby proband nebyl měřen po tréninkovém či zápasovém výkonu.

Měření začínalo odebráním osobních dat od probandů a změřením potřebných vzdáleností pro aplikaci MyJump 2, tedy vzdálenosti od SIAS ke konci palce DK s maximální plantární flexí hlezenního kloubu a vzdálenosti od SIAS k zemi při skokovém postavení, oboje měřeno vždy na pravé DK. Následovalo pět zkušebních DJ, nejdříve dva s výkrokem pravou DK, následně dva s výkrokem levou DK. Proband si po těchto čtyřech skocích zvolil preferovanou výkročnou končetinu, kterou si pak potvrdil pátým zkušebním seskokem. Po zkušebních skocích následoval první měřený SaR test a po něm první série tří skoků. Tato měření určila základní hodnoty, vůči kterým se další výkony porovnávaly (hodnoty označeny jako BASE). Tento proces jsme opakovali při obou měřeních stejně, abychom eliminovali vliv únavy a případnou chybu vznikající rozdílností výkonů v různých dnech.

Následovala intervence v podobě 10minutového foam rollingu (FR) dle protokolu uvedeného níže nebo 10minutový pasivní odpočinek (PR). Při prvním měření bylo náhodně určeno, která intervence bude použita jako první. Po intervenci ihned následovalo další měření SaR testu a drop jumpu (čas T0). Od ukončení intervence byl sledován čas a každých pět minut byla provedena jedna třískoková série DJ, a to až do

času patnácti minut od konce FR nebo PR (časy T5, T10, T15). Po posledním skoku byl proveden třetí SaR test. Celé měření trvalo 30 minut. Průběh měření je znázorněn diagramem na Obrázku 18.



Obrázek 18 - Diagram průběhu měření (vlastní zpracování)

4.3.1 Protokol intervence foam rollingu

Intervence pomocí foam rollingu byla probandům předem řádně vysvětlena i názorně předvedena. Bylo vybráno celkem 19 oblastí, na které bylo po 30 s aplikováno válcování v tempu 1 – 2 s rolování v celé délce oblasti (rychlejší tempo). Tlak na hladký pěnový válec (BLACKROLL, Německo, 2009) volili probandi dle sebe a svých zkušeností s před výkonovým FR (vždy však více než pouhou vahou segmentu). Válcování probíhalo v těchto oblastech v následujícím pořadí:

1. Horní polovina zad – během válcování byla měněna poloha HKK, především pak oboustranná maximální horizontální addukce s cílem abdukce lopatek a lepšího zpřístupnění mm. rhomboidei (hrudní část m. erector spinae, m. trapezius, mm. rhomboidei)
2. Spodní polovina zad (lumbální část m. erector spinae, m. latissimus dorsi, m quadratus lumborum)
3. Záda jako celek (m. erector spinae, m. latissimus dorsi, m. trapezius)
4. Pravá hýžd'ová oblast s opřením pravé DK o koleno protilehlé DK k nastavení abdukce, zevní rotace a flexe v pravém KYKL a lepšího zpřístupnění zevních rotátorů KYKL (mm. glutei, zevní rotátory KYKL)
5. Zadní strana pravého stehna, oblast hamstringů (m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus)
6. Zadní strana pravého lýtka (mm. gastrocnemii, m. soleus, mm. fibulares)
7. Levá hýžd'ová oblast s opřením levé DK o koleno protilehlé DK k nastavení abdukce, zevní rotace a flexe v pravém KYKL a lepšího zpřístupnění zevních rotátorů KYKL (mm. glutei, zevní rotátory KYKL)
8. Zadní strana levého stehna, oblast hamstringů (m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus)

9. Zadní strana levého lýtka (mm. gastrocnemii, m. soleus, mm. fibulares)
10. Laterální strana pravého stehna (m. tensor fascia latae, m. quadriceps femoris caput laterale)
11. Přední strana pravého stehna (m. quadriceps femoris, m. sartorius)
12. Vnitřní strana pravého stehna (m. adductor magnus, m. adductor longus et brevis, m. pectinues)
13. Vnitřní část pravého lýtka (m. gastrocnemius medialis)
14. Zevní část pravého lýtka, pravá holeň (m. tibialis anterior, mm. fibulares)
15. Laterální strana levého stehna (m. tensor fascia latae, m. quadriceps femoris caput laterale)
16. Přední strana levého stehna (m. quadriceps femoris, m. sartorius)
17. Vnitřní strana levého stehna (m. adductor magnus, m. adductor longus et brevis, m. pectinues)
18. Vnitřní část levého lýtka (m. gastrocnemius medialis)
19. Zevní část levého lýtka, levá holeň (m. tibialis anterior, mm. fibulares)

V protokolu byla ponechána rezerva 30 s pro změny poloh na válci. U velkých svalových skupin byl kladen vyšší důraz na správné provedení foam rollingu. Probandi byli konstantně slovně upozorňováni na dodržování tempa a správnou techniku. Ukázka poloh při válcování je na Obrázku 19, zbylé jsou k nahlédnutí v přílohách.



Obrázek 19 - Ukázka válcování oblasti lýtka (vlevo), hýždí (uprostřed), horní poloviny zad (vpravo) (archiv autora)

4.4 Statistická analýza dat

Z naměřených dat série tří drop jumpů v každém čase (BASE, T0, T5, T10, T15) byl aritmetickým průměrem získán průměrný výkon pro daný čas, který byl použit v dalších výpočtech. Podílem výkonů v drop jumpu po intervenci v jednotlivých časech a před intervencí byl získán poměr změn v jednotlivých časech. Tyto výpočty byly provedeny pomocí programu Microsoft Excel (Microsoft, USA, 2019). U vypočítaných poměrů změn byla posouzena normalita dat pomocí Shapiro - Wilkova testu, kde při $p > 0,05$ jsou data považována za parametrická. Dle tohoto výsledku pak byl použit buď párový T – test nebo jeho neparametrická obdoba, tedy párový Wilcoxonův test. Hladina statistické významnosti byla určena při $p \leq 0,05$.

Hodnoty stand and reach testu naměřené před intervencí byly vyděleny hodnotami naměřenými po intervenci, čímž byla získána podílová změna v hloubce předklonu. Takto získaná data byla opět hodnocena Shapiro – Wilkovým testem k posouzení normality a dle výsledku tohoto testu byla porovnávána buď parametrickou nebo neparametrickou variantou T – testu. Hladina statistické významnosti byla určena při $p \leq 0,05$. Statistické zpracování dat bylo provedeno v programu Jamovi (The jamovi project, Austrálie, 2021).

5 VÝSLEDKY

Při analýze získaných dat byl u porovnávaných dvojic proveden Shapiro – Wilkův test normality (Tabulka 5). Na jeho základě byly páry dat SaR T0 BEZ – SaR T0 FR, SaR T15 FR - SaR T0 FR a RSI T0 FR - RSI T15 FR, jejichž hodnota testu normality byla nízká ($p < 0,05$), vyhodnocovány pomocí Wilcoxonova testu pro neparametrická data. Tento test zaznamenal statisticky významné zlepšení předklonu v čase T0 při aplikaci FR v porovnání se změnou předklonu v čase T0 po pasivním odpočinku ($p = 0,032$) (Tabulka 6; Graf 1). Porovnání zlepšení u ostatních dvojic bylo statisticky nevýznamné.

Test normality (Shapiro-Wilk)			
Test čas intervence	Test čas intervence	W	p
-	SaR T0 FR	0.877	0.016
-	JH T0 FR	0.959	0.521
-	RSI T10 FR	0.970	0.748

Note. A low p-value suggests a violation of the assumption of normality

Tabulka 5 - Testy normality

Pro zbylé páry dat, u nichž Shapiro – Wilkův test ověřil gausovské rozložení dat ($p > 0,05$), byl pro porovnání použit párový T – test. Tímto testem bylo zjištěno statisticky významné zlepšení RSI v čase T10 při použití FR oproti zlepšení po pasivním odpočinku ($p = 0,047$) (Tabulka 7; Graf 2). Na hranici statistické významnosti ($p = 0,084$) bylo také zlepšení výšky výskoku v čase T0 po použití FR oproti pasivnímu odpočinku (Tabulka 8; Graf 3). U dalších párů dat tento test neodhalil statisticky významnou změnu (viz příloha).

Ačkoli v dalších porovnávaných situacích nebyla velikost zlepšení parametrů RSI po aplikaci FR ani ve výšce výskoku (oproti pasivnímu odpočinku) statisticky významná, grafické znázornění porovnání dat pomocí provedených T-testů naznačuje dva trendy.

Párové T-testy

Test čas intervence	Test čas intervence		Statistic	df	p
SaR T0 BEZ	SaR T0 FR	Student's t	-1.775	19.0	0.046
		Wilcoxon W	48.5 ^a		0.032
JH T0 BEZ	JH T0 FR	Student's t	-1.436	19.0	0.084
		Wilcoxon W	67.0		0.081
RSI T10 BEZ	RSI T10 FR	Student's t	-1.760	19.0	0.047
		Wilcoxon W	47.5 ^b		0.051

Note. H_a Measure 1 < Measure 2

^a 1 pair(s) of values were tied

^b 2 pair(s) of values were tied

Tabulka 6 - Párové T-testy změny ve SaR, JH, RSI

Střední hodnoty zlepšení

Test čas intervence	N	Mean	Median	SD	SE
SaR T0 BEZ	20	1.036	1.025	0.0394	0.00880
SaR T0 FR	20	1.071	1.050	0.0858	0.01918
SaR T15 BEZ	20	1.058	1.055	0.0640	0.01430
SaR T15 FR	20	1.067	1.050	0.0985	0.02203
JH T0 BEZ	20	0.984	0.985	0.0436	0.00974
JH T0 FR	20	1.014	1.020	0.0871	0.01949
RSI T0 FR	20	1.007	1.000	0.0978	0.02187
RSI T10 BEZ	20	0.985	0.995	0.0567	0.01268
RSI T10 FR	20	1.022	1.015	0.0870	0.01946

Tabulka 7 - Střední hodnoty zlepšení v testech

Jednak po použití FR došlo ve všech časech k průměrně většímu zlepšení ve výšce výskoku i v hodnotě RSI a zároveň se ve většině případů zvýšil rozptyl hodnot od střední hodnoty. Kompletní grafické zpracování dat je k nahlédnutí v přílohách.

Pro potvrzení hypotézy předpokládající v čase T0 větší zlepšení předklonu ve stand and reach testu po aplikaci FR oproti kontrolnímu měření s pasivním odpočinkem našla naše práce signifikantní rozdíl ve zlepšení předklonu v čase T0 ihned po aplikaci FR ($p = 0,032$). V čase T15 již toto zlepšení nebylo statisticky významné oproti kontrolnímu měření ($p = 0,369$). Hypotézu H1 tedy lze potvrdit, jelikož efekt FR na flexibilitu ihned po aplikaci byl významný.

Porovnání zvýšení rozsahu předklonu ve stand and reach testu po aplikaci FR v časech T0 a T15 neprokázalo statisticky významný rozdíl mezi časy ($p = 0,389$), ačkoli průměrné zlepšení v čase T0 bylo větší (7,1 %) než v čase T15 (6,7 %). Hypotéza H2 nebyla potvrzena.

Ačkoli výsledky nastínily trend většího zlepšení výšky výskoku a hodnot RSI v drop jumpu po aplikaci FR, statisticky významný rozdíl změny proti kontrolnímu měření s pasivním odpočinkem byl pozorován pouze v čase T10 na hodnotách RSI ($p = 0,047$), na hranici významnosti se pohybovalo zlepšení výšky výskoku v čase T0 ($p = 0,084$). Hypotéza H3 nebyla potvrzena.

Při porovnání změny reakční síly měřené RSI v čase T0 a T15 po použití FR nebyl nalezený rozdíl změny statisticky významný, ačkoli průměrné zlepšení ihned po aplikaci FR v čase T0 bylo menší (0,7 %) nežli patnáct minut od intervence (1,6 %), jak uvádí Tabulka 7. Hypotéza H4 nebyla potvrzena.

Porovnání hloubek předklonu před použitím FR (BASE), bezprostředně po něm (T0) a 15 minut od intervence (T15) prokázalo statisticky významné zlepšení předklonu, jak ukazuje Tabulka 8. Průměrné výkony v jednotlivých časech prezentuje Tabulka 9.

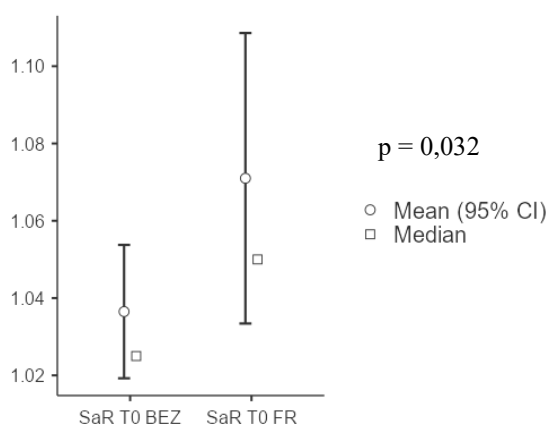
čas - intervence			Statistic	df	p
BASE - FR	T0 - FR	Wilcoxon W	190.5	19	0.001
BASE - FR	T15 - FR	Wilcoxon W	188.0	19	0.002
T0 - FR	T15 - FR	Wilcoxon W	90.0 ^a	19	0.861

^a 2 pair(s) of values were tied

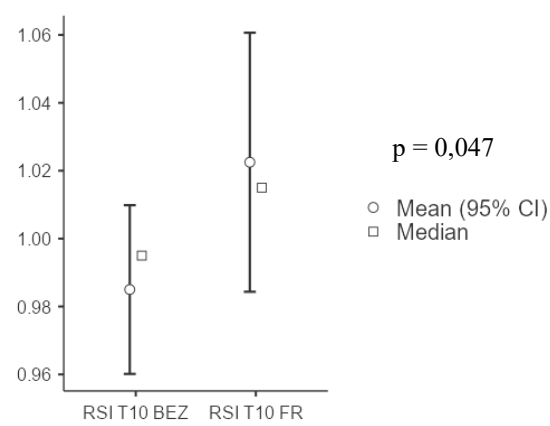
Tabulka 8 - Porovnání hloubek předklonů SaR po FR v jednotlivých časech

čas - intervence	N	Mean	Median	SD	SE
BASE - FR	20	47.1	45.8	9.74	2.18
T0 - FR	20	43.9	42.5	7.72	1.73
T15 - FR	20	44.0	42.6	7.35	1.64

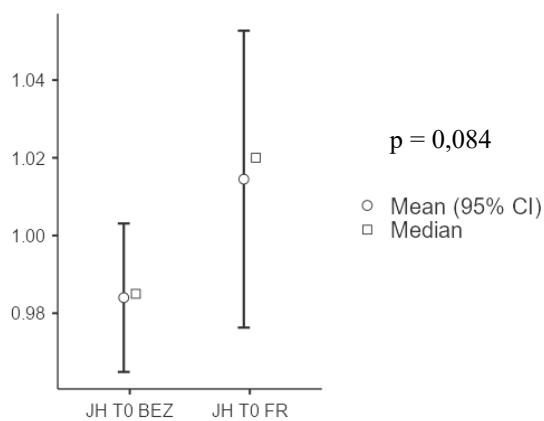
Tabulka 9 - Průměrné výkony ve SaR po FR



Graf 1 - Změna SaR v čase T0 (vlastní zpracování)



Graf 2 - Změna RSI v čase T10 (vlastní zpracování)



Graf 3 - Změna JH v čase T0 (vlastní zpracování)

6 DISKUSE

V této práci byl hodnocen vliv myofasciální relaxace pomocí foam rollingu na flexibilitu a odrazovou a reakční sílu dolních končetin na skupině 20 vrcholových florbalistů.

K měření flexibility byl použit stand and reach test, který autoři již použili dříve pro měření vlivu různých intervencí jako FR (D. H. Junker & Stöggel, 2015) či statického a dynamického strečinku (Kurt & Firtin, 2016) na flexibilitu hamstringů a bederní části zad. Tento test se ukázal být objektivní ($r = 0,95-0,98$) a reliabilní ($r = 0,88-0,98$) metodou k tomuto měření (Fetz, 1978), přesto autoři častěji využívali test sit and reach, tedy variantu v sedě, z níž stand and reach test vychází, ale je k ní potřeba specializovaného zařízení (Boguszewski et al., 2017; Royslance et al., 2013; Su et al., 2017; Peacock et al., 2014).

K hodnocení vlivu FR na odrazovou sílu a reakční sílu byly měřeny změny ve výšce výskoku a hodnot RSI drop jumpu. Tato varianta skokového testu byla vybrána, protože kromě koncentrické složky pohybu obsahuje také excentrickou složku, na jejíž ovlivnění FR se soustředili pouze dva autoři recentní literatury (Tsai & Chen, 2021; Godwin et al., 2020). Excentrická kontrakce je nedílnou součástí výkonu dynamických kolektivních sportů, jako jsou florbal (Bernacíková, M. Kapounová & Novotný, 2010), basketbal (Wen et al., 2018) nebo fotbal (Costello, 1984; Pincivero & Bompa, 1997), při prudkém zastavení pohybu nebo kontrole dopadu. Rychlá změna excentrické kontrakce zpět na koncentrickou je ve sportu využita k rychlému zpomalení a změně směru pohybu využívaném například k uvolňování hráčů, naznačení pohybu ke zmatení soupeře nebo kličkám. Tuto schopnost při provedení drop jumpu prezentuje RSI (Godwin et al., 2020; Beattie et al., 2017; Kallerud & Gleeson, 2013). Negativní ovlivnění schopnosti svalů

absorbovat a využít excentrickou energii při pohybu by mohlo mít za následek nejen zhoršení výkonu, ale také zvýšení rizika vzniku zranění jedince.

Měřením bylo v naší práci prokázáno akutní zvýšení předklonu (BASE = 45.8 ± 2.18 ; T0 = 42.5 ± 1.73) ve stand and reach testu po aplikaci FR o $5 \% \pm 2 \%$, přičemž tato změna byla statisticky významně větší ($p = 0,032$) než u kontrolního měření s využitím pasivního odpočinku. Flexibilita měřená v čase T15 při aplikaci FR byla také statisticky významně vyšší ($p < 0,001$) oproti měření před intervencí (BASE = 45.8 ± 2.18 ; T15 42.6 ± 1.64). Tato změna však nebyla oproti kontrolnímu měření signifikantně větší ($p = 0,389$). V souladu s našimi výsledky o akutním vlivu FR na flexibilitu je studie (Su et al., 2017) zaměřující se na porovnání vlivu FR, SS a DS na hloubku předklonu v sit and reach testu. Autoři prezentují výsledky, ve kterých se předklon v sit and reach testu více zvětšil po použití FR oproti intervenci se SS a DS. Studie také uvádí podobné průměrné zvýšení předklonu jako v naší studii (PRE $32,85 \pm 12$ cm; POST $36,73 \pm 10,13$ cm). I přestože byl FR aplikován pouze na hamstringy a m. quadriceps femoris obou DKK a byla před něj zařazena 5min zahřívací část spočívající v lehké aerobní zátěži na ergometru. Studie Behara & Jacobson (2017) využívá ve svém měření 8min protokol FR podobný tomu použitému v naší práci. Autoři popisují ve shodě s našimi výsledky akutní zlepšení flexibility, kterou studie měřila pomocí aktivního rozsahu flexe KYKL. Práce porovnávala vliv FR a DS a podobně jako v naší práci došlo ke statisticky významnému zvýšení ROM, tato změna byla srovnatelná s použitím DS, jehož pozitivní vliv na zvýšení flexibility a potenciál zlepšit výkon shrnul dříve ve své studii Behm & Chaouachi (2011). Zlepšení flexibility po aplikaci FR prezentuje také studie Mohr, Long, & Goad (2014) porovávající rozdíl vlivu FR a SS na rozsah pohybu pasivní flexe KYKL. V této studii byl FR aplikován pouze na hamstringy ve třech jednodominutových rolováních s 30s pauzou mezi nimi.

Výsledky studie ukazují akutní zvýšení pROM flexe KYKL ihned po aplikaci FR oproti kontrolní skupině a bez statisticky významného rozdílu oproti SS, avšak signifikantně více se pROM zvýšil při kombinaci FR a SS (FR $6.88 \pm 3.97^\circ$; FR + SS $23.55 \pm 3.53^\circ$). K podobnému závěru dochází také studie Roylance et al. (2013), která na základě svých výsledků doporučuje za účelem akutního zvýšení flexibility kombinovat FR se SS nebo cvičením s prvky jógy, jelikož tyto kombinace ve studii statisticky významně zvýšily předklon v sit and reach testu. Autoři studie k experimentu vybrali skupinu jedinců, která dle kanadských norem pro výkony v sit and reach testu měla sníženou flexibilitu, a je tedy otázkou, zda výraznější zlepšení předklonu nebylo způsobeno pouze SS nebo prvky jógy.

Proti našemu měření stojí výsledky Couture et al. (2015), které po čtyřech 30s ani dvou 10s aplikacích FR na oblast hamstringů neprokázaly vliv na zvýšení pasivní extenze KOKL měřené při 90° flexi KYKL na skupině rekreačně sportujících vysokoškolských studentů. Autoři měřili vliv FR na skupině probandů s omezenou extenzí (průměrná extenze KOKL skupiny $67.70 \pm 9.90^\circ$) a probandi ve skupině měli různé zkušenosti s FR. Vzhledem k nízké výchozí hodnotě rozsahu extenze KOKL u měřené skupiny lze předpokládat, že aplikace 120 s respektive 20 s na jednu svalovou skupinu nestačila na zvýšení rozsahu pohybu. Autoři ve své práci také vynechali ovlivnění m. triceps surae, který rovněž mohl hrát roli ve snížené extenzi KOKL. Vzhledem k tomu, že fasciální systém je popisován jako provázaná struktura prostupující celé tělo, lze usuzovat, že intervence naším protokolem FR obsahujícím více svalových skupin zadního řetězce způsobila zvýšení flexibility, kterého se Couture et al. (2015) nepodařilo dosáhnout.

V nesouladu s našimi výsledky vlivu FR na zvýšení flexibility hamstringů a bederní páteře je studie Griefahn et al. (2015), která nezměřila zvýšení rozsahu rozvoje lumbální

části páteře po aplikaci FR. Autoři použili k objektivizaci modifikované měření Schoberovy vzdálenosti, při kterém byla měřena změna vzdálenosti bodů umístěných 5 cm pod a 10 cm nad průsečíkem spojnice PSIS a páteře ve stoji a při maximálním předklonu. Po třech 30s aplikacích FR na m. gluteus maximus, bederní a hrudní část m. erector spinae a m. latissimus dorsi nebyla zaznamenána statisticky významná změna v měřené vzdálenosti. Jednou z možností, proč autoři nezaznamenali změnu v modifikovaném měření Schoberovy vzdálenosti, může být 10min pauza mezi měřeními a aplikací FR, jelikož někteří autoři uvádějí, že akutní změny po aplikaci FR trvají právě 10 minut. Další možností je, že se vliv FR výrazně neprojeví na 15 cm dlouhém úseku páteře se skloubeními s malými rozsahy pohybu, ale jeho vliv je viditelný až u kloubů s větší pohyblivostí a po sumaci efektu na celou fasciální síť těla. Ačkoli studie nezaznamenala změnu v rozsahu pohybu, podařilo se autorům pomocí ultrasonografie zjistit signifikantní zvýšení pohyblivosti thorakolumbální fascie po aplikaci FR (1.79 mm (56.5%); $p > 0.001$), z čehož lze usuzovat, že při aplikaci FR na celý zadní řetězec a testování flexibility pomocí testu zahrnujícího více svalových skupin tohoto řetězce, lze očekávat signifikantní změnu v rozsahu pohybu. O globalitě efektu FR svědčí také studie Kelly & Beardsley (2016), v níž autoři porovnávali změnu velikosti dorzální flexe na obou hlezenních kloubech při výpadu po válcování pouze dominantní nohy, a tyto změny porovnávali s kontrolní skupinou bez intervence. Autoři prezentují statisticky významné zlepšení rozsahu dorzální flexe hlezenního kloubu na dominantní válcované DK i na kontralaterální neválcované DK. Zvýšení rozsahu pohybu na neválcované dolní končetině bylo oproti kontrole signifikantní do 10. minuty od aplikace. Tento efekt byl na válcované dolní končetině výraznější a statisticky významný oproti kontrolní skupině ještě 20 minut po válcování, v čemž nalézám shodu i naše studie, ve které je statisticky významně hlubší předklon v čase T15 po aplikaci FR.

Studie se většinou nezaměřují na delší časové působení foam rollingu a předpokládá se, že hranice vymizení efektu na flexibilitu je mezi 10 min (Beardsley & Škarabot, 2015) a 20 min (Kelly & Beardsley, 2016), přičemž naše studie toto potvrzuje, jak již bylo zmíněno výše.

Chronickým účinkem, který naše studie nesledovala, ale mohl se promítnout do našeho měření, jelikož všichni probandi minimálně jeden rok pravidelně FR využívali, se zabývá Junker & Stöggl (2015). Studie porovnává vliv FR a PNF strečinku aplikovaného třikrát týdně po dobu 4 týdnů v porovnání s kontrolní skupinou bez intervence. Při srovnání s kontrolní skupinou došlo po intervenci FR ke zvýšení předklonu ve stand and reach testu o $3 \pm 2,1$ cm ($p = 0,001$) a nebyl pozorován statisticky významný rozdíl oproti intervenci s PNF. Velikost zlepšení předklonu ve stand and reach testu po čtyřtýdenní intervenci je podobná akutní změně, kterou prezentuje i naše studie (BASE = 45.8 ± 2.18 ; T0 = 42.5 ± 1.73 ; T15 42.6 ± 1.64). Je otázkou, zda obě změny vznikly na stejném fyziologickém podkladě, nebo se mechanismus vzniku liší. Jak bylo uvedeno výše, autoři přisuzují akutní změny flexibility ovlivnění tixotropie tkání a odbourání fasciálních adhezí, prodloužení délky jednotky sval-šlacha, ale také neurofyziologickému podkladu a zvýšení tolerance jedince k protažení. Každá z těchto variant se mohla uplatnit jak u akutního, tak i chronického efektu foam rollingu.

Chronickým efektem FR v porovnání s kontrolní skupinou se zabývá také studie Boguszewski et al. (2017), ze které vyplývá, že skupina, která po fyzické aktivitě používala foam rolling po dobu 2 měsíců, zvýšila svou flexibilitu oproti kontrolní skupině, která se naopak statisticky významně v sit and reach testu zhoršila. Snížená flexibilita tkání bývá považována za jeden z rizikových faktorů vzniku zranění. Foam rolling se ukazuje být jednou z vhodných variant jejího zvyšování

i při dlouhodobé aplikaci, jak ukazují i výsledky naší studie. Ještě výhodnější se však ukazuje zařazení FR do rozcvičení společně s dalšími metodami příprav na výkon (Royslance et al., 2013; Su et al., 2017).

Výsledky naší studie také prokazují, že hodnota RSI drop jumpu v čase T10 po použití FR byla signifikantně ($p = 0,047$) více zlepšena oproti kontrolnímu měření s využitím pasivního odpočinku. Zaznamenání tohoto statisticky významného rozdílu ve změně hodnoty RSI lze přisuzovat mírnému zlepšení hodnot RSI v čase T10 při použití FR (RSI T10 FR = $+2,2 \% \pm 8,7 \%$) a zároveň průměrnému snížení hodnot RSI v čase T10 v kontrolním měření (RSI T10 BEZ $-1,5 \% \pm 5,6 \%$), které mohlo být dáno únavou z probíhajícího měření. Studie Godwin et al. (2020) provedla naši studii podobné měření vlivu FR na flexibilitu a výkony ve drop jumpu na skupině rekreačně sportujících mužů a žen. Autoři prokázali signifikantní zvýšení rozsahu pohybu dorzální flexe hlezenního kloubu, což se shoduje s výsledky naší studie komentovanými výše. Při pozorování vlivu na RSI však nebyl oproti kontrolní skupině nalezen významný rozdíl, což je v částečném nesouladu s výsledky našeho měření, ve kterém došlo k signifikantnímu zlepšení hodnoty RSI v čase T10. Studie Godwin et al. (2020) zařadila ve svém protokolu lehkou fyzickou aktivitu (cykloergometr 75-85 W) před FR (hrudní a bederní část zad, mm. gluteii, hamstringy, m. quadriceps femoris, m. triceps surea) a poté byl ještě proveden dynamický strečink. Jízdu na ergometru i dynamický strečink prováděla i kontrolní skupina, čímž se pravděpodobně vyrovnaly hodnoty RSI u intervence FR a kontrolní skupiny. V našem experimentu byla změna hodnot RSI při použití FR porovnávána s měřením, ve kterém byl použit pasivní odpočinek, což mohlo zapříčinit statisticky významný rozdíl v čase T10 našeho měření. Statisticky významnou změnu RSI oproti kontrolnímu měření 10 minut po aplikaci FR lze přisuzovat souběhu dvou dějů, a to návratu svalové tkáně na její původní délku, ve které je schopna vyprodukovat větší sílu, společně se zvýšením

flexibility a schopnosti svalu absorbovat a využít energii z dopadu z platformy (pozitivní ovlivnění SSC). V čase T10 lze zvýšení hodnot RSI vysvětlit také odezněním neuromuskulárních inhibičních vlivů FR společně se zvýšením flexibility. Zachycení signifikantní změny RSI po aplikaci FR oproti kontrolnímu měření s pasivním odpočinkem můžeme také připisovat vlivu únavy na výkony v kontrolním měření, které se statisticky nevýznamně zhoršily v čase T10.

Přestože se mnoho recentních studií nevěnuje vlivu FR na hodnoty RSI při drop jumpu, je důležité zjištění, že po válcování nedochází k jeho zhoršení, které by mohlo vést ke zvýšenému riziku zranění nebo snížení výkonu sportovce. Je nutné mít také na paměti, že, pokud se nezmění RSI, neznamená to, že se nemohl současně ve vhodném poměru změnit čas potřebný pro odraz společně s výškou výskoku, díky čemuž se pak hodnota RSI po výpočtu nezměnila.

Při sledování vlivu FR na výšku výskoku při provedení drop jumpu jsou výsledky naší studie na hranici statistické významnosti ($p = 0,084$) a poukazují na větší míru zlepšení v čase T0 po aplikaci FR oproti času změně výkonu v čase T0 při kontrolním měření s pasivním odpočinkem.

S našimi výsledky měření výšky výskoku ihned po aplikaci FR je v souladu studie Tsai & Chen (2021) porovávající vliv vibračního FR s klasickým a s kontrolní skupinou s pasivním odpočinkem. Autoři zjistili statisticky významné zvýšení výšky výskoku při provedení drop jumpu 2 minuty po aplikaci FR (PRE $89,53 \pm 16,88$; POST2 $95,90 \pm 16,55$; $p < 0,05$). Po 5 minutách byl již výskok zvýšen pouze statisticky nevýznamně. Hodnoty RSI po aplikaci FR byly v této studii statisticky nevýznamně zlepšeny, což převážně koreluje i s našimi výsledky.

Studie Su et al. (2017), změřila statisticky významné zlepšení maximální síly extenze KOKL měřené isokinetickým dynamometrem oproti statickému strečinku ($p = 0,003$). K signifikantní změně došlo pouze u m. quadriceps femoris, ale ne u hamstringů. Toto zvýšení maximální síly extenze KOLK lze považovat za předpoklad zvýšení výšky vertikálního výskoku. Studie také prokázala výše zmíněné zlepšení flexibility hamstringů, což může vést k vylepšení využití SSC při provedení drop jumpu a akutnímu zvýšení výšky výskoku, které bylo změřeno v naší studii.

Autoři Peacock et al. (2014) sice nezaznamenali rozdíl ve vlivu FR spojeného s DS a samotného DS na zvýšení předklonu v sit and reach testu, ale signifikantní dopad mělo toto propojení na výšku vertikálního výskoku (DS $67,66 \pm 9,79$ cm; FR+DS $72,97 \pm 10,6$ cm, $p = 0,012$). Ve studii probandi válcovali podobné svalové skupiny jako v naší práci také po dobu 30 s. Toto výrazné zlepšení vertikálního výskoku v porovnání s DS podporuje námi měřený pozitivní vliv FR na výskok.

Naopak výsledky Jones et al. (2015) neprokazují statisticky významnou změnu výšky výskoku v porovnání se základním měřením a kontrolní skupinou, která simulovala pohyby prováděné na válci pomocí skateboardu umístěného pod danými částmi těla. Autoři neprokázali statisticky významnou změnu v žádné skupině, nejspíše kvůli zařazení DS před intervencí i měření základních hodnot. Vliv DS na výšku výskoku pravděpodobně vyrovnal výkony všech skupin a měření tedy neprokázalo aditivní vliv FR.

Většina dalších autorů věnujících se vlivům FR na výkony jedince neprokázala pozitivní vliv válcování na výskok. Studie Healey et al. (2014) použila v kontrolní skupině polohy statické výdrže ve vzporu a podporu bokem, které simulují polohy těla při aplikaci FR. Autoři tímto způsobem chtěli oddělit vliv poloh při válcování

od samotného FR. Výsledky měření studie neprokazují statisticky významný rozdíl ve výšce výskoku mezi skupinami. Protokol foam rollingu byl podobný našemu (5 min, 30 s na svalovou skupinu), ale statisticky významný rozdíl ve výšce výskoku prokázán nebyl. Na druhou stranu probandí po kontrolním měření (vzpor a podpor stranou) vykazovali signifikantně vyšší míru únavy, která před výkonem není žádoucí.

Behara & Jacobson (2017) porovnávají ve své studii vliv DS a FR na hráčích amerického fotbalu. Jak bylo popsáno výše, jejich studie prokázala signifikantní zvýšení flexe KYKL, ale vliv na sílu odrazu při vertikálním výskoku statisticky významný nebyl. Stejného výsledku však bylo dosaženo i při využití DS.

Využití foam rollingu před výkonem dle našich výsledků signifikantně zvyšuje flexibilitu jedince, s čímž se shodují i závěry dalších autorů (Su et al., 2017; Behara & Jacobson, 2017; Mohr, Long, & Goad, 2014). Společně s tímto efektem dochází buď ke zlepšení vertikálního výskoku a síly DKK (Tsai & Chen, 2021; Peacock et al., 2014) nebo alespoň nedochází k jeho snížení v porovnání s jinými metodami (Behara & Jacobson, 2017; Healey et al., 2014; Jones et al., 2015).

Recentní studie se zaměřují především na porovnání FR s dalšími metodami zvyšujícími flexibilitu jedince. Ve většině těchto srovnání dosahuje FR stejných nebo lepších výsledků v porovnání s ostatními metodami. Jak bylo popsáno výše, spojení FR s dalšími technikami přípravy na výkon prokázalo výrazně větší zlepšení flexibility i výkonu ve skokových testech. Naše studie prokázala pozitivní vliv FR na flexibilitu i na výkon akutně po aplikaci i bez předchozí zahřívací fáze a bez kombinace s jiným způsobem rozcvičení. Tento poznatek je důležitý především pro rekreační sportovce, kteří velmi často přípravnou fází na výkon vynechávají, čímž se u nich zvyšuje riziko vzniku poranění. Foam rolling se zdá být jednoduchou a efektivní metodou, kterou mohou

dlouhodobě využívat i rekreační sportovci jako přípravu k výkonu. Sportovci na vrcholové úrovni se zároveň ve shodě s našimi výsledky nemusí bát poklesu výkonu při aplikaci FR.

Během měření se u několika jedinců, nejčastěji u brankářů, kteří mají sklony k hypermobilitě, vyskytl protichůdný efekt FR na jejich flexibilitu i výkon v drop jump testu. Je tedy možné, že u jedinců, vykazujících v základu vyšší míru flexibility, může mít použití FR negativní dopady. Tento trend nebyl v naší práci statisticky potvrzen, neboť k jeho objektivizaci nebylo dostatečné množství dat a ani literatura se o něm nezmiňuje. Budoucí výzkum by se měl zaměřit na případně potvrzení či vyvrácení tohoto jevu, aby nebyl FR doporučován i jedincům, na které bude mít potenciálně negativní dopady.

7 ZÁVĚR

V naší práci jsme charakterizovali florbal společně s riziky vzniku poranění při něm. Shrnuli jsme teoretické poznatky o flexibilitě a způsobech jejího měření, způsobech měření síly dolních končetin a měření skokových testů, přičemž jsme popsali nový způsob hodnocení skokových testů pomocí mobilní aplikace My Jump 2.

V praktické části jsme se pomocí námi sestaveného experimentu objektivizovali vliv 10minutové aplikace foam rollingu na flexibilitu a výkony v drop jumpu v prvních 15 minutách od aplikace válcování. Změny v hloubce předklonu ve stand and reach testu a výšky výskoku a hodnot RSI při provedení drop jumpu byly porovnány se změnami pozorovanými při kontrolním měření po 10minutovém pasivním odpočinku.

Podařilo se nám prokázat, že 10minutová aplikace foam rollingu dle námi sestaveného protokolu měla významný pozitivní vliv na prohloubení předklonu v čase ihned po FR i v čase 15 minut po válcování. Ovšem statisticky významná změna předklonu oproti kontrolnímu měření byla zaznamenána pouze v čase ihned po intervenci. Významná změna byla měřena také u změny hodnoty RSI v čase 10 minut po válcování při porovnání s kontrolním měřením. Zvýšení výšky výskoku v čase bezprostředně po aplikaci válcování oproti kontrolnímu měření se pohybovalo na hranici statistické významnosti.

Z těchto zjištění vyplývá, že 10minutová aplikace foam rollingu těsně před výkonem má pozitivní vliv na zvýšení flexibility bez negativního dopadu na výkony v drop jumpu a potenciálem tyto výkony zvýšit při porovnání se stejně dlouhým pasivním odpočinkem. Práce navíc nabízí přehledný a strukturovaný protokol foam rollingu jako přípravy na výkon.

8 REFERENČNÍ SEZNAM

- Ajimsha, M.S., Noora R. Al-Mudahka, and J.A. Al-Madzhar. 2015. "Effectiveness of Myofascial Release: Systematic Review of Randomized Controlled Trials." *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 19 (1): 102–12. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2014.06.001>.
- Alemdaroğlu, Utku. 2012. "The Relationship Between Muscle Strength, Anaerobic Performance, Agility, Sprint Ability and Vertical Jump Performance in Professional Basketball Players." *Journal of Human Kinetics* 31 (2012): 149–58. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0016-6>.
- Alter, Michael J. 1996. *Science of Flexibility. Science of Flexibility*. 2nd ed. United States: Human Kinetics.
- Altug, Ziya, T Altug, and Aykut Altug. 1987. "RESEARCH APPLICATION: A Test Selection Guide for Assessing and Evaluating Athletes." *National Strength & Conditioning Association Journal* 9: 62.
- Appleby, Brendyn, Robert U. Newton, and Prue Cormie. 2012. "Changes in Strength over a 2-Year Period in Professional Rugby Union Players." *Journal of Strength and Conditioning Research* 26 (9): 2538–46. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823f8b86>.
- Arnason, ARNI, STEFAN B. Sigurdsson, ARNI Gudmundsson, INGAR Holme, LARS Engebretsen, and ROALD Bahr. 2004. "Physical Fitness, Injuries, and Team Performance in Soccer." *Medicine & Science in Sports & Exercise* 36 (2): 278–85. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000113478.92945.CA>.
- Athenstaedt, Herbert. 1974. "Pyroelectric and Piezoelectric Properties of Vertebrates." *Annals of the New York Academy of Sciences* 238 (1 Electrically): 68–94. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1974.tb26780.x>.
- Ayala, Francisco, Pilar Sainz de Baranda, Mark De Ste Croix, and Fernando Santonja. 2012. "Absolute Reliability of Five Clinical Tests for Assessing Hamstring Flexibility in

- Professional Futsal Players.” *Journal of Science and Medicine in Sport* 15 (2): 142–47.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.10.002>.
- Bahr, R. 2003. “Risk Factors for Sports Injuries -- a Methodological Approach.” *British Journal of Sports Medicine* 37 (5): 384–92. <https://doi.org/10.1136/bjism.37.5.384>.
- Balsalobre-Fernández, Carlos, Mark Glaister, and Richard Anthony Lockey. 2015. “The Validity and Reliability of an iPhone App for Measuring Vertical Jump Performance.” *Journal of Sports Sciences* 33 (15): 1574–79. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>.
- Balsalobre-Fernández, Carlos, Carlos M. Tejero-González, Juan del Campo-Vecino, and Nicolás Bavaresco. 2014. “The Concurrent Validity and Reliability of a Low-Cost, High-Speed Camera-Based Method for Measuring the Flight Time of Vertical Jumps.” *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (2): 528–33.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318299a52e>.
- Baltaci, G. 2003. “Comparison of Three Different Sit and Reach Tests for Measurement of Hamstring Flexibility in Female University Students.” *British Journal of Sports Medicine* 37 (1): 59–61. <https://doi.org/10.1136/bjism.37.1.59>.
- Barnes, Mark F. 1997. “The Basic Science of Myofascial Release: Morphologic Change in Connective Tissue.” *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 1 (4): 231–38.
[https://doi.org/10.1016/S1360-8592\(97\)80051-4](https://doi.org/10.1016/S1360-8592(97)80051-4).
- Beardsley, Chris, and Jakob Škarabot. 2015. “Effects of Self-Myofascial Release: A Systematic Review.” *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 19 (4): 747–58.
<https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.08.007>.
- Beattie, Kris, Brian P. Carson, Mark Lyons, and Ian C. Kenny. 2017. “The Relationship Between Maximal Strength and Reactive Strength.” *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12 (4): 548–53. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0216>.
- Beattie, Kris, and Eamonn Flanagan. 2015. “Establishing the Reliability & Meaningful Change

- of the Drop-Jump Reactive-Strength Index.” *Journal of Australian Strength and Conditioning* 23: 12.
- Beedle, Barry B., and Christie L. Mann. 2007. “A Comparison of Two Warm-Ups on Joint Range of Motion.” *The Journal of Strength and Conditioning Research* 21 (3): 776. <https://doi.org/10.1519/R-19415.1>.
- Behara, Brandon, and Bert H. Jacobson. 2017. “Acute Effects of Deep Tissue Foam Rolling and Dynamic Stretching on Muscular Strength, Power, and Flexibility in Division I Linemen.” *Journal of Strength and Conditioning Research* 31 (4): 888–92. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001051>.
- Behm, David, and Anis Chaouachi. 2011. “A Review of the Acute Effects of Static and Dynamic Stretching on Performance.” *European Journal of Applied Physiology* 111: 2633–51. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1879-2>.
- Behm, David G., and Jan Wilke. 2019. “Do Self-Myofascial Release Devices Release Myofascia? Rolling Mechanisms: A Narrative Review.” *Sports Medicine* 49 (8): 1173–81. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01149-y>.
- Bender, Paula Urio, Clarissa Medeiros da Luz, Jonatan M Feldkircher, and Guilherme S Nunes. 2019. “Massage Therapy Slightly Decreased Pain Intensity after Habitual Running, but Had No Effect on Fatigue, Mood or Physical Performance: A Randomised Trial.” *Journal of Physiotherapy* 65 (2): 75–80. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.02.006>.
- Bernacíková, M. Kapounová, K., and J. a kol Novotný. 2010. “Fyziologie Sportovních Disciplín:Florbal.” 2010.
- Berryman, Nicolas, Delphine Maurel, and Laurent Bosquet. 2010. “Effect of Plyometric vs. Dynamic Weight Training on the Energy Cost of Running.” *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (7): 1818–25. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181def1f5>.
- Bialosky, Joel E., Mark D. Bishop, Don D. Price, Michael E. Robinson, and Steven Z. George.

2009. "The Mechanisms of Manual Therapy in the Treatment of Musculoskeletal Pain: A Comprehensive Model." *Manual Therapy* 14 (5): 531–38. <https://doi.org/10.1016/j.math.2008.09.001>.
- Bobbert, M F, P A Huijing, and G J van Ingen Schenau. 1987. "Drop Jumping. I. The Influence of Jumping Technique on the Biomechanics of Jumping." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19 (4): 332–38. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3657481>.
- Bogataj, Špela, Maja Pajek, Slobodan Andrašić, and Nebojša Trajković. 2020. "Concurrent Validity and Reliability of My Jump 2 App for Measuring Vertical Jump Height in Recreationally Active Adults." *Applied Sciences* 10 (11): 3805. <https://doi.org/10.3390/app10113805>.
- Bogataj, Špela, Maja Pajek, Vedran Hadžić, Slobodan Andrašić, Johnny Padulo, and Nebojša Trajković. 2020. "Validity, Reliability, and Usefulness of My Jump 2 App for Measuring Vertical Jump in Primary School Children." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17 (10): 3708. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103708>.
- Boguszewski, Dariusz, Magdalena Falkowska, Jakub Grzegorz Adamczyk, and Dariusz Białoszewski. 2017. "Influence of Foam Rolling on the Functional Limitations of the Musculoskeletal System in Healthy Women." *Biomedical Human Kinetics* 9 (1): 75–81. <https://doi.org/10.1515/bhk-2017-0012>.
- Bordoni, Bruno, Navid Mahabadi, and Matthew Varacallo. 2021. *Anatomy, Fascia. StatPearls*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29630284>.
- Bosco, C, J Tihanyi, P V Komi, G Fekete, and P Apor. 1982. "Store and Recoil of Elastic Energy in Slow and Fast Types of Human Skeletal Muscles." *Acta Physiologica Scandinavica* 116 (4): 343–49. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1982.tb07152.x>.
- BOSCO, CARMELO, PAAVO V. KOMI, and AKIRA ITO. 1981. "Prestretch Potentiation of Human Skeletal Muscle during Ballistic Movement." *Acta Physiologica Scandinavica* 111 (2): 135–40. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1981.tb06716.x>.

- Bosco, Carmelo, Pekka Luhtanen, and Paavo V. Komi. 1983. "A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping." *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 50 (2): 273–82. <https://doi.org/10.1007/BF00422166>.
- Bozic, Predrag R, Nemanja R Pazin, Bobana B Berjan, Nenad M Planic, and Ivan D Cuk. 2010. "Evaluation of the Field Tests of Flexibility of the Lower Extremity: Reliability and the Concurrent and Factorial Validity." *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (9): 2523–31. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181def5e4>.
- Burke, Jeanmarie, Dale J. Buchberger, M. Terry Carey-Loghmani, Paul E. Dougherty, Douglas S. Greco, and J. Donald Dishman. 2007. "A Pilot Study Comparing Two Manual Therapy Interventions for Carpal Tunnel Syndrome." *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 30 (1): 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2006.11.014>.
- Bushell, Jennifer E., Sierra M. Dawson, and Margaret M. Webster. 2015. "Clinical Relevance of Foam Rolling on Hip Extension Angle in a Functional Lunge Position." *Journal of Strength and Conditioning Research* 29 (9): 2397–2403. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000888>.
- Casartelli, Nicola, Roland Müller, and Nicola A Maffiuletti. 2010. "Validity and Reliability of the Myotest Accelerometric System for the Assessment of Vertical Jump Height." *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (11): 3186–93. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d8595c>.
- Cavagna, G A. 1970. "Elastic Bounce of the Body." *Journal of Applied Physiology* 29 (3): 279–82. <https://doi.org/10.1152/jappl.1970.29.3.279>.
- CAVAGNA, G A, F P SAIBENE, and R MARGARIA. 1965. "EFFECT OF NEGATIVE WORK ON THE AMOUNT OF POSITIVE WORK PERFORMED BY AN ISOLATED MUSCLE." *Journal of Applied Physiology* 20 (January): 157–58. <https://doi.org/10.1152/jappl.1965.20.1.157>.
- Cavagna, Giovanni A., L. Komarek, and Stefania Mazzoleni. 1971. "The Mechanics of Sprint

- Running.” *The Journal of Physiology* 217 (3): 709–21.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.1971.sp009595>.
- Cavanaugh, Mark T., Saied Jalal Aboodarda, Daniel D. Hodgson, and David G. Behm. 2017. “Foam Rolling of Quadriceps Decreases Biceps Femoris Activation.” *Journal of Strength and Conditioning Research* 31 (8): 2238–45.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001625>.
- Český florbal. n.d. “Florbal v Číslech.” <https://www.ceskyflorbal.cz/cfbu/struktura/florbal-v-cislech>.
- . 2020. “Webinář - Práce s Rollerem Před a Po Tréninku, Kateřina Levínská.” 2020.
<https://youtu.be/0EJIDfkgp7E>.
- Chaudhry, Hans, Robert Schleip, Zhiming Ji, Bruce Bukiet, Miriam Maney, and Thomas Findley. 2008. “Three-Dimensional Mathematical Model for Deformation of Human Fasciae in Manual Therapy.” *Journal of Osteopathic Medicine* 108 (8): 379–90.
<https://doi.org/10.7556/jaoa.2008.108.8.379>.
- Cheatham, Scott, and Kyle Stull. 2017. “Comparison of Three Different Density Type Foam Rollers on Knee Range of Motion and Pressure Pain Threshold: A Randomized Controlled Trial [Accepted].” *International Journal of Sports Physical Therapy*, December.
- Cheatham, Scott W., and Kyle R. Stull. 2019. “Roller Massage: Comparison of Three Different Surface Type Pattern Foam Rollers on Passive Knee Range of Motion and Pain Perception.” *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 23 (3): 555–60.
<https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.05.002>.
- Chu, D.P.K., T.C. Luk, and Y. Hong. 1998. “EMG Activities between Sit-and-Reach and Stand-and-Reach: A Pilot Study.” In *Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Vol.20 Biomedical Engineering Towards the Year 2000 and Beyond (Cat. No.98CH36286)*, 5:2448–51. IEEE.
<https://doi.org/10.1109/IEMBS.1998.744929>.

- Chu, Donald, and Al Vermeil. 1983. "The Rationale for Field Testing." *National Strength & Conditioning Association Journal* 5 (April). [https://doi.org/10.1519/0744-0049\(1983\)005<0035:TRFFT>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1519/0744-0049(1983)005<0035:TRFFT>2.3.CO;2).
- Čihák, R, M Grim, M Med, and I Helekal. 2001. *Anatomie I: Grada*. <https://books.google.cz/books?id=wooXQgAACAAJ>.
- Costello, Frank. 1984. "Football: Using Weight Training and Plyometrics to Increase Explosive Power for Football." *Strength & Conditioning Journal* 6 (2). https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/1984/04000/Football__Using_weight_training_and_plyometrics_to.3.aspx.
- Couture, Grace, Dustin Karlik, Stephen Glass, and Brian Hatzel. 2015. "The Effect of Foam Rolling Duration on Hamstring Range of Motion." *The Open Orthopaedics Journal* 9 (September): 450–55.
- Crooke, Helkiah. 1651. *Microcosmographia : A Description of the Body of Man : Together with the Controversies Thereto Belonging*. Londýn: London : printed by R.C. and are to be sold by Iohn Clarke at the lower end of Cheapside entring into Mercers Chappell, 1651.
- Cruveilhier, J, and History of Medicine Collections (Duke University). 1834. "Anatomie Descriptive." Paris: Béchet jeune. <file://catalog.hathitrust.org/Record/001576454>.
- Curran, Patrick, Russell Fiore, and Joseph Crisco. 2008. "A Comparison of the Pressure Exerted on Soft Tissue by 2 Myofascial Rollers." *Journal of Sport Rehabilitation* 17 (November): 432–42. <https://doi.org/10.1123/jsr.17.4.432>.
- David, Erin, Tal Amasay, Kathryn Ludwig, and Sue Shapiro. 2019. "The Effect of Foam Rolling of the Hamstrings on Proprioception at the Knee and Hip Joints." *International Journal of Exercise Science* 12 (March): 343–54.
- Davis, D Scott, Rich O Quinn, Chris T Whiteman, Jason D Williams, and Corey R Young. 2008. "Concurrent Validity of Four Clinical Tests Used to Measure Hamstring Flexibility." *Journal of Strength and Conditioning Research* 22 (2): 583–88.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816359f2>.

- Delextrat, Anne, and Daniel Cohen. 2008. "Physiological Testing of Basketball Players: Toward a Standard Evaluation of Anaerobic Fitness." *Journal of Strength and Conditioning Research* 22 (4): 1066–72. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181739d9b>.
- Devereux, Frank, Brian O'Rourke, Paul J. Byrne, Damien Byrne, and Sharon Kinsella. 2019. "Effects of Myofascial Trigger Point Release on Power and Force Production in the Lower Limb Kinetic Chain." *Journal of Strength and Conditioning Research* 33 (9): 2453–63. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002520>.
- Duthie, Grant M. 2006. "A Framework for the Physical Development of Elite Rugby Union Players." *International Journal of Sports Physiology and Performance* 1 (1): 2–13. <https://doi.org/10.1123/ijsp.1.1.2>.
- Ebben, William P., Marilyn J. Hintz, and Christopher J. Simenz. 2005. "Strength and Conditioning Practices of Major League Baseball Strength and Conditioning Coaches." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 19 (3): 538. <https://doi.org/10.1519/R-15464.1>.
- Espada, Mário, Teresa Figueiredo, Cátia Ferreira, and Fernando Santos. 2020. "Body Composition and Physical Fitness Analysis in Different Field Position U-15 Soccer Players." *Journal of Physical Education and Sport* 20: 1917–24. <https://doi.org/10.7752/jpes.2020.04259>.
- Federative Committee on Anatomical Terminology [FCAT]. 1998. *Terminologia anatomica : international anatomical terminology*. Stuttgart; New York: Thieme.
- Fetz, Friedrich. 1978. *Sportmotorische Tests : Praktische Anleitung Zu Sportmotorischen Tests in Schule Und Verein*. Edited by Elmar Kornxl. 2. überarb. Berlin: Bartels & Wernitz.
- Field, T, N Grizzle, F Scafidi, and S Schanberg. 1996. "Massage and Relaxation Therapies' Effects on Depressed Adolescent Mothers." *Adolescence* 31 (124): 903–11.

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8970662>.
- Field, Tiffany M. 1998. "Massage Therapy Effects." *American Psychologist* 53 (12): 1270–81.
<https://doi.org/10.1037/0003-066X.53.12.1270>.
- Flanagan, Eamonn P, and Thomas M Comyns. 2008. "The Use of Contact Time and the Reactive Strength Index to Optimize Fast Stretch-Shortening Cycle Training." *Strength & Conditioning Journal* 30 (5): 32–38. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318187e25b>.
- Freiwald, Jürgen, Christian Baumgart, Matthias Kühnemann, and Matthias W. Hoppe. 2016. "Foam-Rolling in Sport Und Therapie – Potentieller Nutzen Und Risiken." *Sports Orthopaedics and Traumatology* 32 (3): 267–75.
<https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2016.07.002>.
- French, DUNCAN N., ANA L. Gómez, JEFF S. Volek, MARTYN R. Rubin, NICHOLAS A. Ratamess, MATTHEW J. Sharman, LINCOLN A. Gotshalk, et al. 2004. "Longitudinal Tracking of Muscular Power Changes of NCAA Division I Collegiate Women Gymnasts." *Journal of Strength and Conditioning Research* 18 (1): 101–7.
<https://doi.org/10.1519/00124278-200402000-00015>.
- FTVS. n.d. "Svalová Síla." <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-996.html>.
- Gajdosik, Richard L., and Richard W. Bohannon. 1987. "Clinical Measurement of Range of Motion." *Physical Therapy* 67 (12): 1867–72. <https://doi.org/10.1093/ptj/67.12.1867>.
- García-López, Juan, Juan C. Morante, Ana Ogueta-Alday, and Jose A. Rodríguez-Marroyo. 2013. "The Type Of Mat (Contact vs. Photocell) Affects Vertical Jump Height Estimated From Flight Time." *Journal of Strength and Conditioning Research* 27 (4): 1162–67.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31826520d7>.
- Glatthorn, Julia F, Sylvain Gouge, Silvio Nussbaumer, Simone Stauffacher, Franco M Impellizzeri, and Nicola A Maffiuletti. 2011. "Validity and Reliability of Optojump Photoelectric Cells for Estimating Vertical Jump Height." *Journal of Strength and*

- Conditioning Research* 25 (2): 556–60. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d>.
- Gleim, Gilbert W., and Malachy P. McHugh. 1997. “Flexibility and Its Effects on Sports Injury and Performance.” *Sports Medicine* 24 (5): 289–99. <https://doi.org/10.2165/00007256-199724050-00001>.
- Godwin, Mark, Edward Stanhope, James Bateman, and Holly Mills. 2020. “An Acute Bout of Self-Myofascial Release Does Not Affect Drop Jump Performance despite an Increase in Ankle Range of Motion.” *Sports* 8 (3): 37. <https://doi.org/10.3390/sports8030037>.
- Goldberg, Joanne, S John Sullivan, and Derek E Seaborne. 1992. “The Effect of Two Intensities of Massage on H-Reflex Amplitude.” *Physical Therapy* 72 (6): 449–57. <https://doi.org/10.1093/ptj/72.6.449>.
- Gonçalves, Carlos E.B., Luís M.L. Rama, and António B. Figueiredo. 2012. “Talent Identification and Specialization in Sport: An Overview of Some Unanswered Questions.” *International Journal of Sports Physiology and Performance* 7 (4): 390–93. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.4.390>.
- Granacher, Urs, and Ron Borde. 2017. “Effects of Sport-Specific Training during the Early Stages of Long-Term Athlete Development on Physical Fitness, Body Composition, Cognitive, and Academic Performances.” *Frontiers in Physiology* 8 (October). <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00810>.
- Gråstén, Arto, Hannele Forsman, and Anthony Watt. 2018. “The Associations and Development of Motivational Climate, Achievement Goals, and Physical Functional Skills in Young Floorball Players.” *International Journal of Sports Science & Coaching* 13 (6): 958–67. <https://doi.org/10.1177/1747954118787656>.
- Griefahn, Annika, Jan Oehlmann, Christoff Zalpour, and Harry J.M. von Piekartz. 2015. “Do Exercises with the Foam Roll Short Impact on the Thoracolumbar Fascia? A Randomized, Controlled Trial.” *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 19 (4): 671. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.07.009>.

- Grieve, Rob, Faye Goodwin, Mostapha Alfaki, Amey-Jay Bourton, Caitlin Jeffries, and Harriet Scott. 2015. "The Immediate Effect of Bilateral Self Myofascial Release on the Plantar Surface of the Feet on Hamstring and Lumbar Spine Flexibility: A Pilot Randomised Controlled Trial." *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 19 (3): 544–52. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2014.12.004>.
- Grip, Helena, Eva Tengman, Dario G. Liebermann, and Charlotte K. Häger. 2019. "Kinematic Analyses Including Finite Helical Axes of Drop Jump Landings Demonstrate Decreased Knee Control Long after Anterior Cruciate Ligament Injury." Edited by John Leicester Williams. *PLOS ONE* 14 (10): e0224261. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224261>.
- Harvey, D. 1998. "Assessment of the Flexibility of Elite Athletes Using the Modified Thomas Test." *British Journal of Sports Medicine* 32 (1): 68–70. <https://doi.org/10.1136/bjsm.32.1.68>.
- Hasselmann, Carl T., Thomas M. Best, Anthony V. Seaber, and William E. Garrett. 1995. "A Threshold and Continuum of Injury During Active Stretch of Rabbit Skeletal Muscle." *The American Journal of Sports Medicine* 23 (1): 65–73. <https://doi.org/10.1177/036354659502300111>.
- Hatze, H. 1998. "Validity and Reliability of Methods for Testing Vertical Jumping Performance." *Journal of Applied Biomechanics* 14: 127–40.
- Haynes, Tom, Chris Bishop, Mark Antrobus, and Jon Brazier. 2019. "The Validity and Reliability of the My Jump 2 App for Measuring the Reactive Strength Index and Drop Jump Performance." *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 59 (2). <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08195-1>.
- Healey, Kellie C., Disa L. Hatfield, Peter Blanpied, Leah R. Dorfman, and Deborah Riebe. 2014. "The Effects of Myofascial Release With Foam Rolling on Performance." *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (1): 61–68. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182956569>.

- Henderson, Gary, Christopher A. Barnes, and Matthew D. Portas. 2010. "Factors Associated with Increased Propensity for Hamstring Injury in English Premier League Soccer Players." *Journal of Science and Medicine in Sport* 13 (4): 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.08.003>.
- Hendricks, Sharief, Hayd'n Hill, Steve den Hollander, Wayne Lombard, and Romy Parker. 2020. "Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery: A Systematic Review of the Literature to Guide Practitioners on the Use of Foam Rolling." *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 24 (2): 151–74. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.10.019>.
- Herbert, Rob D, and Michael Gabriel. 2002. "Effects Of Stretching Before And After Exercising On Muscle Soreness And Risk Of Injury: Systematic Review." *BMJ: British Medical Journal* 325 (7362): 468–70. <http://www.jstor.org.ezproxy.is.cuni.cz/stable/25452208>.
- Hietamo, Jussi, Jari Parkkari, Mari Leppänen, Kathrin Steffen, Pekka Kannus, Tommi Vasankari, Ari Heinonen, Ville M. Mattila, and Kati Pasanen. 2020. "Association between Lower Extremity Muscular Strength and Acute Knee Injuries in Young Team-sport Athletes." *Translational Sports Medicine* 3 (6): 626–37. <https://doi.org/10.1002/tsm2.172>.
- Holt, L E, T W Pelham, and D G Burke. 1999. "Modifications to the Standard Sit-and-Reach Flexibility Protocol." *Journal of Athletic Training* 34 (1): 43–47. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16558547>.
- Hotfiel, Thilo, Bernd Swoboda, Sebastian Krinner, Casper Grim, Martin Engelhardt, Michael Uder, and Rafael U. Heiss. 2017. "Acute Effects of Lateral Thigh Foam Rolling on Arterial Tissue Perfusion Determined by Spectral Doppler and Power Doppler Ultrasound." *Journal of Strength and Conditioning Research* 31 (4): 893–900. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001641>.
- Hughes, Garrett, and Leanne Ramer. 2019. "DURATION OF MYOFASCIAL ROLLING FOR OPTIMAL RECOVERY, RANGE OF MOTION, AND PERFORMANCE: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE." *International Journal of Sports*

- Physical Therapy* 14 (December): 845–59.
- IFF official web sites. n.d. “Member Statistic.” <https://floorball.sport/theiff/member-associations/member-statistics/recreational-players/>.
- Invernizzi, Pietro Luigi, Gabriele Signorini, Andrea Bosio, Gaetano Raiola, and Raffaele Scurati. 2020. “Validity and Reliability of Self-Perception-Based Submaximal Fitness Tests in Young Adult Females: An Educational Perspective.” *Sustainability* 12 (6): 2265. <https://doi.org/10.3390/su12062265>.
- Janda, V, and D Pavlů. 1993. *Goniometrie: Učeb. Text.* Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví. <https://books.google.cz/books?id=wbrutgAACAAJ>.
- Janda, Vladimír. 2004. *Svalové funkční testy*. Praha: Grada.
- Jay, Kenneth, Emil Sundstrup, Stine D Søndergaard, David Behm, Mikkel Brandt, Charlotte A Særvoll, Markus D Jakobsen, and Lars L Andersen. 2014. “Specific and Cross over Effects of Massage for Muscle Soreness: Randomized Controlled Trial.” *International Journal of Sports Physical Therapy* 9 (1): 82–91. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24567859>.
- Jones, Andrew, Lee Brown, Jared Coburn, and Guillermo Noffal. 2015. “Effects of Foam Rolling on Vertical Jump Performance.” *International Journal of Kinesiology and Sports Science* 3 (3). <https://doi.org/10.7575/aiac.ijkss.v.3n.3p.38>.
- Junker, Daniel H., and Thomas L. Stöggl. 2015. “The Foam Roll as a Tool to Improve Hamstring Flexibility.” *Journal of Strength and Conditioning Research* 29 (12): 3480–85. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001007>.
- Junker, Daniel, and Thomas Stöggl. 2019. “The Training Effects of Foam Rolling on Core Strength Endurance, Balance, Muscle Performance and Range of Motion: A Randomized Controlled Trial.” *Journal of Sports Science & Medicine* 18 (2): 229–38. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31191092>.

- Kalén, Anton, Alexandra Pérez-Ferreirós, Roberto Barcala-Furelos, María Fernández-Méndez, Alexis Padrón-Cabo, Jose A. Prieto, Andrés Ríos-Ave, and Cristian Abelairas-Gómez. 2017. "How Can Lifeguards Recover Better? A Cross-over Study Comparing Resting, Running, and Foam Rolling." *The American Journal of Emergency Medicine* 35 (12): 1887–91. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2017.06.028>.
- Kallerud, Heidi, and Nigel Gleeson. 2013. "Effects of Stretching on Performances Involving Stretch-Shortening Cycles." *Sports Medicine* 43 (8): 733–50. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0053-x>.
- Kelly, Shane, and Chris Beardsley. 2016. "SPECIFIC AND CROSS-OVER EFFECTS OF FOAM ROLLING ON ANKLE DORSIFLEXION RANGE OF MOTION." *International Journal of Sports Physical Therapy* 11 (4): 544–51. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27525179>.
- Kim, Jooyoung, Dong Jun Sung, and Joohyung Lee. 2017. "Therapeutic Effectiveness of Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization for Soft Tissue Injury: Mechanisms and Practical Application." *Journal of Exercise Rehabilitation* 13 (1): 12–22. <https://doi.org/10.12965/jer.1732824.412>.
- Kim, Kanghoon, Sunghyun Park, Bong-Oh Goo, and Seok-Cheol Choi. 2014. "Effect of Self-Myofascial Release on Reduction of Physical Stress: A Pilot Study." *Journal of Physical Therapy Science* 26 (11): 1779–81. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.1779>.
- Kippers, Vaughan, and Anthony W. Parker. 1987. "Toe-Touch Test A Measure of Its Validity. Physical Therapy." *Physical Therapy* 67 (11): 1680–84. <https://doi.org/10.1093/ptj/67.11.1680>.
- Knapik, Joseph J., Bruce H. Jones, Connie L. Bauman, and John McA. Harris. 1992. "Strength, Flexibility and Athletic Injuries." *Sports Medicine* 14 (5): 277–88. <https://doi.org/10.2165/00007256-199214050-00001>.
- Kolář, Pavel, et al. 2009. *Rehabilitace v Klinické Praxi*. Praha: Galén.

- Komi, P V, and C Bosco. 1978. "Utilization of Stored Elastic Energy in Leg Extensor Muscles by Men and Women." *Medicine and Science in Sports* 10 (4): 261–65. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/750844>.
- Komi, Paavo V. 2000. "Stretch-Shortening Cycle: A Powerful Model to Study Normal and Fatigued Muscle." *Journal of Biomechanics* 33 (10): 1197–1206. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(00\)00064-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00064-6).
- Kurt, Cem, and Ilkay Firtin. 2016. "Comparison of the Acute Effects of Static and Dynamic Stretching Exercises on Flexibility, Agility and Anaerobic Performance in Professional Football Players." *FTR - Turkiye Fiziksel Tip ve Rehabilitasyon Dergisi* 62 (September): 206–13. <https://doi.org/10.5606/tftrd.2016.32698>.
- la Motte, Sarah J. de, Peter Lisman, Timothy C. Gribbin, Kaitlin Murphy, and Patricia A. Deuster. 2019. "Systematic Review of the Association Between Physical Fitness and Musculoskeletal Injury Risk: Part 3—Flexibility, Power, Speed, Balance, and Agility." *Journal of Strength and Conditioning Research* 33 (6): 1723–35. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002382>.
- Lanfranconi, Francesca, W. Zardo, T. Moriggi, E. Villa, G. Radaelli, S. Radaelli, F. Paoletti, et al. 2020. "Precision-Based Exercise as a New Therapeutic Option for Children and Adolescents with Haematological Malignancies." *Scientific Reports* 10 (1): 12892. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69393-1>.
- Lees, A, and E Fahmi. 1994. "Optimal Drop Heights for Plyometric Training." *Ergonomics* 37 (1): 141–48. <https://doi.org/10.1080/00140139408963632>.
- Lees, Adrian, Jos Vanrenterghem, and Dirk De Clercq. 2004. "Understanding How an Arm Swing Enhances Performance in the Vertical Jump." *Journal of Biomechanics* 37 (12): 1929–40. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.02.021>.
- Leppänen, Mari, Kati Pasanen, Urho M Kujala, and Jari Parkkari. 2015. "Overuse Injuries in Youth Basketball and Floorball." *Open Access Journal of Sports Medicine*, May, 173.

<https://doi.org/10.2147/OAJSM.S82305>.

- Levin, Stephen M, and Danièle-Claude Martin. 2012. "Biotensegrity." In *Fascia: The Tensional Network of the Human Body*, 137–42. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-3425-1.00054-4>.
- Lloyd, Rhodri S., Jon L. Oliver, Gregory D. Myer, Mark B. De Ste Croix, Josh Wass, and Paul J. Read. 2020. "Comparison of Drop Jump and Tuck Jump Knee Joint Kinematics in Elite Male Youth Soccer Players: Implications for Injury Risk Screening." *Journal of Sport Rehabilitation* 29 (6): 760–65. <https://doi.org/10.1123/jsr.2019-0077>.
- Luomala, T, M Pihlman, W I Hammer, and C Stecco. 2016. *A Practical Guide to Fascial Manipulation E-Book: An Evidence- and Clinical-Based Approach*. Elsevier Health Sciences. <https://books.google.cz/books?id=2LGQDQAAQBAJ>.
- MacDonald, Graham Z., Duane C. Button, Eric J. Drinkwater, and David George Behm. 2014. "Foam Rolling as a Recovery Tool after an Intense Bout of Physical Activity." *Medicine & Science in Sports & Exercise* 46 (1): 131–42. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182a123db>.
- MacDonald, Graham Z., Michael D.H. Penney, Michelle E. Mullaley, Amanda L. Cuconato, Corey D.J. Drake, David G. Behm, and Duane C. Button. 2013. "An Acute Bout of Self-Myofascial Release Increases Range of Motion Without a Subsequent Decrease in Muscle Activation or Force." *Journal of Strength and Conditioning Research* 27 (3): 812–21. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825c2bc1>.
- Máček, Miloš, and Jiří Radvanský. 2011. *Fyziologie a Klinické Aspekty Pohybové Aktivity*. Praha: Galén.
- Maganaris, Constantinos N., and John P. Paul. 2000. "Hysteresis Measurements in Intact Human Tendon." *Journal of Biomechanics* 33 (12): 1723–27. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(00\)00130-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00130-5).

- Magnusson, S. P. 2007. "Passive Properties of Human Skeletal Muscle during Stretch Maneuvers." *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 8 (2): 65–77. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00171.x>.
- Malfait, Bart, Sean Sankey, Raja M. Firhad Raja Azidin, Kevin Deschamps, Jos Vanrenterghem, Mark A. Robinson, Filip Staes, and Sabine Verschueren. 2014. "How Reliable Are Lower-Limb Kinematics and Kinetics during a Drop Vertical Jump?" *Medicine & Science in Sports & Exercise* 46 (4): 678–85. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000170>.
- Markovic, Goran. 2007. "Does Plyometric Training Improve Vertical Jump Height? A Meta-Analytical Review." *British Journal of Sports Medicine* 41 (6): 349–55; discussion 355. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.035113>.
- Martínez-Cabrera, Francisco Ignacio, and Francisco Javier Núñez-Sánchez. 2016. "Acute Effect of a Foam Roller on the Mechanical Properties of the Rectus Femoris Based on Tensiomyography in Soccer Players." *International Journal of Human Movement and Sports Sciences* 4 (2): 26–32. <https://doi.org/10.13189/saj.2016.040203>.
- Matic, Milan S., Nemanja R. Pazin, Vladimir D. Mrdakovic, Nenad N. Jankovic, Dusko B. Ilic, and Djordje L.J. Stefanovic. 2015. "Optimum Drop Height for Maximizing Power Output in Drop Jump." *Journal of Strength and Conditioning Research* 29 (12): 3300–3310. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001018>.
- McGuigan, Michael R., Timothy L.A. Doyle, Michael Newton, Dylan J. Edwards, Sophia Nimphius, and Robert U. Newton. 2006. "Eccentric Utilization Ratio: Effect of Sport and Phase of Training." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 20 (4): 992. <https://doi.org/10.1519/R-19165.1>.
- McHugh, M. P., and C. H. Cosgrave. 2009. "To Stretch or Not to Stretch: The Role of Stretching in Injury Prevention and Performance." *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, December. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01058.x>.
- McKivigan, James, and Gina Tulimero. 2020. "An Analysis of Graston Technique® for Soft-

- Tissue Therapy.” *Rehabilitation Science* 5: 31–37.
<https://doi.org/10.11648/j.rs.20200504.11>.
- McMaster, Daniel Travis, Nicholas Gill, John Cronin, and Michael McGuigan. 2014. “A Brief Review of Strength and Ballistic Assessment Methodologies in Sport.” *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 44 (5): 603–23. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0145-2>.
- Melzack, Ronald. 1996. “Gate Control Theory.” *Pain Forum* 5 (2): 128–38.
[https://doi.org/10.1016/S1082-3174\(96\)80050-X](https://doi.org/10.1016/S1082-3174(96)80050-X).
- Mikesky, Alan E, Rafael E Bahamonde, Katie Stanton, Thurman Alvey, and Tom Fitton. 2002. “Acute Effects of The Stick on Strength, Power, and Flexibility.” *Journal of Strength and Conditioning Research* 16 (3): 446–50. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12173961>.
- Mohr, Andrew, Blaine Long, and Carla Goad. 2014. “Foam Rolling and Static Stretching on Passive Hip Flexion Range of Motion.” *Journal of Sport Rehabilitation* 23 (January).
<https://doi.org/10.1123/jsr.2013-0025>.
- Monteiro, Estêvão Rios, Mark Tyler Cavanaugh, David Michael Frost, and Jefferson da Silva Novaes. 2017. “Is Self-Massage an Effective Joint Range-of-Motion Strategy? A Pilot Study.” *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 21 (1): 223–26.
<https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2016.10.003>.
- Monteiro, Estêvão, Andrew Vigotsky, Jakob Škarabot, Amanda Brown, Aline Fiuza, Thiago Matassoli Gomes, Israel Halperin, and Jefferson da Silva Novaes. 2017. “Acute Effects of Different Foam Rolling Volumes in the Inter-Set Rest Period on Maximum Repetition Performance.” *Hong Kong Physiotherapy Journal* 36 (June): 57–62.
<https://doi.org/10.1016/j.hkpj.2017.03.001>.
- Morales-Artacho, A. J., L. Lacourpaille, and G. Guilhem. 2017. “Effects of Warm-up on Hamstring Muscles Stiffness: Cycling vs Foam Rolling.” *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 27 (12): 1959–69. <https://doi.org/10.1111/sms.12832>.

- Mrdaković, Vladimir, N Pažvzin, Radun Vulovic, N Filipović, and D Ilić. 2018. “Neuromechanical Control in Submaximal Drop Jumps: The Effects of Volitional Effort Demands and Drop Height Magnitude on Soleus Muscle Activation.” *Acta of Bioengineering and Biomechanics* 20.
- Murray, Andrew M, Thomas W Jones, Cosmin Horobeanu, Anthony P Turner, and John Sproule. 2016. “SIXTY SECONDS OF FOAM ROLLING DOES NOT AFFECT FUNCTIONAL FLEXIBILITY OR CHANGE MUSCLE TEMPERATURE IN ADOLESCENT ATHLETES.” *International Journal of Sports Physical Therapy* 11 (5): 765–76. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27757289>.
- Naderi, Aynollah, Mohammad Hossein Rezvani, and Hans Degens. 2020. “Foam Rolling and Muscle and Joint Proprioception After Exercise-Induced Muscle Damage.” *Journal of Athletic Training* 55 (1): 58–64. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-459-18>.
- Niessner, Claudia, Till Utesch, Doris Oriwol, Anke Hanssen-Doose, Steffen C. E. Schmidt, Alexander Woll, Klaus Bös, and Annette Worth. 2020. “Representative Percentile Curves of Physical Fitness From Early Childhood to Early Adulthood: The MoMo Study.” *Frontiers in Public Health* 8 (September). <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00458>.
- Nussbaumer, Silvio, Michael Leunig, Julia F Glatthorn, Simone Stauffacher, Hans Gerber, and Nicola A Maffiuletti. 2010. “Validity and Test-Retest Reliability of Manual Goniometers for Measuring Passive Hip Range of Motion in Femoroacetabular Impingement Patients.” *BMC Musculoskeletal Disorders* 11 (1): 194. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-11-194>.
- Okamoto, Takanobu, Mitsuhiko Masuhara, and Komei Ikuta. 2014. “Acute Effects of Self-Myofascial Release Using a Foam Roller on Arterial Function.” *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (1): 69–73. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31829480f5>.
- Olsen, Odd-Egil, Grethe Myklebust, Lars Engebretsen, Ingar Holme, and Roald Bahr. 2005. “Exercises to Prevent Lower Limb Injuries in Youth Sports: Cluster Randomised Controlled Trial.” *BMJ* 330 (7489): 449. <https://doi.org/10.1136/bmj.38330.632801.8F>.

- Orchard, J. 2002. "Epidemiology of Injuries in the Australian Football League, Seasons 1997-2000." *British Journal of Sports Medicine* 36 (1): 39–44. <https://doi.org/10.1136/bjsm.36.1.39>.
- Pasanen, K., J. Parkkari, P. Kannus, L. Rossi, M. Palvanen, A. Natri, and M. Järvinen. 2007. "Injury Risk in Female Floorball: A Prospective One-Season Follow-Up." *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 18 (1): 49–54. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00640.x>.
- Pasanen, Kati, Merita Bruun, Tommi Vasankari, Minna Nurminen, and Walter O Frey. 2017. "Injuries during the International Floorball Tournaments from 2012 to 2015." *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* 2 (1): e000217. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2016-000217>.
- Pasanen, Kati, Marko T Rossi, Jari Parkkari, Ari Heinonen, Kathrin Steffen, Grethe Myklebust, Tron Krosshaug, et al. 2015. "Predictors of Lower Extremity Injuries in Team Sports (PROFITS-Study): A Study Protocol." *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* 1 (1): e000076. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2015-000076>.
- Paul, Darren J, and George P Nassis. 2015. "Testing Strength and Power in Soccer Players: The Application of Conventional and Traditional Methods of Assessment." *Journal of Strength and Conditioning Research* 29 (6): 1748–58. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000807>.
- Peacock, Corey A., Darren D. Krein, Jose Antonio, Gabriel J. Sanders, Tobin A. Silver, and Megan Colas. 2015. "Comparing Acute Bouts of Sagittal Plane Progression Foam Rolling vs. Frontal Plane Progression Foam Rolling." *Journal of Strength and Conditioning Research* 29 (8): 2310–15. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000867>.
- Peacock, Corey A, Darren D Krein, Tobin A Silver, Gabriel J Sanders, and Kyle-Patrick A VON Carlowitz. 2014. "An Acute Bout of Self-Myofascial Release in the Form of Foam Rolling Improves Performance Testing." *International Journal of Exercise Science* 7 (3): 202–11. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27182404>.

- Pearcey, Gregory, David Bradbury-Squires, Jon-Erik Kawamoto, Eric Drinkwater, David Behm, and Duane Button. 2014. "Foam Rolling for Delayed-Onset Muscle Soreness and Recovery of Dynamic Performance Measures." *Journal of Athletic Training* 50 (November). <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.1.01>.
- Pedley, Jason S., Rhodri S. Lloyd, Paul Read, Isabel S. Moore, and Jon L. Oliver. 2017. "Drop Jump: A Technical Model for Scientific Application." *Strength & Conditioning Journal* 39 (5): 36–44. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000331>.
- Pincivero, Danny M., and Tudor O. Bompá. 1997. "A Physiological Review of American Football." *Sports Medicine* 23 (4): 247–60. <https://doi.org/10.2165/00007256-199723040-00004>.
- Requena, Bernardo, Inmaculada García, Francisco Requena, Eduardo Saez-Saez de Villarreal, and Mati Pääsuke. 2012. "Reliability and Validity of a Wireless Microelectromechanicals Based System (Keimove™) for Measuring Vertical Jumping Performance." *Journal of Sports Science & Medicine* 11 (1): 115–22. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24137067>.
- Rey, Ezequiel, Alexis Padrón-Cabo, Pablo B. Costa, and Roberto Barcala-Furelos. 2019. "Effects of Foam Rolling as a Recovery Tool in Professional Soccer Players." *Journal of Strength and Conditioning Research* 33 (8): 2194–2201. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002277>.
- Romero-Moraleda, Blanca, Jaime González-García, Ángel Cuéllar-Rayó, Carlos Balsalobre-Fernández, Daniel Muñoz-García, and Esther Morencos. 2019. "Effects of Vibration and Non-Vibration Foam Rolling on Recovery after Exercise with Induced Muscle Damage." *Journal of Sports Science & Medicine* 18 (1): 172–80. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30787665>.
- Romero-Moraleda, Blanca, Roy La Touche, Sergio Lerma-Lara, Raúl Ferrer-Peña, Víctor Paredes, Ana Belén Peinado, and Daniel Muñoz-García. 2017. "Neurodynamic

- Mobilization and Foam Rolling Improved Delayed-Onset Muscle Soreness in a Healthy Adult Population: A Randomized Controlled Clinical Trial.” *PeerJ* 5 (October): e3908. <https://doi.org/10.7717/peerj.3908>.
- Rossi, M. K., K. Pasanen, A. Heinonen, S. Äyrämö, A. M. Räisänen, M. Leppänen, G. Myklebust, T. Vasankari, P. Kannus, and J. Parkkari. 2020. “Performance in Dynamic Movement Tasks and Occurrence of Low Back Pain in Youth Floorball and Basketball Players.” *BMC Musculoskeletal Disorders* 21 (1): 350. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03376-1>.
- Roylance, Derek S, J George, Adam M Hammer, Nicole Rencher, G Fellingham, R Hager, and William J Myrer. 2013. “Evaluating Acute Changes in Joint Range-of-Motion Using Self-Myofascial Release, Postural Alignment Exercises, and Static Stretches.” *International Journal of Exercise Science* 6: 6.
- Safran, Marc R., William E. Garrett, Anthony V. Seaber, Richard R. Glisson, and Beth M. Ribbeck. 1988. “The Role of Warmup in Muscular Injury Prevention.” *The American Journal of Sports Medicine* 16 (2): 123–29. <https://doi.org/10.1177/036354658801600206>.
- Sands, William A., Jeni R. McNeal, Gabriella Penitente, Steven Ross Murray, Lawrence Nassar, Monèm Jemni, Satoshi Mizuguchi, and Michael H. Stone. 2016. “Stretching the Spines of Gymnasts: A Review.” *Sports Medicine* 46 (3): 315–27. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0424-6>.
- SAYERS, STEPHEN P., DAVID V. HARACKIEWICZ, EVERETT A. HARMAN, PETER N. FRYKMAN, and MICHAEL T. ROSENSTEIN. 1999. “Cross-Validation of Three Jump Power Equations.” *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31 (4): 572–77. <https://doi.org/10.1097/00005768-199904000-00013>.
- Schleip, R., J. Wilke, S. Schreiner, M. Wetterslev, and W. Klingler. 2018. “Needle Biopsy-derived Myofascial Tissue Samples Are Sufficient for Quantification of Myofibroblast Density.” *Clinical Anatomy* 31 (3): 368–72. <https://doi.org/10.1002/ca.23040>.
- Schleip, R, T W Findley, L Chaitow, and P Huijing. 2013. *Fascia: The Tensional Network of the*

- Human Body - E-Book: The Science and Clinical Applications in Manual and Movement Therapy*. Elsevier Health Sciences. <https://books.google.cz/books?id=GnfyOh4fDeUC>.
- SCHMITT, F O, J GROSS, and J H HIGHBERGER. 1955. "Tropocollagen and the Properties of Fibrous Collagen." *Experimental Cell Research*, no. Suppl 3: 326–34. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13344488>.
- Shorten, M. 1987. "Muscle Elasticity and Human Performance." In .
- Škarabot, Jakob, Chris Beardsley, and Igor Štirn. 2015. "Comparing the Effects of Self-Myofascial Release with Static Stretching on Ankle Range-of-Motion in Adolescent Athletes." *International Journal of Sports Physical Therapy* 10 (2): 203–12. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25883869>.
- Skružný, Zdeněk. 2005. *Florbal: Technika, Trénink, Pravidla Hry*. Grada Publishing. <https://books.google.cz/books?id=vTIwNQyEBuYC>.
- Snyder, Allegra Fuller. n.d. "The Revolutionary Architect-Engineer's Own Patent Revelation about His Basic Structural Discoveries." <http://www.rwgrayprojects.com/rbfnote/fpapers/tensegrity/tenseg01.html>.
- Sporis, Goran, Vlatko Vucetic, Mario Jovanovic, Igor Jukic, and Darija Omrcen. 2011. "Reliability and Factorial Validity of Flexibility Tests for Team Sports." *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (4): 1168–76. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc2334>.
- Standring, S. 2015. *Gray's Anatomy E-Book: The Anatomical Basis of Clinical Practice*. Gray's Anatomy. Elsevier Health Sciences. <https://books.google.cz/books?id=b7FVCgAAQBAJ>.
- Stanton, Robert, Sally-Anne Wintour, and Crystal O. Kean. 2017. "Validity and Intra-Rater Reliability of MyJump App on iPhone 6s in Jump Performance." *Journal of Science and Medicine in Sport* 20 (5): 518–23. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.09.016>.
- Steben, R E, and A H Steben. 1981. "The Validity of the Stretch Shortening Cycle in Selected

- Jumping Events.” *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 21 (1): 28–37.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7278218>.
- Stemmans, Catherine, and JoEllen Sefton. 2004. “Myofascial Release for Athletic Trainers, Part I: Theory and Session Guidelines.” *Athletic Therapy Today* 9 (1): 48–49.
<https://doi.org/10.1123/att.9.1.48>.
- Still, A T, and Inc. Northern Micrographics. 1899. *Philosophy of Osteopathy*. Kirksville, Mo.: A.T. Still.
- Stølen, Tomas, Karim Chamari, Carlo Castagna, and Ulrik Wisløff. 2005. “Physiology of Soccer.” *Sports Medicine* 35 (6): 501–36. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>.
- Su, Hsuan, Nai-Jen Chang, Wen-Lan Wu, Lan-Yuen Guo, and I-Hua Chu. 2017. “Acute Effects of Foam Rolling, Static Stretching, and Dynamic Stretching During Warm-Ups on Muscular Flexibility and Strength in Young Adults.” *Journal of Sport Rehabilitation* 26 (6): 469–77.
<https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0102>.
- Taube, Wolfgang, Christian Leukel, Martin Schubert, Markus Gruber, Timo Rantalainen, and Albert Gollhofer. 2008. “Differential Modulation of Spinal and Corticospinal Excitability During Drop Jumps.” *Journal of Neurophysiology* 99 (3): 1243–52.
<https://doi.org/10.1152/jn.01118.2007>.
- Thapa, Rohit, Amar Kumar, and Deepak Sharma. 2020. “Effect of Drop Height on Different Parameters of Drop Jump among Soccer Players” 27: 13–18.
<https://doi.org/10.23829/TSS.2020.27.1-2>.
- The jamovi project (2021). n.d. “Jamovi.” Austrálie, Sydney: The jamovi project (2021).
<https://www.jamovi.org>.
- Tsai, Wei-Chi, and Zong-Rong Chen. 2021. “The Acute Effect of Foam Rolling and Vibration Foam Rolling on Drop Jump Performance.” *International Journal of Environmental*

- Research and Public Health* 18 (7): 3489. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073489>.
- Tyler, Timothy F., Stephen J. Nicholas, Richard J. Campbell, and Malachy P. McHugh. 2001. "The Association of Hip Strength and Flexibility with the Incidence of Adductor Muscle Strains in Professional Ice Hockey Players." *The American Journal of Sports Medicine* 29 (2): 124–28. <https://doi.org/10.1177/03635465010290020301>.
- Unnithan, Viswanath, Jordan White, Andreas Georgiou, John Iga, and Barry Drust. 2012. "Talent Identification in Youth Soccer." *Journal of Sports Sciences* 30 (15): 1719–26. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.731515>.
- Verkhoshansky, Yuri., and Natalia. Verkhoshansky. 2011. *Special Strength Training : Manual for Coaches*. Rome: Verkhoshansky SSTM.
- Vernetta, Mercedes, Eva María Peláez-Barrios, and Jesús López-Bedoya. 2020. "Systematic Review of Flexibility Tests in Gymnastics." *Journal of Human Sport and Exercise* 17 (1). <https://doi.org/10.14198/jhse.2022.171.07>.
- Verrall, G M. 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): 435–39. <https://doi.org/10.1136/bjism.35.6.435>.
- Viitasalo, Jukka T., Aki Salo, and Jukka Lahtinen. 1998. "Neuromuscular Functioning of Athletes and Non-Athletes in the Drop Jump." *European Journal of Applied Physiology* 78 (5): 432–40. <https://doi.org/10.1007/s004210050442>.
- Walshe, Andrew D., and Gregory J. Wilson. 1997. "The Influence of Musculotendinous Stiffness on Drop Jump Performance." *Canadian Journal of Applied Physiology* 22 (2): 117–32. <https://doi.org/10.1139/h97-010>.
- Wan, Xianglin, Shangxiao Li, Thomas M. Best, Hui Liu, Hanjun Li, and Bing Yu. 2021. "Effects of Flexibility and Strength Training on Peak Hamstring Musculotendinous Strains during Sprinting." *Journal of Sport and Health Science* 10 (2): 222–29.

<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.08.001>.

- Wen, Neal, Vincent J. Dalbo, Bill Burgos, David B. Pyne, and Aaron T. Scanlan. 2018. "Power Testing in Basketball: Current Practice and Future Recommendations." *Journal of Strength and Conditioning Research* 32 (9): 2677–91. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002459>.
- West, Daniel J, Nick J Owen, Dan J Cunningham, Christian J Cook, and Liam P Kilduff. 2011. "Strength and Power Predictors of Swimming Starts in International Sprint Swimmers." *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (4): 950–55. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c8656f>.
- Wilson, G. J., A. J. Murphy, and J. F. Pryor. 1994. "Musculotendinous Stiffness: Its Relationship to Eccentric, Isometric, and Concentric Performance." *Journal of Applied Physiology* 76 (6): 2714–19. <https://doi.org/10.1152/jappl.1994.76.6.2714>.
- Wilson, G. J., G. A. Wood, and B. C. Elliott. 1991. "Optimal Stiffness of Series Elastic Component in a Stretch-Shorten Cycle Activity." *Journal of Applied Physiology* 70 (2): 825–33. <https://doi.org/10.1152/jappl.1991.70.2.825>.
- WILSON, GREGORY J., BRUCE C. ELLIOTT, and GRAEME A. WOOD. 1992. "Stretch Shorten Cycle Performance Enhancement through Flexibility Training." *Medicine & Science in Sports & Exercise* 24 (1): 116–123. <https://doi.org/10.1249/00005768-199201000-00019>.
- Wilt, Fred. 1978. "What It Is and How It Works." *Modern Athlete and Coach* 16: 9–12.
- Witvrouw, Erik, Lieven Danneels, Peter Asselman, Thomas D'Have, and Dirk Cambier. 2003. "Muscle Flexibility as a Risk Factor for Developing Muscle Injuries in Male Professional Soccer Players." *The American Journal of Sports Medicine* 31 (1): 41–46. <https://doi.org/10.1177/03635465030310011801>.
- Worrell, Teddy W., and David H. Perrin. 1992. "Hamstring Muscle Injury: The Influence of

- Strength, Flexibility, Warm-Up, and Fatigue.” *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 16 (1): 12–18. <https://doi.org/10.2519/jospt.1992.16.1.12>.
- Worrell, Teddy W., David H. Perrin, Bruce M. Gansneder, and Joe H. Gieck. 1991. “Comparison of Isokinetic Strength and Flexibility Measures Between Hamstring Injured and Noninjured Athletes.” *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 13 (3): 118–25. <https://doi.org/10.2519/jospt.1991.13.3.118>.
- Yingling, Vanessa R., Dimitri A. Castro, Justin T. Duong, Fiorella J. Malpartida, Justin R. Usher, and Jenny O. 2018. “The Reliability of Vertical Jump Tests between the Vertec and My Jump Phone Application.” *PeerJ* 6 (April): e4669. <https://doi.org/10.7717/peerj.4669>.
- Young, W. 2006. “Laboratory Strength Assessment of Athletes.” In .
- Zakas, Athanasios, A Vergou, Maria Grammatikopoulou, N Zakas, T Sentelidis, and S Vamvakoudis. 2003. “The Effect of Stretching during Warming-up on the Flexibility of Junior Handball Players.” *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 43: 145–49.
- Zhou, Huiyu, and Huosheng Hu. 2008. “Human Motion Tracking for Rehabilitation—A Survey.” *Biomedical Signal Processing and Control* 3 (1): 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2007.09.001>.

9 PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Fotografický protokol válcování

Příloha 2 – Statistické zpracování dat

Příloha 3 – Seznam obrázků

Příloha 4 – Seznam grafů

Příloha 5 – Seznam tabulek

PŘÍLOHA 1 – Fotografický protokol válcování



Válcování horní poloviny zad



Válcování spodní poloviny zad



Válcování hýžďové oblasti



Válcování hamstringů



Válcování lýtky



Válcování laterální strany stehna



Válcování přední strany stehna



Válcování přední strany stehna



Válcování vnitřní strany lýtka



Válcování holeně

PŘÍLOHA 2 – Statistické zpracování dat

Paired Samples T-Test

			Statistic	df	p
SaR T0 BEZ	SaR T0 FR	Student's t	-1.775	19.0	0.046
		Wilcoxon W	48.5 ^a		0.032
SaR T15 BEZ	SaR T15 FR	Student's t	-0.339	19.0	0.369
		Wilcoxon W	85.0		0.233
SaR T15 FR	SaR T0 FR	Student's t	-0.287	19.0	0.389
		Wilcoxon W	89.5 ^b		0.578
JH T0 BEZ	JH T0 FR	Student's t	-1.436	19.0	0.084
		Wilcoxon W	67.0		0.081
JH T5 BEZ	JH T5 FR	Student's t	-0.878	19.0	0.195
		Wilcoxon W	70.0		0.099
JH T10 BEZ	JH T10 FR	Student's t	-0.925	19.0	0.183
		Wilcoxon W	63.5 ^a		0.106
JH T15 BEZ	JH T15 FR	Student's t	-0.747	19.0	0.232
		Wilcoxon W	75.0		0.135
RSI T0 BEZ	RSI T0 FR	Student's t	-1.133	19.0	0.136
		Wilcoxon W	82.5		0.206
RSI T5 BEZ	RSI T5 FR	Student's t	-1.259	19.0	0.112
		Wilcoxon W	67.0 ^a		0.134
RSI T10 BEZ	RSI T10 FR	Student's t	-1.760	19.0	0.047
		Wilcoxon W	47.5 ^b		0.051
RSI T15 BEZ	RSI T15 FR	Student's t	-0.625	19.0	0.270
		Wilcoxon W	79.0 ^a		0.266
JH T0 FR	JH T15 FR	Student's t	0.663	19.0	0.742
		Wilcoxon W	82.0 ^d		0.773
RSI T0 FR	RSI T15 FR	Student's t	-0.552	19.0	0.294
		Wilcoxon W	52.0 ^e		0.128

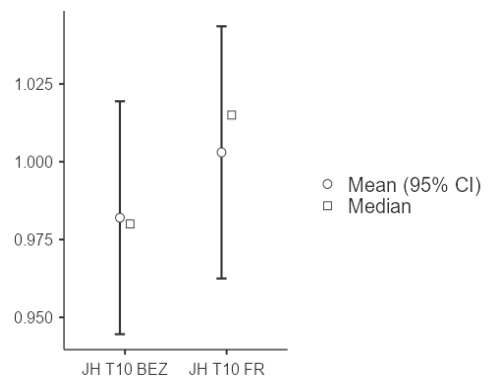
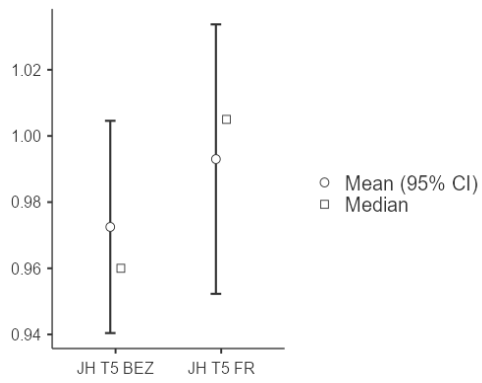
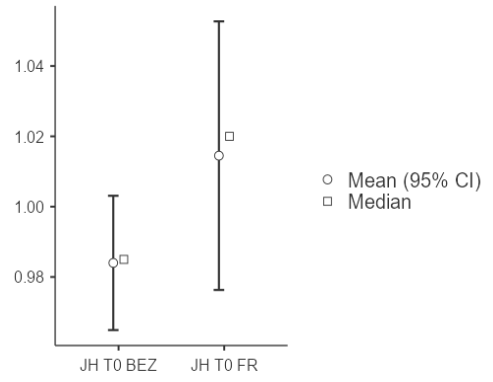
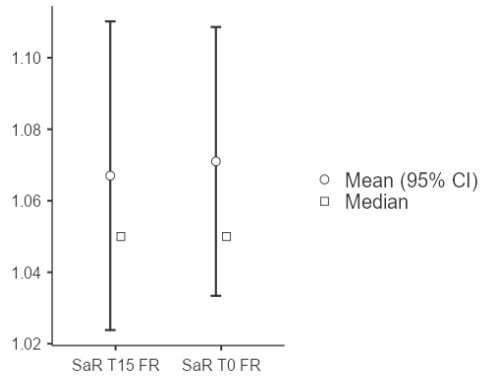
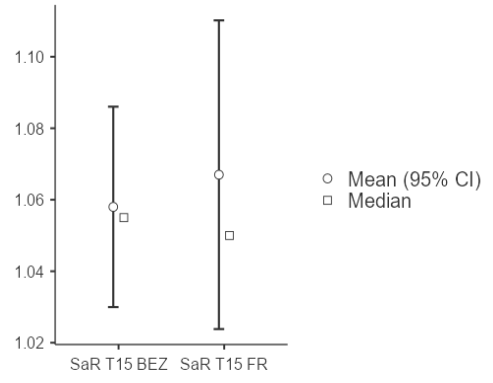
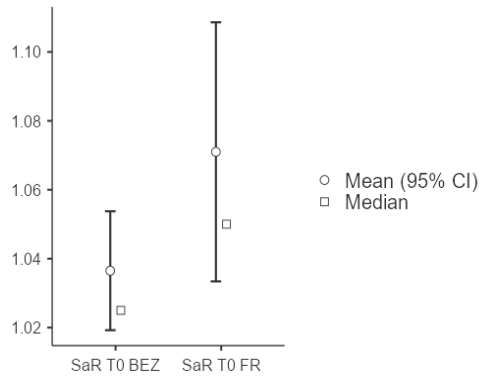
Note. H_a Measure 1 < Measure 2

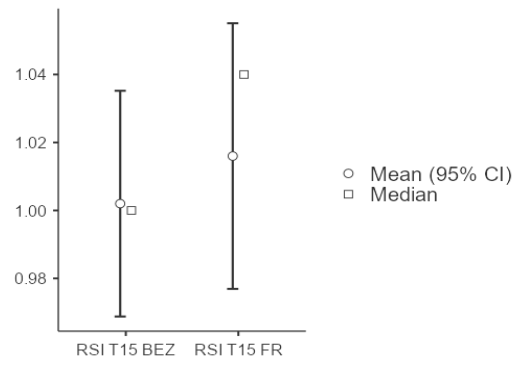
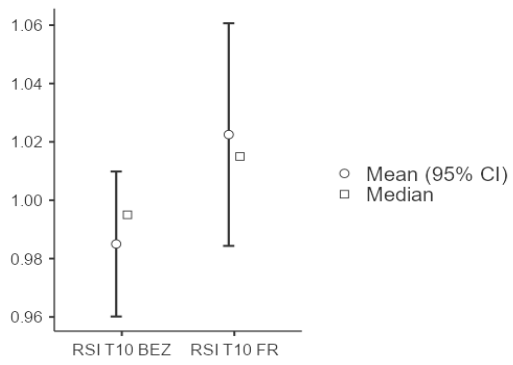
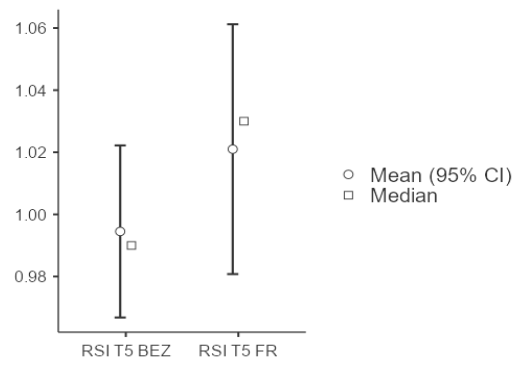
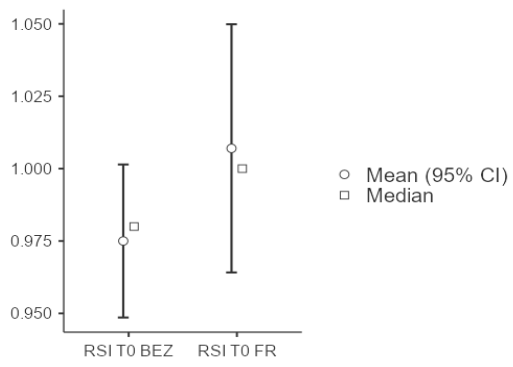
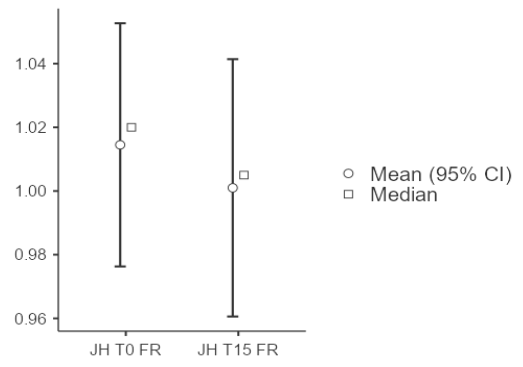
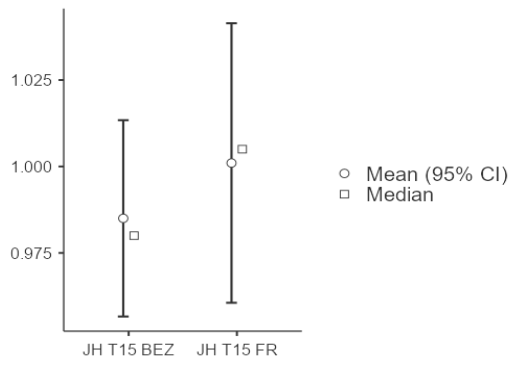
^a 1 pair(s) of values were tied

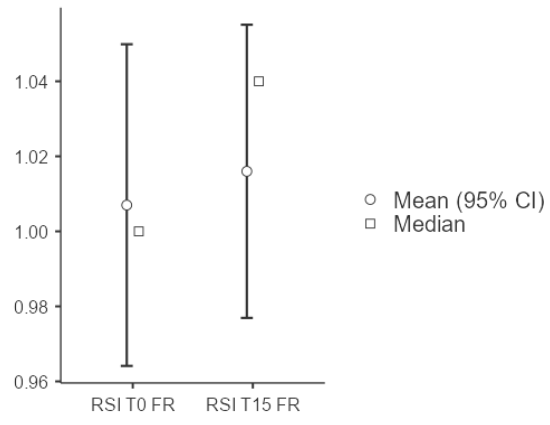
^b 2 pair(s) of values were tied

^d 4 pair(s) of values were tied

^e 3 pair(s) of values were tied







PŘÍLOHA 3 – Seznam obrázků

Obrázek 1 - Florbald změna směru pohybu

Obrázek 2 - Florbald brzdící pohyb (excentrická kontrakce)

Obrázek 3 - Florbald osobní souboj

Obrázek 4 - Thrakolumbální fascie

Obrázek 5 - Nástroje IASM z chirurgické ocele

Obrázek 6 - Hladký pěnový váleček BLACKROLL STANDARD (vlevo), strukturovaný váleček TriggerPoint Therapy (vpravo)

Obrázek 7 - Isokinetický dynamometr

Obrázek 8 - Charakteristika depth jumpu a drop jumpu

Obrázek 9 - Cross-bridge spojení

Obrázek 10 - Aplikace My Jump 2 analýza videozáznamu

Obrázek 11 - Graf závislosti odporu tkáně na protažení (vpravo) a graf průběhu zvyšování úhlu extenze kolenního kloubu (A) a odporu tkáně (B) v čase (vlevo)

Obrázek 12 - Graf tlumení oscilace tužším (čárkovaně) a poddajnějším (plně) svalem

Obrázek 13 - Testy flexibility

Obrázek 14 - Stand and reach test

Obrázek 15 - Měření pomocí aplikace My Jump 2

Obrázek 16 - Provedení SaR testu

Obrázek 17 - Detail měření SaR testu

Obrázek 18 - Diagram průběhu měření

Obrázek 19 - Ukázka válcování oblasti lýtky (vlevo), hýždí (uprostřed), horní poloviny zad (vpravo)

PŘÍLOHA 4 – Seznam grafů

Graf 1 - Změna SaR v čase T0

Graf 2 - Změna RSI v čase T10

Graf 3 - Změna JH v čase T0

PŘÍLOHA 5 – Seznam tabulek

Tabulka 1 - Antropometrická tabulka probandů

Tabulka 2 - Držení hole

Tabulka 3 - Výkročná noha

Tabulka 4 - Přehled měřených paramterů a jejich jednotek

Tabulka 5 - Testy normality

Tabulka 6 - Párové T-testy zeměny ve SaR, JH, RSI

Tabulka 7 - Střední hodnoty zlepšení v testech

Tabulka 8 - Porovnání hloubek předklonů SaR po FR v jednotlivých časech

Tabulka 9 - Průměrně výkony ve SaR po FR